

GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial

Producido, desarrollado, editado y publicado por
IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial

2da Edición - 2018
ISBN 9781370710768

Copyright © IntegraMarkets, Grupo América Factorial S.A.C.
Todos los derechos reservados conforme a Ley.

Se permite la reproducción total o parcial de esta publicación, mediante cualquier medio mecánico, electrónico, impreso, fotográfico, fotocopiado, magnético, u otro, siempre que se cite la autoría del titular del Copyright.

www.IntegraMarkets.com

El presente libro le permitirá desarrollar su habilidad para implementar procesos de gestión estratégica del mantenimiento dentro de una planta industrial, aprenderá sobre los procesos de mejora continua e indicadores de gestión, así mismo podrá realizar la planificación y gerenciamiento de las tareas de mantenimiento siguiendo criterios técnicos basados en la fiabilidad.



INDICE

1. Gestión estratégica del mantenimiento industrial	04
1.1. Gestión de operaciones de mantenimiento	04
1.2. Gestión de tareas de mantenimiento	06
1.3. Gestión de equipos	09
1.4. Gestión de repuestos	10
1.5. Gestión de fallas	11
1.6. Gestión de recursos humanos	13
2. Procesos de mejora continua	17
3. Indicadores de gestión (KPIs)	20
4. Planificación de operaciones de mantenimiento industrial	24
4.1. Mantenimiento desde la concepción del diseño de planta	24
4.2. Planificación de trabajos de mantenimiento	25
4.3. Grado de criticidad y prioridad en el mantenimiento	28
4.4. El benchmarking en la planificación del mantenimiento	30
4.5. Planificación basada en fiabilidad (RCM)	32
5. Bibliografía recomendada	36

1. GESTIÓN ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

1.1. GESTIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento industrial se define como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial.

Las operaciones de mantenimiento datan de la Revolución Industrial, cuando los procesos comenzaron a exigir un mejor desempeño, con lo cual las tareas se volvieron más complejas, requiriendo de una organización y recursos especiales, en aquella época las tareas eran básicamente correctivas. A raíz de la Segunda Guerra Mundial, nace el concepto de fiabilidad, lo que implicaba que el objetivo del mantenimiento pasaba de solucionar problemas a prevenir su ocurrencia.

En la actualidad las operaciones de mantenimiento se centran en realizar estudios sobre los equipos y procesos susceptibles a fallo, aplicando técnicas estadísticas, metodologías de medición, gestión económica de procedimientos, integración multidepartamentos, entre otras, que permitan planificar las tareas y recursos adecuados para evitar que se produzcan fallas o paradas en la producción.

Razones por las cuales es BENEFICIOSO GESTIONAR las Operaciones del Mantenimiento:

- Reducir costos generados por la falla de equipos que obligan a parar la producción.
- Optimizar el inventario de repuestos disponibles en stock, sin tener que comprar de más, ni sufrir la carencia de repuestos cuando se requieran.
- Brindar seguridad al personal de campo en el cumplimiento de sus actividades diarias.
- Rebajar costos de producción, a fin de producir productos más competitivos en el mercado.
- Evitar el desperdicio de recursos: materia prima, energía, mano de obra.
- Optimizar el consumo de recursos y presupuesto asignado al departamento de mantenimiento.
- Optimizar la utilización de equipos y maquinaria, prolongando su tiempo de vida.

- Cumplir estándares de calidad exigidos por los consumidores y organismos reguladores.
- Garantizar el cuidado del medio ambiente en el desarrollo de la actividad productiva.
- Mantener un control y supervisión sobre las tareas que ejecuta el departamento de mantenimiento.

Existen diversas **FILOSOFÍAS DE GESTIÓN del Mantenimiento**, las cuales se adaptan a realidades distintas según el tipo de empresa, así tenemos:

a) Mantenimiento Preventivo-Correctivo: Tiene por objetivo organizar tareas de prevención de fallas y realizar acciones correctivas cuando se presente una falla, no se enfocan en la planificación justificada de actividades sino más bien en la programación de actividades y asignación de recursos. Basándose en la ocurrencia de fallas se establece trabajos preventivos a fin de que se repitan las mismas fallas, así mismo basándose en pruebas y observaciones se analizan los equipos a fin de programar tareas que eviten la aparición de nuevas fallas.

b) Mantenimiento Productivo Total (TPM): Se basa en que ciertas tareas cotidianas de mantenimiento sean realizadas por los operadores de producción, como parte de sus actividades rutinarias, ya que son estos quienes conocen los equipos en el día a día y por tanto pueden anticipar posibles fallas.

c) Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM): Se basa en el análisis de la base instalada de equipos y maquinarias, de modo de aplicar técnicas que permitan anticipar posibles fallas, efectuando tareas de prevención y predicción.

d) Mantenimiento como Cliente Interno de Producción: Bajo este concepto el departamento de mantenimiento se convierte en cliente y subordinado del departamento de producción, teniendo la responsabilidad de proveer un buen trabajo (confiabilidad en los equipos) para permitir un proceso productivo eficiente y continuo.

e) Administración del Mantenimiento: Lo cual implica crear una organización conformado por personas y recursos, dedicados a la gestión, planificación, ejecución, y supervisión, de las tareas de mantenimiento, cuyo objetivo se centra en maximizar la disponibilidad de los equipos para no interrumpir el proceso productivo, y a la vez optimizando los recursos empleados.

f) Gestión Integral del Mantenimiento: Esta filosofía integra la labor de administración de mantenimiento con otras áreas dentro de la empresa, como son ingeniería, logística, compras, calidad, seguridad, comercial, entre otros, funcionando como una parte integrada a la gestión global de la organización empresarial.

1.2. GESTIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

Los equipos desde el punto de vista de elementos individuales, siguen políticas de mantenimiento en el día a día, estas se basan en las ESTRATÉGIAS DE MANTENIMIENTO CLÁSICO, las cuales se basan en el desarrollo de tareas de conservación, revisión y reparación, así tenemos:

a) Mantenimiento Correctivo: Correspondiente al conjunto de actividades destinadas a corregir defectos y solucionar fallas, en este caso se espera a que ocurra el problema para brindar la solución adecuada.

b) Mantenimiento en Uso: Consiste en la realización de tareas cotidianas realizadas por el mismo operador de los equipos, básicamente se trata de trabajos de limpieza, inspección visual, toma de datos, lubricación, apriete de tornillos, etc.

c) Mantenimiento Preventivo: Conformado por el conjunto de actividades que buscan anticiparse a la ocurrencia de un problema avería o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo y espacio, buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes antiguos o desgastados.

d) Mantenimiento Predictivo: Es aquel encargado de recopilar y analizar información que permita determinar el momento y lugar adecuado para efectuar tareas de mantenimiento preventivo, conociendo e informando permanentemente el estado del equipamiento de planta, lo cual requiere contar con instrumentos adicionales que permitan adquirir dicha información, sin embargo permite reducir costos de mantenimiento al hacer un uso eficiente de los recursos.

e) Mantenimiento Periódico: Es aquel mantenimiento que tiene lugar a determinado ciclo periódico de tiempo, sin importar las condiciones del equipo, en este mantenimiento se realiza una rutina de tareas pre definidas, dejando los equipos en óptimas condiciones para soportar un nuevo ciclo de trabajo.

f) Mantenimiento a Cero Horas: Es aquel mantenimiento programado con la finalidad de llevar al equipo a un punto como si estuviera salido recién de fábrica (cero horas de funcionamiento), lo cual implica reemplazar componentes críticos, renovar piezas, reparar partes, etc.

g) Mantenimiento de Verificación: Tiene lugar luego de realizado un cambio importante en el equipo (Ej: cambio de piezas internas), con el objetivo de comprobar las óptimas condiciones del equipo para entrar en operación nuevamente.

h) Mantenimiento de Calibración: Consiste en la revisión y ajuste de parámetros, a fin de ubicar el equipo en su punto óptimo de funcionamiento.

i) Mantenimiento Integrado: Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Dado que los equipos no son todos iguales o no todos corresponden a la misma categoría, se utiliza un mix de estas estrategias de mantenimiento. Por ejemplo mientras un registrador electrónico puede recibir un mantenimiento periódico, un motor puede recibir un mantenimiento predictivo, en cambio una tubería de aire puede recibir un mantenimiento correctivo, mientras el sensor de flujo de la tubería recibe un mantenimiento de calibración.

Factores como el costo de reparación, costo de repuestos, costo de parada de máquina, impacto ambiental, seguridad patrimonial, calidad de productos, stock de productos, normativa legal, garantía de equipos, pérdidas de producción, etc., permitirán determinar la combinación adecuada de estrategias de mantenimiento a utilizar para determinado equipo en particular, según su rango de importancia asignado.

Estos factores sumados a la experiencia en el proceso y en la planta, servirán para definir un **MODELO DE MANTENIMIENTO** que englobe la política de actividades a realizar, este modelo también es conocido como **ESTILO DE MANTENIMIENTO** y es propio de cada planta bajo condiciones pre definidas de operación, es decir que si el proceso productivo o la planta sufre variaciones, el **MODELO** también requerirá variarse acorde a las nuevas condiciones.

Cabe resaltar que el mantenimiento de ciertos equipos requerirá de recursos especiales (personal calificado, herramientas especiales, equipos de protección especial, manejo de grúas, inspectores de seguridad, medición de variables externas, manejo de sustancias peligrosas, utilización de repuestos delicados, etc.), con lo cual las actividades de mantenimiento de estos requerirá la realización de una planificación independiente, plasmada en su correspondiente Plan de Acción.

PLAN DE CALIBRACIÓN: El plan de calibración comprende la programación de las actividades de calibración de los instrumentos de medición. El plan debe comprender como mínimo los siguientes pasos:

- Identificación y registro de los instrumentos de medición (sensores y patrones).
- Asignar períodos de calibración para cada instrumento.
- Asignar responsables de la calibración, o empresas proveedoras a contratar.
- Realización de las tareas, de acuerdo a procedimiento pre establecidos.
- Verificación de resultados y emisión de certificado de calibración.
- Gestión y control de documentación.



1.3. GESTIÓN DE EQUIPOS

El primer paso de la gestión de equipos corresponde a conocer la base instalada (equipos, máquinas, instrumentos, herramientas, etc.), por lo cual se requiere contar con una lista ordenada o inventario de dicha base instalada. Además a fin de contar con información útil, se requiere complementar la información inventariada con datos que indiquen la relación existente entre los distintos elementos y su función dentro del proceso productivo.

Los equipos pueden ordenarse según su ubicación (locación física), según el área operativa a la que pertenecen, según su membresía a determinado sistema o sub proceso, según su utilización, según su importancia, según su costo, entre otros.

Una empresa puede contar con una o varias plantas productivas, cada una de las cuales puede contar con diversas zonas o áreas funcionales, así mismo cada área puede tener un responsable de la infraestructura y elementos que se ubican en el lugar, por cuanto cada responsable de área o de departamento sería el encargado de llevar la actualización del inventario de sus equipos.

La gestión también implica conocer la vida de cada equipo desde que ingresa a la planta, hasta que se le da de baja, conociendo todas las tareas y cambios que se han ejercido sobre cada equipo; cabe mencionar que cada equipo debe contar con un código de identificación que lo haga único, y que a la vez lo enlace a familias de equipos con características similares.

Los equipos se pueden IDENTIFICAR mediante un formulario estandarizado, que contenga información de estos, a más detallado sea permitirá contar con más información para tomar decisiones. Es recomendable completar una **HOJA DE REGISTRO** para cada equipo. A continuación los principales campos de registro que debería tenerse sobre cada equipo.

- Nombre y código del equipo.
- Datos generales y especificaciones técnicas.
- Descripción de su uso o función dentro del proceso.
- Instructivo de funcionamiento.
- Parámetros y valores referenciales, en los cuales su funcionamiento es correcto.
- Análisis de criticidad del equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendado.
- Lista de repuestos críticos y repuestos no críticos.
- Lista de consumibles.

- Otros datos que resulten de importancia.

Adicionalmente se recomienda llevar una base de datos con el registro del historial de mantenimiento de los principales equipos (más críticos).

Los equipos pueden tener varios tipos o períodos de utilización, a los que se les denomina lapsos de vida. Así tenemos:

- **Vida Física:** Es el lapso de tiempo en que el equipo puede utilizarse en la planta como componentes de esta, desarrollando sus funciones con total normalidad siempre que reciba el mantenimiento adecuado.
- **Vida en el Mercado:** Esta dado por el tiempo que pasa el equipo como un producto disponible en el mercado, a ofrecimiento de los fabricantes. Cuando los modelos se vuelven obsoletos y ya no se fabrican más, se considera que su vida en el mercado ha terminado.
- **Vida Tecnológica:** Se denomina de esta forma al tiempo que pasa antes de que aparezca una tecnología mejor que exija el recambio de un equipo.
- **Vida Económica:** Es el lapso de tiempo durante el cual el equipo es considerado un bien sujeto a depreciación.

1.4. GESTIÓN DE REPUESTOS

La gestión de los repuestos consiste en la planificación de compra de repuestos, a fin de mantener un stock óptimo, en función al grado de criticidad del repuesto, criticidad del equipo, costos, disponibilidad, tiempos de entrega, negociaciones con el proveedor, entre otros.

Se puede establecer **CATEGORÍAS** de repuestos, así tenemos:

Según su **necesidad en planta:**

- Repuestos que son necesarios mantener en stock dentro de planta.

- Repuestos que no son necesarios tener en stock, pero si es necesario tener identificado al proveedor, plazos de entrega, disponibilidad, costo, etc.
- Repuestos indiferentes, que no es necesaria una planificación en torno a ellos.

Según su **facilidad de adquisición**:

- Repuesto genérico, es aquel que puede ser reemplazado por otras opciones o por otros proveedores.
- Repuesto estándar, es aquel que puede comprarse a varios proveedores especializados.
- Repuesto específico, es aquel que solo lo vende el fabricante del equipo.
- Repuesto alternativo, es un repuesto específico que puede ser replicado o fabricado a medida por otra empresa.

Criterios a tener en cuenta en la **SELECCIÓN Y COMPRA** del repuesto:

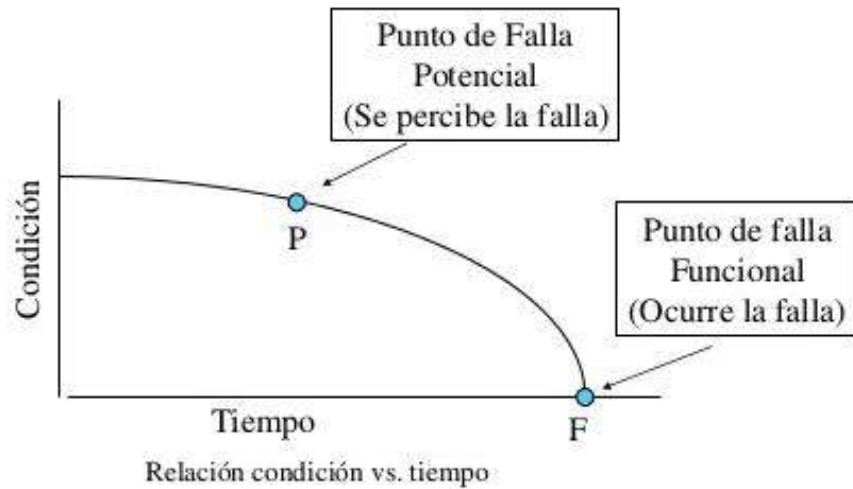
- Criticidad del equipo.
- Consumo periódico.
- Plazo de entrega.
- Costo del repuesto.
- Costo de parada del equipo.
- Atención del proveedor.
- Alternativas que ofrece el mercado.

Los repuestos al igual que los equipos deben ser identificados y codificados, para luego ser guardados en un almacén. Así mismo se debe realizar periódicamente revisiones al inventario de repuestos, a fin de controlar y garantizar la disponibilidad de estos.

1.5. GESTIÓN DE FALLAS

Es necesario gestionar las fallas mediante una metodología que permita aprender de las experiencias pasadas, mediante el registro y el posterior análisis de las fallas. Una metodología de trabajo es la creación de listas de ayuda al diagnóstico, en las cuales se detalla los síntomas de la falla, las causas (probables), las soluciones aplicadas. Existe un costo económico asociado a las fallas, el cual también debe ser parte del registro de información.

Curva P -F



Una falla potencial es una falla identificable la cual indica que una falla funcional está ocurriendo o esta a punto de ocurrir

Mediante el **ANÁLISIS DE FALLAS**, se puede encontrar las causas que provocan fallas en los equipos, para luego evaluar la forma adecuada de evitar que se vuelvan a presentar. Este análisis se ve enriquecido con información adicional tal como por ejemplo:

- Medición de condiciones ambientales.
- Registro de últimos mantenimientos efectuados.
- Condiciones de trabajo recomendadas por el proveedor.
- Historial de fallas del equipo.
- Forma de hacer el mantenimiento.
- Personal que estuvo involucrado.

Algunas de las principales **CAUSAS DE LAS FALLAS** son:

- Por problemas causados por desgaste, rotura, fatiga, repuestos defectuosos.
- Manejo inadecuado de los equipos (por descuido, falta de capacitación, malas decisiones, cansancio, etc.).
- Errores en la verificación del funcionamiento de los equipos, y falta de atención a alarmas.
- Reparaciones mal hechas, que vuelven a provocar el mismo tipo de falla.
- Condiciones ambientales (frío o calor extremo, humedad, exceso de polvo, corrosión, etc.).
- Uso de suministros no adecuados (Ej. nivel equivocado de voltaje).

Dada la importancia en la correcta identificación de las causas de las fallas, a fin de poder evitar que se repitan se puede aplicar la metodología AMFE (Análisis Modal de Fallas y Efectos), la cual se basa en:

- Analizar los posibles modos de falla que se puedan presentar (Ej. rotura, desgaste, mal funcionamiento, parada de máquina, desconfiguración, etc.).
- Investigar las posibles causas que podrían estar generando cada modo de falla.
- Evaluar las consecuencias que se derivan de los diferentes modos de falla, teniendo en cuenta la probabilidad de que pueda ocurrir la falla, la gravedad de esta, y la probabilidad de cuando ocurra la falla esta no sea detectada a tiempo.
- Asignar un orden de prioridades a los diferentes modos de falla.

1.6. GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El factor humano es de vital importancia para el departamento de mantenimiento, son las personas quienes desarrollan y ejecutan los planes de mantenimiento.

Es crítico contar con los recursos humanos adecuados, tanto en cantidad como en calidad. Si contamos con más personal del realmente necesario, estaremos derrochando dinero, en cambio si contamos con menos personal del necesario, se estará realizando un trabajo ineficiente que puede repercutir en problemas con los equipos, con la consecuente afección a la producción.



La calidad del recurso humano está dado por la instrucción educativa, la capacidad de trabajo en equipo, la proactividad, la experiencia en el puesto, el nivel de responsabilidad, la actitud frente a los problemas, las cualidades morales, los conocimientos respecto del proceso, etc. La capacidad de trabajo y rendimiento en el logro de objetivos cambia de persona a persona, por tanto la gestión identificará rendimientos bajos para ser corregidos (mejorados) y rendimientos altos para que sirvan de modelo a seguir.

Por otro lado las cabezas de departamento y directivos de la empresa son los responsables de la adecuada organización del personal, asignando tareas y responsabilidades a las personas idóneas. Cabe mencionar que esta actividad requiere una planificación de funciones para cada cargo a desempeñar, de modo de establecer perfiles profesionales para cada puesto de trabajo y buscar personas cuyo perfil personal se ajuste al perfil deseado en la planificación.

La programación de turnos de trabajo también es responsabilidad del líder del departamento o del área, quien establecerá la organización horaria más óptima para la producción pero también para el personal, brindando condiciones de trabajo adecuadas y seguras.

El Departamento de Mantenimiento coordina especialmente con personal de otras divisiones, como son el Departamento de Seguridad, Medio Ambiente, Calidad, Logística y áreas administrativas dentro de la organización.



Personal sugerido para integrar el departamento de Mantenimiento:

a) GERENTE DE MANTENIMIENTO:

Es aquel que tiene a su cargo administrar todo el departamento de mantenimiento, desde el punto de vista técnico, organizativo, y económico. Sus principales funciones son:

- Establecer los objetivos del departamento y brindar los lineamientos para el cumplimiento de estos.
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento, y aprobar el uso del mismo por los distintos encargados de área.
- Definir las políticas de trabajo y aprobar los procedimientos de trabajo.

- Definir la organización humana, y elegir a las personas que liderarán las diversas áreas (disciplinas) del departamento.
- Aprobar los planes de trabajo y proyectos de mejora que conciernen al departamento.

b) JEFE TÉCNICO:

Es el jefe de los expertos en el aspecto técnico, conoce la planta a profundidad y sabe por experiencia cuales son los puntos vulnerables de la base de equipos instalados. Sus principales funciones son:

- Elaborar el Plan de Mantenimiento, desde el aspecto técnico.
- Preparar informes técnicos para el Comité Directivo.
- Brindar recomendaciones sobre tecnologías y proveedores adecuados.
- Gestionar la información (planos, catálogos, hojas de datos técnicos, manuales, etc.).
- Coordinar con departamentos de ingeniería y proyectos (también puede asumir esta doble función).
- Liderar la implementación de proyectos (en caso no exista un área específica para proyectos).

c) JEFE DE PLANEAMIENTO:

Tiene a su cargo la planificación de operaciones que se desarrollan dentro del departamento. Sus principales funciones son:

- Elaborar el Plan de Mantenimiento, desde el aspecto económico.
- Planificar las actividades de mantenimiento.
- Prever los recursos que serán necesarios.
- Planificar la compra de repuestos.
- Preparar planes de capacitación para el personal.

d) JEFE DE MANTENIMIENTO:

Es el responsable de la ejecución del Plan de Mantenimiento, junto con su equipo de trabajo desempeñan sus actividades en campo. Sus principales funciones son:

- Liderar el trabajo operativo dentro de la planta.
- Gestionar las tareas técnica y económicamente, asignando recursos y responsabilidades
- Organizar la agenda de trabajo, turnos del personal.

- Solucionar los problemas que se presenten en el día a día.
- Lidera y coordina a los supervisores de cada área (disciplina) del departamento.

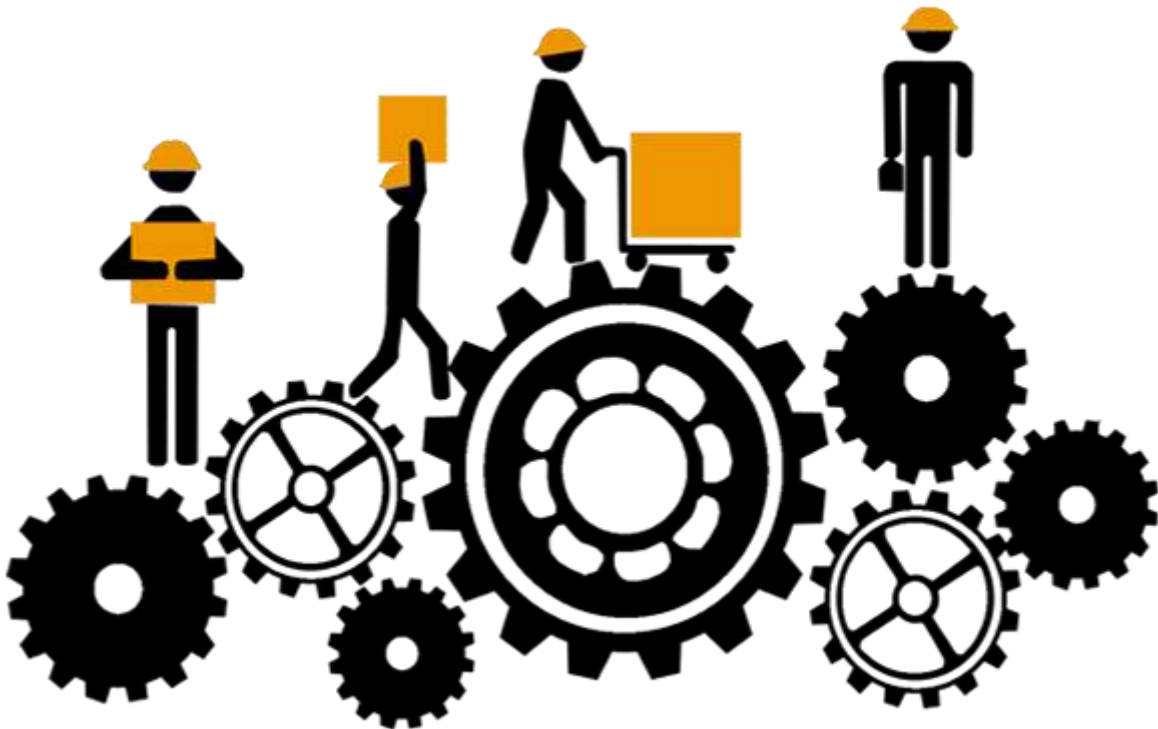
e) SUPERVISORES DE ÁREA:

El departamento de mantenimiento puede dividirse en varias áreas o disciplinas como son: electricidad, instrumentación, mecánica, automatización, soldadura, hidráulica, etc. Sus principales funciones son:

- Liderar los equipos de trabajo propios de cada área.
- Gestionar los recursos y presupuesto del área.
- Garantizar la disponibilidad de los equipos de su área.
- Coordinar e integrar los trabajos con otras áreas.

f) PERSONAL DE CAMPO:

Está conformado por el grupo de operarios, técnicos de mantenimiento, supervisores de guardia, técnicos de turno, ingenieros de campo, asistentes, ayudantes, etc., que desempeñan funciones operativas dentro de la planta, cada quien con funciones y responsabilidades específicas de su puesto.



2. PROCESOS DE MEJORA CONTINUA

Es uno de los objetivos de la gestión del mantenimiento la búsqueda de una mejora en la eficacia y eficiencia del mantenimiento, esto implica principalmente:

- Cumplir con los objetivos planteados por el departamento, en tiempo y forma.
- Reducir los costos anuales de mantenimiento (guardando relación con el tamaño de infraestructura de equipos instalados).
- Mejorar el factor disponibilidad de los sistemas, equipos, y maquinaria de procesos instalados.
- Lograr el perfeccionamiento en la realización de actividades, por parte de un capital humano capacitado y debidamente entrenado en sus funciones.

El proceso de mejora implica establecer una planificación que determine metas a cumplir y estrategias para llegar a ellas; así como establecer escalas de monitoreo, que permitan determinar el grado de mejora.



Sin embargo la planificación puede quedar solo en el papel si no se logra un deseo de mejora e involucramiento en el proceso, por tanto la mejora continua abarca tanto a los líderes del departamento como a la parte operativa, incluyendo al personal ocasional que se pueda sumar a los trabajos (contratistas, proveedores, personal eventual); además requiere un cambio de actitud y un alto nivel de compromiso con la empresa, para poder hacer frente a los desafíos de ser mejor cada día.

¿Cómo Mejorar?

- Analizando las situaciones de trabajo cotidiano, a fin de buscar formas de hacer lo mismo pero en forma más rápida, con menos recursos, con mayor seguridad, con mejor calidad, con mayor nivel de compromiso, ya sea mediante el uso de las herramientas que estén disponibles en el momento, o planteando la incorporación de nuevas herramientas o tecnología.
- Buscando la asesoría de expertos en la materia, que tengan mayor experiencia en situaciones similares o que hayan trabajado en empresas del sector que se encuentren más tecnificadas tanto en sus procesos operativos como en sus procesos

productivos, considerando adecuar las buenas experiencias sucedidas en otros lados, a la realidad propia.

- Asistiendo a cursos en entrenamiento que permitan una actualización en los conocimientos y en la forma de pensar respecto de "como se deben hacer las cosas".
- Perdiendo el temor al cambio, buscando la innovación, invirtiendo tiempo y dinero en investigar o experimentar nuevas modalidades de trabajo.
- Mediante el asesoramiento de los proveedores, que son quienes mediante su búsqueda de hacer negocios, sacan al mercado productos que permiten mejorar (bajar costos, ahorrar energía, incrementar producción, reducir mantenimiento, etc.).
- Abandonando la "zona de confort", es decir la forma de trabajo cotidiana en la que nos sentimos seguros en lo que hacemos, pero que sin embargo ni mejoramos, ni empeoramos, lo cual es un punto de estancamiento peligroso, ya que dirección de la empresa tarde o temprano exigirá mejores resultados y un trabajo más eficiente.
- Mediante la realización de estudios de consultoría, elaboración de auditorías internas y externas, que permitan determinar los puntos fuertes y débiles, así como puntos de mejora.
- Incorporando tecnología (por ejemplo, incorporar un sistema remoto de monitoreo de vibraciones en motores, que evite que el personal corra peligro al tomar medidas junto a la máquina a cada turno).
- Siguiendo procesos de reingeniería, tercerizando servicios con empresas especializadas, entre otros.

El proceso de mejora continua se puede ver afectado sino se asignan los recursos económicos necesarios para el cumplimiento de los planes, proyectos de mejora, o ideas de innovación que se establezcan. Se considera como un comportamiento estratégico el establecer políticas de inversión para investigación e implementación de mejoras, aplicables tanto a las actividades de mantenimiento, como a los procesos productivos.

EFICACIA

VERSUS

EFICIENCIA

DIFERENCIAS CLAVES DE ESTOS DOS
CONCEPTOS



¿Que es la Eficacia?

Es un sustantivo y se define como la capacidad de producir un efecto o trabajo deseado

La eficacia se enfoca en la habilidad de hacer "algo"

La eficacia puede ser un adjetivo. Ejemplo: Este remedio es eficaz (Es decir cumple con su proposito)

Aqui un ejemplo aplicado al ámbito laboral. Un trabajador eficaz es aquel trabajador que cumple con los requerimientos del trabajo.



¿Que es la Eficiencia?

Es un sustantivo y se define como la calidad o la propiedad de ser eficiente

La eficiencia se enfoca en como "algo" se lleva a cabo

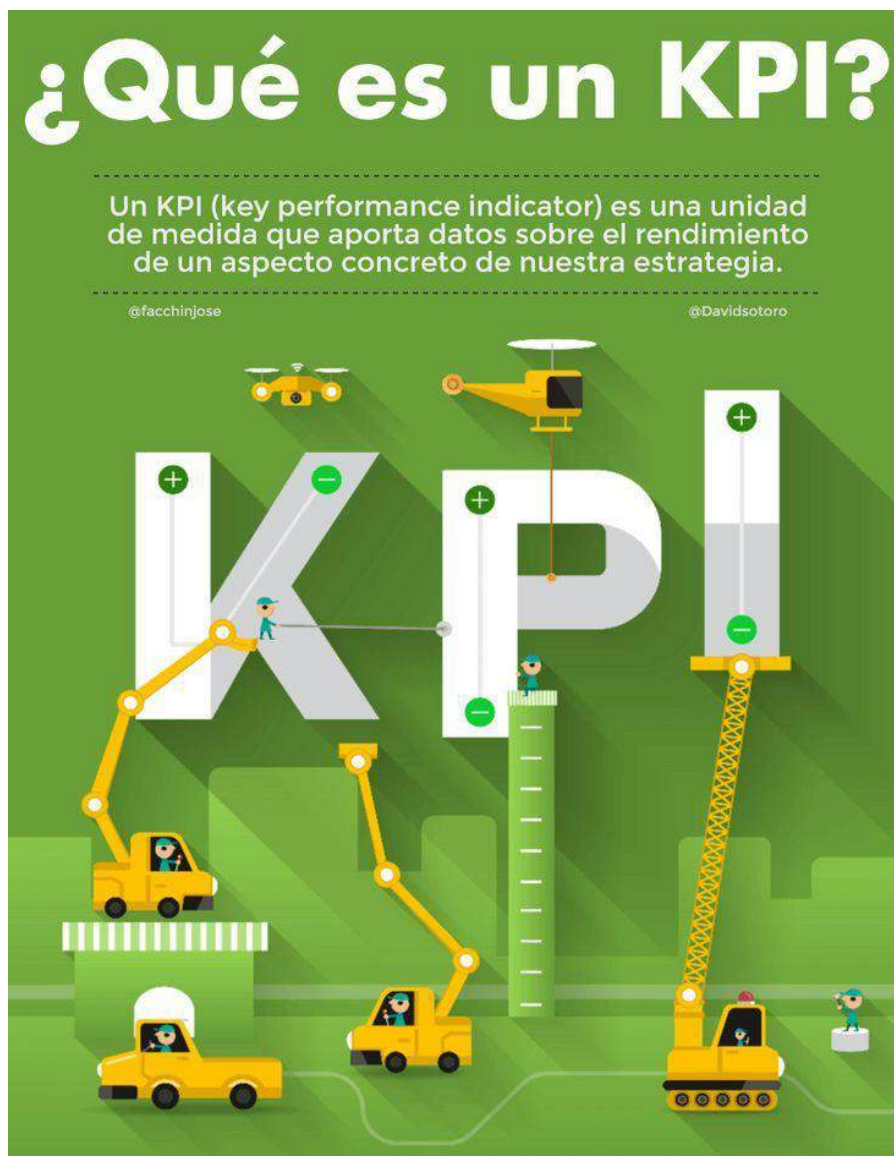
La eficiencia también puede ser un adjetivo. Ejemplo: Esta impresora es mas eficiente que la anterior (Es mas rápida)

Otro ejemplo aplicado al ámbito laboral. Un trabajador puede ser mas valioso si es eficiente ya que produce lo mismo con menos recursos.

3. INDICADORES DE GESTIÓN (KPIs)

Los Indicadores de Gestión, también llamados KPIs (Key Performance Indicators) permiten medir el nivel del desempeño de un proceso, a fin de establecer el grado en que un objetivo fijado, se pueda alcanzar.

Solo se puede analizar, gestionar, y mejorar algo que se puede medir. El desarrollo de indicadores es un proceso que parte por tomar mediciones de la situación actual para luego contrastarlo con un patrón de referencia, que pueden ser mediciones de períodos anteriores o datos correspondientes al punto que se quiere alcanzar. Sin embargo el desafío consiste en saber qué medir, cómo, cuándo, donde, o con qué herramientas.



Dependiendo de cada empresa y cada realidad, se definirán las condiciones para la medición y análisis de datos, por ejemplo se podrán utilizar indicadores asociados a la utilización de recursos, al tiempo de funcionamiento de la maquinaria, a las horas hombre, al uso de repuestos, a cronogramas de actividades, a ejecución de presupuestos, número de problemas atendidos, cantidad de accidentes, etc.

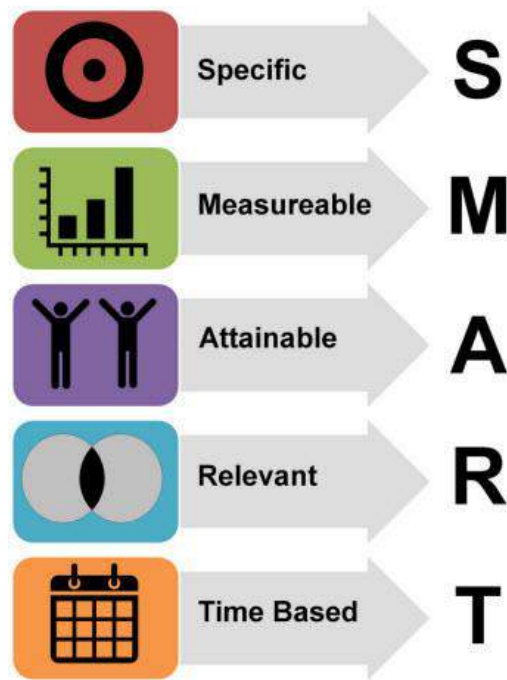
La norma UNE-EN 15341:2008, "Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento", es un estándar europeo desarrollado por los Comités Técnicos de Normalización de España, el cual brinda lineamientos para el desarrollo y utilización de indicadores de rendimiento en la gestión del mantenimiento industrial, que bien podrían ser tomados como referencia en la industria local.

CARACTERÍSTICAS que deben tener los Indicadores de Gestión del Mantenimiento:

- Deben permitir conocer el grado de cumplimiento de los objetivos del departamento.
- Deben ser fáciles de medir, entender y de interpretar.
- Deben ser representativos de las actividades realizadas.
- Deben permitir establecer una relación entre trabajo solicitado y trabajo entregado.
- Deben permitir la medición y evaluación de tiempos asociados a actividades.
- Deben replicar las buenas prácticas de gestión de otros procesos y/o empresas.
- Deben motivar la competitividad y el deseo de mejorar.
- Deben ser solo unos cuantos (los más significativos o representativos).
- Deben ser concebidos partiendo del punto de vista del parámetro a ser medido.
- Deben responder a la realidad actual, por cuanto deben ser adaptables al cambio.
- Deben permitir medir parámetros que sean dinámicos (no se puede medir algo que no cambia).
- Deben ser usados para permitir crear estrategias de trabajo orientado a la mejora continua.

Una técnica utilizada para la definición de Indicadores (KPIs) es la técnica conocida como "SMART", la cual recomienda que los Indicadores cumplan con el siguiente criterio:

- ❖ eSpecíficos (Specific)
- ❖ Medibles (Measurable)
- ❖ Alcanzables (Attanaible)
- ❖ Relevantes (Relevant)
- ❖ a Tiempo (Time based)



Existe infinidad de parámetros que pueden ser considerados como indicadores, a continuación algunos ejemplos de los principales elementos a ser medidos y supervisados por los Indicadores de Gestión:

- Cumplimiento de objetivos.
- Eficiencia en el uso de recursos económicos.
- Productividad basada en capacidad de trabajo bien hecho.
- Administración de recursos del departamento.
- Gestión del talento humano (recursos humanos).
- Desempeño de servicios externos (proveedores).
- Costos asociados a las actividades del departamento.
- Calidad del trabajo realizado.
- Resultados técnicos.
- Ahorro de recursos.
- Tiempo de respuesta.
- Tiempo de utilización.
- Calidad y seguridad.
- Grado de satisfacción.
- Avances de obra.
- Rentabilidad de un proyecto, entre otros.

Ejemplos de Gestión de Mantenimiento mediante KPIs:

- Medir las veces que se repite una misma falla, y relacionarlo porcentualmente con el total de fallas; esto brinda una idea de la calidad de los trabajos de reparación realizados.
- Costo de mantenimiento preventivo relacionado con el costo de parada de producción para ejercer tareas correctivas; esto permitirá evaluar el punto de equilibrio para destinar recursos a un tipo de mantenimiento u a otro.
- Evaluar el número de equipos reparados versus el número de equipos totales, o también el número de equipos averiados versus el número de equipos reparados; esto permitirá conocer el grado de importancia que tiene reparar ciertos equipos sobre la base total de equipos operativos.

Indicadores relevantes del mantenimiento		
Indicador	Unidad	Fórmula
Disponibilidad	%	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
Tasa de mantenimiento preventivo	%	$\frac{\text{Horas planificadas para PM}}{\text{Total horas planificadas}}$
Número de llamadas	Número	Número de llamadas del personal de mantenimiento durante un periodo dado
Tasa de realización de las actividades de mantenimiento preventivo	%	$\frac{\text{Número de actividades llevadas a cabo}}{\text{Número de actividades previstas}}$
Costo del mantenimiento comparado con la nueva condición de valor	Número	$\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Valor del activo en las nuevas condiciones}}$
Costo del personal	%	$\frac{\text{Costo del personal}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$
Costo de los subcontratistas	%	$\frac{\text{Gastos en subcontratistas}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$
Costo de los proveedores industriales	%	$\frac{\text{Consumo de partes industriales}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$

4. PLANIFICACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

4.1. MANTENIMIENTO DESDE LA CONCEPCIÓN DEL DISEÑO DE PLANTA

Cuando se realiza el diseño de las instalaciones y equipos que permitirán realizar un proceso productivo, se espera que todo funcione correctamente, lo cual implica prever tareas de mantenimiento a ser realizadas dentro de las instalaciones a construir.

Durante el diseño de la planta, la ingeniería del proyecto debe simular el desarrollo de las actividades de mantenimiento, la probabilidad de presencia de fallas puede disminuir si se cuenta con un buen diseño, por ejemplo: planificando áreas para acceder a los equipos, mediante la independización de procesos, áreas libres para tránsito, planificación de equipos de backup, etc.



Un buen diseño debe considerar los siguientes conceptos:

- **Mantenibilidad:** Se refiere a la probabilidad de que ante una falla seria, esta pueda ser solucionada en un plazo menor al establecido en el procedimiento.
- **Tiempo medio entre paradas:** Es el período de tiempo programado que transcurriría entre una parada de mantenimiento y otra.
- **Áreas críticas:** Son aquellas zonas en las cuales se corre peligro de formar "cuellos de botella", por lo cual ante un problema en la zona no se podría atender a tiempo ya sea por incapacidad para llegar a la zona o por el peligro que representa la presencia humana en la zona.
- **Áreas especiales:** El diseño debería contemplar áreas restringidas (con acceso permitido solo a personal autorizado), áreas reservadas (dentro de las cuales puede transitar el personal propio de la empresa, pero no visitantes externos), áreas libres (las cuales son de libre tránsito tanto para personal propio como para visitantes).

- **Áreas protegidas:** Son aquellas zonas donde se desarrollan actividades, pero que deben ser aisladas o protegidas de alguna forma (Ej: puerta con llave), para evitar la manipulación no deseada de equipos críticos para la producción. El acceso debe ser bajo autorización de un superior o responsable del equipo.

4.2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Para el caso de paradas de mantenimiento programadas con anticipación, se requiere contar con una planificación de trabajos que permitan aprovechar al máximo, el tiempo que están parados los equipos.

Los trabajos pueden ser desarrollados por personal propio o por personal tercerizado (sub contratado). Si el trabajo a realizar no es continuo o es muy especializado, se recomienda tercerizarlo. Si en cambio es un trabajo rutinario que ocupa a varias personas por lapsos continuos de tiempo, se recomienda que sea personal propio. Sin embargo, cada caso debe evaluarse puntualmente, a fin de evaluar la mejor opción en cuando a calidad del trabajo, costo del mismo, y continuidad del proceso productivo.

Pasos (recomendados) para la **Planificación y Ejecución de trabajos de mantenimiento:**

- 1° Estudiar la situación actual a fin de identificar aquellos trabajos de mantenimiento que tienen que realizarse, según un orden de prioridad pre establecido, según los recursos que pueden estar disponibles, y según el tiempo que se dispone.
- 2° Establecer los objetivos o propósito para la realización de determinado trabajo de mantenimiento.
- 3° Elaborar una lista de los elementos que van a ser sujetos de mantenimiento.
- 4° Agrupar los elementos de acuerdo a categorías o según características comunes.
- 5° Establecer la clase de servicio o descripción del trabajo que se debe realizar sobre cada grupo.
- 6° Recopilar información de los equipos involucrados (historial de mantenimiento, listado de repuestos disponibles, planos, documentación técnica, manual de operación, guía de instalación, etc.).

- 7° Complementar la información existente con información propia de la ocasión (Ej: esquemas de conexión temporal, rutas de movimiento de cargas, plan de desmontaje, etc.).
- 8° Planificar los recursos que van a ser necesarios (Ej: personal de obra, ingenieros especializados, herramientas especiales, repuestos para cambiar, etc.).
- 9° Determinar la agenda de trabajo (Ej: cronograma de actividades, responsables de ejecución de trabajos, supervisores de obra, personal de control, etc.)
- 10° Contar con las autorizaciones correspondiente para trabajar, ya sean autorizaciones gubernamentales (Ej: licencia de construcción, guía de remisión de equipos, licencia de apertura, etc.), o autorizaciones internas de la empresa (Ej: autorización de calidad, seguridad, medio ambiente, etc.).
- 11° Elaborar el Plan de actividades, conformado por la secuencia de trabajo y la descripción del conjunto de acciones a realizar, relacionando cada una con los recursos, personal, y tiempos establecidos.
- 12° Elaborar el Plan de contingencia, donde se detallan las acciones a realizar en caso ocurra una eventualidad que impida cumplir con el Plan de actividades original.
- 13° Establecer los canales de comunicación, para luego comunicar el Plan de actividades y Plan de contingencias a las personas involucradas.
- 14° Realización de actividades previas (Ej: solicitar la compra de repuestos, contratar personal temporal, coordinar acciones logísticas, programar acciones con subcontratistas, etc.).
- 15° Ejecución y supervisión de las tareas de mantenimiento, según lo previamente planificado, hasta la correcta puesta en marcha.
- 16° Limpieza del área utilizada para el trabajo, y si es el caso levantar los pasivos ambientales.
- 17° Restablecimiento de las condiciones normales de operación o producción.

18° Acciones post evento, referido a aquellas actividades que involucran cerrar el ciclo de trabajo (Ej: aprobar informes de trabajo de contratistas, liquidar horas extras del personal, devolver equipamiento prestado, reportar a las autoridades respectivas, etc.).

19° Elaborar un Informe sobre el trabajo realizado, conformando de esta forma parte del historial de los equipos, a fin de conversar la experiencia adquirida, sumando comentarios y recomendaciones. Este informe, entre otros puntos debe incluir:

- Los equipos que han sido objeto de mantenimiento.
- El resultado de la evaluación de dichos equipos.
- Tiempo real que duro la labor.
- Personal que estuvo a cargo.
- Presupuesto ejecutado (dinero gastado).
- Inventario de piezas y repuestos utilizados.
- Condiciones en que responde el equipo (reparado) luego del mantenimiento.
- Programación tentativa para el siguiente mantenimiento.
- Conclusiones y recomendaciones.

20° Evaluar el desempeño del trabajo, lo cual queda a cargo de los líderes del departamento, para lo cual se basarán en el Informe de trabajo y en indicadores propios de su gestión. Esta evaluación también debe ser documentada, pudiendo ser compartida con los directivos de la empresa.



4.3. GRADO DE CRITICIDAD Y PRIORIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Los equipos cumplen funciones diferentes, por ende poseen niveles de importancia distintos dentro del proceso industrial, así mismo algunos equipos son más robustos en relación a otros que son más delicados y propensos a fallas; basados en esta premisa, cada equipo recibe un grado de criticidad en función a su potencial de falla y a su nivel de importancia, del mismo modo el costo de reemplazo y el costo de parada de un equipo es condicionante a la hora de evaluar su grado de criticidad.

Las fallas o averías en los equipos afectan directamente la economía de la empresa, esto puede ser a través de pérdidas en la producción, elaboración de productos defectuosos, contaminación ambiental, accidentes laborales, recambio frecuente de repuestos, entre otros.

El grado de criticidad establece el orden de **jerarquía y de prioridad para la asignación de recursos** de mantenimiento. Se pueden definir cuatro grados de criticidad:

- a) **EQUIPOS CRÍTICOS:** Son aquellos equipos cuya falla o avería provoca la parada de la producción, impactando fuertemente en la economía de la empresa. Por ejemplo el motor de la grúa principal en un puerto de descarga de contenedores.
- b) **EQUIPOS IMPORTANTES:** Son aquellos equipos cuya falla o avería afecta significativamente la economía de la empresa, sin embargo este daño puede ser asumido y/o recuperado. Por ejemplo, la válvula de paso de agua de enfriamiento en un reactor químico.
- c) **EQUIPOS NECESARIOS:** Son aquellos equipos que son requeridos para el normal funcionamiento del proceso, sin embargo pueden ser reemplazados o sacados de líneas por intervalos cortos de tiempo. Por ejemplo el transmisor de nivel de un tanque de almacenamiento de agua.
- d) **EQUIPOS PRESCINDIBLES:** Son aquellos equipos que no afectan la productividad y economía de la empresa, por cuanto pueden permanecer parados provocando tan solo incomodidad en el proceso. Por ejemplo un regulador limitador de aire en una tubería con presión de aire constante.



Si el equipo es catalogado como crítico o importante, es lógico pensar en asignarle actividades de mantenimiento predictivo, en cambio si el equipo es prescindible bien se podría aplicar el mantenimiento correctivo o tal vez mantenimiento en uso.

Es responsabilidad de los líderes del departamento el determinar las situaciones críticas y el orden de prioridades para cada circunstancia. Se recomienda las siguientes categorías de **prioridad para la atención de tareas** o trabajos de mantenimiento:

- a) **TAREAS URGENTES:** Son aquellas que no se pueden postergar, al presentarse una tarea urgente el operador dejará lo que está haciendo hasta solucionar el problema.
- b) **TAREAS IMPORTANTES:** Su atención puede esperar ligeramente, pero deben realizarse a fin de no seguir afectando el proceso productivo.
- c) **TAREAS DE RUTINA:** Son aquellas que deben realizarse sí o sí dentro de un período de tiempo asignado, contando con la flexibilidad de realizarse en cualquier momento dentro del período asignado.
- d) **TAREAS PROGRAMADAS:** Son aquellas que han seguido un proceso de planificación previa, se realizan por lo general en paradas de planta. Cuentan con cierta flexibilidad, la cual es establecida en el plan de acción correspondiente.
- e) **TAREAS PROACTIVAS:** Son aquellas realizadas con el objetivo de anticipar una ocurrencia de falla, surgen de manera espontánea, y se efectúan por iniciativa propia, por experiencia, o por sentido común.
- f) **TAREAS SECUNDARIAS:** Son aquellas actividades que pueden postergarse hasta algún momento donde exista tiempo disponible para atenderlas.



4.4. EL BENCHMARKING EN LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El benchmarking desde el punto de vista de la gestión y planificación del mantenimiento, es un proceso sistemático y continuo que analiza los indicadores (KPIs) de otras empresas con características similares a la nuestra, las cuales se desempeñan con mejores resultados, a fin de estudiar su progreso y copiar sus estrategias de éxito, logrando fortalecer el conocimiento interno gracias a la experiencia de otros.



Algunos expertos afirman que el benchmarking es la habilidad para no solo compararse con uno mismo, sino con los mejores en el rubro, siendo capaces de aprender de los demás para mejorar nuestro propio trabajo, y permitirnos descubrir nuestros propios errores.

Las técnicas se basan en copiar (o emular) los métodos, comportamiento, procesos, estrategias, y experiencias utilizadas por otras empresas, a las cuales les hayan brindado buenos resultados. Por ejemplo se puede comparar el horario de los turnos, la cantidad de personas asignadas a determinadas tareas, política de descansos, tasa de accidentes, herramientas utilizadas, tecnología implementada, jornadas de trabajo, capacidad de respuesta a fallas, tiempo de producción ininterrumpido, proveedores, etc.

El desafío del benchmarking empieza con lograr obtener la información de la empresa que nos interesa conocer, dado que toda empresa protege su información, por tanto de contar con el privilegio de acceder a la información o una visita a la otra empresa, las acciones mínimas a realizar deberían ser:

- Analizar la situación pasada, y la situación actual de la empresa.
- Tener una idea del entorno de trabajo y la base instalada de equipos.
- Verificar los logros alcanzados, cuantificarlos y medirlos.
- Investigar los acontecimientos que marcaron el cambio positivo.
- Aprender los procedimientos utilizados para la implementación y el desarrollo.
- Aprender los mecanismos de supervisión y retroalimentación utilizados.
- Consultar las diversas experiencias y dificultades que tuvieron que afrontar.
- Conocer el monto de inversión, tiempo y recursos que fueron empleados.
- Conocer la rentabilidad y la recuperación de la inversión realizada.
- Analizar el valor agregado adquirido por la empresa.

Secuencia de desarrollo de una estrategia de benchmarking:

- a) **Planificación:** Lo cual permitirá fijar objetivos y preparar los recursos necesarios para obtener el máximo provecho a la oportunidad de acceso a la información de la empresa visitada.
- b) **Fijar Patrones de Comparación:** Dada la diversidad de criterios para evaluar el desempeño de una actividad, se debe tener claro qué criterios se utilizarán para definir el grado de comparación.
- c) **Acceso a la Información:** Es el momento indicado para investigar, analizar, preguntar, observar, todo lo posible, según la planificación establecida.
- d) **Análisis Comparativo:** Consiste en establecer puntos de discrepancia entre nuestro desempeño y el observado en la otra empresa, a fin de establecer niveles de diferenciación que constituirán los puntos a mejorar.
- e) **Desarrollo de Estrategias:** Luego de conocer qué es lo que se puede mejorar, se diseñará la estrategia y medidas necesarias para copiar el modelo de éxito, en concordancia con los objetivos propios a alcanzar.

- f) **Implementación de la Estrategia:** Tiene lugar mediante la comunicación de las medidas correctivas a adoptar, y la posterior puesta en marcha de estas, e integración a las políticas ya existentes.
- g) **Adaptación y Maduración:** Basándose en las políticas diseñadas según lo observado, se buscará mejorarlas aún más, adaptándolas a la realidad propia, permitiendo un tiempo para aprender de los errores y madurar un desarrollo aún mejor que el observado en la otra empresa.



4.5. PLANIFICACIÓN BASADA EN FIABILIDAD (RCM)

El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (**RCM: Reliability Centered Maintenance**), es una metodología de trabajo que busca la mejora en los resultados, basándose en analizar cada tipo de falla o avería en forma estricta y rigurosa, estudiando el modo y forma en que se producen las fallas, y cuál es la repercusión económica de estas.

Principales **beneficios de la implementación del RCM:**

- Reducir los costos por mantenimiento.
- Definir objetivos concretos y alcanzables.
- Disminuir las paradas de producción.

- Mejorar la comunicación entre mantenimiento y producción.
- Reducir las averías que tienen mayor impacto.
- Establecer niveles óptimos de calidad.
- Motiva la búsqueda de la mejora continua.
- Reducción del tiempo de parada por mantenimiento.
- Reducción de los tiempos de reparación.
- Localización de fallas ocultas y sus causas.
- Reducción de la probabilidad de entrar en estado de peligro.
- Disminución del riesgo de perder producción.

Información requerida respecto de los equipos, para el **análisis previo a la planificación**:

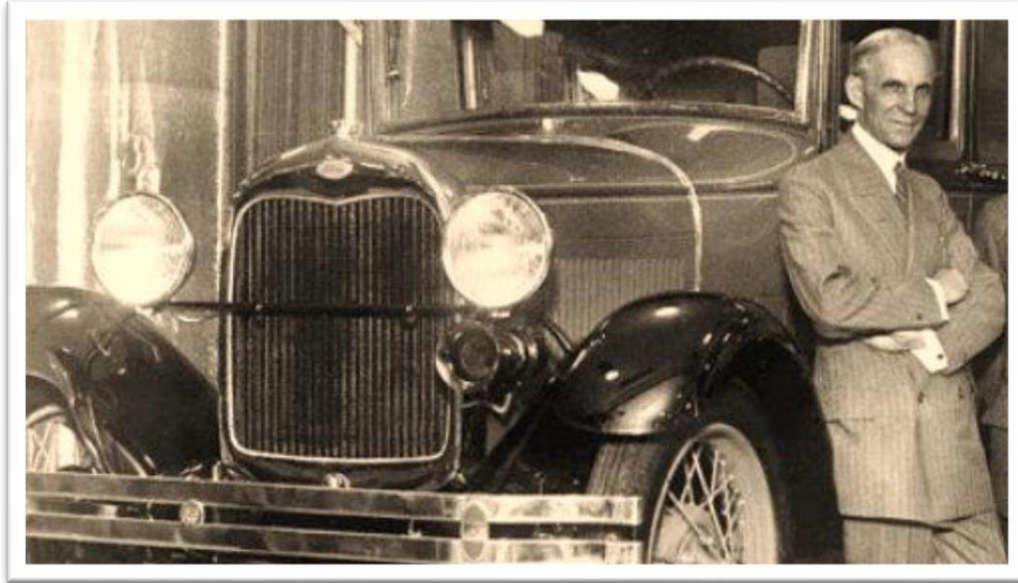
- ¿Cuáles son las funciones o tareas que realiza cada equipo, dentro del proceso?
- ¿Cómo es que pueden fallar y de qué forma?
- ¿Qué podría ocasionar o causar dichas fallas?
- ¿Cuál es la forma en que se manifiestan las fallas?
- ¿Qué consecuencias inmediatas ocurren cuando se presentan la fallas?
- ¿Qué formas existen para prevenir las fallas?
- ¿Es viable prevenir las fallas?
- ¿Qué acciones se pueden tomar si no se pueden prevenir las fallas?

Fases para la implementación del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad:

- 1° Definición de objetivos, acorde a la política del departamento.
- 2° Establecimiento del grupo de trabajo que se encargará de la implementación.
- 3° Selección de los equipos (prioritarios) a los cuales implementar el RCM.
- 4° Búsqueda de información correspondiente a los equipos seleccionados.
- 5° Análisis de las fallas que se han producido y que se puedan producir.
- 6° Determinación de la forma como se manifiestan las fallas.
- 7° Selección de una metodología de trabajo eficaz y rentable.
- 8° Elaboración del procedimiento de trabajo y actividades a realizar.
- 9° Implementar los procedimientos planificados.
- 10° Verificar el desempeño del programa.
- 11° Optimizar los procedimientos.
- 12° Proceder con la planificación del RCM en otro grupo de equipos.

Algunas desventajas de este método radican en el hecho de que está basado en la experiencia de los trabajadores, por lo que si no se cuenta con personal experimentado o si se requiere implementar nuevos sistemas, se tendrá problemas por falta de conocimientos sobre el comportamiento de los equipos. Además es un proceso cuyo éxito depende de la capacidad de liderazgo de la dirección del departamento y del grado de motivación existente en los trabajadores operativos.





"Calidad significa hacer lo correcto
cuando nadie está mirando"

Henry Ford

5. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Francisco González Fernández. (2005). "Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado". FC Editorial.
- Comité AEN/CTN 151. (2008). "Norma UNE-EN 15341:2008. Mantenimiento: Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento". AEN.
- Alejandro Plaza Tovar. (2009). "Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial". Editorial Lulú.
- Joel Levitt. (2009). "The handbook of maintenance management". Industrial Press Inc.
- Santiago García Garrido. (2010). "La contratación del mantenimiento industrial". Ediciones Díaz de Santos.
- Santiago García Garrido. (2010). "Organización y gestión integral de mantenimiento". Ediciones Díaz de Santos.
- Miguel Albertos Carrera. (2012). "El mantenimiento industrial desde la experiencia". Universidad de Valladolid.
- Javier Cárcel Carrasco. (2014). "La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial". Omnia Science.
- Tomás Sosa Vázquez. (2014). "Lo secreto del mantenimiento industrial". Palibrio.



Escuela de Gestión Empresarial

www.IntegraMarkets.com