



# CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Félix Antonio Pérez Rondón





# CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



# CONCEPTOS GENERALES EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Félix Antonio Pérez Rondón



Pérez Rondón, Félix Antonio

Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial / Félix Antonio Pérez Rondón -- Bucaramanga (Colombia) : Universidad Santo Tomás, 2021.

107 páginas: gráficas, fotografías y tablas a color

Incluye referencias bibliográficas (página 105-107).

e-ISBN: 978-958-8477-92-3

Contenido: Qué es el mantenimiento. -- Antecedentes del mantenimiento. -- Clases o tipos de mantenimientos. -- Organización y administración general del mantenimiento. -- Planeación y programación del mantenimiento. -- Control del mantenimiento -- Indicadores de gestión.

1. Mantenibilidad (Ingeniería) 2. Equipo industrial – Mantenimiento y reparación 3. Ingeniería mecánica

4. Simplificación de procesos industriales 5. Organización industrial I. Universidad Santo Tomás II Título.

658.202 SDD 23

CO-BuUST

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación CRAI, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

© Félix Antonio Pérez Rondón, 2021

© Universidad Santo Tomás, 2021

Ediciones USTA

Bucaramanga, Colombia

Carrera 18 n.º 9-27

Teléfono: PBX: (+57 7) 6 98 58 58

Fr. Oscar Eduardo GUAYÁN PERDOMO, O.P.

Rector Seccional

Departamento de Publicaciones

C.P. Freddy Luis Guerrero Patarroyo

Director

Fr. Mauricio GALEANO ROJAS, O.P.

Vicerrector Académico

Centro de Diseño e Imagen Institucional – CEDII

Dis. Graf. Olga Lucía Solano Avellaneda

Directora

Fr. Rubén Darío LÓPEZ GARCÍA, O.P.

Vicerrector Administrativo

C.S. María Amalia García Núñez

Corrección de estilo

Fr. Alexander SÁNCHEZ BARRETO, OP.

Decano de División de Ingenierías y Arquitectura

Diseño y diagramación

M.P. Luis Alberto Barbosa

Ing. PhD. Cesar Hernando Valencia Niño

Decano de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica

Hecho el depósito que establece la ley

e-ISBN: 978-958-8477-92-3

Ing. PhD. Yudy Natalia Flórez Ordóñez

Directora de Investigación e Innovación

Primera edición, 2021

Esta obra tiene una versión de acceso abierto disponible en el Repositorio Institucional de la Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/>

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin la autorización expresa del titular de los derechos.

Impreso en Colombia • *Printed in Colombia*

## PENSAMIENTO

Encomienda tus obras a Jehová, y tus proyectos se realizarán.  
La Santa Biblia, Proverbios 16.3

## DEDICATORIA

A mi querida y amada esposa Martha Isabel, y a mis apreciados hijos Julián y Samuel, por todo el gran soporte y apoyo incondicional. Siempre estuvieron motivándome para la elaboración y culminación de este libro.

A mis padres: Rosario Rondón Valderrama (QEPD) y Félix A. Pérez Solano, a mis hermanos y familiares.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, principalmente todos mis agradecimientos, por obtener este logro tan significativo en mi vida.

A la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga por brindarme el privilegio de ser docente, y luego iniciar estudios de Maestría. Al decano, PhD. Ing. Cesar Hernando Valencia Niño, por todo su soporte y gestión.

A los colegas de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica, y a mis estimados estudiantes de la asignatura de Mantenimiento Industrial que, de una manera u otra, hicieron aportes durante la elaboración de este libro.



## **Félix Antonio Pérez Rondón**

### *Estudios universitarios*

Ingeniero mecánico. Universidad Industrial de Santander - UIS. Bucaramanga, Santander, Colombia.

Magíster en Controles Industriales. Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.



### *Experiencia laboral*

Dos (2) años en el sector industrial (plásticos y filtros) en cargos como ingeniero de mantenimiento y supervisor de producción.

Quince (15) años en el sector agroindustrial, como jefe de Planta, jefe de Producción y Mantenimiento, gerente de Producción, consultor en Mejoramiento en Procesos Productivos, Sistemas de Calidad, BPM, HACCP.

Cinco (5) años en el sector Oil & Gas. País: Piura, Talara, Perú. Departamento de Mantenimiento en Onshore (baterías tierra) y en Offshore (costa fuera - plataformas petroleras).

Nueve (9) años en el sector educativo, docente de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, en las facultades de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecatrónica. Director de Proyectos de Grado. Director de Prácticas Empresariales.

### *Otros estudios*

Cursos Normas ISO: ISO 9000 – 14001 – OHSAS 18001. SENA Colombia.

Diplomados: Docencia en la Educación Superior - Manejo de Ambientes Virtuales - Diseño y Gestión de Ambientes Virtuales de Aprendizaje - Acompañamiento Integral desde la Inclusión Educativa - Estructuración y Formulación de Proyectos. USTA Bucaramanga.

Gerencia para Molineros, Ingeniero Molinero Especialista. ESLAMO, Estado Carabobo, Venezuela.

Curso de Gestión de Proyectos, Sector Hidrocarburos. Ecopetrol. Talara, Piura, Perú.

Ingeniería de Confiabilidad, Gestión de Activos. Engizone-Asme. Lima, Perú.

Mejora Continua en la Organización, Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos (IPER), Investigación de Incidentes, Tratamientos de No Conformidades, Acciones Correctivas y Acciones Preventivas. Qualitas Consultores. Talara, Piura, Perú.

# Contenido

<b>Introducción</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 1.</b>	<b>17</b>
1. Qué es el mantenimiento	19
1.1. Definición del mantenimiento	19
1.2. Terminología básica del mantenimiento	19
<b>Capítulo 2.</b>	<b>23</b>
2. Antecedentes del mantenimiento	25
2.1. Historia del mantenimiento	25
2.2. Evolución del mantenimiento	28
<b>Capítulo 3.</b>	<b>33</b>
3. Clases o tipos de mantenimientos	35
3.1. Mantenimiento correctivo	35
3.2. Mantenimiento preventivo (MP)	37
3.3. Mantenimiento predictivo	46
<b>Capítulo 4.</b>	<b>57</b>
4. Organización y administración general del mantenimiento	59
4.1. Conceptos de organización, administración y gestión	59
4.2. Configuración organizacional de la empresa y del mantenimiento	60
4.3. Los conceptos de autoridad, responsabilidad, funciones y actividades del mantenimiento	62
4.4. Recursos humanos para el mantenimiento y su potencial	64
4.5. El Departamento de Mantenimiento y sus relaciones con el entorno interno y externo	67

<b>Capítulo 5.</b>	<b>71</b>
5. Planeación y programación del mantenimiento	73
5.1. Definición e importancia de la planeación y programación	73
5.2. La orden de trabajo	78
5.3. Manual de mantenimiento	82
<b>Capítulo 6.</b>	<b>89</b>
6. Control del mantenimiento - Indicadores de gestión	91
6.1. Objetivos e instrumentos de control	91
6.2. Indicadores de gestión o de desempeño	93
6.2.1. Indicador: Edad de las OT	95
6.2.2. Indicador: Mantenimiento planeado	95
6.2.3. Indicador: OT en atraso	96
6.2.4. Indicador: OT Aplazadas	96
6.2.5. Indicador: Backlog	96
6.2.6. Indicador: Efectividad en la programación de horas hombre	97
6.2.7. Indicador: Relación de OT correctivos de emergencia vs OT programadas	97
6.2.8. Indicador: Cumplimiento de la programación en las OT	97
6.2.9. Indicador: Cumplimiento de la programación HH	98
6.2.10. Indicador: Cumplimiento del programa de monitoreo	98
6.2.11. Indicador: Disponibilidad mecánica	99
6.2.12. Indicador: Confiabilidad de equipos	99
<b>Capítulo 7.</b>	<b>101</b>
7. Conclusiones	103
<b>Referencias</b>	<b>105</b>

# Lista de figuras

Figura 1. Herramientas primitivas.	25
Figura 2. Herramientas básicas.	26
Figura 3. Pieza primitiva, como la rueda.	26
Figura 4. Pieza básica: Rueda para carreta.	26
Figura 5. Uso de herramientas, por el hombre primitivo.	27
Figura 6. Evolución del mantenimiento - Nuevas expectativas.	28
Figura 7. Evolución del mantenimiento - Nuevas técnicas.	28
Figura 8. Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo.	31
Figura 9. Tendencias en la gestión del mantenimiento.	31
Figura 10. Tendencias en la Gestión del Mantenimiento, a lo largo del tiempo.	32
Figura 11. Trabajos generados por las repeticiones del MP.	37
Figura 12. Implementación del mantenimiento preventivo (MP).	38
Figura 13. Trabajos efectuados Horas Hombres Control de Costos.	39
Figura 14. Curva de costos de mantenimiento con relación al tiempo.	40
Figura 15. Curva de la bañera o curva del ciclo de vida de un equipo.	41
Figura 16. Planificación y operación.	42
Figura 17. Actividades preventivas del área de recibo de trigo.	43
Figura 18. Trabajos de Control. Registros.	44
Figura 19. Técnicas predictivas.	47
Figura 20. Mantenimiento basado en condición.	47
Figura 21. Gráfica de tendencia de un valor de amplitud de vibración de un cojinete.	48
Figura 22. Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo en función del tiempo.	49
Figura 23. Transformada Tiempo-Frecuencia.	49
Figura 24. Cámara termográfica - Medición de temperatura.	51
Figura 25. Análisis termográfico de un interruptor.	52
Figura 26. Inspecciones boroscópicas. Ensayos no destructivos.	52
Figura 27. Análisis de aceites. Presencia de partículas sólidas.	53
Figura 28. Generación de la contaminación del aceite.	54
Figura 29. Proceso de mejoramiento. Vida útil del aceite.	55

Figura 30. Organigrama general de una empresa. Mantenimiento depende de Producción.	61
Figura 31. Organigrama general de una empresa. Dpto. Mantenimiento es independiente del Dpto. de Producción.	61
Figura 32. Organigrama de un departamento de Mantenimiento.	62
Figura 33. Trabajo en equipo.	64
Figura 34. Comunicación en el trabajo.	64
Figura 35. Participación de las personas en los procesos industriales.	65
Figura 36. Departamento de Mantenimiento y sus relaciones.	69
Figura 37. Orden de trabajo, formato manual.	80
Figura 38. Orden de trabajo.	81
Figura 39. Orden de trabajo creada en un software de mantenimiento.	82
Figura 40. Ficha Técnica. Elevador de Cangilones.	84
Figura 41. Ficha técnica. Molino.	85
Figura 42. Ficha técnica. Planta generadora de electricidad.	85
Figura 43. Hoja de vida equipo – Horno.	86
Figura 44. Hoja de vida equipo – Rosca transportadora.	86
Figura 45. Hoja de vida equipo – Elevador de cangilones.	87
Figura 46. Instrumentos de control. Caso genérico.	92
Figura 47. Control de eficacia del mantenimiento.	92
Figura 48. Control de eficiencia del mantenimiento.	93
Figura 49. Control de efectividad del mantenimiento.	93
Figura 50. Revisión de los KPI. Control en el Mantenimiento.	95
Figura 47. Caso real. Indicador disponibilidad mecánica.	100

# Lista de Tablas

Tabla 1. Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo	30
Tabla 2. Las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo	36
Tabla 3. Ventajas y desventajas del Mantenimiento Preventivo	45
Tabla 4. Efectos de los contaminantes sobre la superficie de la maquinaria.	55
Tabla 5. Sistemas de prioridades para los trabajos de mantenimiento	77



# Introducción

Las primeras herramientas como el azadón, la lanza y el cuchillo se les reparaba solo hasta que sufrían alguna avería, y aunque parezca increíble este tipo de actividades –que actualmente se definen como mantenimiento correctivo– se han mantenido hasta el siglo XXI.

La historia del mantenimiento se puede dividir en cuatro generaciones: la primera caracterizada por acciones de mantenimiento puramente correctivo –repara cuando se dañase– mantuvo hasta 1950. En el periodo de 1950 hasta 1980 se ubica la segunda generación, en esta época aparece el mantenimiento preventivo –reparaciones programadas–. La tercera generación abarcó 1980 al 2000, marcada por la aplicación de mantenimientos predictivos –monitoreo de condición–. A partir del siglo XXI, la cuarta generación hace que las empresas involucren el mantenimiento de una manera integral; productivo total, centrado en riesgos, centrado en confiabilidad, gestión enfocada a resultados y clientes, gestión del conocimiento y eficiencia energética.

Dependiendo de las condiciones de trabajo, las máquinas pueden sufrir desgastes, averías, fallas o bajos rendimientos. De manera general esto se presenta por: uso, mala operación, errores de diseño, fallas en el montaje, sobrecargas, mala selección de materiales, condiciones ambientales adversas, entre otras. Hasta ahora, el ser humano no ha creado la máquina perfecta, no es eterna, es aquí donde el mantenimiento juega un papel importante, alargar su vida útil de la mejor manera posible, para que dichas máquinas en ese tiempo sean eficientes.

En este libro se tratan temas básicos para estudiantes de pregrado y también para ingenieros recién graduados, temas como: definiciones, conceptos, terminología utilizada en el mantenimiento, tipos o clases de mantenimiento; estos pueden ser el correctivo, el preventivo, el predictivo, el productivo total, los más generales o básicos, y ver sus ventajas y desventajas. En muchos libros de autores expertos en mantenimiento industrial se habla de otros tipos de mantenimiento, cómo: mantenimiento mejorativo, mantenimiento selectivo, mantenimiento de ingeniería y proyectos, mantenimiento de taller, mantenimiento conductivo, mantenimiento cero horas, mantenimiento modificativo, entre otros.

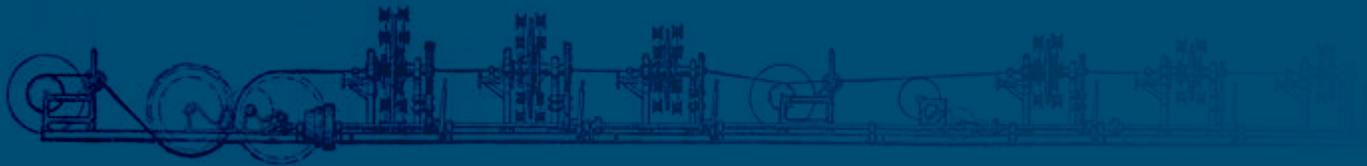
El departamento, área, dependencia o sección de mantenimiento debe gestionar de tal forma que estos activos de la compañía operen o trabajen de la manera más eficiente, y así aportar para que las industrias, empresas o compañías tengan utilidades, sean competitivas y, por ende, proyectarse en el futuro. Pero para llegar a esto, el departamento

de mantenimiento debe realizar un sinnúmero de actividades acordes a la complejidad de cada empresa.

Se tratará lo que el ingeniero debe tener en cuenta para hacer una óptima y eficiente planificación y programación del mantenimiento. Manejo de recursos logísticos, económicos y por supuesto de personal. Es muy relevante y de mucha importancia la capacitación, el entrenamiento, la motivación y la sensibilización del personal que trabaja en este departamento, área o sección y, por supuesto, tener en cuenta que se aplique en toda la compañía.

También se describe, qué es un manual de mantenimiento, su relevancia y contenidos, el manejo de indicadores de desempeño o de gestión, el *software* de mantenimiento, etc. Por lo tanto, dependiendo de la actividad económica, presupuestos asignados, conocimiento de sus procesos y experticia de cada compañía, se definen sus propios indicadores de desempeño o de gestión, para que así cumplan con sus metas u objetivos propuestos. Para concluir, hoy en día a nivel mundial hay empresas que aplican mantenimiento de la primera, segunda y tercera generación, y las industrias o empresas de clase mundial, obviamente aplican mantenimiento de cuarta generación.

# Capítulo 1.





# 1. Qué es el mantenimiento

En este capítulo, se describe qué es el mantenimiento en la industria desde una perspectiva muy personal, así como cierta terminología muy usada en el argot industrial.

## 1.1. Definición del mantenimiento

Existen varias o muchas definiciones de mantenimiento, pero resumiendo, defino “el mantenimiento”, como:

Toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación.

Esta serie de actividades incluyen toda una combinación de conocimiento, experiencia, habilidad y trabajo en equipo, junto con las otras dependencias de la organización, para que exista una buena labor administrativa y operativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño o de gestión que cada organización aplica y para que sus metas se alcancen.

Existe una definición de mantenimiento muy famosa, que comparto:

Cuando todo va bien, nadie recuerda que existe. Cuando algo va mal, dicen que no existe. Cuando es para gastar, se dice que no es necesario. Pero cuando realmente no existe, todos concuerdan en que debería existir (Márquez, Coello, 2009).

## 1.2. Terminología básica del mantenimiento

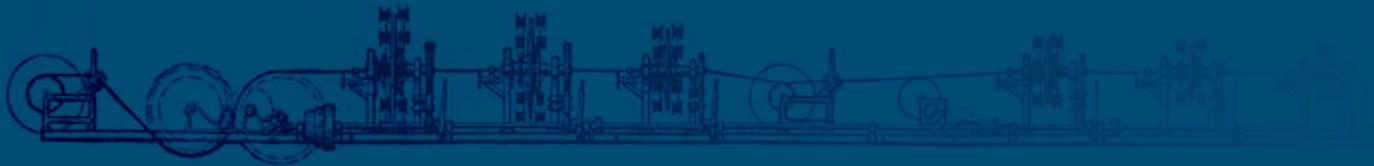
A continuación, se definen diferentes términos básicos del mantenimiento usados en la industria:



- *Accesorio*: Se puede decir que es todo elemento que forma parte de una máquina o sistema, y es un complemento de la máquina o sistema, y una vez definido es un producto o subproducto básico. Los accesorios pueden ser: arandelas, tuercas, tornillos, fusibles, resistencias, integrados, u otros.
- *Ciclo de vida*: tiempo durante el cual un bien o activo conserva su capacidad de operación, y se tiene en cuenta desde el inicio cuando se adquiere el activo, hasta el final al momento de sustituirlo.
- *Componente o pieza*: es un dispositivo que puede formar parte de un circuito eléctrico, electrónico, mecánico. Ejemplos de componentes o piezas: engranaje, polea, rodamiento, correa, rotor eléctrico, amplificador, acoplador electrónico, batería, cables, correas, bandas y otros.
- *Confiability*: se puede definir, como la capacidad de una máquina, equipo o sistema para cumplir funciones específicas o requeridas, bajo condiciones de operación dadas, en un tiempo o período determinado.
- *Disponibilidad*: es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo en el cual una máquina o equipo está disponible para cumplir la función para la cual fue diseñado y construido. Esto no implica necesariamente que esté operando o funcionando, sino que se encuentra en óptimas condiciones de operar.
- *Equipo*: se puede definir como el conjunto total de máquinas que son necesarias para cumplir un objetivo. Ejemplo: equipo de transporte de cereal; está compuesto por elevadores de cangilones, roscas transportadoras y tuberías.
- *Evento de falla*: aquella situación que se puede presentar anómala de carácter técnico detectada en un equipo.
- *Falla*: situación dada, afectando la capacidad de un equipo, de cumplir su función.
- *Función*: Es todo aquello que la empresa, espera que el equipo cumpla con sus estándares de diseño y de desempeño.
- *Inspección*: actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo, usando rutas definidas con cierta periodicidad y corta duración en el momento de revisar el equipo, máquina, donde normalmente se utilizan instrumentos de medición o los sentidos del ser humano, para verificar el buen funcionamiento del equipo, sin provocar que esto genere pararlo.
- *Lubricación*: actividades de mantenimiento preventivo, donde se adiciona un lubricante, con el objetivo de minimizar el contacto entre dos superficies, evitando así su desgaste.

- *Mantenibilidad*: es la facilidad de realizar tareas de mantenimiento en un equipo o máquina, para así devolver a sus condiciones de operación en el menor tiempo posible, utilizando procedimientos definidos.
- *Mantenimiento en parada*: acciones que se realizan solamente cuando el equipo o máquina está detenido o está en reposo.
- *Máquina*: es una combinación de piezas de materiales resistentes que tienen movimientos definidos y son capaces de transmitir o transformar energía.
- *Mecanismos*: es una combinación de piezas de materiales resistentes, cuyas partes tienen movimientos relativos restringidos.
- *Parámetro*: se considera como la variable por medir o cuantificar.
- *Pronóstico*: es el análisis de los síntomas de daños, para predecir la condición futura del equipo y su vida útil restante.
- *Parada general*: situación en la que a un conjunto de activos, se les realiza periódicamente una serie de revisiones, reparaciones, mejoras, cambios, etc., y donde estas actividades están concertadas con los departamentos interesados y, por supuesto, están también programadas por un tiempo definido.

# Capítulo 2.





## 2. Antecedentes del mantenimiento

En este capítulo se hace referencia a algo de historia del mantenimiento y su evolución a través de la historia de la humanidad, desde su inicio hasta hoy en día.

### 2.1. Historia del mantenimiento

En la antigüedad, el hombre para poder alimentarse y protegerse, de una manera u otra, ha realizado prácticas de mantenimiento, como el perfeccionamiento de las herramientas fabricadas:

En la figura 1 se aprecian herramientas de la edad de bronce, que requiere hacer mantenimiento correctivo (cambio de componentes) a sus utensilios y herramientas primitivas (cuchillos, lanzas, tijeras, hachas, hoz, navajas, espadas, etc.).

**Figura 1.** Herramientas primitivas.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID: IST\_7872\_03504.

A medida que el ser humano ha avanzado en sus etapas de producción de bienes y servicios, paralelamente el mantenimiento también ha avanzado, como se aprecia en las figuras 2, 3, 4 y 5.

**Figura 2.** Herramientas básicas.



*Fuente:* www.ingimage.com Image ID: ISS\_4206\_03252.

**Figura 3.** Pieza primitiva, como la rueda.



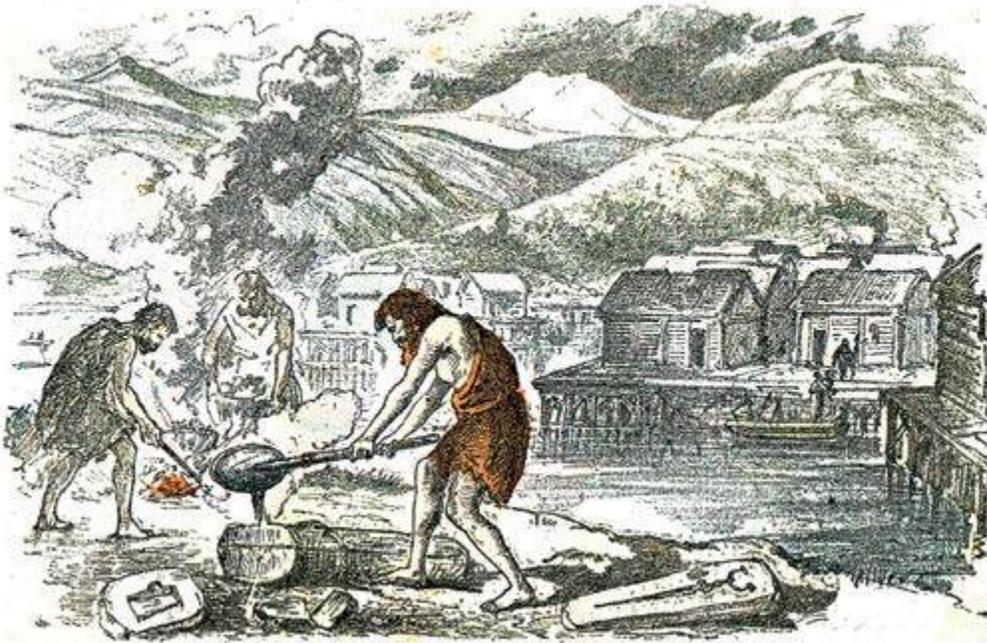
*Fuente:* www.ingimage.com Image ID: ISS\_4266\_04181.

**Figura 4.** Pieza básica: Rueda para carreta.



*Fuente:* www.ingimage.com Image ID: ISS\_4258\_00352.

**Figura 5.** Uso de herramientas, por el hombre primitivo.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID: ISS\_6993\_09459.

Pero a partir de la Revolución Industrial, que inicia a mediados del siglo XVIII en el Reino Unido (Gran Bretaña), cuando se genera una gran transformación en la parte social, económica y tecnológica, para extenderse años después al resto de Europa y Norteamérica se pasa de una economía rural (agricultura) y de comercio a una gran economía de carácter urbano, industrializada y mecanizada.

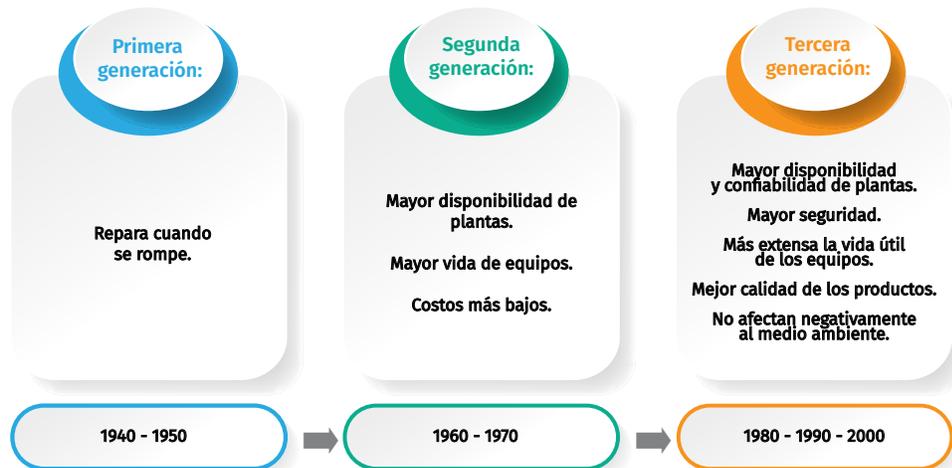
Durante la Revolución Industrial, el mantenimiento que se realizaba en la industria era correctivo (reactivo) o de urgencia, que se ejecutaba únicamente en el momento de ocurrir la falla en la máquina, equipo o componente. Todo esto generó en la industria muchas pérdidas, tanto humanas como económicas, sin tener en cuenta en esta época las pérdidas generadas por la contaminación ambiental. Es así como empiezan a aparecer los primeros talleres mecánicos.

En la década de los años 1920 se hace urgente dar prioridad a organizar el mantenimiento industrial con enfoque de ingeniería, que apoye a las empresas industriales, con el objetivo de disminuir accidentes en el trabajo y aumentar la rentabilidad de las compañías, minimizando los costos por las pérdidas de producción (paradas de las máquinas).

## 2.2. Evolución del mantenimiento

En las figuras 6 y 7 se puede apreciar la evolución del mantenimiento, a partir del año 1940.

**Figura 6.** Evolución del mantenimiento - Nuevas expectativas.



Fuente: Moubray, 2004, p. 7.

**Figura 7.** Evolución del mantenimiento - Nuevas técnicas.



Fuente: Moubray, 2004, p. 9.

## ¿Cómo fue la evolución del mantenimiento desde los años 1930 a mediados de los años 1950?

- ▶ Los equipos eran muy robustos y sobredimensionados.
- ▶ Las fallas se generaban por el desgaste de piezas o mala operación.
- ▶ La mecanización alta en la industria no existía.
- ▶ Los tiempos de parada de los equipos no eran relevantes.
- ▶ Prevenir las fallas en los equipos no era de alta importancia para el gerente.
- ▶ Solo se aplica el mantenimiento correctivo - reparar.
- ▶ No se requiere de mantenimiento sistemático.
- ▶ Las acciones demandaban poca pericia o habilidad.
- ▶ Las producciones de volúmenes son bajas.
- ▶ Donde las instalaciones, sistemas y equipos tienen alta capacidad de soporte o respaldo.
- ▶ Los inventarios de repuestos son muy altos.
- ▶ La gerencia se involucra con la fuerza laboral hacia la proposición de actividades de mantenimiento.
- ▶ Las computadoras están centralizadas y son muy lentas, y los programas no permitían interactuar eficientemente con el usuario.

## A partir de los años 1970 hasta el presente

- ▶ La mecanización y automatización aparece en un alto grado.
- ▶ Mayores necesidades en la disponibilidad y confiabilidad de la infraestructura, sistemas, equipos, máquinas y dispositivos.
- ▶ La productividad tiene mucha relevancia y con alto grado de estándares de calidad.
- ▶ Se le da mayor prioridad a la seguridad integral de las personas, protección de instalaciones, equipos, máquinas y medio ambiente.
- ▶ Enfoque en optimizar los costos de mantenimiento –control de costos–.
- ▶ La vida útil de la infraestructura, sistemas, máquinas, equipos y dispositivos, sean la mayor posible –maximizar–.
- ▶ Muy altos niveles de producción.
- ▶ Para permanecer en el tiempo las empresas deben ser muy competitivas.
- ▶ Personal de mantenimiento debe tener muy buenos niveles de competencias.
- ▶ Cambiar paradigmas, con nuevas técnicas e investigaciones, y así se cuestiona lo que se ha establecido.
- ▶ Cada día hay un desarrollo muy acelerado de la tecnología, computadoras más rápidas, pequeños programas más amigables, integración de redes, sistemas computacionales más expertos.
- ▶ El mantenimiento predictivo tiene un gran desarrollo y aplicación.
- ▶ Se da mayor importancia a los conceptos de confiabilidad y mantenibilidad en la etapa del diseño de la infraestructura, sistemas, equipos, máquinas y dispositivos.
- ▶ A principio de los años 1970 las nuevas filosofías del mantenimiento productivo total (TPM) y el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

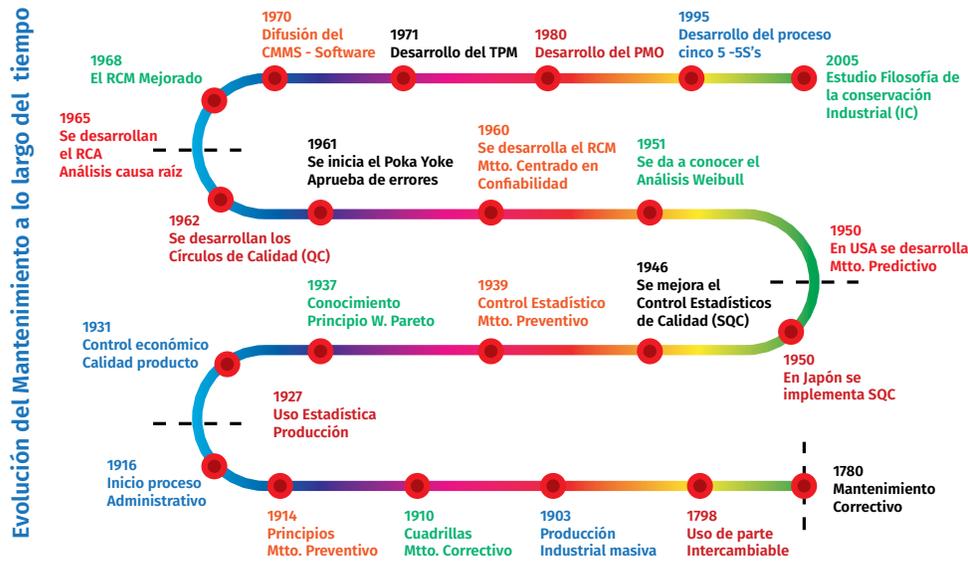
**Tabla 1.** Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo

<b>AÑO</b>	<b>CARACTERÍSTICA PRINCIPAL</b>
1780	Se trabaja solo en mantenimiento correctivo (CM).
1798	Utilización de partes intercambiables en las máquinas.
1903	La producción industrial es masiva.
1910	Se forman cuadrillas de mantenimiento correctivo.
1914	Se empieza aplicar el mantenimiento preventivo (PM).
1916	Se da inicio al proceso administrativo.
1927	Se utilizan estadísticas en la producción.
1931	Se trabaja en el control económico de la calidad del producto manufacturado.
1937	Se tiene en cuenta el concepto del principio W. Pareto.
1939	Los trabajos de actividades del mantenimiento preventivo se empiezan a controlar con datos estadísticos.
1946	Es más eficiente el control estadístico de calidad (SQC).
1950	En el continente asiático, específicamente Japón, inicia con la implementación del control estadístico de calidad (SQC).
1950	En Estados Unidos (UU.EE.) se inicia el mantenimiento productivo (Pdto.M).
1951	Se conoce el análisis de Weibull.
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
1961	Inicio del Poka-Yoke (técnica de calidad a prueba de errores).
1962	Desarrollo de los círculos de calidad (QC).
1965	Implementación de la metodología del análisis causa raíz (RCA).
1968	Se da a conocer la Guía MSG-1, acreditada como el RCM mejorado.
1970	Expansión del uso de la computadora para la administración de activos (CMMS).
1971	Desarrollo el mantenimiento productivo total (TPM).
1978	Presentación de la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en aeronaves.
1980	Desarrollo en la implementación de la optimización del mantenimiento planificado (PMO).
1982	Aplicación del RCM-2 en toda clase de industrias.
1995	Desarrollo para aplicar el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (las 5s).
2005	Estudio de la filosofía de la conservación industrial (IC).

Fuente: Roldán, 2009.

En la tabla 1 y en la figura 8 se puede visualizar, a través de los años, las características principales en la evolución del mantenimiento industrial.

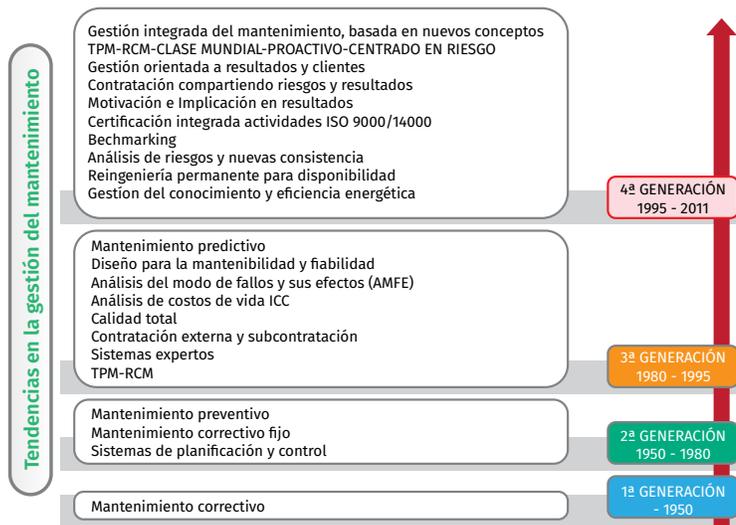
**Figura 8.** Evolución del mantenimiento a lo largo del tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

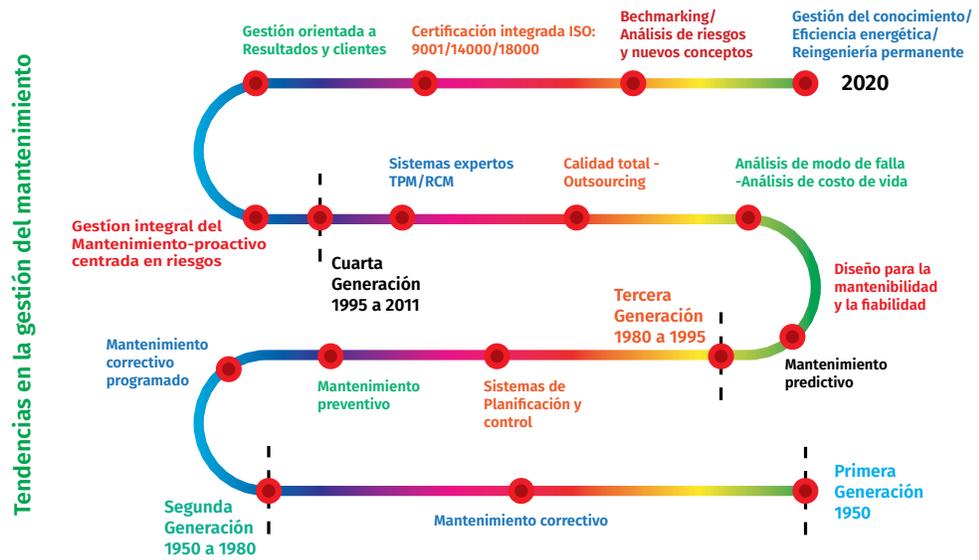
En la figura 9 se puede observar la tendencia de la gestión del mantenimiento industrial más actualizado.

**Figura 9.** Tendencias en la gestión del mantenimiento.



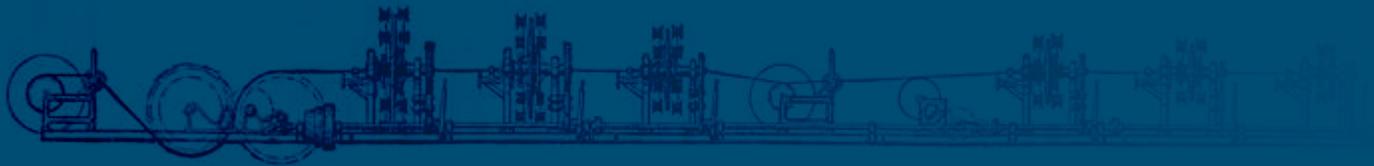
Fuente: Cárcel, 2014.

**Figura 10.** Tendencias en la Gestión del Mantenimiento, a lo largo del tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

# Capítulo 3.





## 3. Clases o tipos de mantenimientos

Este capítulo trata las clases o tipos de mantenimiento más comunes que se utilizan en la mayoría de empresas a nivel regional, nacional y mundial, que son el mantenimiento correctivo, el preventivo y el predictivo.

### 3.1. Mantenimiento correctivo

Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, que a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados es utilizado en un alto porcentaje. Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.

Existen empresas donde sus estrategias de mantenimiento son enfocadas al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado, presupuestos asignados, y tecnologías modernas para aplicar otros tipos de mantenimiento. La gestión del mantenimiento correctivo se activa por el fracaso de no poder diagnosticar justo a tiempo la posible falla que puede ocurrir en una máquina. Es muy importante determinar qué causó la falla y así tomar las medidas adecuadas.

Se pueden encontrar dos clases o tipos de mantenimiento correctivo:

**El mantenimiento correctivo no programado:** se activa, cuando aparece la falla en el equipo o máquina, generando la respectiva parada, de manera que se debe quitar lo averiado y reponer el componente, ya sea nuevo o usado.

**El mantenimiento correctivo programado o planificado:** se realiza cuando se detecta que algún componente de una máquina está próximo a fallar, por lo tanto, se programa el mantenimiento para corregir esta posible falla.

En general, cuando se trabaja solamente el mantenimiento correctivo no programado se puede dar la situación de que su reparación inmediata sea superficial; ya sea por falta de repuestos, o que no se tiene el tiempo idóneo para realizar una buena reparación, o por falta de personal, que origine, lo más probable, más adelante una falla de mayores consecuencias. En la tabla 2 se describen las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.

**Tabla 2.** Las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componentes o piezas y corregir las fallas.	La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
Es imposible determinar la falla.	Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos.
No genera gastos fijos.	Alto inventario de repuestos.
Sin programar ni prever ninguna actividad.	La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.	Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes.
A menor plazo se ofrece un buen resultado económico.	Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez.
Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.	Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento.
Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctivo.	Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías. Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo –reparar cuando solo se presenta la avería–, se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro cesante) y también contar con medios técnicos muy variados.

### 3.2. Mantenimiento preventivo (MP)

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos; para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos; como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos (tiempos dirigidos).

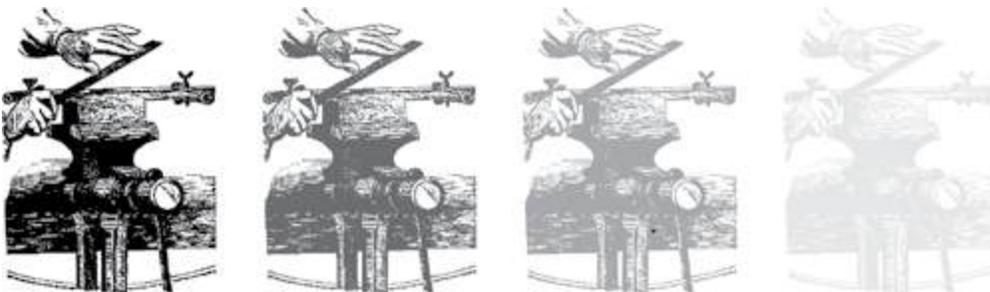
Los objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo pueden ser:

- *Disponibilidad*: puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.
- *Confiabilidad*: es la probabilidad de que la máquina esté operando en todo el momento que necesite el usuario.
- *Incrementar*: al máximo la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas o equipos llevando a cabo un mantenimiento planeado.

Las categorías del mantenimiento preventivo (MP) son las siguientes:

- *Cubrimiento del MP*: revisar el porcentaje del equipo o máquina críticos, para las cuales se han desarrollado programas de MP.
- *Ejecución del MP*: el porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según programa.
- *Trabajos generados por las repeticiones del MP*: el número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP.

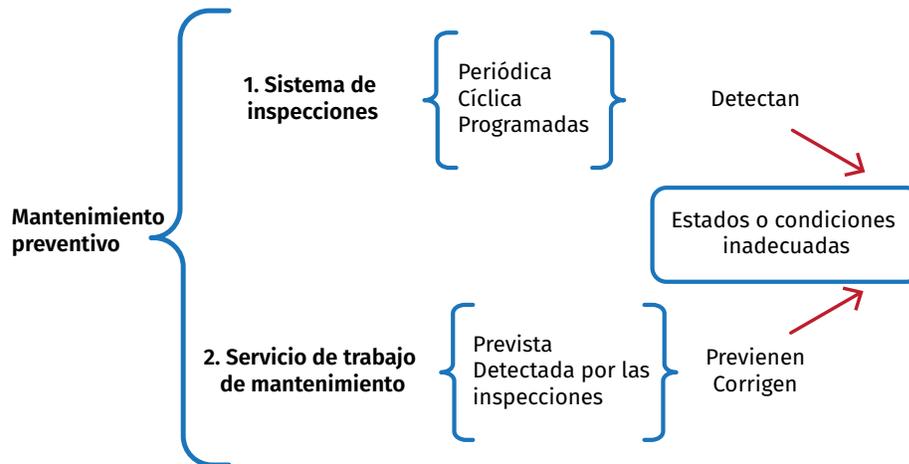
**Figura 11.** Trabajos generados por las repeticiones del MP.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID:IST\_6993\_27717.

En la figura 12 se puede apreciar lo que se debe tener en cuenta para implementar un buen mantenimiento preventivo.

**Figura 12.** Implementación del mantenimiento preventivo (MP).



Fuente: Elaboración propia.

40

Fases para la aplicación de un plan de MP:

- *La planificación:* (se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar, equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo).
- *La programación:* (se define el día, la hora, lugar dónde se van a desarrollar, las actividades previamente planificadas).
- *La ejecución:* (realización de los trabajos, previamente definidos).
- *El control:* (verificación y validación de los trabajos ejecutados).

Planificación del MP

Qué se debe tener en cuenta en esta etapa.

### 1. Inventario técnico

Llevar un registro de todos los equipos, herramientas, máquinas, instalaciones, edificios, redes, etc., para elaborar así un completo kardex de máquinas, equipos, etc. Esto debe ser lo más sencillo de aplicar y mantener actualizado, también es recomendable acoger una codificación adecuada.

## 2. Preferencias de manejo o usos

Determinar qué máquinas, equipos son productivos y no productivos. A los primeros clasificarlos en críticos, subcríticos y no críticos.

## 3. Control de costos

Análisis de costos: es una gestión muy importante de la evaluación de los resultados del mantenimiento. Permite identificar qué secciones o áreas necesitan mejorar inmediatamente.

Los costos estándares se calculan según ecuación (1)

El cálculo del costo total promedio acumulado de mantenimiento es por un período de tiempo T, definido (CTM<sub>prom</sub>). Dónde:

$$CTM_{prom} = \frac{CMP + CMC}{T} \quad \text{Ecuación (1)}$$

**CTM:** es el costo total promedio acumulado de mantenimiento.

**CMP:** es el costo del mantenimiento preventivo.

**CMC:** es el costo del mantenimiento correctivo (observado por las inspecciones del mantenimiento preventivo).

**T:** es el período de tiempo considerado (por ejemplo: meses, trimestre, semestre, industria, en una forma eficiente y efectiva).

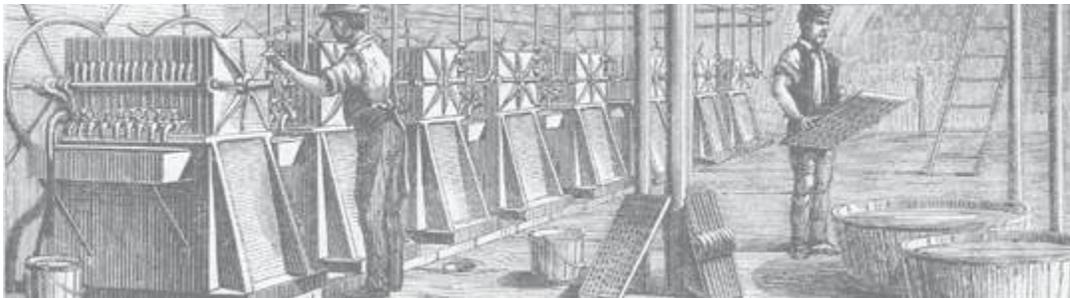
Cada costo de mantenimiento está integrado básicamente por:

- ▶ Horas improductivas (lucro cesante).
- ▶ Horas – hombre.
- ▶ Materiales y servicios de terceros.

El porcentaje de mantenimiento programado durante el mismo período de T (% MP), según ecuación (2).

$$\%MP = \frac{H_{shombre} - MP}{H_{shombre} - MP + H_{shombre} - MC} \quad \text{Ecuacion (2)}$$

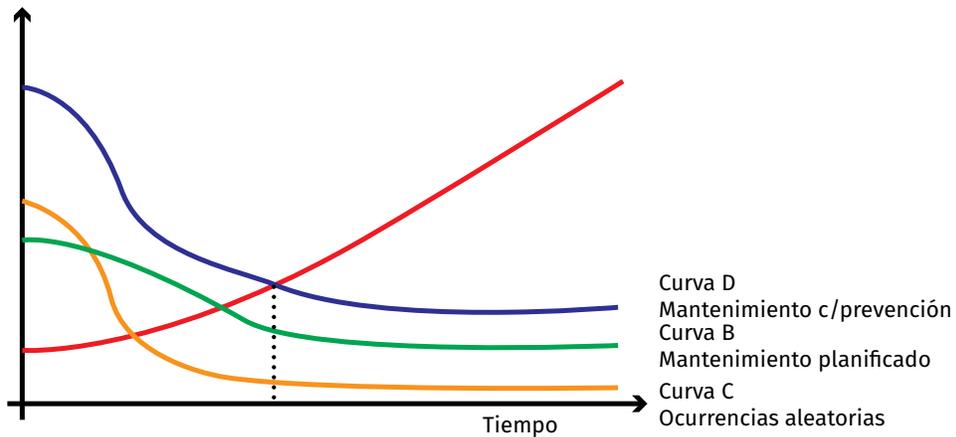
**Figura 13.** Trabajos efectuados Horas Hombres Control de Costos.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID: ISS\_6993\_18862.

En la figura 14 se puede visualizar el comportamiento de los costos de mantenimiento con relación al tiempo.

**Figura 14.** Curva de costos de mantenimiento con relación al tiempo.



Fuente: Tavares, s.f., p. 7.

42

Los costos directos: pueden ser la mano de obra y materiales (registrados en contabilidad).

Los costos indirectos: generalmente no suelen ser registrados en contabilidad, pero su volumen puede ser incluso superior al de los costos directos.

Por ejemplo: *el lucro cesante*, son aquellos costos que se originan por falta de disponibilidad o deterioro del activo; costos por falla en la calidad; multas o penalizaciones por retraso en las entregas; secuela de la seguridad de las personas e instalaciones; averías o daños medioambientales provocados por los fallos.

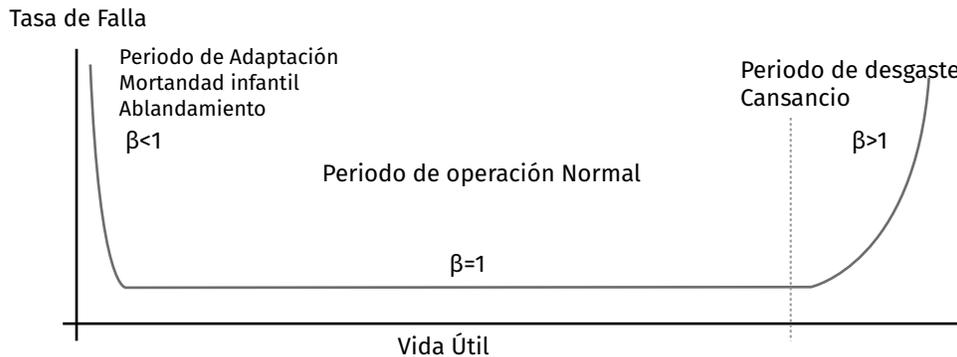
#### 4. Factores técnicos que regulan la estructuración

Los factores técnicos que regulan la estructuración del MP pueden ser:

- ▶ Período de habilitación entre inspecciones.
- ▶ Límite de vida útil en servicio.
- ▶ Variables por controlar.

Como referencia del *comportamiento de las máquinas* se debe tener en cuenta la conocida curva de la *bañera*, figura 15.

**Figura 15.** Curva de la bañera o curva del ciclo de vida de un equipo.



Fuente: Tavares, s.f., cap. 4, p. 88.

## 5. Sistemas de información

¿Qué tan importante es hoy en día el uso de las computadoras en el área de mantenimiento?

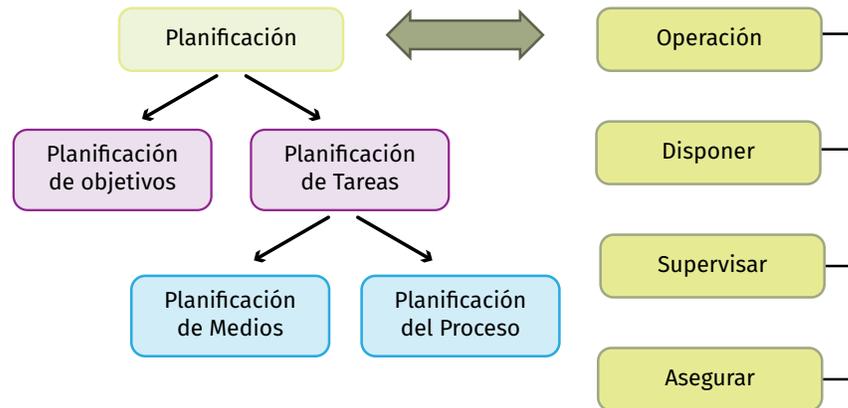
Todo lo que se puede incluir en una computadora se puede relacionar en el siguiente listado a nivel general:

- ▶ Plan mensual, semestral o anual de inspecciones.
- ▶ Registro de inspecciones.
- ▶ Programa semanal, mensual de lubricación.
- ▶ Registro de lubricaciones.
- ▶ Ordenes de trabajo para lubricaciones.
- ▶ Programa diario, semanal, quincenal, mensual, trimestral, semestral y anual de trabajos.
- ▶ Ordenes de trabajo para reparaciones, cambios, ejecución de mantenimientos, ya sea correctivo, preventivo, predictivo.
- ▶ Registro de actividades realizadas por equipos, máquinas, sistemas, etc.
- ▶ Ordenes de trabajos programadas, realizadas o ejecutadas, pendientes.
- ▶ Relación del personal según actividades realizadas.
- ▶ Fichas técnicas de equipos, maquinaria.
- ▶ Hojas de vida de equipos, maquinaria.
- ▶ Taxonomía.
- ▶ Costos.
- ▶ Indicadores de desempeño de mantenimiento.
- ▶ Otros.

## 6. Planificación y operación

Un mantenimiento exitoso inicia con una buena planificación, que llegue a una operación efectiva, como se aprecia en la figura 16.

Figura 16. Planificación y operación.



Fuente: Elaboración propia.

## 7. Existencia o inventario de herramientas, repuestos e insumos

Es importante disponer de estos elementos de uso común en los depósitos, pero que a su vez esto no sea costoso para la empresa, en el sentido de que el capital no tenga movimiento. Sin embargo, no hay que perder de vista la premisa que dice: “No hay mantenimiento, si no hay repuestos”, que a veces no se cumple, ya que puede hacerse un mantenimiento correctivo sin tener repuestos, depende mucho de la experticia de los técnicos. Así mismo, se tiene que disponer de las herramientas, los dispositivos y los instrumentos de medición que fueron asignados para verificar las condiciones de los equipos.

### Programación del MP

Aquí se hace referencia a un cronograma de actividades, dependiendo de la planificación del mantenimiento preventivo. Se define la fecha, hora, duración aproximada de ejecución y sitio donde se van a realizar las actividades de prevención. Se puede determinar que los cronogramas a corto, mediano y largo plazo son muy importantes para el desarrollo de la industria.

Esta programación se basa en un orden para realizar las diferentes actividades de este tipo de mantenimiento, según los modelos planteados y teniendo en cuenta su periodicidad; justificando una jerarquía en que se deben realizar los mantenimientos según su urgencia, disponibilidad del equipo de mantenimiento, uso del material necesario, personal, entre otros. Se da según el historial del equipo, su prioridad, inspección, recomendación, información recibida por parte de producción y ventas. La programación puede ser diaria, semanal, quincenal, mensual.

A continuación, en la figura 17 se muestra un ejemplo:

**Figura 17.** Actividades preventivas del área de recibo de trigo.

ACTIVIDADES PREVENTIVAS DEL AREA DE RECIBO DEL TRIGO									
NOTA: LOS EQUIPOS MAS RELEVANTES					MANTENIMIENTO GENERAL				
EQUIPO	PARTES	BPM		MANTENIMIENTO MECANICO				OBSERVACIONES	REGISTRO
		Limpieza	Revisión	Revisión Func.	Lubricación	Reparación	Ajuste		
SISTEMAS DE TRANSMISION	Correas - Bandas / Poleas	X	X	X	---	X	X	Cambio por desgaste, alinear, tensionar.	HOJAS DE VIDA DE EQUIPOS. FORMATOS F - 078 - 01.
		P		TMc		TMc			
	Cadenas / Piñones	X	X	X	---	X	X	Cambio por desgaste, alinear, tensionar ajustar.	
		P		TMc		TMc			
	Reductor	X	X	X	X	X	X	Cambio retened., rodam., piñones, lubricar, etc.	
		P		TMc					
	Rodamientos - Chumaceras	---	---	X	X	---	X	Se lubrican o cambio por daño	
		P		TMc					
AREA DE DESCARGUE		X	X	X	---	X	---	Limpieza exterior de la tubería, área, equipos arreglar si es necesario.	H. VIDA EQ. FORM. F - 078 - 01.
		P		TMc		TMc			
SILOS METALIC. Y BODEGAS DE TRIGO.		X	X	---				Limpieza interior, y fumigar.	H. VIDA EQ. FORM. F - 078 - 01.
		P							
EQUIPOS DE RECIBO	ventilador Aspiración	X	X	X	X	X	X	Limpieza exterior e interior de la tubería, equipos, cambio por daño	H. VIDA EQ. FORM. F - 078 - 01.
	Filtros, esclusas, Rosca, ciclón.	P		TMc					
PRELIMPIA SUPER BRIX	Mallas Metálicas	X	X	X	---	X	---	Soldar mallas rotas o cambiar si estan dañadas	HOJAS VIDA EQUIPO. FORMATO. F - 078 - 01.
		P		TMc		TMc			
	Rotor	X	X	X	---	X	---	Soldar ejes o rotor cambiar si estan dañadas	
		P		TMc		TMc			
	Rodamientos - Chumaceras	---	---	X	X	---	X	Se lubrican o cambio por daño	
		P		TMc					
EQUIVALENCIAS:									
		P: Pateros							
		TMc: Técnico Mecánico.							

Fuente: Elaboración propia.

## Ejecución del MP

Para la elaboración de las diferentes acciones por ejecutar en el mantenimiento preventivo se debe tener en cuenta varios factores, como:

- ▶ La existencia de un manual de gestión.
- ▶ Que existan procedimientos administrativos.
- ▶ Que estén definidos procedimientos de trabajo.
- ▶ Se tengan elaborados los instructivos técnicos, igual que los instructivos de operación/funcionamiento.
- ▶ Diseñadas las órdenes de trabajo.
- ▶ Llevar los registros administrativos, y los registros de mantenimiento.
- ▶ Tener los registros de planificación diaria, y también los análisis de falla.
- ▶ Se deben diligenciar los permisos de trabajo.
- ▶ También diligenciar los registros de las condiciones de trabajo.

Toda esta información nos sirve para que la ejecución del mantenimiento preventivo se actualice y exista siempre una mejora continua.

### Control del MP

Con la finalidad de llevar un buen control en la maquinaria, equipos, instrumentos, componentes, instalaciones es muy importante y necesario siempre elaborar los diferentes registros de mantenimiento para cada equipo o maquinaria. Velar para que la planificación del mantenimiento preventivo se ejecute en un alto porcentaje.

Hacer controles en:

- ▶ Inventario de repuestos.
- ▶ Inventarios de equipos, máquinas, instrumentos, componentes.
- ▶ Realización del cronograma del mantenimiento.
- ▶ Definir la prioridad de equipos por mantener.
- ▶ Coordinar el servicio del mantenimiento preventivo con personal propio o con contratistas.
- ▶ Solicitar la elaboración del contrato con las empresas externas.
- ▶ Validar el mantenimiento preventivo.
- ▶ Registrar las actividades del mantenimiento.
- ▶ Analizar las actividades realizadas.
- ▶ Los activos, después de realizar el mantenimiento no afectan la seguridad de las personas, mismos equipos, instalaciones. Lo mismo con el impacto ambiental.
- ▶ Retroalimentación.

46

**Figura 18.** Trabajos de Control. Registros.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID:02J90665.

En la tabla 3 se pueden observar las ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo:

**Tabla 3.** Ventajas y desventajas del Mantenimiento Preventivo

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Disminuye las anomalías o fallas y los tiempos muertos (aumentando la disponibilidad de las máquinas, equipos e instalaciones).	Todo programa que se inicia genera un incremento en los costos.
Aumenta la vida útil de las máquinas, equipos, componentes e instalaciones.	
Hay una mejora efectiva en el uso de los recursos.	Para iniciar se necesita de tiempo extra en el trabajo del personal de mantenimiento.
Se disminuyen o se reducen, los niveles de inventarios de repuestos.	Búsqueda de la información, como manuales, historial, fichas técnicas, repuestos, inventarios, reparaciones, etc. Actualizar información, generación de procedimientos, instructivos.
Hay un ahorro económico a largo y mediano plazo.	
Elaboración de planes de mantenimiento.	
Se definen indicadores de gestión o de desempeño.	Tiempo para transferir la información recolectada.
Se documentan procedimientos, instructivos. Se mantiene actualizada la información.	
Se implementan buenas inspecciones de rutinas.	
Implementación de un buen programa de lubricación.	Técnicos de mantenimiento, trabajo de campo adicional. Taxonomía de los equipos. Materiales utilizados, tiempos, etc.
Definición de los presupuestos.	
Se aumenta la seguridad industrial para las personas.	Dotación, ordenamiento de almacenes.
Se mejora el enfoque de contaminación ambiental.	Rotación de repuestos, actualizar información, inventarios.
Disminución de pagos de horas extras, que se generan continuamente.	Se elevan costos, por entrenamientos, capacitaciones para el personal.
Se aumenta el cumplimiento de la entrega oportuna de producción.	

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Mantenimiento predictivo

Existen varias definiciones del mantenimiento predictivo; una de ellas se puede interpretar como un tipo de mantenimiento, donde se asocia la relación de parámetros físicos con el desgaste o estado de una máquina. En el mantenimiento predictivo se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las circunstancias de operación de un equipo-máquina o una instalación. A tal producto, se precisa y se gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todas aquellas variables que se contemplan relevantes de medir y gestionar.

El mantenimiento predictivo también se puede considerar como una técnica para presagiar el punto futuro de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga.

Consta de una serie de pruebas de carácter no destructivo, guiadas a realizar un seguimiento de operación de los equipos para captar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de forma adecuada. Los datos más relevantes que entrega este tipo de seguimiento de los equipos es la tendencia de los valores, ya que se puede acceder a los cálculos necesarios para así prever con cierto margen de error cuándo un equipo fallará. Se les nombra técnicas predictivas. Aplicando este tipo de mantenimiento sistemático por horas de funcionamiento o por tiempo avanzado desde la última revisión, el mantenimiento predictivo tiene la ganancia indiscutible de que en la mayoría de las veces no es necesario hacer grandes desmontajes, y en muchos casos ni siquiera es necesario parar la máquina.

Normalmente son técnicas no invasivas. Si después de la inspección se detecta algo irregular se define programar una intervención. La meta es prever el fallo desastroso de un componente, pieza, máquina o equipo y, por tanto, anticiparse a este, es así como estas técnicas de mantenimiento predictivo ofrecen una ventaja adicional: la compra de repuestos se realiza cuando se necesita, eliminando pues stocks (capital quieto sin trabajar o lucro cesante).

Estas aplicaciones predictivas más comunes en instalaciones industriales son las siguientes:

- ▶ El análisis de vibraciones mecánicas, considerado por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo.
- ▶ Aplicación de termografías.
- ▶ Uso de boroscopias (inspecciones visuales).
- ▶ El análisis de aceites.
- ▶ Los análisis de ultrasonidos.
- ▶ El análisis de humos de combustión.

- El control de espesores en equipos estáticos.
- Y, también el análisis por medio de luz ultravioleta.

En la figura 19 se pueden apreciar estas técnicas predictivas más habituales.

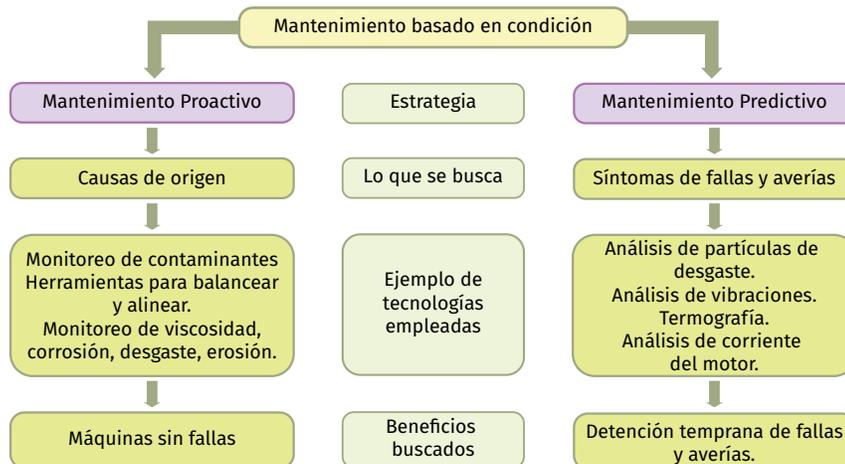
**Figura 19.** Técnicas predictivas.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20 se puede observar un enfoque del mantenimiento basado en condición, según estrategias, metas, tecnologías aplicadas y sus beneficios.

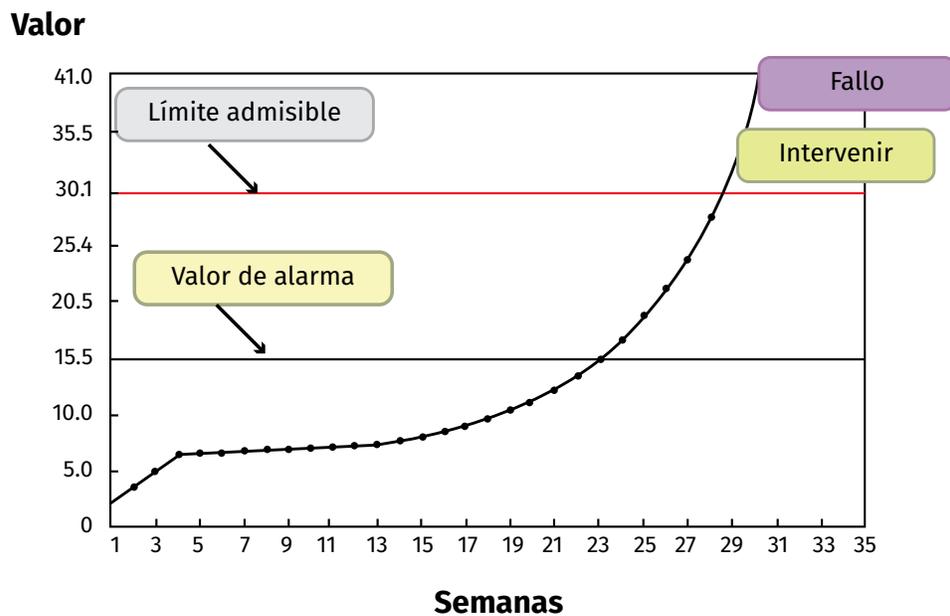
**Figura 20.** Mantenimiento basado en condición.



Fuente: Elaboración propia.

También hay otras técnicas predictivas de aplicación muy sencilla, en las que normalmente no se consideran como iguales, pero que de hecho lo son: inspecciones visuales y lecturas de indicadores. La aplicación del mantenimiento predictivo se fundamenta en implantar, en primer lugar, un punto de vista histórico de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se consigue por medio de la toma de lecturas (por ejemplo, la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle. En la figura 21 se muestra una curva típica que resulta de graficar la variable (vibración) contra el tiempo.

**Figura 21.** Gráfica de tendencia de un valor de amplitud de vibración de un cojinete.



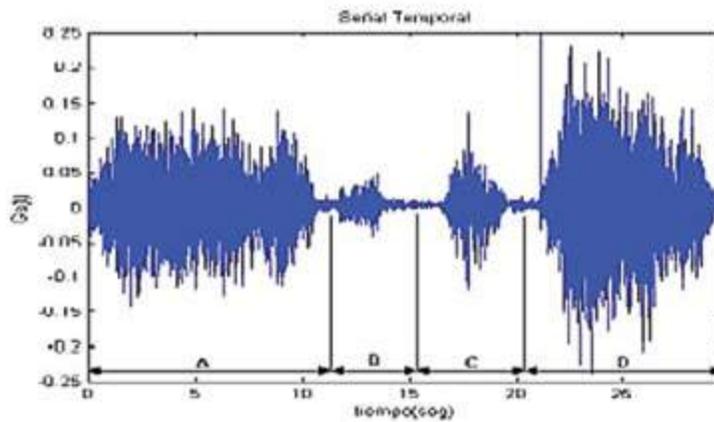
Fuente: García, 2009.

Las empresas que fabrican instrumentos de medición y *software* para el mantenimiento predictivo pueden recomendar rangos y valores para el cambio de los componentes de la mayoría de los equipos, máquinas, sistemas; esto hace que el análisis histórico sea insignificante en la mayoría de las aplicaciones.

### Análisis de vibraciones

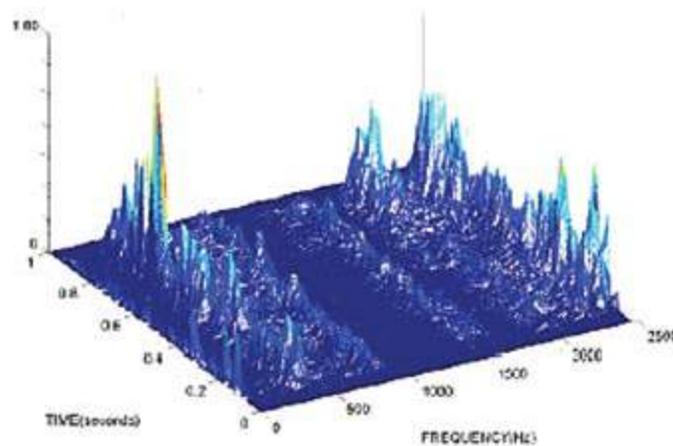
La importancia de las vibraciones mecánicas en el mantenimiento industrial, generando alarmas, lo que se traduce en el comportamiento de un componente o elemento vibrante en una máquina y, por lo tanto, la urgencia de la prevención de las fallas que traen este tipo de situaciones a corto y medio plazo. En las figuras 22 y 23 se puede observar el comportamiento de equipos, cuando se hace este tipo de estudio.

**Figura 22.** Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo en función del tiempo.



Fuente: Labaien y Carrasco, 2009.

**Figura 23.** Transformada Tiempo-Frecuencia.



Fuente: Labaien y Carrasco, 2009.

Unos de los objetivos principales de este análisis debe ser la caracterización de las amplitudes preponderantes de las vibraciones localizadas en el componente, elemento o máquina; definir las causas de la vibración y, por lo tanto, ejecutar la oportuna corrección del problema que ellas representan. Las vibraciones mecánicas traen como consecuencia el incremento de los esfuerzos y las tensiones, las pérdidas de energía, el desgaste de los materiales, y las que causan más daño: fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral y seguridad industrial.

### Factores relevantes de las vibraciones

- **La frecuencia:** es el periodo de tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).

- *El desplazamiento:* es la distancia específica total que realiza el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.
- *La velocidad y la aceleración:* como valor que involucra a los ítems anteriores.
- *La dirección:* las vibraciones pueden moverse en forma lineal y rotacional en los 3 ejes (x, y, z).

#### **Tipos de vibraciones:**

- *Vibración libre:* generada por un sistema que oscila debido a una excitación momentánea.
- *Vibración forzada:* provocada por un sistema que oscila debido a una excitación continua.

Aquí, se relacionan los aciertos más comunes por los que un componente, elemento, máquina o sistema puede llegar a vibrar:

- ▶ Vibraciones debido a que las máquinas que giran ocasionan desequilibrio.
- ▶ Vibración ocasionada por falta de una buena alineación.
- ▶ Vibración generada por la excentricidad de los ejes de acople en equipos rotativos.
- ▶ Vibración causada por la falla de cojinetes o rodamientos.
- ▶ Vibración creada por problemas de los engranajes, correas de transmisión, tolerancias, holguras, deficiente lubricación, contacto o roce entre piezas metálicas, etc.

#### **Termografía:**

Esta tecnología se ha convertido en una herramienta muy valiosa del diagnóstico para el mantenimiento predictivo. Aplicando termografía se descubren posibles fallas que suelen ser indetectables a simple vista, lo que facilita hacer los correctivos necesarios para evitar que se produzcan estas fallas que ocasionan altos costos en los procesos productivos industriales (figura 24).

Las cámaras termográficas son instrumentos muy importantes que sirven para determinar cuándo y dónde se necesita realizar trabajos de mantenimiento, puesto que las instalaciones eléctricas y mecánicas suelen calentarse antes de fallar. Al develarse estos puntos críticos calientes con una cámara termográfica, se puede llevar a cabo una acción de prevención. Es así como el objetivo es impedir que las averías generen altos costos de reparación, y aún peor, que estos daños causen incendios donde sus consecuencias pueden ser catastróficas.

**Figura 24.** Cámara termográfica - Medición de temperatura.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID:ISS\_23290\_00169.

Una cámara termográfica es un dispositivo de muy buena precisión, capaz de analizar y visualizar la distribución de temperatura de superficies completas de equipos eléctricos y maquinaria con rapidez, a una distancia prudente, de tal forma que el personal que opere estos dispositivos no esté en riesgo de exponer su integridad física. La ganancia fundamental de la medición de temperatura por medio de la termografía es que esta labor se realiza sin contacto, por lo que no perturbará las condiciones de trabajo de los objetos observados. Esta propiedad la hace singularmente especial en el control y mantenimiento de elementos en tensión.

53

Entre los usos esenciales de la termografía se puede mencionar:

- ▶ La medición de los espesores y también identificar las discontinuidades en aquellos productos aislantes, refractarios y térmicos.
- ▶ El monitoreo por inspección de ductos.
- ▶ La revisión de las soldaduras.
- ▶ Detectar puntos calientes.
- ▶ La posición de componentes y anomalías en circuitos eléctricos.
- ▶ También se utiliza para usos en seguridad, defensa y en áreas de la salud.
- ▶ Para prevenir y detectar posibles incendios.
- ▶ En el monitoreo en tanques de almacenamiento.
- ▶ Para el control de calidad en todos aquellos procesos industriales de producción.

De las anteriores aplicaciones o usos, generalmente en las instalaciones eléctricas es donde en un alto grado debe aplicarse este tipo de herramienta (termografía infrarroja) de mantenimiento predictivo, como se puede observar en la figura 25.

**Figura 25.** Análisis termográfico de un interruptor.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID:IST\_23290\_00170.

### **Boroscopia:**

Es una técnica de monitoreo o inspección *no destructivo para la superficie*, empleado generalmente en soldaduras, para así validar que su integridad mecánica cumple con las especificaciones y estándares. Pero también se puede aplicar a componentes, máquinas y equipos. Es una inspección visual (figura 26), que puede ser establecida como el examen de un objeto aplicando el sentido de la visión (ojo humano) que se complementa con una mezcla de diferentes instrumentos de amplificación, grabación, registro, entre otros.

**Figura 26.** Inspecciones boroscópicas. Ensayos no destructivos.



Disponible: en <http://osaqui.com/index.php/ensayos-no-destructivos/>

### La inspección puede ser:

- *Inspección visual directa:* se realiza a una distancia lo más cercana al objeto, componente, máquina estudiada, aprovechando la máxima suficiencia visual del personal. Los dispositivos que se pueden utilizar, son lentes de aumento, microscopios, lámparas o linternas, y con regularidad se utilizan dispositivos de medición como calibradores, micrómetros y galgas para cuantificar y categorizar las condiciones halladas.
- *Inspección visual remota:* se aplica en situaciones en las que no se tiene ingreso directo al objeto, componente o máquina estudiada. Generalmente se utiliza para motores recíprocos, turbinas estacionarias, compresores, tuberías de calderas, ductos, intercambiadores, soldaduras internas, tanques, válvulas y otros.

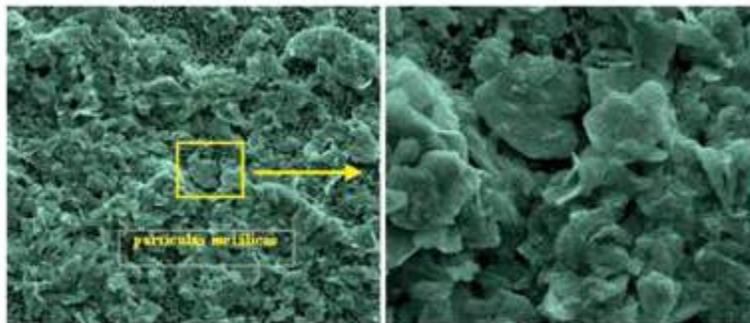
### Los análisis en aceites:

Estas técnicas de estudio e investigación de aceites y lubricantes son muy importantes para establecer la degradación del lubricante o aceite, generalmente ocasionada por el ingreso de contaminantes que acelera su degradación y también por la presencia de partículas que generan desgaste. La contaminación y una baja calidad del aceite genera un mayor desgaste del componente o elemento, por lo tanto, el equipo acabará fallando (figuras 27 y 28). El análisis del aceite detecta la contaminación y la degradación del lubricante antes que esas circunstancias ocasionen el fallo del equipo.

En el análisis de aceite se tienen buenos beneficios, ya que, ejecutando mediciones a algunas propiedades fisicoquímicas nos suministra datos sobre:

- ▶ El estado del lubricante (su viscosidad, partículas contaminantes - limpieza).
- ▶ Deterioro de la máquina.
- ▶ Nos permite instaurar un buen programa de lubricación basado en condición.

**Figura 27.** Análisis de aceites. Presencia de partículas sólidas.



Fuente: Labaien y Carrasco, 2009.

**Figura 28.** Generación de la contaminación del aceite.



Fuente: Elaboración propia.

Para implementar una estrategia proactiva es esencial tener en cuenta que se deben implantar dos tipos de alarmas:

56

- ▶ Las absolutas.
- ▶ Las estadísticas.

Las alarmas absolutas son fronteras sancionatorias que se emplean para definir el estado de contaminación del aceite o lubricante, y se pueden acatar las sugerencias de los fabricantes de las máquinas, también las sugerencias del laboratorio donde se analizan los aceites o lubricantes. Las alarmas estadísticas se apoyan en sus propios valores registrados en el equipo. Este análisis nos da la tendencia que nos ayuda a identificar anomalías o fallas incipientes. Tener en cuenta, no dejar en el olvido la variabilidad inherente a la propia exactitud de las pruebas que se hacen.

De igual forma, es primordial saber la metalurgia de las partes móviles que tienen contacto con el lubricante, para así determinar el origen de los metales de desgaste. La contaminación es la principal causa para disminuir la vida útil de los aceites y, por ende, aumentar las averías o fallas en las máquinas. Para la mayoría de las máquinas la contaminación por sólidos es el principal motivo de averías o fallas originadas por desgaste.

También hay otros contaminantes como humedad y partículas que contribuyen al deterioro del aceite. En la tabla 4 se puede observar los efectos o consecuencias que originan los diferentes tipos de contaminantes en el aceite.

**Tabla 4.** Efectos de los contaminantes sobre la superficie de la maquinaria.

TIPOS DE CONTAMINANTE	IMPACTOS SOBRE LA SUPERFICIE DE LA MAQUINARIA
Partículas	Genera desgaste superficial por abrasión y fatiga.
Agua	Se produce la herrumbre y el rayado.
Combustible	Aumenta el desgaste por pérdidas de resistencia de la película del lubricante.
Anticongelante	También se forma la herrumbre y corrosión. Aumento del desgaste por pérdidas de resistencia de la película del lubricante.
Aire	Genera la cavitación.
Calor	Creación de barniz. Aumento del desgaste por pérdida de resistencia de la película del lubricante.

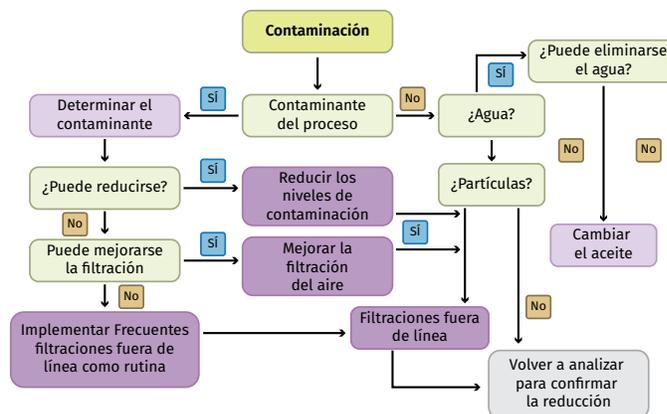
Fuente: Elaboración propia.

Los aceites por su aplicación y uso en el tiempo sufren un envejecimiento natural que va alterando sus propiedades físicas: la densidad, la viscosidad, y las propiedades químicas que reduce su vida útil, a través los siguientes mecanismos:

- ▶ La oxidación
- ▶ La polimerización
- ▶ La ruptura
- ▶ La evaporación

Al bajar la contaminación con agua, con aire, con partículas, con calor no solo se estará reduciendo el desgaste de la maquinaria, sino también aumentando la vida útil del aceite (figura 29), proceso para mejorar la vida útil del aceite.

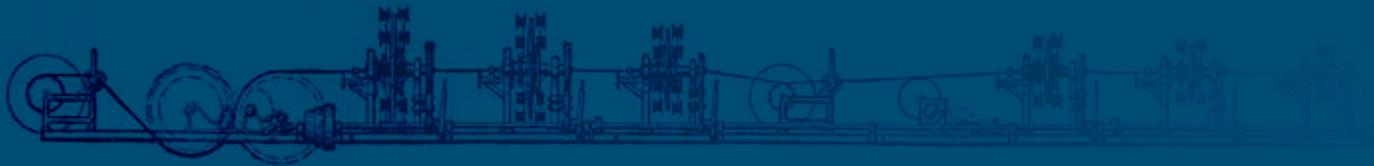
**Figura 29.** Proceso de mejoramiento. Vida útil del aceite.



Fuente: Elaboración propia.



# Capítulo 4.





## 4. Organización y administración general del mantenimiento

Este capítulo relaciona cómo todo un departamento, sección o gerencia de mantenimiento debe tener su propia organización y, por ende, cómo se administran y gestionan los recursos asignados por la alta gerencia para que cumpla con los objetivos o metas propuestas.

### 4.1. Conceptos de organización, administración y gestión

Organización se puede definir, como el proceso mediante el cual se logra un orden adecuado de los recursos asignados que se utilizan para realizar actividades definidas.

En cuanto al mantenimiento industrial, su composición e información hay que enfocarse en la constante búsqueda de los siguientes objetivos que son importantes:

- ▶ Optimizar la disponibilidad de los equipos productivos.
- ▶ Disminuir los costos de mantenimiento.
- ▶ Optimizar los recursos humanos.
- ▶ Maximizar la vida útil de la maquinaria.

Hay que tener en cuenta unos principios fundamentales que son criterios para tener una buena organización, que pueden ser:

- ▶ Objetivo.
- ▶ Función específica.
- ▶ Jerarquía.
- ▶ Autoridad y responsabilidad.
- ▶ Respeto de la cadena de mando.
- ▶ Difusión.
- ▶ Control.
- ▶ Coordinación.
- ▶ Continuidad.

## 4.2. Configuración organizacional de la empresa y del mantenimiento

La configuración organizacional se puede definir como: el conjunto de medios y recursos que maneja cualquier empresa o compañía, con la meta u objetivo de dividir el trabajo de sus colaboradores en diferentes áreas, secciones o departamentos, para realizar actividades, logrando una coordinación efectiva entre ellas para alcanzar las metas deseadas por la organización. Teniendo claro que una entidad o institución es un grupo de personas debidamente formado en función a metas definidas, para alcanzar los objetivos específicos.

Para poder alcanzar estas metas propuestas, teniendo en cuenta que, en la mayoría de las situaciones, casi siempre el inicio es con recursos limitados, es necesario la construcción de esquemas o modelos que faciliten la relación multidisciplinaria de sus funcionarios o colaboradores.

La configuración organizacional de la empresa, que también puede aplicar al departamento de Mantenimiento dentro de esta, es la herramienta que nos va a permitir alcanzar objetivos, por lo tanto:

- ▶ Permitir alcanzar un uso eficiente de los recursos.
- ▶ Facilitar las diferentes actividades que se deben ejecutar y, por supuesto, la buena coordinación de su funcionamiento.

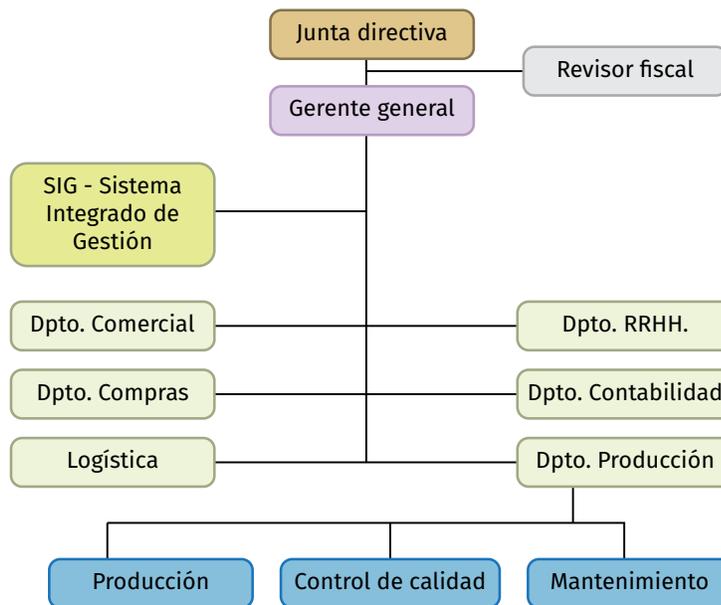
En este tipo de estructura, las diferentes partes se integran muy bien, se relacionan de tal manera que, cualquier cambio brusco en alguna de las partes va a afectar la relación de la estructura y por ende su conducta.

### Organigrama

El organigrama es una referencia gráfica que interpreta la manera en que se han agrupado funciones, labores y actividades en una organización. Aquí se muestran las diferentes áreas, secciones o departamentos de una empresa o compañía. El organigrama nos da una visión general o global de la empresa u organización, y nos permite comparar con otras organizaciones de actividades económicas similares, para analizar así incongruencias, duplicidad de funciones o cargos, entre otras; también tener en cuenta los parámetros que se deben respetar para el diseño del organigrama, cómo:

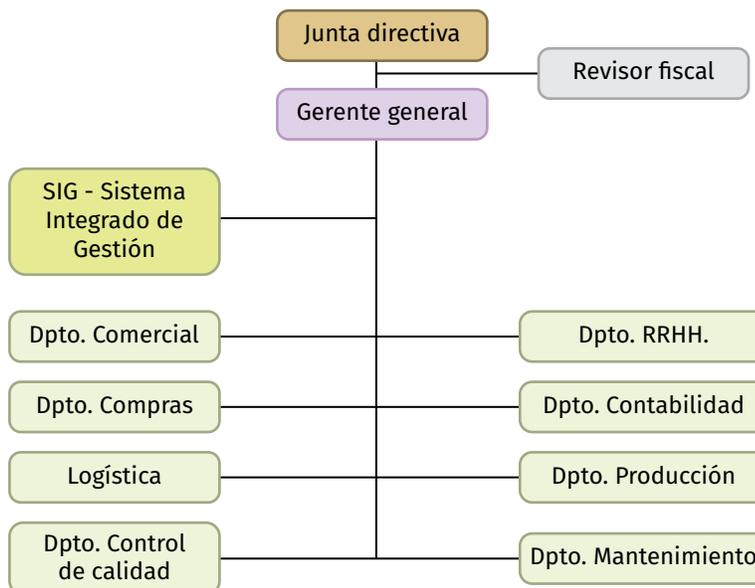
Claridad - simplicidad - simetría (los niveles de igual jerarquía se ubican a la misma altura), obviamente tener en cuenta que estos niveles deben cumplir muy bien con facilitar la comunicación entre las personas, según su tamaño y estructura organizacional (figuras 30, 31 y 32), se pueden observar los siguientes organigramas típicos.

**Figura 30.** Organigrama general de una empresa. Mantenimiento depende de Producción.



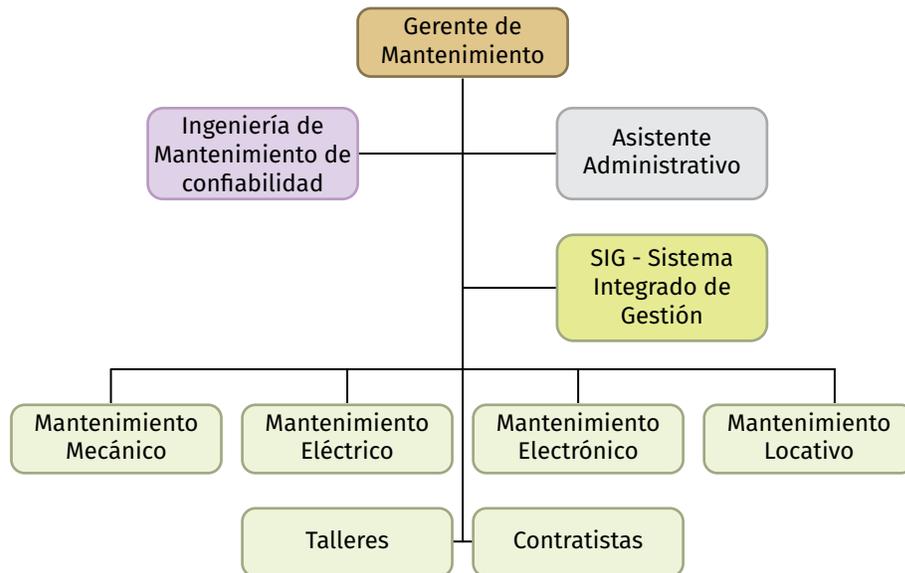
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31.** Organigrama general de una empresa. Dpto. Mantenimiento es independiente del Dpto. de Producción.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32.** Organigrama de un departamento de Mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Los conceptos de autoridad, responsabilidad, funciones y actividades del mantenimiento

#### La autoridad, en la estructura organizacional

La autoridad es la facultad o potestad que se le da a una persona dentro de una organización, para gobernar o ejercer el mando sobre un grupo de personas. La autoridad es importante, ya que proporciona la línea primordial de las comunicaciones en las empresas, en los diferentes niveles y departamentos, si así lo requiere.

#### Principios de jerarquía

Es significativo que las líneas de autoridad sean muy claras, que pueden ir desde el mayor nivel ejecutivo de una compañía o empresa hasta cada subordinado, generando más eficiencia en el procedimiento de decisión y, así también, de las comunicaciones dentro de la organización.

#### Principios de delegación

Tener presente que la autoridad que se delega en los administradores individuales de las diferentes áreas, secciones o departamentos deberá ser adecuada para asegurarse así de su capacidad en el logro de los resultados o metas que se desea.

## Principios de responsabilidad absoluta

Es muy importante definir que este concepto quede bien claro por parte de los subordinados, ya que es su responsabilidad absoluta la ejecución de cualquier trabajo que se deba realizar. A su vez, el superior inmediato debe ser responsable por cada actividad o actividades realizadas por sus colaboradores o subordinados ante la organización.

## Principio de igualdad de autoridad y responsabilidad

Toda responsabilidad que se asuma no puede ser menor ni mayor que la definida al grado de autoridad, según el organigrama de cada empresa o compañía.

## Principios del nivel de autoridad

Para que permanezca o se mantenga la autoridad que se ha delegado según jerarquía de la compañía, es necesario que la persona que recibe esta autoridad tome decisiones según su competencia, sin transferirla a cualquier otro nivel de la empresa u organización.

## La estructura de la organización: actividades por departamentos

Para asignar actividades por departamentos, es de vital importancia que cada organización, empresa o compañía tenga en cuenta:

Una organización o empresa se vuelve más eficiente y eficaz cuando en una estructura estén definidos jerarquías, departamentos, manuales, procedimientos, instructivos y funciones para cada colaborador, previamente, teniendo en cuenta sus capacidades y perfiles, según cada cargo; lo anterior hace que cada colaborador o funcionario de la empresa pueda ejecutar sus labores óptimamente.

## El proceso de organizar

Hay otros principios que se enfocan en organizar el proceso como un todo, y esto precisamente conlleva tener presente lo siguiente:

**Principio de equilibrio:** la aplicación de principios o técnicas debe tener equilibrio con respecto a la estructura organizacional en cuanto al logro de los objetivos empresariales.

**Principio de flexibilidad:** entre más mecanismos se introduzcan, estos deben tener más flexibilidad en las estructuras, para que así la estructura de la organización pueda cumplir con sus metas o logros. En general, este principio tiene que ver con la incorporación dentro de cada estructura, de dispositivos, técnicas y otros factores ambientales que permitan anticipar el cambio y reaccionar a él.

#### 4.4. Recursos humanos para el mantenimiento y su potencial

Podemos llamar o denominar que los recursos humanos es el trabajo realizado en conjunto por colaboradores o funcionarios de una organización, empresa o compañía; donde ellos son los encargados de seleccionar, contratar, formar, emplear, capacitar, sensibilizar, motivar, retener y, en general, gestionar todo aquello que redunde para que los colaboradores o funcionarios estén involucrados durante su permanencia en la empresa. Por lo anterior, Recursos Humanos debe implementar estrategias que tengan en cuenta el trabajo en equipo, la buena comunicación, el liderazgo, la negociación y la cultura empresarial u organizacional.

**Figura 33.** Trabajo en equipo.



Fuente: [www.ingmage.com](http://www.ingmage.com) Image ID: ING\_19064\_09612.

Se deben tener en cuenta las buenas prácticas para el manejo de las relaciones personales; la selección de candidatos según el perfil solicitado para cada cargo; la utilización de planes de inducción, de la salud ocupacional, de la administración de los salarios, de bonificaciones, de prestaciones legales y, que la comunicación dentro de la compañía sea muy fluida (figura 34).

**Figura 34.** Comunicación en el trabajo.



Fuente: [www.ingmage.com](http://www.ingmage.com) Image ID: ING\_19064\_09573.

Es muy importante resaltar que el departamento de Recursos Humanos no administra personas, los selecciona, es por esto lo relevante de que las empresas se administran con los seres humanos; siendo entes activos y proactivos dotados de inteligencia, responsabilidad, compromiso, innovación y creatividad; en la figura 35 se puede visualizar cómo participa el ser humano en los diseños de los procesos en la industria.

**Figura 35.** Participación de las personas en los procesos industriales.



Fuente: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com) Image ID: ing\_19060\_69404.

Hoy en día las compañías con alta sensibilidad reconocen que todo humano es un ser extraordinario, eficiente y capaz de enfrentar los desafíos que existen en la compleja competitividad mundial. Recuerde que, hasta la fecha, las organizaciones se mueven gracias al potencial de su recurso humano.

Componentes de los recursos humanos. Los aspectos que el Departamento de Recursos Humanos, debe cuidar en una organización son aquellos que se pueden clasificar en los siguientes componentes más importantes:

- ▶ Planificación del personal.
- ▶ Eficiente selección del personal.
- ▶ Capacitación continua y entrenamiento permanente del personal.
- ▶ Incentivos al personal.

### Planificación del personal

La planificación para el personal es una agrupación de mediciones, basándose en estudios de antecedentes que se relacionan con el personal y con los programas, y también con los recursos de la compañía, que van a definir las necesidades humanas en las empresas en un tiempo determinado, tanto cualitativa como cuantitativamente, y teniendo presente el costo que se genera, esto con la finalidad de:

- ▶ Saber darles uso a los recursos de manera efectiva.
- ▶ Cooperar con la organización en la adquisición de beneficios y metas.
- ▶ Suministrar tácticas, en aquellas situaciones donde la compañía se va a ampliar o se reduce.

Se debe tener en cuenta, que es necesario, no solo planificar el proceso por desarrollar bajo un enfoque optimista, sino también en situaciones adversas que obliguen a la organización a tomar decisiones restrictivas.

### Selección del personal

Durante este proceso se decide cómo se encontrarán y contratarán los candidatos, bajo una búsqueda planificada, ya que se deben ver las competencias, habilidades, valores, principios éticos, capacidad de adaptación a la relación hombre-trabajo. La selección del personal depende de cada organización y puede tener los siguientes pasos:

- ▶ Definir si realmente se necesita la vacante para suplir una necesidad.
- ▶ Se debe tener definido el perfil según cada cargo.
- ▶ Se determina si el aspirante tiene las competencias mínimas para el cargo que está postulando.
- ▶ A continuación, se valora las competencias y la cualificación profesional de los aspirantes que superaron la etapa anterior, en esta etapa se hacen pruebas psicotécnicas u otras de acuerdo con la empresa.
- ▶ Se define puntaje para cada entrevistado.
- ▶ En función de lo anterior, se selecciona a la persona idónea que cumpla con el perfil para suplir la necesidad de la organización.

### Capacitación y entrenamiento del personal

La capacitación y el entrenamiento, en toda organización es muy importante y debe ser continua y permanente, para que su personal se mantenga vigente y actualizado en los cambios que el mundo presenta día a día. Este tipo de capacitación y entrenamiento es bueno en la medida en que la empresa lo requiera, se recomienda si es posible hacerse en cada puesto de trabajo, ya que es primordial para la mejora de la productividad. El personal durante estas capacitaciones y entrenamientos actualiza sus conceptos técnicos, teóricos y prácticos, para su enriquecimiento, y por lo tanto mejora su desempeño.

También para que le proporcionen a cada funcionario o colaborador conocimiento; para desarrollar habilidades según sus necesidades dentro de la empresa y, a su vez, personales; permitiéndole mejorar sus aptitudes y capacidades laborales, que le van a otorgar tener un perfil más preparado y profesional, así solucionar problemas y retos más complejos, y por tanto obtener más seguridad y confianza en sí mismo.

La capacitación se puede clasificar en:

- ▶ Capacitación para el trabajo.
- ▶ Capacitación promocional.
- ▶ Capacitación en el trabajo.

Ganancia que se obtienen de las capacitaciones y entrenamientos:

- ▶ Genera un aumento en la productividad y calidad de trabajo.
- ▶ Incrementa la utilidad de la compañía o empresa.
- ▶ Estimula la moral de los colaboradores de la compañía.
- ▶ Contribuye a la solución de problemas o situaciones complejos adversos.
- ▶ Disminuye la obligación de hacer supervisiones.
- ▶ Coopera de tal manera para así prevenir accidentes de trabajo.
- ▶ Optimiza para que la organización sea más estable y mejore su flexibilidad en sus operaciones.
- ▶ Sensibilización al personal, logrando que este se identifique con la compañía.

### Incentivos al personal

Algunas entidades ofrecen beneficios, ya sean económicos, bonos de mercado, tipos de contrato, bonos de gasolina, repartir utilidades, bonos por nacimiento de hijos, por matrimonio, sala especial para bebés, incentivos para estudios, entre otros, a su personal por los servicios prestados, es decir, por el tiempo, intelecto y capacidad física que ponen a su disposición, esto es muy importante, ya que se mejora el ambiente laboral, y así contribuye a aumentar la productividad de la empresa.

69

## 4.5. El Departamento de Mantenimiento y sus relaciones con el entorno interno y externo

Las compañías o industrias en general están conformadas por áreas, secciones o departamentos, por lo tanto, estos son los que deben administrar muy bien los recursos productivos, logísticos, de trabajo, de capital y recursos naturales para producir un bien o un servicio. Una de esas secciones es el Departamento de Mantenimiento, cuya responsabilidad es tener una estrecha relación con el resto de las áreas funcionales de la compañía.

Una defectuosa gestión de mantenimiento puede influir seriamente en la calidad del producto final, la eficiencia del proceso de producción o la situación financiera de la compañía, por lo que cualquier labor enfocada al objetivo del Departamento de Mantenimiento ha de tener en cuenta los requerimientos del resto de los departamentos.

En las compañías o empresas todas sus áreas se relacionan para pedir datos, información, materiales e incluso colaboración, con el objetivo siempre de satisfacer al cliente.

## Mantenimiento y las secciones de la compañía

- ▶ Logística
- ▶ Financiera
- ▶ Calidad
- ▶ Recursos Humanos
- ▶ Mercadeo
- ▶ Operaciones.

Las áreas, secciones o departamentos que están directamente involucrados con mantenimiento son aquellos que entregan información del personal y suministran insumos que van a servir de apoyo para estimular la ejecución de labores del departamento de mantenimiento. Los datos que se procesan por mantenimiento se devuelven a estas secciones, permitiéndoles así ejecutar mejor sus actividades; y en general, se alcanzará una coordinación más eficiente entre todas las áreas de la empresa, a fin de lograr los resultados esperados según los planes y programas de trabajo.

### Importancia de la ubicación y relaciones del Departamento de Mantenimiento

Todas las compañías tienen su esquema organizacional (organigrama), y en este esquema está el Departamento de Mantenimiento donde se muestra su posición y jerarquía. Es de resaltar que estos esquemas organizacionales deben detallar muy bien las líneas de autoridad entre los diferentes departamentos, dentro de los estos y las instancias superiores; y su estructura como tal, es propio de cada compañía.

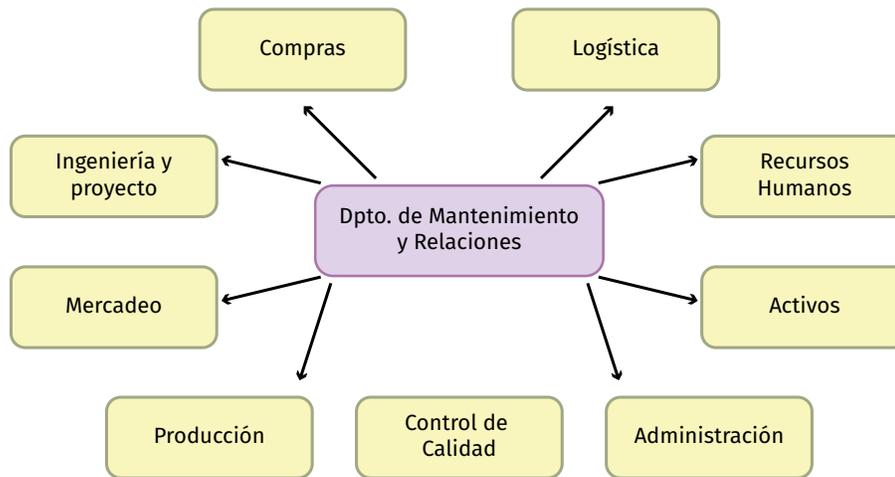
Es muy importante considerar que todos los trabajos, acciones, gestión que desarrolle el departamento, como corregir prontamente cualquier detención o parada en la planta de producción, o solucionar algunas anomalías en servicios va a repercutir positivamente en el buen funcionamiento de los departamentos involucrados en estas situaciones y, por lo tanto, en el normal comportamiento de la compañía.

### Mantenimiento y relaciones con los demás departamentos de la empresa

Las notificaciones y las cooperaciones se deben combinar entre todas las secciones, áreas o departamentos de la compañía, para que mediante informes o documentos debidamente elaborados, se presenten ante la alta gerencia a tiempo, cuando se solicitan.

Las secciones, departamentos o áreas que más se interrelacionan con Mantenimiento dentro de una empresa, generalmente son (figura 36):

**Figura 36.** Departamento de Mantenimiento y sus relaciones.



Fuente: Elaboración propia.

## Mantenimiento

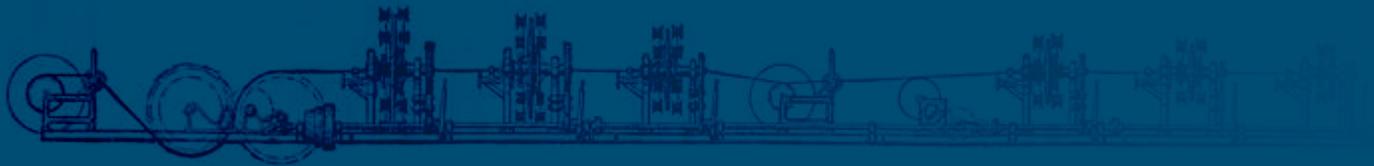
- *La ingeniería de proyectos:* montajes, innovación con nuevas tecnologías para adaptar según las necesidades de la empresa.
- *Los recursos humanos:* todo lo que se relaciona con la selección de las personas, cuáles deben ser los perfiles para cada cargo, la debida inducción de las personas contratadas, tener una capacitación y entrenamiento continuo y permanente, lo que se relaciona con beneficios, promoción del personal, programas de apoyo y recreación, entre otros.
- *La logística:* lo que se relaciona con el debido almacenamiento, las compras, los inventarios.
- *La planificación:* con respecto a las diferentes actividades o trabajos por realizar.
- *Producción:* solicitud de trabajo, turnos, horarios, desfases.
- *Control de calidad:* desméritos, revisión de máquinas o equipos (averías, fallas).
- *Mercadeo:* necesidades de planificar programas de mantenimiento.
- *Activos:* estado real de los equipos e instalaciones.

- *Compras*: solicitud de repuestos, materiales, insumos, etc.
- *Administración*: objetivos generales, políticas, planeación, presupuestos, controles.

## Relaciones

- *La ingeniería de proyectos*: requerimientos por cumplir, soporte técnico, sugerencias para cambio de máquinas, equipos, sistemas, etc.
- *Los recursos humanos*: los requisitos legales, clima y peso laboral, los reglamentos internos de trabajo, las vacaciones para el personal, las compensaciones.
- *La logística*: aquellas normas que se deben aplicar, los métodos para almacenar, las solicitudes, las compras y las importaciones.
- *La planificación*: turnos, horarios, cronogramas.
- *La producción*: manual de operaciones, informe de intervenciones, reportes de actividades.
- *Las compras*: cumplimiento con las adquisiciones.
- *Control de calidad*: estado de equipos, recomendaciones técnicas.
- *Mercadeo*: reporte de equipos.
- *Administración*: cumplimiento, programas, solicitud de inversión, costos, informes.

# Capítulo 5.





## 5. Planeación y programación del mantenimiento

En este capítulo se relaciona todo lo que debe hacerse para que los trabajos de mantenimiento cumplan con su objetivo, que es poner nuevamente en funcionamiento el equipo o máquina para el cual fue diseñado, y así operen en condiciones óptimas. Todo lo anterior se ejecuta partiendo de que se hace una buena planificación y programación del mantenimiento requerido.

### 5.1. Definición e importancia de la planeación y programación

75

#### Concepto de planeación

En general, planificar es una serie de actividades, acciones o pasos que se deben realizar con el objetivo principal de ejecutar el mantenimiento, de tal manera que minimice las paradas imprevistas, las paradas programadas, aumentando y mejorando la productividad de las plantas industriales. Steiner (1986) lo define de la siguiente manera: “Es el proceso que determina los grandes objetivos de una organización y las políticas y estrategias que gobernarán la adquisición, uso y disposición de recursos para conseguir tales objetivos”.

Con la planificación que es una herramienta muy importante en la dirección empresarial de toda organización, hay que mencionar, además, que se debe aplicar en todos los niveles de jerarquía dentro de la organización. El objetivo de planificar es lograr, alcanzar las metas de la empresa, agilizando su consecución. También se considera como una función propia de toda organización y es de suma relevancia dentro de esta.

La planificación es un instrumento de carácter formal en el que se permite fijar las bases para cuantificar el producto global y también el de cada una de las secciones, áreas o departamentos, y a su vez, ser un motivo para capacitar a todos los colaboradores de la compañía, desde la alta dirección hasta el menor nivel. No es una regla general, pero es bueno tener en cuenta una serie de elementos:

1. Definir muy bien el tiempo de la respectiva planificación.
2. Precisar muy bien qué departamento, área o sección de la organización se irá a planificar.
3. Considerar algunas especificaciones como: la precisión y la exactitud, flexibilidad para moldearse al medio, la lógica respecto a los datos analizados, la facultad y simplicidad de ejecutar, y todos aquellos puntos de vista tanto cuantitativos como cualitativos.
4. Que se involucren todos los niveles directivos.
5. Es importante que, en la alta dirección y en todos los niveles exista compromiso, apoyo, vinculación efectiva y responsabilidad.

### Concepto de programación

En general programar, es un proceso mediante el cual se acoplan aquellas actividades o trabajos por realizar en un orden secuencial en tiempos definidos. También, se puede decir que la programación en el mantenimiento industrial se sustenta en la secuencia de efectuar los trabajos según las referencias sugeridas o planteadas y, obviamente, se tiene en cuenta la periodicidad; apoyándose en el orden en que se deben ejecutar los mantenimientos, de acuerdo con la urgencia, disponibilidad del equipo, disponibilidad del personal, locaciones, herramientas, transporte y del material necesario, como repuestos.

La programación del mantenimiento se fundamenta de acuerdo con los equipos y también según la inspección que se lleva a cabo en las empresas o compañías, estas programaciones pueden ser diaria, semanal, quincenal, mensual, semestral o anualmente.

76

### Características de la planeación del mantenimiento

- ▶ Las solicitudes de trabajos son inciertas por sus tendencias.
- ▶ Las clases de labores que se ejecutan o realizan en el mantenimiento son muy heterogéneas, por lo que a veces se complica la promoción de que los trabajos sean estándares.
- ▶ Tener en cuenta que una muy buena ejecución de estos planes depende de la eficiente comunicación y coordinación de todos aquellos departamentos o áreas que estén involucrados dentro de la organización en estos procesos.
- ▶ Haciendo una planificación, minimiza el tiempo ocioso del personal de mantenimiento. Justificar los cargos de este departamento ante la dirección de la compañía.
- ▶ Utilizar los recursos eficientemente cuando son asignados al departamento de mantenimiento.
- ▶ Sostener un buen equipo de trabajo en la planta, que cumpla con las exigencias de producción, ofreciendo resultados de buena calidad.
- ▶ Preparación de las órdenes de trabajo.
- ▶ Actualizar lista de materiales, repuestos, componentes, etc.

- ▶ Elaboración de requisiciones de órdenes de compra, definiendo muy bien las especificaciones del caso.
- ▶ Actualización y elaboración de planos, dibujos, hojas de vida de equipos y sus respectivas fichas técnicas.
- ▶ Definir los estándares de tiempos de trabajo.
- ▶ Otros.

### Pasos por tener en cuenta para ejecutar un plan eficaz

- ▶ Definir muy bien el alcance del trabajo.
- ▶ Determinar según cada trabajo las actividades por realizar. Plan de trabajo en orden secuencial.
- ▶ Definir el personal según sus perfiles, dependiendo del trabajo para ejecutar.
- ▶ Tener en cuenta las locaciones donde se va a laborar.
- ▶ Coordinar el transporte, la alimentación, el alojamiento del personal, si se requiere.
- ▶ Coordinar con el Departamento de Compras la solicitud de repuestos, materiales, componentes, equipos, etc.
- ▶ Es muy importante, todo lo relacionado con la seguridad industrial antes de iniciar cualquier trabajo. Hacer las respectivas charlas de seguridad, elaborar los permisos de trabajo.
- ▶ Establecer prioridades.
- ▶ Tener presente el medio ambiente, que NO se debe contaminar. Y los residuos que se generan al hacer trabajos de mantenimiento, darle el destino acorde, sin generar contaminación.
- ▶ Diligenciar los diferentes documentos que se generan, con información veraz y a tiempo, como las “Órdenes de trabajo”, entregando la información al interesado.
- ▶ Revisar, validar y certificar los trabajos realizados.
- ▶ Desarrollar los planes de control.

### Factores por tener en cuenta para la planeación y programación

- ▶ Pleno conocimiento de los procesos, de los métodos de producción, de la maquinaria, de los equipos, etc.
- ▶ Contar con un buen equipo de trabajo, donde se tenga la experticia, los conocimientos y las habilidades, para así poder estimar todos los ítems (cómo personal calificado, tiempos, equipos, herramientas, materiales, etc.) que se debe tener en cuenta en la planeación y programación del mantenimiento en las industrias.
- ▶ Tener excelentes habilidades de comunicación con todos los involucrados.
- ▶ Respeto por las personas.
- ▶ Que el personal esté comprometido con su seguridad (integridad física), con el medio ambiente, con su desarrollo personal y laboral, y por supuesto, con su empresa.

## Tipos de planeación

- ▶ Para proyectarse a largo plazo: puede cubrir un tiempo de cinco años o más.
- ▶ Para proyectarse a mediano plazo: programas de un mes, incluso a un año.
- ▶ Proyección a corto plazo: programas diarios, semanales y hasta quincenales.

## Factores por considerar para tener un programa confiable

- ▶ Tener una buena clasificación de las prioridades de trabajos por realizar, donde se visualiza o se refleja la emergencia y el nivel de criticidad del trabajo.
- ▶ La colocación de materiales, repuestos, equipos.
- ▶ Tener buena comunicación con operaciones. Programación de producción.
- ▶ Hacer unas estimaciones realistas. Equipo de trabajo. Conocimiento - Experiencia.
- ▶ Flexibilidad en la programación.

## Tipos de programación

- ▶ Programación a largo plazo: periodos comprendidos entre un año y tres años.
- ▶ Programación a mediano plazo: periodos mensuales, trimestrales o semestrales.
- ▶ Programación a corto plazo: periodos semanales o diarios.

## Elementos de una programación óptima

- ▶ Las órdenes de trabajo debidamente diligenciadas son consecuencia de un procedimiento de planificación de manera óptima o eficiente. En las órdenes de trabajo se debe declarar con exactitud las diferentes actividades o labores por realizar.
- ▶ Tener en cuenta los estándares de tiempo.
- ▶ Buena información de la disponibilidad del personal (especialistas, ingenieros, técnicos, operadores, etc.) que van a realizar dicho trabajo. Turnos de rotación.
- ▶ Existencia de reparaciones y de información por tener en cuenta, para el restablecimiento de una máquina, equipo, etc. Trabajos anteriores.
- ▶ También tener información de la disponibilidad de la máquina o equipo, por parte de operaciones o producción, para así no afectar la producción de la compañía. Lo mismo, si se necesitan herramientas especiales, para hacer el trabajo respectivo.
- ▶ Coordinar con los departamentos involucrados.
- ▶ Haber definido las prioridades para realizar las tareas de mantenimiento.
- ▶ Notificar las labores pendientes ya proyectadas, pero que, de una manera u otra no se ha podido realizar según programación previa.

## Pasos del procedimiento de programación

- ▶ Hacer una clasificación de las órdenes de trabajo en desarrollo por área, por particularidad y por locación.

- ▶ Clasificar estas órdenes de trabajo, según prioridades.
- ▶ Agrupar en una lista las labores pendientes y los ya realizados.
- ▶ Analizar muy bien la duración de los trabajos (me da información, más adelante para próximas programaciones de trabajos de mantenimiento).
- ▶ Tener en cuenta ubicaciones de los trabajos por realizar, distancias, tiempos de desplazamientos, alojamientos, alimentación y a su vez, la posibilidad de combinar trabajos en una misma locación.
- ▶ Programar trabajos de limpieza y orden. Recuerde que las instalaciones se deben dejar después de un mantenimiento limpias y ordenadas.
- ▶ Emitir programas de trabajo diario, semanal y si es posible quincenal.
- ▶ Se debe tener siempre una persona a cargo, que sea responsable para que esta programación se ejecute. Si no es así, se debe justificar por qué no se realizó.

### Sistemas de prioridades para los trabajos de mantenimiento

Dependiendo de cada organización o empresa, los departamentos de Mantenimiento tienen su propio sistema de prioridades según sus conocimientos, experticia, entre otros, de tal manera que les da buen resultado. En la tabla 5 se pueden observar las prioridades que se deben tener en cuenta para realizar trabajos de mantenimiento.

**Tabla 5.** Sistemas de prioridades para los trabajos de mantenimiento

PRIORIDAD CÓDIGO - TIPO		TIEMPO DE INICIO DEL TRABAJO	TIPO DE TRABAJO
1	Emergencia	Inmediato	Cuando se genera un: Accidente de trabajo (seguridad personal) – Contaminación ambiental – Catástrofe natural – Incendio – Daño de la maquinaria – Parada de producción.
2	Urgente	Dentro de las próximas 24 horas.	Para prevenir un: Accidente de trabajo (seguridad personal) – Contaminación ambiental – Catástrofe natural – Incendio – Daño de la maquinaria – Parada de producción.
3	Normal	Dentro de las próximas 48 horas.	Cuando probablemente se va a tener una afectación en la producción, en una semana.
4	Programado	Según respectiva programación.	Para realizar mantenimiento correctivo programado, preventivo o predictivo.
5	Aplazable	Cuando se asignen los recursos, cuando producción permita realizar los trabajos si las condiciones climáticas lo permiten.	Este tipo de trabajo por realizar no tiene impacto inmediato en la seguridad del personal, en contaminar el ambiente, en daño de maquinaria y en paradas de la producción.

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. La orden de trabajo

### Definición

Es el documento de soporte de las diferentes actividades realizadas en el departamento, es el mecanismo básico de registro del sistema de mantenimiento que se emplea para rastrear problemas de mantenimiento, trabajos, proyectos y cronogramas de mantenimiento de equipos.

La orden de trabajo (OT) de mantenimiento es un documento escrito tipo formato, donde se registra información muy valiosa:

- ▶ Tipo de mantenimiento realizado (mantenimiento correctivo programado, preventivo, predictivo, etc.).
- ▶ Trabajos realizados.
- ▶ Costos reales y estimados.
- ▶ Tiempos de duración.
- ▶ Tareas específicas ejecutadas.
- ▶ Fechas de trabajos realizados.
- ▶ Historial.
- ▶ Trabajos pendientes.
- ▶ Fallas o defectos.
- ▶ Recursos humanos.
- ▶ Materiales utilizados.

80

La creación de una orden de trabajo (OT) implica el uso adecuado de diversos campos, cada uno de los cuales tiene como finalidad principal determinar los recursos necesarios para ejecutar las OT de una manera eficiente y efectiva, adicionalmente el brindar la información histórica que permita hacer gestión de mantenimiento identificando desviaciones para controlar. Las ordenes de trabajo (OT) son muy particulares para cada compañía, dependiendo de su función económica, estructura organizacional, personal, tamaño, máquinas, equipos, sistemas, etc.

No obstante, se encuentra información universal presente en este formato, cómo:

- ▶ Número consecutivo.
- ▶ Categoría de la labor por realizar.
- ▶ Prioridad.
- ▶ Historial de la máquina o equipo.
- ▶ Los instrumentos funcionaron bien o mal.
- ▶ Tiempo de parada de la máquina o equipo.
- ▶ Tiempo real del trabajo realizado hasta la puesta en marcha.

Tener en cuenta los siguientes principios para concebir una OT:

**El primer criterio para la creación de una OT es la individualidad de la información asociada a la actividad**

Una labor de Mantenimiento que proviene de la manifestación de una forma o modo de avería o falla debe ser administrada mediante la creación de una orden de trabajo de manera manual, porque es necesario individualizar esta información como los modos y causas de falla.

Una actividad repetitiva que involucre un reemplazo de un componente de un costo significativo en un equipo (desmontar uno averiado e instalar otro en buenas condiciones), amerita la creación de una orden de trabajo manualmente debido a que es necesario llevar la trazabilidad a la historia del componente instalado y desmontado.

Las actividades de mantenimiento menor (cambio de componentes pequeños, ajustes, apriete, asistir a operaciones en labores sencillas que no representan relevancia en la intervención, información y tiempo de ejecución de eventos de mantenimiento) no ameritan la creación de una orden de trabajo debido a que no provienen de la manifestación de un modo de falla.

**El segundo criterio para la creación de la OT debe ser los efectos de la ocurrencia de este**

Las actividades de mantenimiento repetitivas periódicas cuyos efectos operacionales y contables son predecibles no requieren la generación de OT de manera manual, porque son generadas automáticamente por el *software* de mantenimiento (cuando la empresa ve la necesidad de tener estos programas computarizados de mantenimiento) accionada, desde el módulo de planes, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, etc. Es el caso de las inspecciones, mediciones y rutinas de mantenimiento sobre los equipos donde está claramente establecida la duración del trabajo, las actividades por realizar y recursos requeridos.

Estas actividades usualmente no presentan cambios en su alcance, y cuando se detecta algo excepcional que implique que el equipo debe estar parado más tiempo para resolverlo, o que debe hacerse un trabajo adicional planeable, debe generarse una OT particular para la actividad detectada y no para la actividad donde se detectó.

**Tipos de ordenes de trabajo**

En las figuras 37, 38 y 39 se pueden observar diferentes tipos de órdenes de trabajo.

Figura 37. Orden de trabajo, formato manual.

ORDEN DE TRABAJO				F-0		
Edificio		Folio				
Área		Fecha de inicio				
Local		Fecha de termino				
<b>DESCRIPCION DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO</b>						
No. Ecco.		Prioridad				
Recursos		Tipo de mantenimiento				
Nombre del técnico y/o contratista						
preguntar por:						
<b>MATERIALES Y/O REFACCIONES</b>						
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U	Importe		
Costo total de materiales y/o refacciones						
<b>REGISTRO DE TIEMPO</b>						
Fecha	Hora inicio	Hora termino	T. utilizado	Costo HH	Importe	
Costo total de Mano de obra						
Costo total de Materiales y mano de obra						
<b>INDICACIONES DE SEGURIDAD</b>						
<b>OBSERVACIONES</b>						
<b>EVALUACION DEL SERVICIO</b>						
Excelente	Muy bien	Bien	Regular	Malo	Pésimo	
<b>RECIBO DE CONFORMIDAD</b>						
Nombre y firma		Cargo				
<b>CAUSA DE LA FALLA</b>						
Mecánica	Neumática	Hidráulica	Eléctrica	Electrónica	Intrínseca	Extrínseca

Fuente <https://ingenieriamecanicacol.blogspot.com/2016/11/gestion-logistica-procedimiento-de.html>



Figura 39. Orden de trabajo creada en un software de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. Manual de mantenimiento

En el Manual de mantenimiento se encuentran los procedimientos e instructivos que se documentan y que son muy necesario en toda industria, no importa el tipo o tamaño de esta. En este documento se debe reflejar la misión, visión, política, filosofía, organización, procedimientos de trabajo, instructivos de operación, de medición y de control que se realizan a los diferentes equipos o máquinas del proceso productivo; garantizando su buen funcionamiento en cuanto a disponibilidad, confiabilidad y así cumplir con las exigencias de calidad establecidas por la empresa. Disponer de este tipo de documento en la compañía es muy importante, por lo siguiente:

- ▶ Es el medio para facilitar una óptima planificación y por ende un eficiente mantenimiento.
- ▶ Es tener un documento formal que se le puede presentar a clientes, proveedores, entes gubernamentales y a todo el personal de la compañía.
- ▶ Permite la capacitación, entrenamiento y formación continua y permanente del personal antiguo y del nuevo.
- ▶ A su vez contribuir con el propósito de mejoramiento y optimización de las máquinas o equipos que participan en el desarrollo de la producción.

- ▶ Promueve el desarrollo de un buen entorno laboral, induciendo al personal a su participación de manera comprometida (responsable), eficiente y con sentido de pertinencia.
- ▶ Generando el cuidado en la integridad física de las personas que trabajan en la empresa responsable con la seguridad industrial y el medio ambiente, y por supuesto, con la conservación de los activos de la compañía.

El Manual de mantenimiento, además de su formato y contenido, está supeditado a:

- ▶ Envergadura de la empresa.
- ▶ Tipos de productos o servicios que ofrece.
- ▶ Equipos, maquinaria e instalaciones y tecnología que dispone.
- ▶ Nivel cultural, social y educativo de su personal.

Antes de iniciar el Manual de mantenimiento y aplicar algún modelo específico, es recomendable estudiar y conocer bien los activos de la compañía y hacer un listado de estos. Se pueden clasificar inicialmente, según su importancia, relevancia, ubicación, etapa del proceso, interdependencia entre ellos, etc.

Este tipo de trabajo toma tiempo, ya que es muy importante para empezar a elaborar dicho manual. A grandes rasgos, un Manual de mantenimiento puede contener los siguientes temas:

- ▶ Introducción.
- ▶ Organización de la empresa.
- ▶ Organización del Departamento de Mantenimiento.
- ▶ Políticas.
- ▶ Objetivos.
- ▶ Metas.
- ▶ Responsabilidades – Perfiles de los cargos.
- ▶ Entrenamiento, formación y capacitaciones.
- ▶ Descripción de los procesos y de los equipos o maquinarias.
- ▶ Administración y control.
- ▶ Fuentes de información: Mantenimientos correctivos, preventivos, predictivos, inspecciones de rutinas, catálogos de equipos/maquinaria, proveedores, normas, *software* de mantenimiento, reportes de producción, seguridad industrial, medio ambiente, entre otros.
- ▶ Flujo de información; diagramas esquemáticos.
- ▶ Documentos: Fichas técnicas de máquinas o equipos – Historial de máquinas o equipos – órdenes de trabajo (prioridades) – *software* de mantenimiento.
- ▶ Indicadores de desempeño o de gestión.

Resumiendo, el Manual de mantenimiento tiene por meta fomentar las diferentes labores o actividades propias del departamento, de manera garantizada y eficiente, contemplando

dentro de su organización los conceptos de funcionamiento de los equipos o máquinas para los cuales fueron diseñados. La ubicación de los equipos o máquinas dentro de la compañía, y también el proceso productivo, definiendo su criticidad.

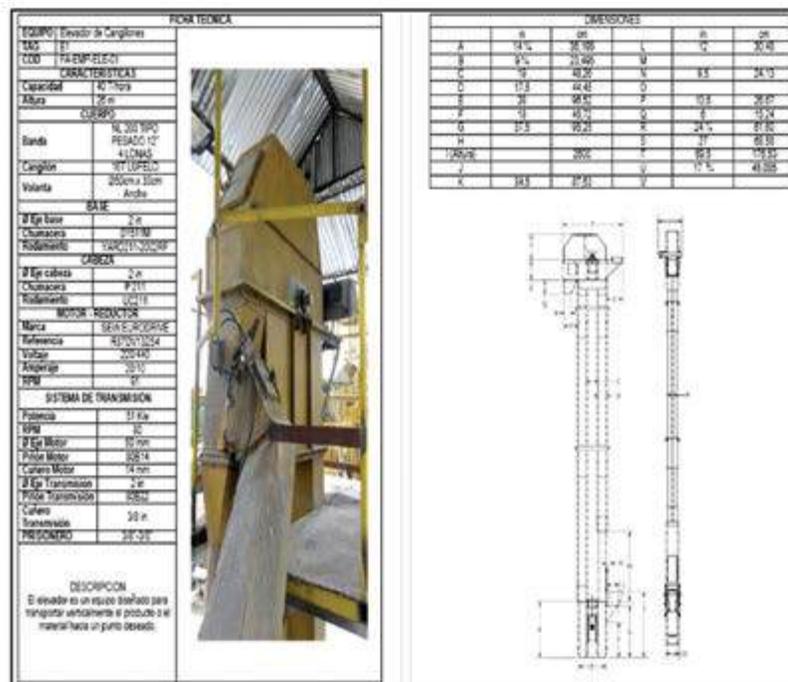
En los manuales se deben incluir todas aquellas actividades relevantes propias de cada mantenimiento realizado, sus procedimientos asociados a los diferentes mantenimientos como el correctivo, el preventivo, el predictivo, etc., donde también se debe incluir el análisis de riesgos laborales e impacto ambiental. Otros ítems para tener en cuenta es la investigación y el análisis de averías, lista de partes o componentes y stock de repuestos.

Tanto las fichas técnicas como las hojas de vida de los equipos o máquinas se pueden diseñar según necesidades y conocimientos de cada compañía, lo mismo que las ordenes de trabajo. El *software* de mantenimiento industrial, su capacidad, su alcance, los módulos que tengan es propio de cada empresa, dependiendo de sus recursos.

Para terminar, los manuales de mantenimiento deben proveer información veraz y actualizada, suficientemente técnica y lo más didáctica posible (fácil de entender), siempre en el momento oportuno; de tal manera que me permita manipular la planta de producción según los procedimientos previamente definidos por las políticas de la compañía, las normas, la seguridad industrial y los requerimientos del medio ambiente.

A continuación, se observa en la figura 40 la ficha técnica de un elevador de cangilones, muy utilizado en las empresas agroindustriales.

**Figura 40.** Ficha Técnica. Elevador de Cangilones.



Fuente: Elaboración propia.

En el sector de alimentos (embutidos) se utilizan equipos, cómo molinos, para el corte de carne. En la figura 41 se puede ver una ficha técnica de un molino para corte.

Figura 41. Ficha técnica. Molino.

MOLINO IV GRANDE		NOMENCLATURA																					
<p><b>DESCRIPCIÓN:</b> El molino está diseñado para cortar la carne después de una limpieza con el desgrasador de la carne que se va a picar a un nivel de 100% de eficiencia que evita fugas a los conductos para evitar la contaminación.</p>																							
<p><b>REQUISITOS TÉCNICOS:</b></p> <table border="1"> <tr> <td>MODELO</td> <td>111111</td> <td>POTENCIA</td> <td>1000 W</td> </tr> <tr> <td>CAPACIDAD</td> <td>100 kg/h</td> <td>VOLTAJE</td> <td>220 V</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</td> <td>Acero</td> <td>CONEXIÓN</td> <td>2.5"</td> </tr> <tr> <td>VELOCIDAD DEL GAS</td> <td>2.500 RPM</td> <td>PREMIO</td> <td>10000000</td> </tr> <tr> <td>ALIMENTACIÓN</td> <td>Carne</td> <td>TIPO</td> <td>Manual</td> </tr> </table>				MODELO	111111	POTENCIA	1000 W	CAPACIDAD	100 kg/h	VOLTAJE	220 V	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Acero	CONEXIÓN	2.5"	VELOCIDAD DEL GAS	2.500 RPM	PREMIO	10000000	ALIMENTACIÓN	Carne	TIPO	Manual
MODELO	111111	POTENCIA	1000 W																				
CAPACIDAD	100 kg/h	VOLTAJE	220 V																				
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Acero	CONEXIÓN	2.5"																				
VELOCIDAD DEL GAS	2.500 RPM	PREMIO	10000000																				
ALIMENTACIÓN	Carne	TIPO	Manual																				
<p><b>REPRESENTACIONES COMPLEMENTARIAS:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corte</li> <li>2. Limpieza</li> <li>3. Preparación de carne</li> <li>4. Limpieza</li> <li>5. Limpieza</li> <li>6. Limpieza</li> <li>7. Limpieza</li> </ol>																							
<p><b>OTROS DATOS:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TIPO DE FALLA</th> <th>ACTIVIDADES QUE REALIZAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Falla en el motor</td> <td>Desgaste de partes móviles</td> <td>Revisión y mantenimiento preventivo</td> </tr> <tr> <td>Falla en el sistema de alimentación</td> <td>Obstrucción de conductos</td> <td>Limpieza y mantenimiento preventivo</td> </tr> <tr> <td>Falla en el sistema de corte</td> <td>Desgaste de cuchillas</td> <td>Reemplazo de partes</td> </tr> </tbody> </table>				TIPO DE FALLA		ACTIVIDADES QUE REALIZAN	Falla en el motor	Desgaste de partes móviles	Revisión y mantenimiento preventivo	Falla en el sistema de alimentación	Obstrucción de conductos	Limpieza y mantenimiento preventivo	Falla en el sistema de corte	Desgaste de cuchillas	Reemplazo de partes								
TIPO DE FALLA		ACTIVIDADES QUE REALIZAN																					
Falla en el motor	Desgaste de partes móviles	Revisión y mantenimiento preventivo																					
Falla en el sistema de alimentación	Obstrucción de conductos	Limpieza y mantenimiento preventivo																					
Falla en el sistema de corte	Desgaste de cuchillas	Reemplazo de partes																					
<p><b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>ACTIVIDAD</th> <th>FRECUENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Manual</td> <td>Limpieza</td> <td>Cada 2 días</td> </tr> <tr> <td>Manual</td> <td>Revisión de partes móviles</td> <td>Cada 1 semana</td> </tr> <tr> <td>Manual</td> <td>Revisión de conductos</td> <td>Cada 1 semana</td> </tr> <tr> <td>Manual</td> <td>Revisión de sistema de corte</td> <td>Cada 1 semana</td> </tr> <tr> <td>Manual</td> <td>Revisión de partes móviles</td> <td>Cada 1 semana</td> </tr> </tbody> </table>				TIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	Manual	Limpieza	Cada 2 días	Manual	Revisión de partes móviles	Cada 1 semana	Manual	Revisión de conductos	Cada 1 semana	Manual	Revisión de sistema de corte	Cada 1 semana	Manual	Revisión de partes móviles	Cada 1 semana		
TIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA																					
Manual	Limpieza	Cada 2 días																					
Manual	Revisión de partes móviles	Cada 1 semana																					
Manual	Revisión de conductos	Cada 1 semana																					
Manual	Revisión de sistema de corte	Cada 1 semana																					
Manual	Revisión de partes móviles	Cada 1 semana																					

Fuente: Elaboración propia.

Otro tipo de ficha técnica se observa en la figura 42, planta generadora de electricidad.

Figura 42. Ficha técnica. Planta generadora de electricidad.

EMPRESA:						PROGRAMA Y GESTIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																			
<p><b>FICHA TÉCNICA PLANTAS GENERADORAS</b></p>																																									
<p><b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MECÁNICAS</b></p> <table border="1"> <tr> <td>MARCA MODELO</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE FABRICACIÓN</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE CORRIENTE</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MOTOR</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MOTOR</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> </table>												MARCA MODELO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIPO DE FABRICACIÓN	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIPO DE CORRIENTE	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG
MARCA MODELO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIPO DE FABRICACIÓN	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIPO DE CORRIENTE	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
<p><b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ELÉCTRICAS</b></p> <table border="1"> <tr> <td>MARCA GENERADOR</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIP. DE MOTOR</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>VOLTAJE</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MOTOR</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> <tr> <td>TIPO DE MOTOR</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> </table>												MARCA GENERADOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIP. DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	VOLTAJE	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG
MARCA GENERADOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIP. DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
VOLTAJE	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
TIPO DE MOTOR	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
<p><b>REQUISITOS DE MANTENIMIENTO</b></p> <table border="1"> <tr> <td>MANTENIMIENTO</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> <td>WEG</td> </tr> </table>												MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG	MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG						
MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
MANTENIMIENTO	WEG	WEG	WEG	WEG	WEG																																				
<p><b>ANEXO FOTOGRAFIA</b></p>																																									
																																									

Fuente: Elaboración propia.

Algunos formatos que se pueden elaborar para tener el respectivo historial de la maquinaria dentro de la compañía. Hojas de vida - equipos. Se pueden apreciar en las figuras 43, 44 y 45.

**Figura 43.** Hoja de vida equipo – Horno.

EMPRESA:		HOJA DE VIDA DE EQUIPOS		
EQUIPO	Horno GFO-4c	N° SERIE		CLIENTE
MARCA		N° PARTE		CONTACTO
FECHA:	REALIZADO POR:	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	REPUESTOS INSTALADOS	N° DE COTIZACIÓN
		<p>Puesta a punto y calibración del equipo. Se revisa la lectura de los sensores de temperatura de igual manera se hacen pruebas para validar el sistema de ignición en conjunto con las electroválvulas de paso de gas y el panel de control.</p> <p>Se hace la lectura de presión del gas.</p> <p>Nota: Se pone el horno a una temperatura de 250°C por 30 minutos para quemar la película de aceite.</p>		

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 44.** Hoja de vida equipo – Rosca transportadora.

EMPRESA:		HOJAS DE VIDA DE EQUIPOS	
		F-078-01	
<b>ROSCAS TRANSPORTADORAS</b>			
Nombre Equipo: _____		Código Equipo: _____	
FECHA	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES	Nombre Responsable Actividad

Fuente: Elaboración propia.

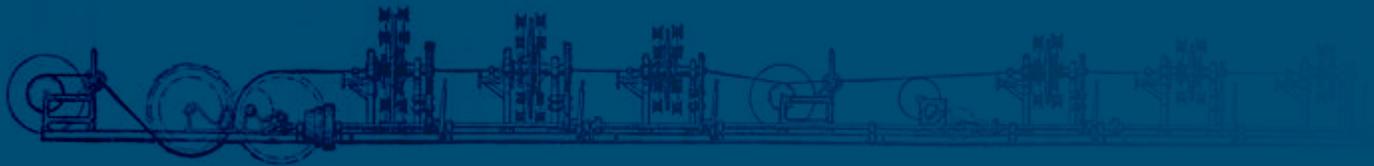
**Figura 45.** Hoja de vida equipo – Elevador de cangilones.

EMPRESA:		PROGRAMA Y GESTIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
		Código: 1000000	Gerencia:	Unidad:	Concesionario:
HOJA DE VIDA EQUIPO: ELEVADOR DE CANGILONES					
Elaborada por:		Aprobada por:	Fecha de Emisión:	Última Modificación:	Terminada:
Departamento de Mantenimiento:		Nombre:	Código del Equipo:	Categoría:	Ubicación:
FECHA	No. GE	DESCRIPCIÓN DE LA REPARACIÓN			TIEMPO DE EJECUCIÓN
20-12-2014		Se cambió cangilones y la banda.			3 horas
22-09-2014		Se cambió cadenas.			5 horas
16-07-2014		Se cambió cadenas.			5 horas
08-10-2014		Se cambió la banda y cangilones.			3 horas
27-06-2013		cambio de cadenas por mal estado.			5 horas
07-12-2012		Se cambió por mal estado.			5 horas
15-07-2014	100	Se cambió las cadenas de los cangilones.			1 hora y 15
16-01-2014	500	Cambio en configuración de balanzas y alarmas.			12 horas
10-04-2014	800	Se cambió cangilones y se verificó alineación.			8 horas

Fuente: Elaboración propia.



# Capítulo 6.





## 6. Control del mantenimiento - Indicadores de gestión

Cómo se controla un proceso si no se mide, y si no se mide, cómo se va a mejorar dicho proceso. Estos parámetros de medición se pueden hacer implementando indicadores de gestión; con estos indicadores de gestión se puede visualizar qué tanto se desvía de las metas, por lo que con los resultados obtenidos lleva a retroalimentar los procesos y, por ende, está controlado el proceso de mantenimiento.

En este capítulo se plantea la forma de controlar la gestión de mantenimiento, y una de ellas es cuantificar y confrontar los resultados alcanzados con los objetivos o metas definidas. Para poder establecer comparaciones es necesario y muy importante tener un modelo de referencia. Con los resultados obtenidos se cuenta qué tanto se han desviado en el cumplimiento de los objetivos de la organización.

### 6.1. Objetivos e instrumentos de control

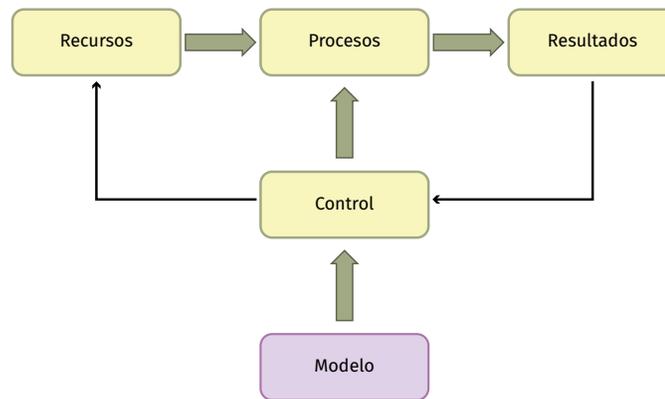
Es de tener en cuenta que, antes de medir cualquier parámetro se debe definir dónde establecer el control. En la figura 46, “Caso genérico”, el control se establece mediante un modelo actuando sobre los recursos y procesos, para así modificar los resultados.

Los parámetros o variables de inspecciones definidas se pueden establecer en tres clases de controles:

- ▶ Los controles que miden la eficacia del mantenimiento.
- ▶ Los controles que miden la eficiencia del mantenimiento.
- ▶ Los controles que miden la efectividad del mantenimiento.

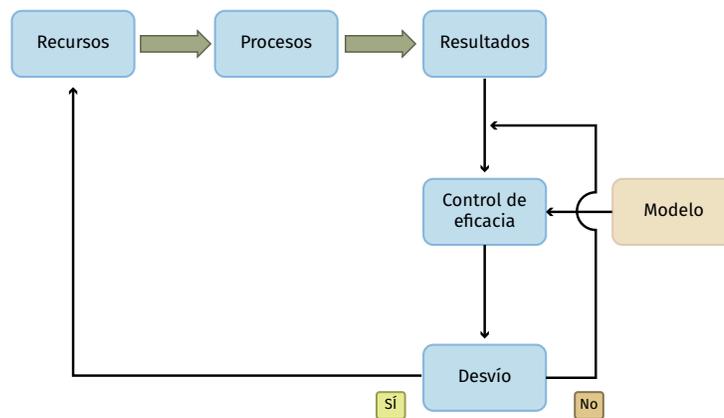
Para el primer caso, donde se mide la eficacia, el monitoreo o control se ubica en el área de los resultados, provocando actividades por ejecutar sobre los recursos y los procesos, cuando los productos no son iguales a los esperados. Esto se puede ver en la figura 47, donde estos indicadores son para medir la disponibilidad o la mantenibilidad.

**Figura 46.** Instrumentos de control. Caso genérico.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 47.** Control de eficacia del mantenimiento.

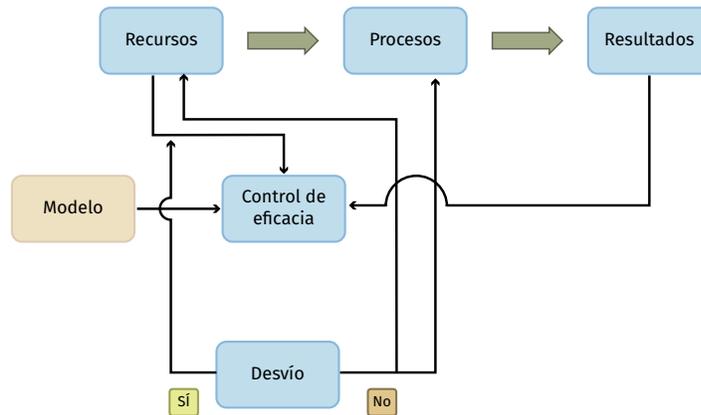


Fuente: Elaboración propia.

Para el segundo caso, figura 48, donde se mide la eficiencia, el monitoreo o control se ubica en el área de los recursos, cuando los productos no son los esperados. Se puede visualizar en la siguiente gráfica, y estos indicadores pueden ser horas-hombre y costos de mantenimiento.

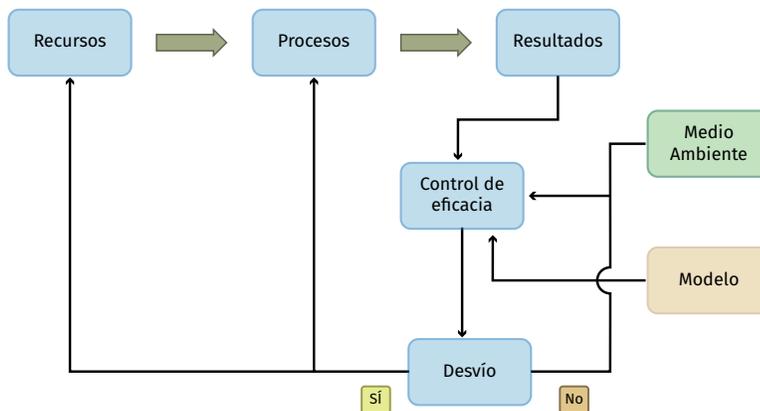
Para el tercer caso, figura 49, donde se mide la efectividad, se tiene este nuevo concepto donde el mantenimiento ya se considera como un sistema abierto que afecta y es afectado por el medio ambiente. Y uno de los mejores indicadores para este fin es el costo integral (costos directos, indirectos, financieros, de fallas, etc.). En la gráfica se visualiza cómo sería el control de la efectividad.

**Figura 48.** Control de eficiencia del mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 49.** Control de efectividad del mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

## 6.2. Indicadores de gestión o de desempeño

Según cada industria, en su tamaño, sector económico, complejidad de sus procesos industriales, ubicación, instalaciones físicas, tipos de equipos, máquinas, etc., para su condición específica desarrollan sus propios indicadores de gestión, con el objetivo de medir y analizar qué tan desviados están de sus metas, y hacer por lo tanto su retroalimentación para llegar a los objetivos deseados.

El objetivo general es definir muy bien los indicadores de gestión (según cada empresa), ya que con ellos permite mejorar y optimizar los procesos de planeación y programación del departamento de mantenimiento.

Un objetivo específico es permitirle identificar las oportunidades de mejoramiento y desviaciones respecto a las metas trazadas, al igual que los aspectos positivos que se deberán mantener dentro de los valores ideales. Con el fin de cumplir con el ciclo de mejoramiento continuo es necesario realizar una medición de la gestión semanalmente, quincenalmente, mensualmente, trimestralmente, etc., según lo crea la empresa en particular y así controlar a tiempo las desviaciones.

Dentro de todo proceso de mejoramiento continuo existe la necesidad de revisar constantemente los aciertos y desviaciones de los planes propuestos, y por ello se debe tener en cuenta que, al controlar cualquier proceso industrial se miden aquellas variables que afectan la calidad del producto y la eficiencia del proceso.

Los indicadores de gestión permiten identificar las oportunidades de mejoramiento y desviaciones respecto a las metas propuestas mediante la interpretación de los resultados, al igual que los aspectos positivos que deberá mantener dentro de los valores ideales. Los responsables del cumplimiento deben actuar sobre ellos. Por esta razón se deben establecer los indicadores de gestión para el proceso de planeación y programación que respondan a los puntos que se desean controlar, sin embargo, existen unos indicadores a nivel mundial, ya conocidos y que pueden servir como referencia para lograr este propósito, estos pueden ser: Cumplimiento de la programación, Porcentaje de trabajos urgentes o de emergencia y *backlog*.

### ¿Qué es un KPI?

Los Key Performance Indicators - KPI por sus siglas en inglés, o indicadores clave de desempeño cuantifican el grado de competencia de un proceso, enfocándose en la manera de cómo se obtienen, e indican la ganancia de los procesos, de modo que se pueda conseguir la meta definida. Estos indicadores sirven para cuantificar las metas que se deben reflejar en el rendimiento de la compañía. Los KPI son los transmisores que se notifican desde la alta gerencia hasta los rangos o niveles de la empresa que ameritan llevar estos indicadores, para que se cumplan, y así llegar a las metas propuestas. Estos indicadores deben ser:

- ▶ Específicos.
- ▶ Cuantificables.
- ▶ Alcanzables.
- ▶ Realistas.
- ▶ A tiempo.

Lo que es verdaderamente trascendental es:

1. La información que se entrega para cuantificar los KPI debe ser real, veraz y coherente.
2. La información tiene que ser utilizable y a tiempo.

**Figura 50.** Revisión de los KPI. Control en el Mantenimiento.



Fuente: www.ingmage.com Image ID: ISS\_19382\_02792.

Los objetivos para cada indicador los define cada industria, según sus condiciones de operaciones, recursos, experticias, conocimientos, etc. En cada indicador los valores de los objetivos son recomendaciones dadas por diferentes expertos en la materia.

A continuación, se detallan algunos indicadores de gestión relevantes, que se pueden aplicar en las industrias, independiente de sus procesos productivos.

### 6.2.1. Indicador: Edad de las OT

- **Objetivo:** Identificar las causas y realizar gestión sobre las órdenes de trabajo antiguas abiertas en el sistema.

**Fórmula:**

$$\text{Edad O.T's.} = \frac{\text{O.T's. } > \text{ a90días}}{\text{O.T's. Total abiertas}} \times 100\%$$

- **Meta:** Mantener como máximo valor el 20% del total de las OT abiertas, OT con fecha de creación mayor a 90 días.
- **Objetivo:** Menor al 20%.
- **Desviación:** 20%.

### 6.2.2. Indicador: Mantenimiento planeado

- **Objetivo:** Establecer el porcentaje (%) de las órdenes de trabajo gestionadas en planeación pendientes a ser programadas.

**Fórmula:**

$$\text{Mtto. Planeado} = \frac{\sum \text{O.T's. Planeadas}}{\sum \text{O.T's. Total abiertas pendientes por programar}} \times 100\%$$

- **Meta:** Mantener como máximo valor el 10% del total de las OT abiertas en el sistema en espera de ser programada.
- **Objetivo:** Mayor al 90%.
- **Desviación:** 10%.

### 6.2.3. Indicador: OT en atraso

- **Objetivo:** Identificar los órdenes de trabajo cuya fecha de inicio de ejecución ha superado el tiempo definido en la matriz de priorización de las OT según su tipo.

**Fórmula:**

$$\text{Atraso O.T's} = \frac{\sum \text{O.T's. Atrasadas}}{\sum \text{O.T's. Total abiertas}} \times 100\%$$

- **Meta:** El 95% de las OT abiertas en el sistema con fecha de ejecución menor o igual al tiempo definido en la matriz de priorización de OT según su tipo.
- **Objetivo:** Menor al 5%.
- **Desviación:** 5%.

### 6.2.4. Indicador: OT Aplazadas

- **Objetivo:** Identificar los órdenes de trabajo, cuya fecha de inicio de ejecución ha superado el tiempo definido en la matriz de priorización de las OT según su tipo.

**Fórmula:**

$$\text{Aplazamiento O.T's} = \frac{\sum \text{O.T's. Aplazadas}}{\sum \text{O.T's. Total abiertas}} \times 100\%$$

- **Meta:** El 95% de las OT abiertas en el sistema con fecha de ejecución menor o igual al tiempo definido en la matriz de priorización de OT según su tipo.
- **Objetivo:** Menor al 5%.
- **Desviación:** 5%.

### 6.2.5. Indicador: Backlog

- **Objetivo:** Establecer la carga de trabajo abierta en el sistema.

**Fórmula:**

$$\text{Backlog (Semanas)} = \frac{\sum \text{Horas Hombre O.T. abiertas}}{\sum \text{Horas Hombre Disponible/ Semanal}} \times 100\%$$

- **Resultado aplicación:** Balance entre capacidad de los recursos y la estrategia de mantenimiento por ejecutar.
- **Meta:** Mantener una carga de trabajo, para ejecutar entre 4 y 6 semanas.
- **Objetivo:** De 4 a 6 semanas.
- **Desviación:** 4 a 6.

### 6.2.6. Indicador: Efectividad en la programación de horas hombre

- **Objetivo:** Alcanzar la eficiencia en el empleo de los recursos adjudicados.

**Fórmula:**

$$\text{Efectividad Prog.H.H.} = \frac{\text{Horas Hombre Programadas}}{\text{Horas Hombre Disponible ciclo programación}} \times 100\%$$

- **Efectividad Prog.H.H. X 100%.**
- **Resultado aplicación:** Utilización adecuada del recurso disponible.
- **Meta:** El porcentaje de la programación horas hombre disponibles en el ciclo debe superar el 80%.
- **Objetivo:**  $\geq 80\%$ .
- **Desviación:** 20%.

### 6.2.7. Indicador: Relación de OT correctivos de emergencia vs OT programadas

- **Objetivo:** Identificar la efectividad de la estrategia actual de mantenimiento.

**Fórmula:**

$$\text{HH CoEmerg.Vs.HH Pro}\Sigma = \frac{\sum \text{HH en OT CoEmerg. ejecutadas en el ciclo}}{\sum \text{HH Total Ejecutadas en el ciclo}} \times 100\%$$

- **Resultado aplicación:**
  - \* Efectividad de las recomendaciones de los análisis de falla.
  - \* Efectividad de la estrategia actual de mantenimiento.
  - \* Seguimiento a las atenciones de averías y emergencias.
  - \* Clasificación adecuada del tipo de OT.
- **Meta:** No superar el 15% de las HH ejecutadas en el ciclo en OT tipo averías o emergencias.
- **Objetivo:**  $< 15\%$ .
- **Desviación:** 15%.

### 6.2.8. Indicador: Cumplimiento de la programación en las OT

- **Objetivo:** Verificar la ejecución de estas OT definidas en el ciclo de programación.

**Fórmula:**

$$\text{Cumplimiento Programación OT's} = \frac{\sum \text{OT's programadas cerradas en el ciclo}}{\sum \text{OT's programadas en el ciclo}} \times 100\%$$

- **Resultado aplicación:**
  - \* Cumplimiento a la ejecución de las OT definidas en el ciclo de programación.
  - \* Máxima eficiencia en la ejecución.
  - \* Cumplimiento a la programación definida.
  - \* Cumplimiento a la estrategia del mantenimiento.
  - \* Mayor Mtto. proactivo y Menos Mtto. Correctivo.
  - \* Cierre oportuno de las órdenes de trabajo.
- **Meta:** Superar el 70% del cumplimiento de las OT programadas.
- **Objetivo:**  $\geq 70\%$ .
- **Desviación:** 30%.

#### 6.2.9. Indicador: Cumplimiento de la programación HH

- **Objetivo:** Medir el grado de asertividad en la planeación y programación del talento humano en las OT.

##### Fórmula:

$$\text{Cumplimiento a la Prog. OT's} = \frac{\sum \text{HH programadas cerradas en el ciclo}}{\sum \text{HH programadas en el ciclo}} \times 100\%$$

- **Resultado aplicación:**
  - \* Máxima eficiencia en la utilización del recurso asignado.
  - \* Seguimiento a la asertividad en la planeación de la OT.
  - \* Cargue real de HH producto de la ejecución.
  - \* Seguimiento a los códigos No productivos.
  - \* Ajuste a la estrategia de mantenimiento definida.
- **Meta:** El porcentaje de cumplimiento de las HH programadas debe mantenerse entre el ochenta por ciento (80%) y ciento cinco por ciento (105%) como mínimo y máximo valor de gestión respectivamente.
- **Objetivo:**  $\geq 80\%$ .
- **Desviación:** 20%.

#### 6.2.10. Indicador: Cumplimiento del programa de monitoreo

- **Objetivo:** Medir el grado de efectividad del monitoreo – inspecciones que se deben realizar en un ciclo determinado.

##### Fórmula:

$$\text{Cumplim. Prog. Monitoreo} = \frac{R \text{ ejecutadas}}{R \text{ programadas}} \times 100\%$$

- **Donde:**
  - \* *R ejecutadas* = rutas de monitoreo ejecutadas.
  - \* *R programadas* = rutas de monitoreo programadas.

- **Meta:** Evalúa el cumplimiento de ejecución de las rutas de monitoreo del Mtto. Preventivo o Mtto. Predictivo en un determinado ciclo o periodo (puede ser semanal, quincenal, mensual, etc.), se puede medir por cada técnica (Mtto. Predictivo) y en forma global para todo el programa.
- **Objetivo:**  $\geq 80\%$ .
- **Desviación:** 20%.

#### 6.2.11. Indicador: Disponibilidad mecánica

- **Objetivo:** Medir y controlar la disponibilidad mecánica de los equipos instalados en las áreas operativas.

**Fórmula:**

$$\text{Disponibilidad Mca.} = \frac{T_{to} - T_{tm}}{T_{to}} \times 100\%$$

- **Donde:**
  - \*  $T_{to}$  = Tiempo total para operar (medido en horas).
  - \*  $T_{tm}$  = Tiempo total de paradas por mantenimiento (medido en horas).
- **Meta:** Evalúa la relación entre el tiempo total estimado de operación y el tiempo que los equipos estuvieron fuera de operación por motivos o razones de mantenimiento.
- **Objetivo:**  $\geq 90\%$ .
- **Desviación:** 10%.

101

#### 6.2.12. Indicador: Confiabilidad de equipos

- **Objetivo:** Medir el tiempo libre de fallas para un periodo determinado. Permite, además conocer el grado de calidad del mantenimiento ejecutado o tiempo de servicio óptimo de acuerdo con las funciones definidas para equipos o procesos de la compañía o empresa.

**Fórmula:**

$$\text{Confiabilidad del Equipo} = \frac{THIP - UHM}{THIP} \times 100\%$$

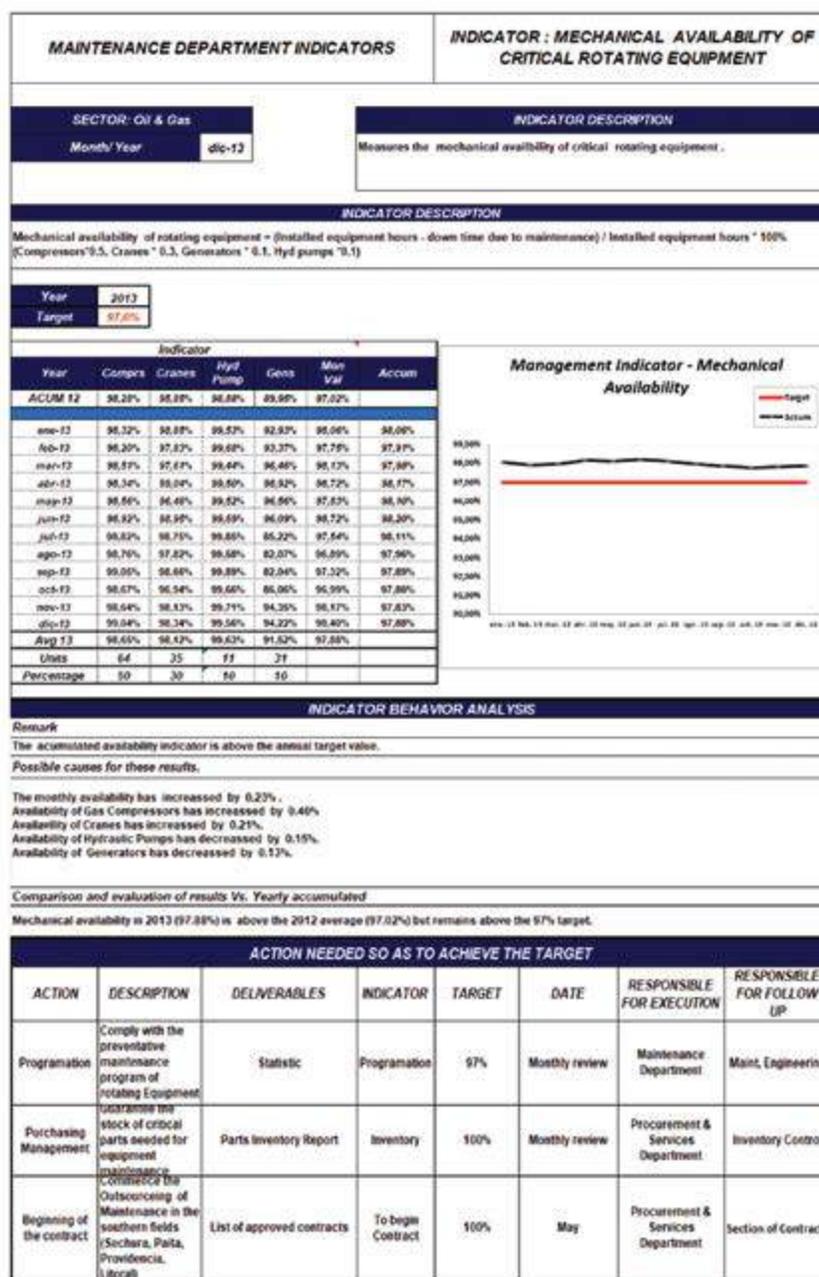
- **Donde:**
  - \*  $THIP$  = Total horas en el periodo evaluado.
  - \*  $UHM$  = Total horas de paradas NO planeadas.
- **Meta:** Evalúa la relación entre el tiempo total de horas que debe operar un equipo para determinado tiempo y el tiempo del equipo que estuvo fuera de operación.
- **Objetivo:**  $\geq 95\%$ .
- **Desviación:** 5%.

## Casos de Estudio – Ejemplos de indicadores de desempeño (KPI)

En la figura 47 se puede apreciar el desarrollo y comportamiento de un caso real en la industria, del indicador Disponibilidad mecánica de equipos rotativos durante el año 2013, en su respectiva área de operación.

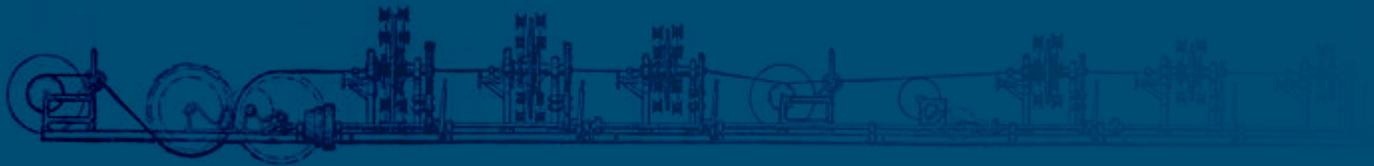
Indicador: Disponibilidad mecánica

Figura 47. Caso real. Indicador disponibilidad mecánica.



Fuente: Elaboración propia.

# Capítulo 7.





## 7. Conclusiones

El motivo de este libro fue plasmar, de acuerdo con mi experiencia personal en la industria, y también experiencia compartida de otros ingenieros en seminarios, convenciones, charlas, estudios, etc., los temas tratados.

El texto nos presenta los conceptos básicos y generales que debe tener en cuenta el ingeniero de mantenimiento para realizar una buena gestión en su área, departamento o gerencia, independiente del tamaño de la empresa y su actividad económica. Para que el estudiante o ingeniero tenga muy presente estos conceptos, los primeros tres capítulos hacen referencia a cómo se define el mantenimiento, y la terminología común que se maneja a nivel industrial; también, cómo es la cronología y evolución del mantenimiento a través de la historia de la humanidad, y cómo ha tenido mayor relevancia a partir de la Revolución Industrial en la aplicación del mantenimiento correctivo, pasando por el mantenimiento preventivo, luego el mantenimiento predictivo, hasta llegar al mantenimiento productivo total.

En el cuarto capítulo se relaciona cómo se debe organizar y administrar un departamento de mantenimiento industrial en una empresa productiva. Para que un departamento de mantenimiento tenga muy buenos resultados, debe tener en cuenta cómo es su planeación y programación, también qué debe tener un manual de mantenimiento, y esto se describe en el quinto capítulo.

En el sexto capítulo hago referencia al control del mantenimiento, qué instrumentos de control puedo aplicar, según la actividad económica propia de cada empresa y, por supuesto, su proceso industrial, esto se puede controlar con implementación de indicadores de gestión o de desempeño.

Recuerden que, en la industria lo que *no* se mide, *no* se puede controlar, y por lo tanto *no* se puede mejorar, ya que cada compañía o empresa tiene sus indicadores y la finalidad de estas empresas es la mejora continua, para así ser eficientes, competitivos, dar rentabilidad y permanecer en el tiempo.

Por ser mi primer libro, y como lo describo en la introducción, se enfoca para estudiantes de pregrado en Ingeniería Mecatrónica, Mecánica y afines; también para técnicos, tecnólogos y, por supuesto, ingenieros recién graduados, por tanto, su título lo describe “Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial”.

# Referencias

- Arata, A. y Furlanetto, L. (2005). *Manual de gestión de activos y mantenimiento*. RIL editores.
- Bernstein, R. (2008). *MPT en la manufactura esbelta*. Editorial Panorama.
- Cárcel, F. J. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Crespo, A., Moreu, P. (2004). *Ingeniería de mantenimiento*. Edición AENOR.
- Dixon, J., Duffua, O. (2000). *Sistema de mantenimiento: Planeación y control*. Editorial Limusa.
- Dounce, E. (2007). *La productividad en el mantenimiento industrial*. Grupo Editorial Patria.
- Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*. (3a. ed.). Grupo Editorial Patria.
- García, S. (2003). *Organización y gestión integral de Mantenimiento*. Editorial Díaz de Santos.
- García, S. (2009). *La contratación del mantenimiento industrial: procesos de externalización, contratos y empresas de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- García, S. (2009). *La contratación del mantenimiento*. Editorial Renovetec  
<http://www.renovetec.com>.
- González, C. R. (1992). *Estado actual de la ingeniería de mantenimiento en Bucaramanga*. Ediciones UIS.
- González, F. (2018). *Contratación avanzada del mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- González, F. J. (2003). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. (5ª ed.). Editorial: Fundación Confemetal.
- Higgins, L. R., Mobley, R. K., Smith, R. (2002). *Maintenance engineering handbook*. (6th ed.). McGraw-Hill.

- Journal of Maintenance & Engineering. UK. <http://maintenanceonline.co.uk/maintenanceonline/?page=me.asp>
- Juran, J. M. (1999). *Quality control handbook*. (5a ed.). McGraw-Hill Book Company.
- Maldonado, C. (1979). *El mantenimiento preventivo*. (2ª. ed.).
- Medrano, J. Á., González, V. L., Díaz de León, V. M. (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. Grupo Editorial Patria.
- Labaien, E. Carrasco, G. (2009). *Mantenimiento predictivo. Curso sobre Mantenimiento predictivo y sus distintas Técnicas de aplicación*. PredictoVe Ingenieros S.L. Ingeniariak. e-mail: [predictove@predictove](mailto:predictove@predictove).
- Márquez, M. Coello, A. (2009). *Principios del proceso de mantenimiento*. (A. Suter – Westinghouse / Venezuela).
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. (2ª. ed.). Industrial Press Inc.
- Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM. Mantenimiento productivo total*. Seiichi Nakajima.
- Navarro, E. L., Pastor, A. C., y Mugaburu, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo.
- Navarro, L., Pastor, A. C., Mugaburu, J. M. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo, S.A.
- Normas: ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, PAS 55, NORZOK Zoo8.
- Nyman, D., Levitt, J. (s.f.). *Maintenance planning, scheduling and coordination*. (1st ed.). Industrial Press Inc.
- Ordóñez, A. (s.f.). *Introducción al mantenimiento preventivo. Universidad de Sevilla, Escuela Universitaria Politécnica*. [http://www.aloj.us.es/notas\\_tecnicas/Introduccion\\_Mantenimiento\\_Predictivo.pdf](http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Introduccion_Mantenimiento_Predictivo.pdf).
- Prando, R. (s.f.). *Manual de Gestión de mantenimiento a la medida*. (104 p.). [http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/manten\\_medida/all\\_manten.pdf](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/manten_medida/all_manten.pdf).
- Ray, C., y Rieske, D.W. (2000). *Seguridad industrial y salud*. (4ª ed.). Editorial: Pearson.
- Rey, F. (2000). *Manual de mantenimiento integral en la empresa*. Editorial: Fundación Confemetal.

Rey, F. (2003). *Mantenimiento total de la producción (TPM). Proceso de implementación y desarrollo*. Editorial: Fundación Confemetal.

Roldan, J. (2009). Sánchez, J. M., Martín, V. (2016). *Seguridad industrial: puesta en servicio, mantenimiento e inspección de equipos e instalaciones*. FC Editorial.

Steiner, G. A. (1986). *Planeación Estratégica. Lo que todo director debe saber*. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. México.

Souris, J-P. (2014). *El mantenimiento: Fuente de beneficios*. Editorial: Díaz de Santos.

Tavares, L. A. (s.f.). *Administración moderna de mantenimiento*. Novo Publicações.

Vatia. (2019). *Mantenimiento de instalaciones eléctricas*. <https://vatia.com.co/Blog/Detalle/mantenimiento-en-las-instalaciones-el233ctricas>

#### Otros enlaces:

<http://www.solomantenimiento.com/contenidos.htm>. Artículos, manuales y contenidos de mantenimiento.

<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Gestion%20de%20la%20calidad/Mantenimiento%20industrial.pdf>. Mantenimiento Industrial: Documento estilo presentación en open access sobre algunos conceptos del mantenimiento industrial.

[http://www.science.oas.org/oea\\_gtz/libros/manten\\_medida/mantenimiento.htm](http://www.science.oas.org/oea_gtz/libros/manten_medida/mantenimiento.htm). Manual de mantenimiento a la medida". Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. OEA.

Este libro se editó en la  
Universidad Santo Tomás  
Seccional Bucaramanga, 2021



El libro nos presenta conceptos básicos y generales que debe tener en cuenta el ingeniero de mantenimiento para una buena gestión en su área, departamento o gerencia, independiente del tamaño de la empresa y su actividad económica.

Para que el estudiante de pregrado o ingeniero recién graduado tenga presente estos temas primordiales, como: definiciones, conceptos, terminología utilizada en el léxico de mantenimiento, los tipos o clases de mantenimiento, la organización y administración que debe tener un departamento de mantenimiento, los indicadores de gestión e instrumentos de control para que, así como gerencia, departamento o área de mantenimiento cumpla con los objetivos propuestos.



VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1705



Vigencia por seis años



SC4289-1

