



# INGENIERÍA INDUSTRIAL II

UNIDAD VI

**“MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”**

AÑO 2023



## MANTENIMIENTO

*"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"*

**A.SUTER**

# CONCEPTO DE MANTENIMIENTO Y EVOLUCIÓN

"El conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento." (GARCÍA GARRIDO, Santiago; 2003)

"La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo." (MORA GUTIERREZ, Alberto; 2009)

"El mantenimiento es el sustantivo correspondiente al verbo mantener. La función concreta de mantenimiento es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato productivo para que cumpla su función de producir bienes o servicios." (MORA GUTIERREZ, Alberto; 2009)

"El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados." (MANUAL DE MANTENIMIENTO; Divulgación Tecnológica; Santafe de Bogotá; 1991)

"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." (IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial; 2018)

"La finalidad del mantenimiento es conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de Producción." (ROS MORENO, Antonio; 2010)

# Terminología básica del mantenimiento

*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.
- **Confiabilidad:** 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.

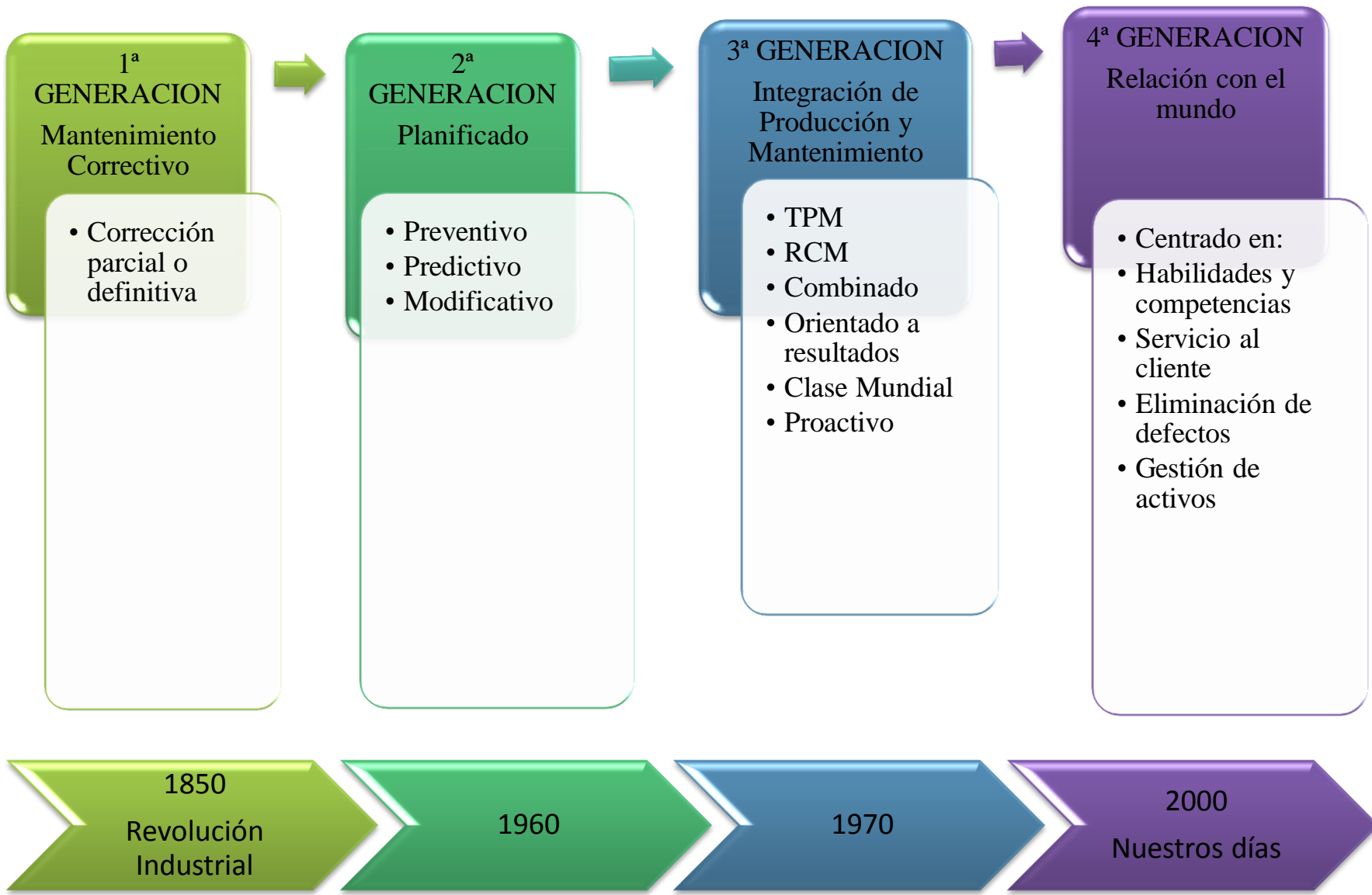
- **Disponibilidad:** es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo en el cual una máquina o equipo está disponible para cumplir la función para la cual fue diseñado y construido. Esto no implica necesariamente que esté operando o funcionando, sino que se encuentra en óptimas condiciones 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.

- **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.

# EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO



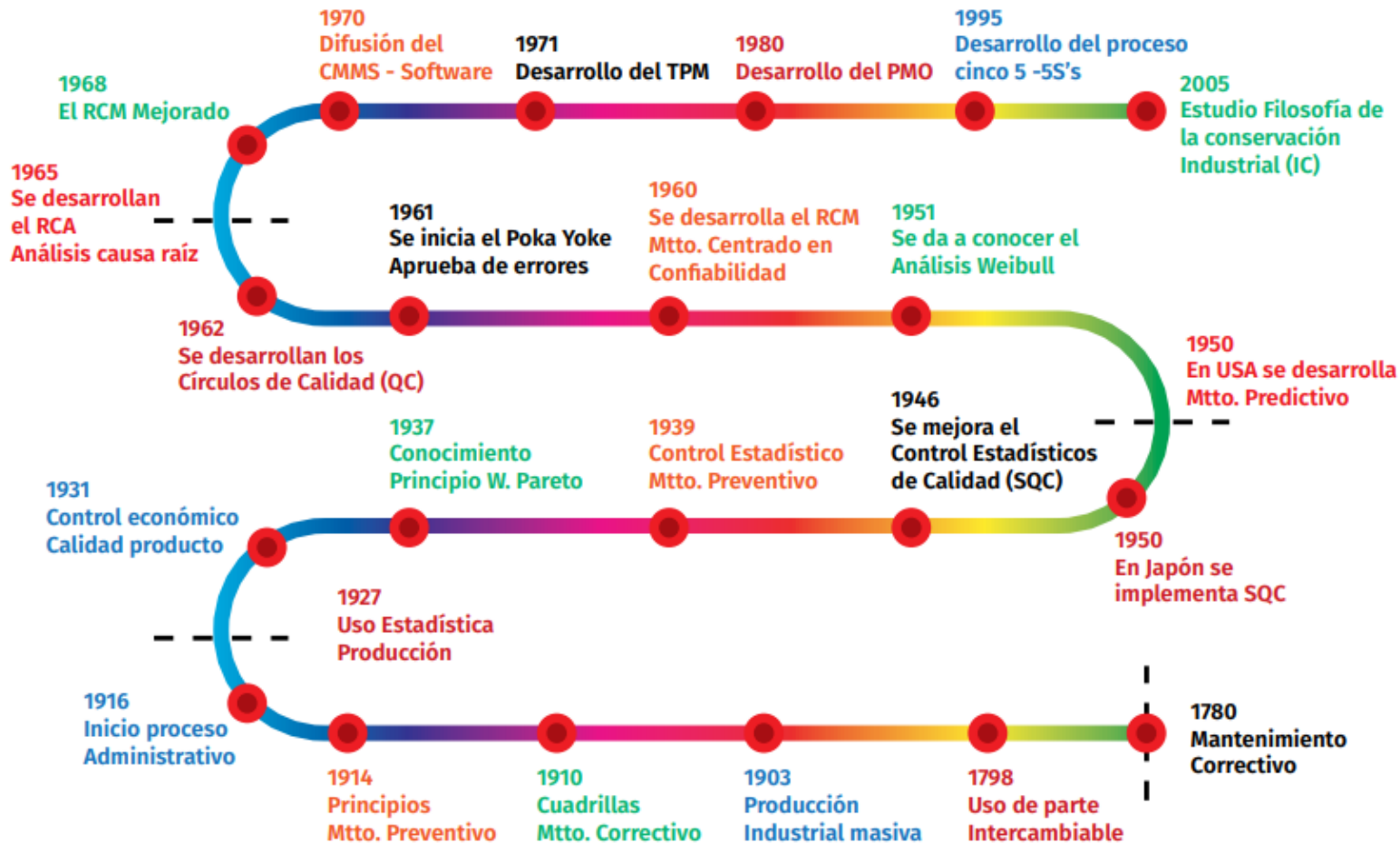




		Producción - Manufactura		Mantenimiento e ingeniería de fábricas	
Etapa	Sucede aproximadamente	Orientación hacia...	Necesidad específica	Orientación hacia...	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica			
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos - Gestión de activos			

Evolución histórica del mantenimiento y la producción. Fuente: MORA GUTIERREZ, 2009.

# EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO A LO LARGO DEL TIEMPO



Gestión integrada del mantenimiento, basada en nuevos conceptos  
 TPM-RCM-CLASE MUNDIAL-PROACTIVO-CENTRADO EN RIESGO  
 Gestión orientada a resultados y clientes  
 Contratación compartiendo riesgos y resultados  
 Motivación e Implicación en resultados  
 Certificación integrada actividades ISO 9000/14000  
 Bechmarking  
 Análisis de riesgos y nuevas consistencia  
 Reingeniería permanente para disponibilidad  
 Gestión del conocimiento y eficiencia energética

4ª GENERACIÓN  
 1995 - 2011

Mantenimiento predictivo  
 Diseño para la mantenibilidad y fiabilidad  
 Análisis del modo de fallos y sus efectos (AMFE)  
 Análisis de costos de vida ICC  
 Calidad total  
 Contratación externa y subcontratación  
 Sistemas expertos  
 TPM-RCM

3ª GENERACIÓN  
 1980 - 1995

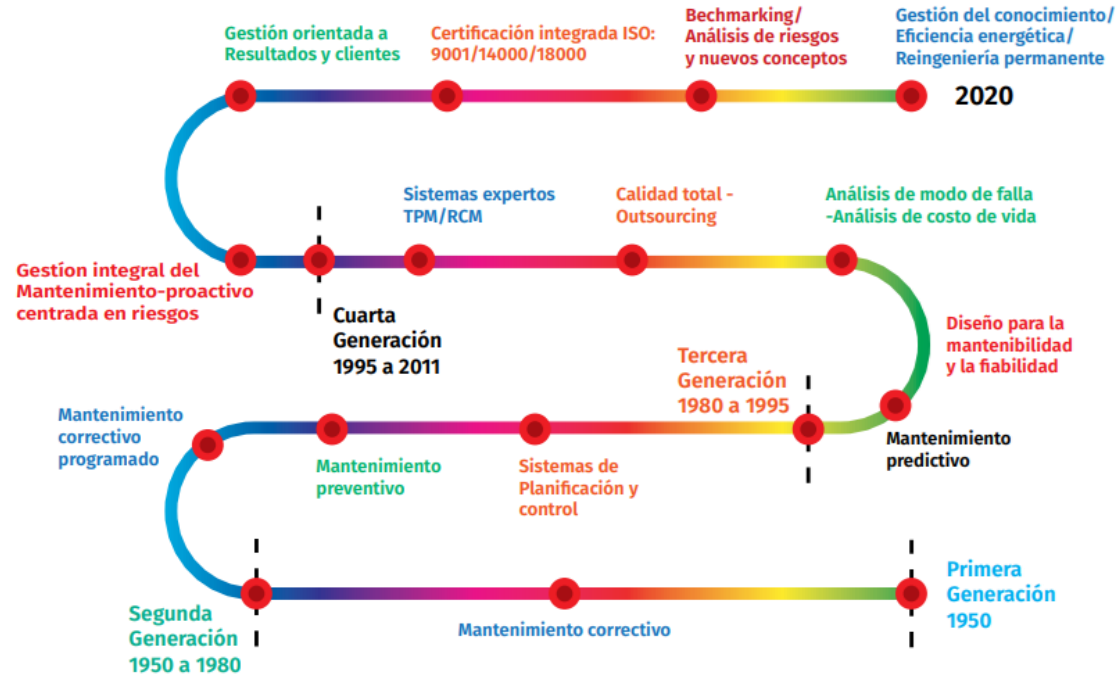
Mantenimiento preventivo  
 Mantenimiento correctivo fijo  
 Sistemas de planificación y control

2ª GENERACIÓN  
 1950 - 1980

Mantenimiento correctivo

1ª GENERACIÓN  
 - 1950

# TENDENCIAS

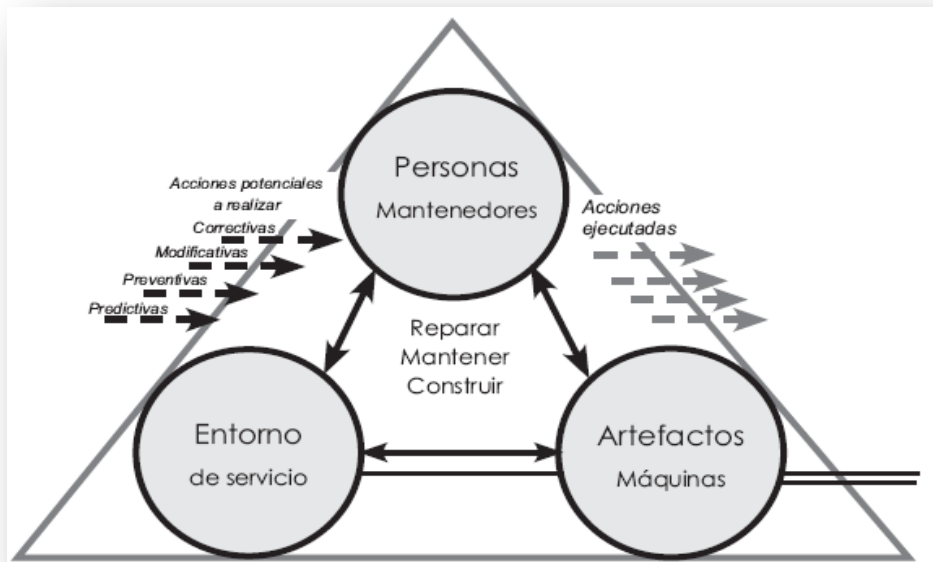


# FUNCION DEL MANTENIMIENTO DENTRO DEL SISTEMA ORGANIZACIONAL

- **Mantenimiento como cliente interno de Producción:**

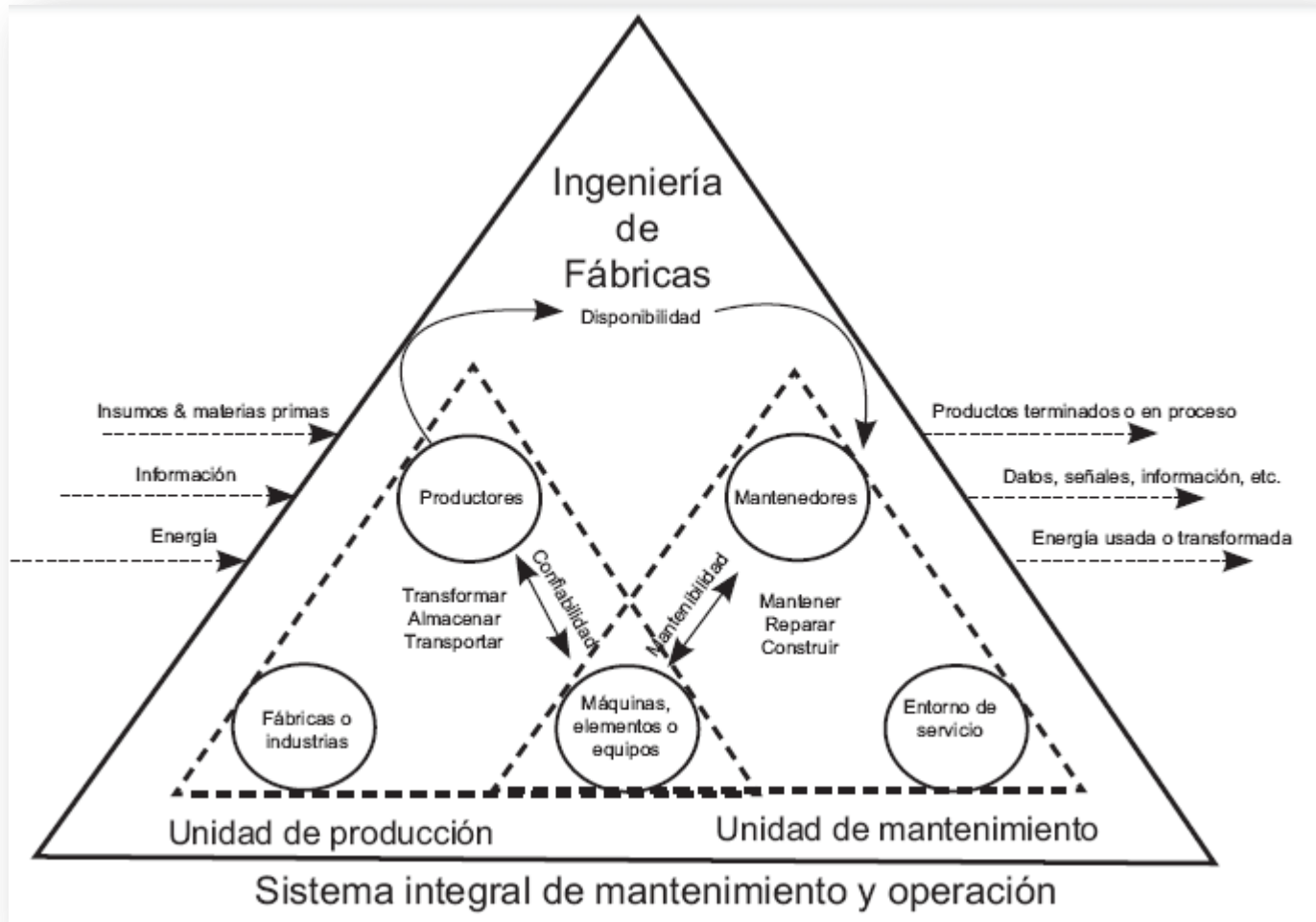
El departamento de mantenimiento tradicionalmente han estado subordinados a producción. En un principio se lo establecía al departamento de mantenimiento como proveedor de producción.

Esta manera de establecer la relación entre Mantenimiento y Producción se ha modificado a partir del concepto de “Gestión del mantenimiento” (*optimizar los recursos que se utilizan*), tanto Producción como Mantenimiento son elementos igualmente importantes del proceso productivo.



*El enfoque sistémico puro en mantenimiento, reconoce tres elementos fundamentales: mantenedores, equipos industriales y sitios físicos donde se prestan los servicios de mantenimiento.*

*El enfoque sistémico kantiano establece que la relación entre los tres elementos es permanente o cerrada entre parque industrial y mantenimiento y operación, pero abierta entre estas dos, de modo que las mejores prácticas indican que la relación entre mantenimiento y producción debe hacerse con los equipos.*

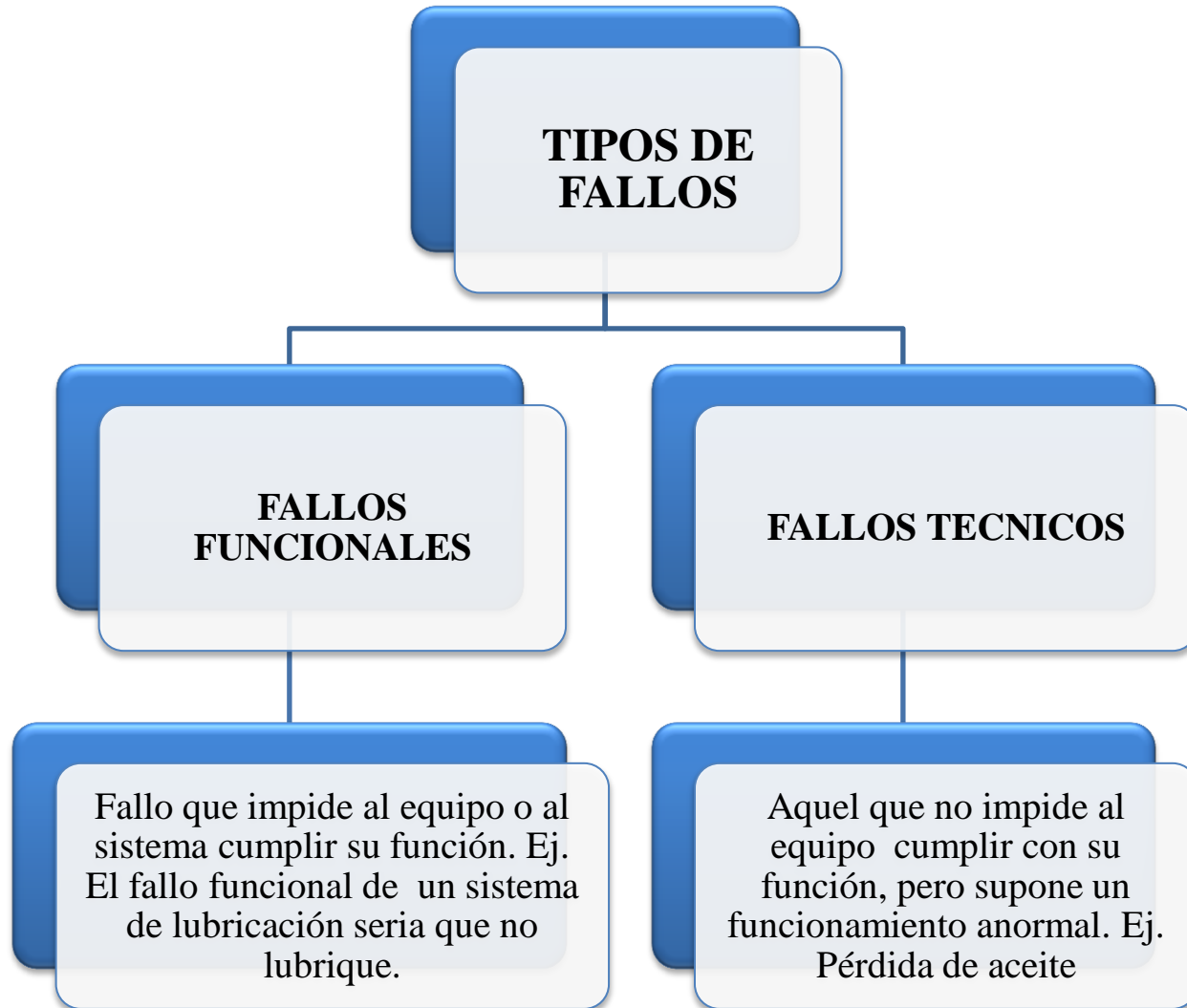


Sistema integrado de ingeniería de fábricas: mantenimiento-máquinas-producción. Fuente: MORA GUTIERREZ, 2009.

# OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO



# TIPOS, IDENTIFICACION Y ANALISIS DE FALLAS





# CLASIFICACION DE FALLOS

FALLOS A EVITAR

FALLOS A AMORTIGUAR

*Evitar un fallo es mas costoso que amortiguar o minimizar sus defectos.*

## FORMAS DE ACTUACION ANTE UN FALO

Equipos con modelo de mantenimiento de Alta Disponibilidad

Fallos funcionales: A evitar  
Fallos técnicos: A amortiguar

Equipos con modelo de mantenimiento Sistémico

Fallos funcionales: A evitar  
Fallos técnicos: A amortiguar

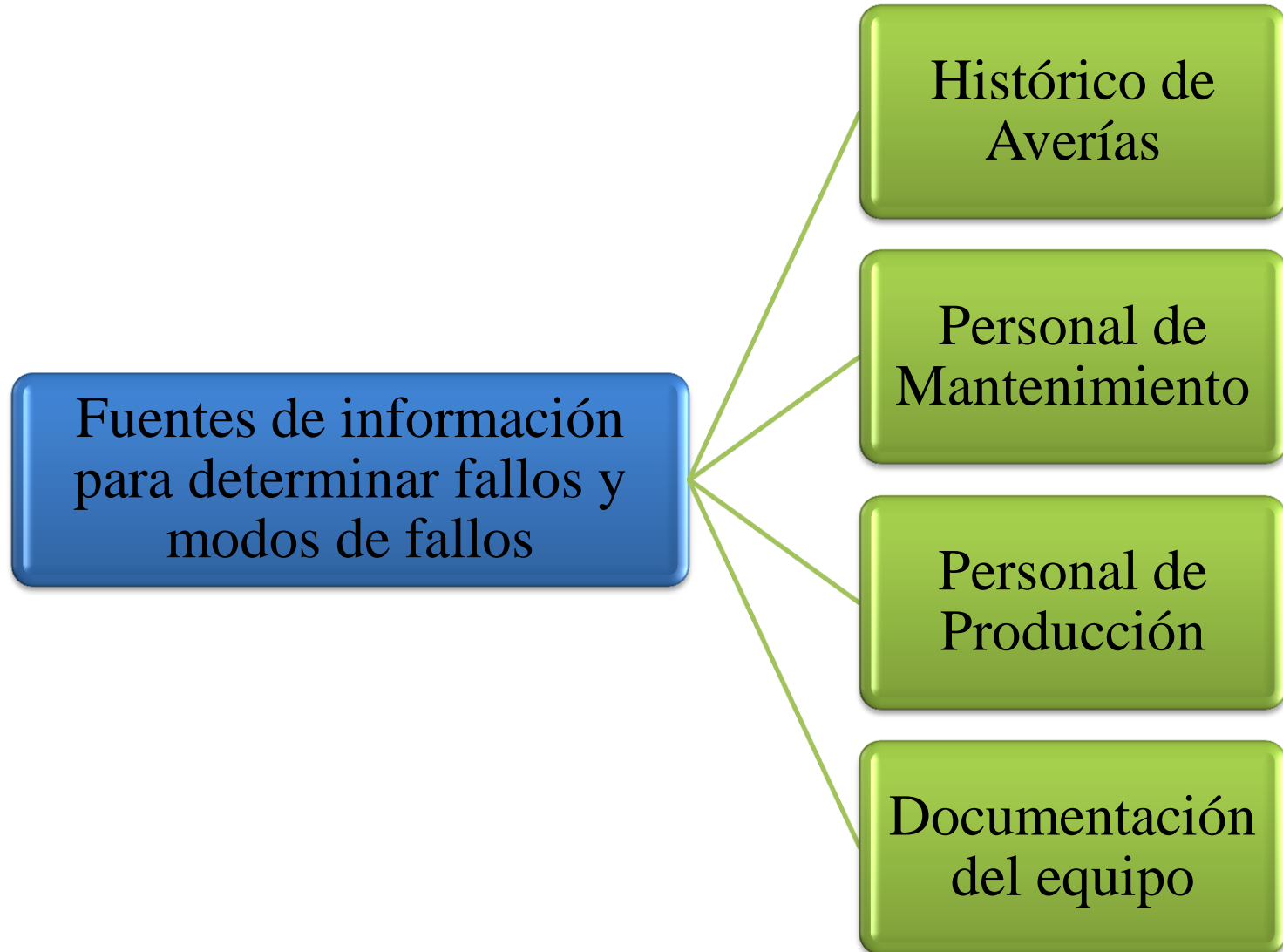
Equipos con modelo de mantenimiento Condicional

Fallos funcionales: A amortiguar  
Fallos técnicos: A amortiguar

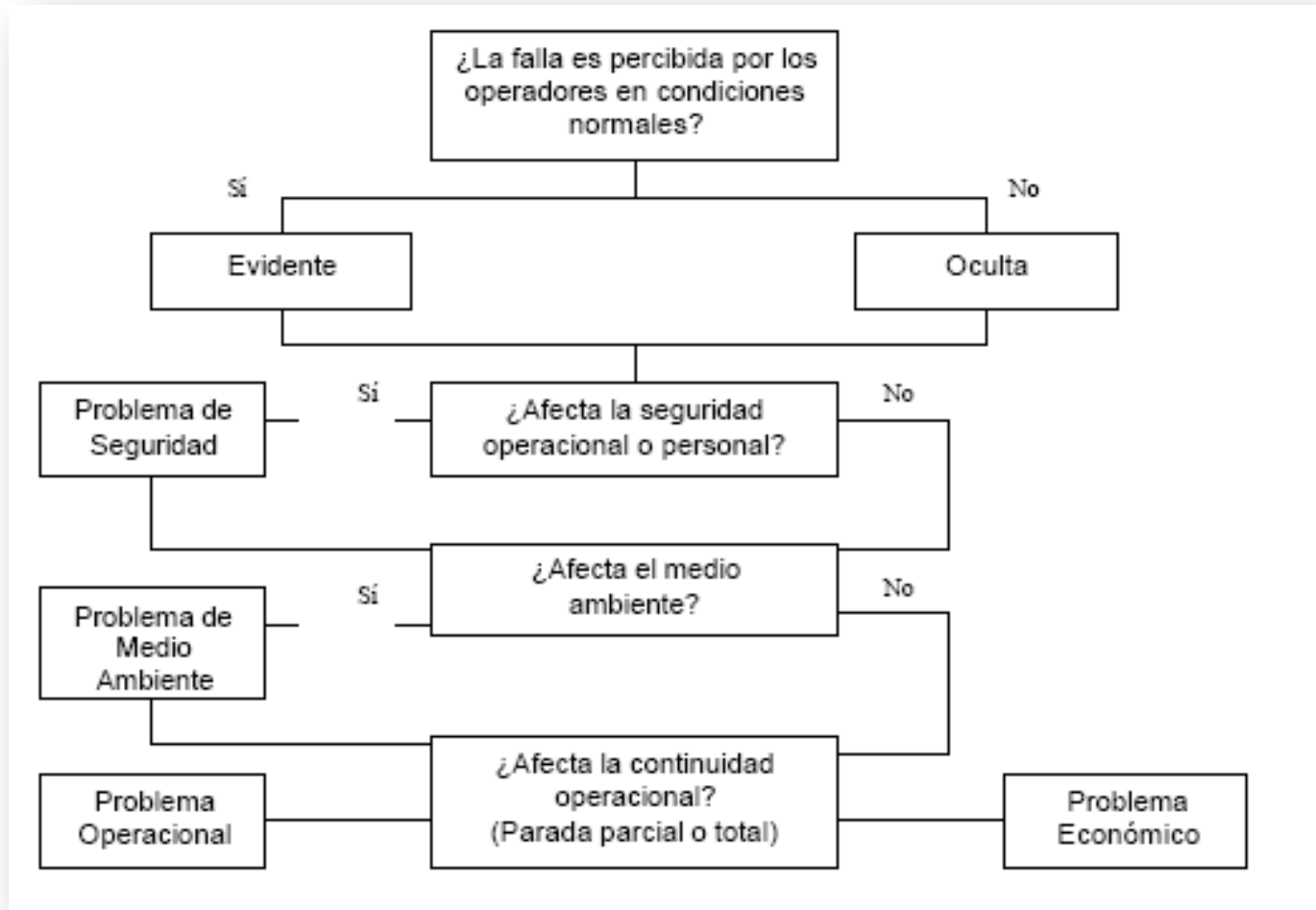
Equipos con modelo de mantenimiento Correctivo

No se estudian

# METODOS Y DIAGRAMAS PARA DETECCION DE FALLAS

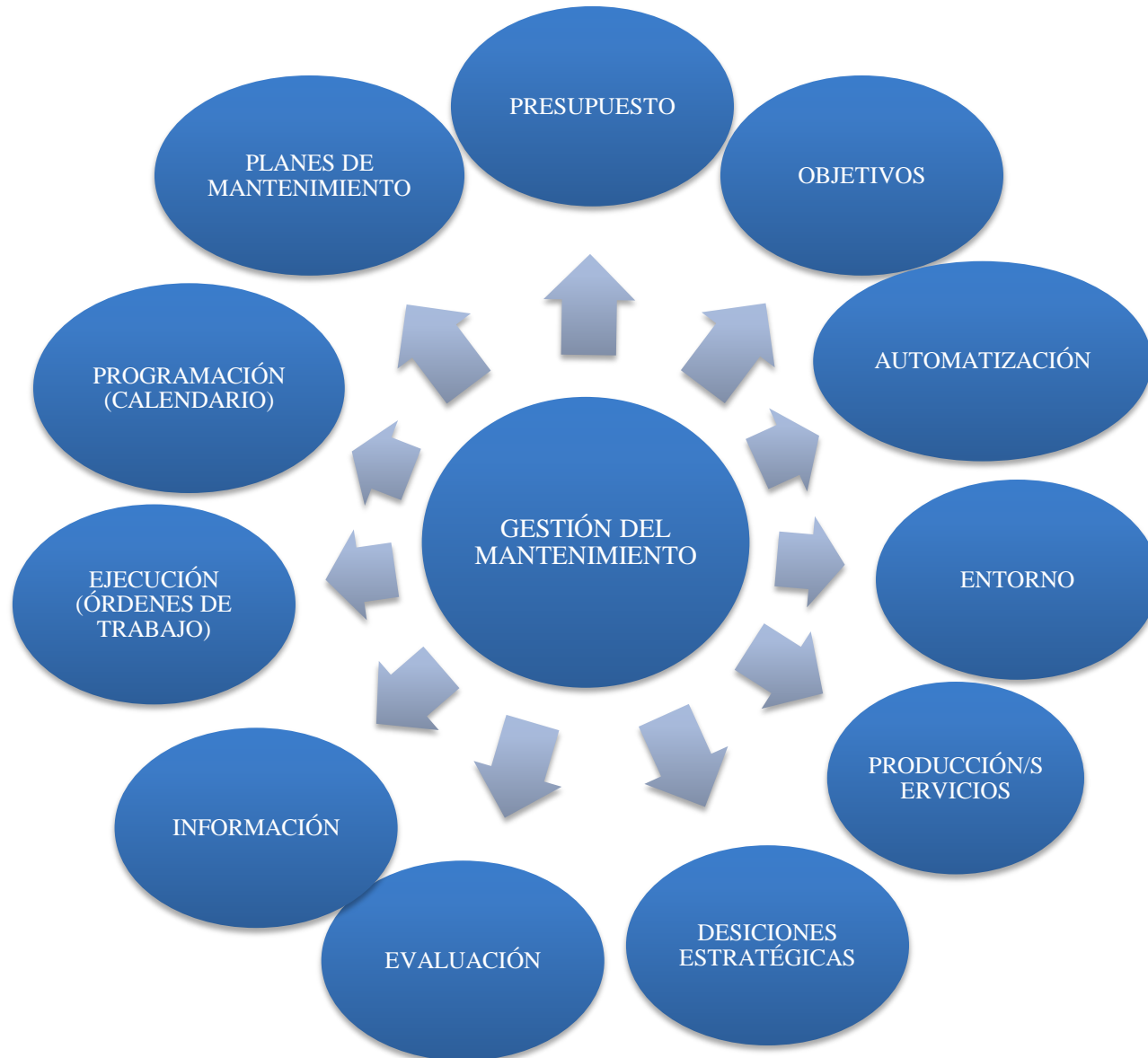


# CLASIFICACIÓN DE LOS MODOS DE FALLO



Clasificación modos de fallo. Fuente: RODRIGUEZ RAMIREZ, 2003.

# LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO



“En mantenimiento es necesario reconocer dos aspectos básicos: gestión y operación. La primera se refiere al manejo de los recursos, a su planeación y a su control, mientras que la segunda es la realización física del servicio de mantenimiento”. (MORA GUTIERREZ; 2009)

La gestión del mantenimiento se debe establecer en dos direcciones; la primera a través de la gestión de mantenimiento con los otros departamentos en forma sistémica y la segunda a través de la gestión propia (interna) del departamento.

El esquema moderno de mantenimiento incorpora el uso de herramientas propias de la gestión.

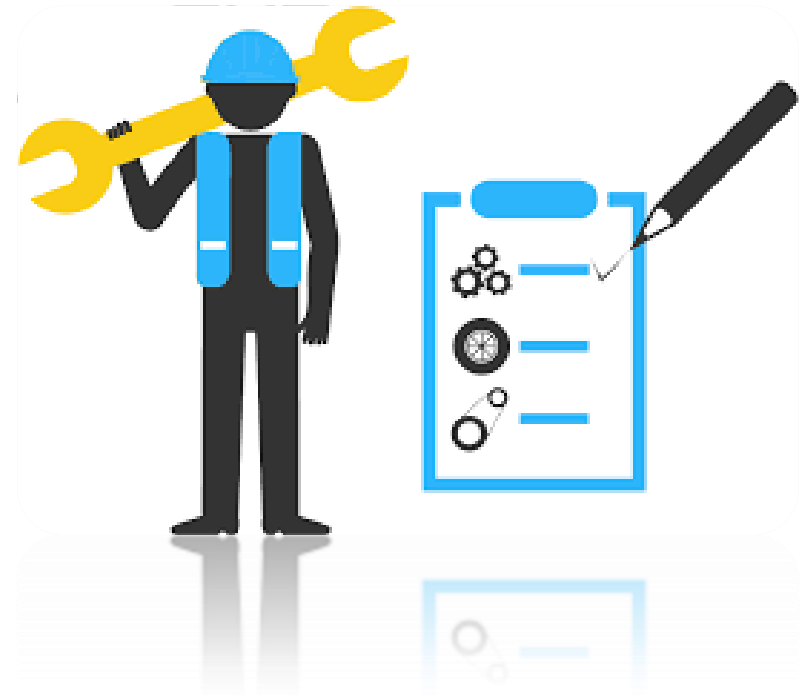
“La gestión de mantenimiento contempla la planeación, la organización, la coordinación, la dirección, la ejecución y el control de todas las actividades inherentes a mantenimiento, con el fin de cumplir su misión”. (MORA GUTIERREZ; 2009)

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.*

# GESTION DE LA INFORMACION (DOCUMENTOS)

Mantenimiento genera una gran cantidad de datos que se deben tratar y ordenar adecuadamente para poder convertirlos en información.



# ORDENES DE TRABAJO (OT)

**Es el documento que informa al operario y/o técnico de mantenimiento acerca de la tarea que debe realizar.**

Que información contiene una OT:

- *Nº de orden correlativo (único)*
- *Tipo de orden*
- *Equipo o instalación a intervenir*
- *Trabajo que se debe realizar*
- *Herramientas y materiales a emplear*
- *Los riesgos del trabajo a realizar*
- *La prioridad del trabajo*
- *Fecha y hora de emisión de la orden*
- *Datos del emisor, ejecutante y jefe de aprobación*



Responsable: KOROL, JUAN (963)

Duración estimada: 0 h 30 m

Fecha y hora de recepción de la OT: \_\_/\_\_/\_\_ :\_\_:

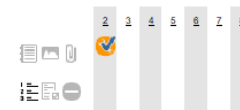
Fecha y hora de la devolución de la OT: \_\_/\_\_/\_\_ :\_\_:

Referencia

E133 **LÍNEA DE LIJADO VIET - 214 KW - BIESSE -**  
**Localización:** \ PTA VIRASORO\ 1-COMPENSADO\ LINEA LIJADO  
**Equipo padre:**  
**Prioridad:** Alta  
**Plan ligado:** 20 - PLAN LIJADORAS VIET

*Actividades rutinarias*

A1280 CONTROLAR Y TENSAR CORREAS



**Prioridad:** Alta  
**Duración aprox.:** 0 h 30 m  
**Último manto. realizado fuera del periodo:** \_\_/\_\_/\_\_  
**Tipo de trabajo:** Preventivo

## Anexo: Detalle de las actividades

hoja: 1 de 1

Folio OT: **003691**



Del 2/10/2023 al 8/10/2023

### 20 - PLAN LIJADORAS VIET

#### \ CONTROLAR Y TENSAR CORREAS

**Frecuencia:** 15 día(s)

**Duración aproximada:** 00 h 30 m

**Días de paro:**

**Prioridad:** Alta

**Clasificación 1:** TM- MECANICO

**Clasificación 2:**

#### **Procedimiento:**

Controlar y tensar correas de motores de ambas lijadoras  
Reemplazar las que se encuentren en mal estado



# DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA OT

## ¿Cómo crear órdenes de trabajo?



1. Identificar el trabajo



2. Marcar prioridades



3. Analizar los recursos necesarios



4. Explicar al detalle las especificaciones



5. Asignar al técnico encargado



6. Hacer un documento explicativo final

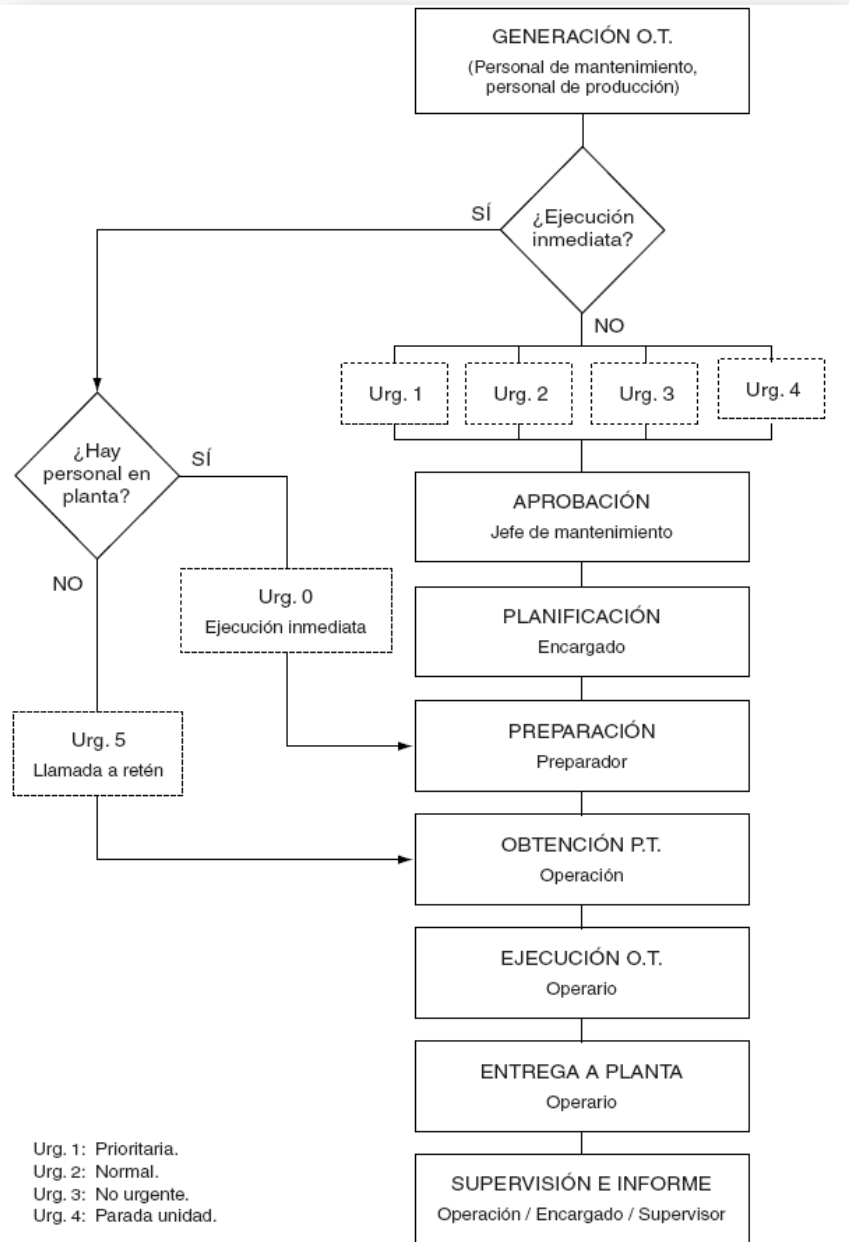
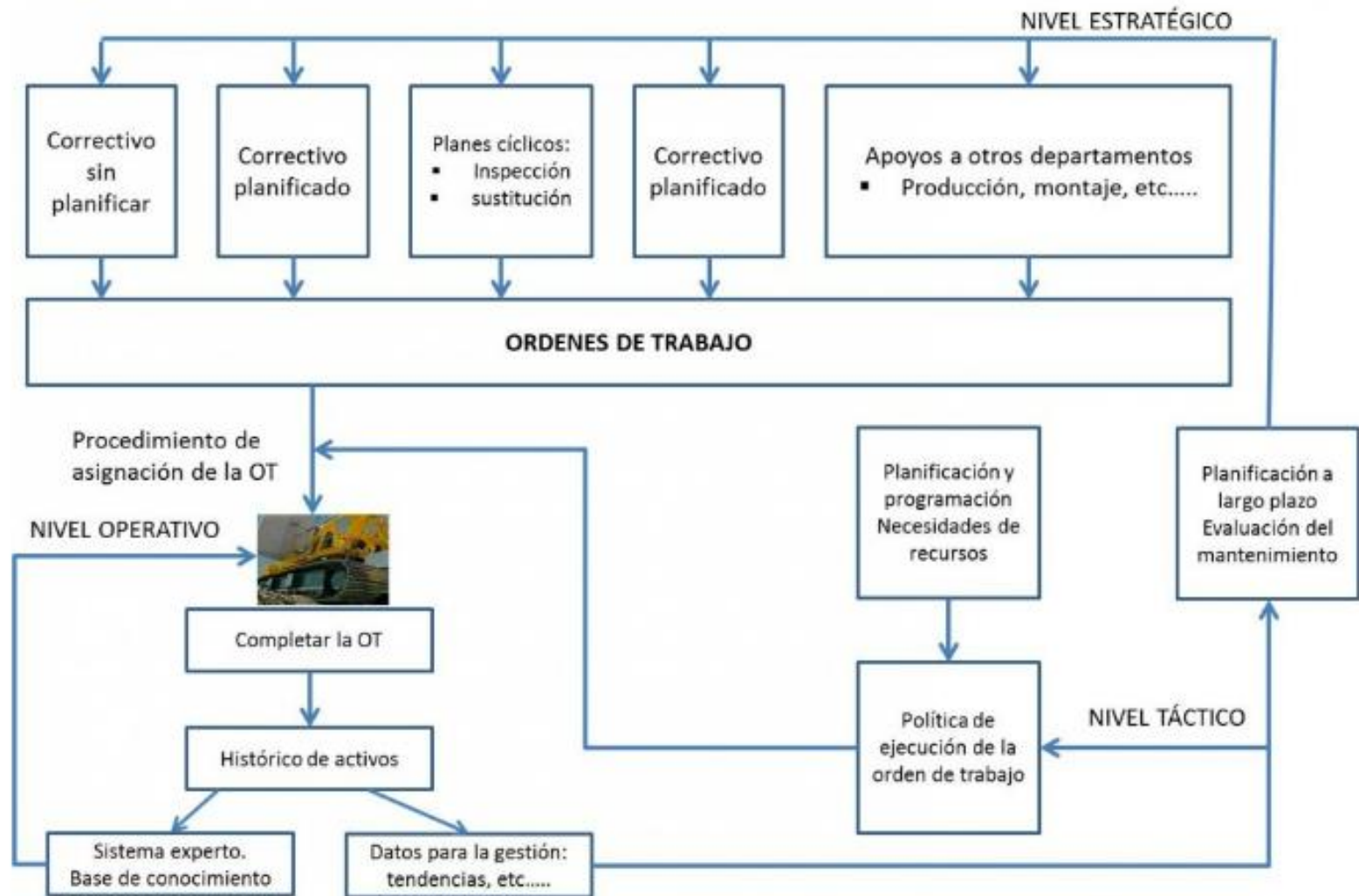
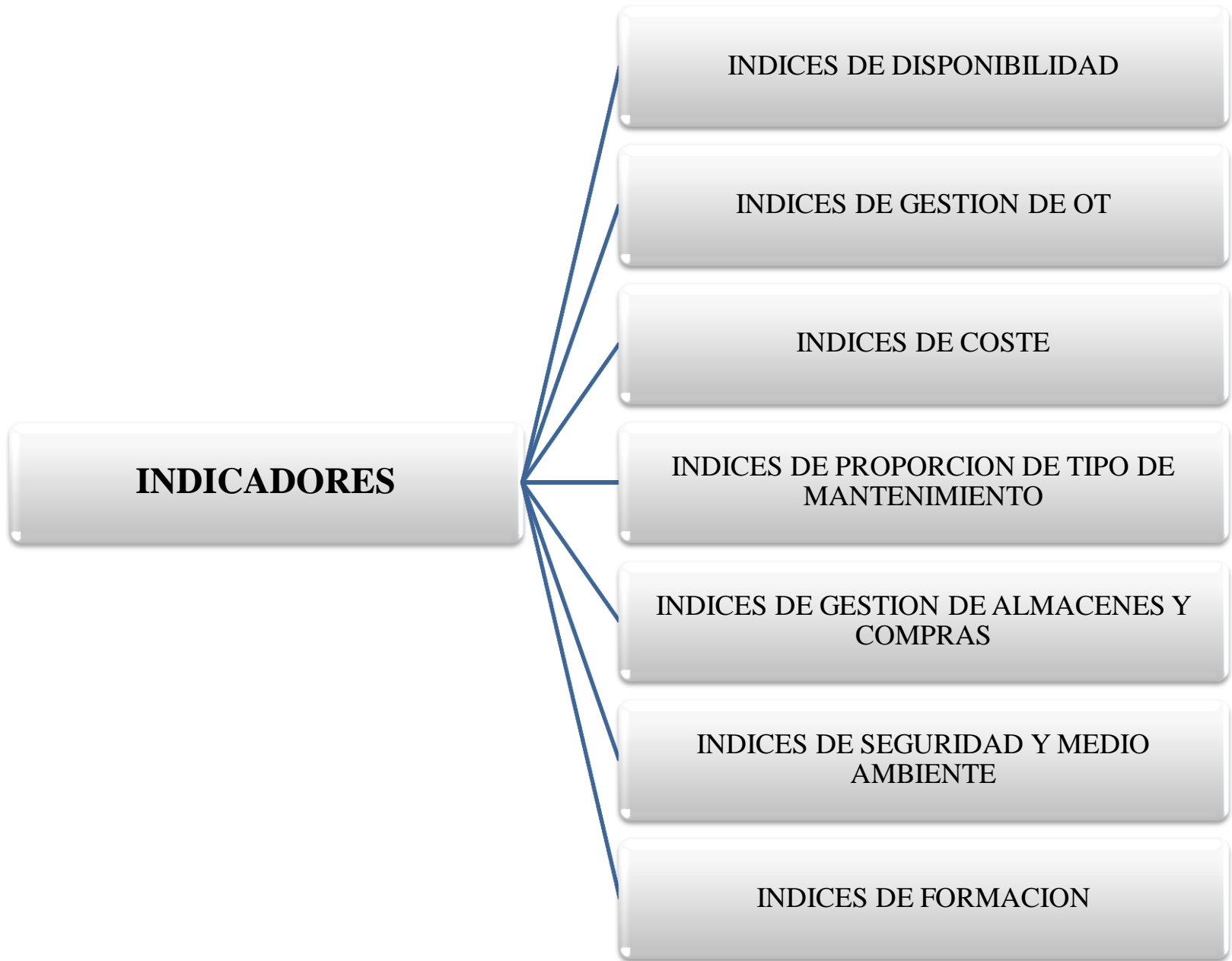


Diagrama de flujo de una OT. Fuente: GARCÍA GARRIDO, 2003.

# Esquema de Relaciones





# INFORMES PERIODICOS DE MANTENIMIENTO

## ASPECTOS GENERALES

- Personal; Medios técnicos; Plan de formación; Seguridad

## DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA

- Indicadores de disponibilidad

## COSTES

- Mano de obra; Materiales; Subcontratos; Medios auxiliares

## OTROS INDICADORES

- Relativos a: Gestión de OT; Gestión de almacenes y compras; Relativos a la seguridad; Relativos a la formación

## PRINCIPALES INCIDENTES

- Principales averías y problemas

## MEJORAS PROPUESTAS Y REALIZADAS

- Propuestas de mejoras y estado de las mismas

## PROGRAMACION DE TRABAJOS PARA PERIODO SIGUIENTE

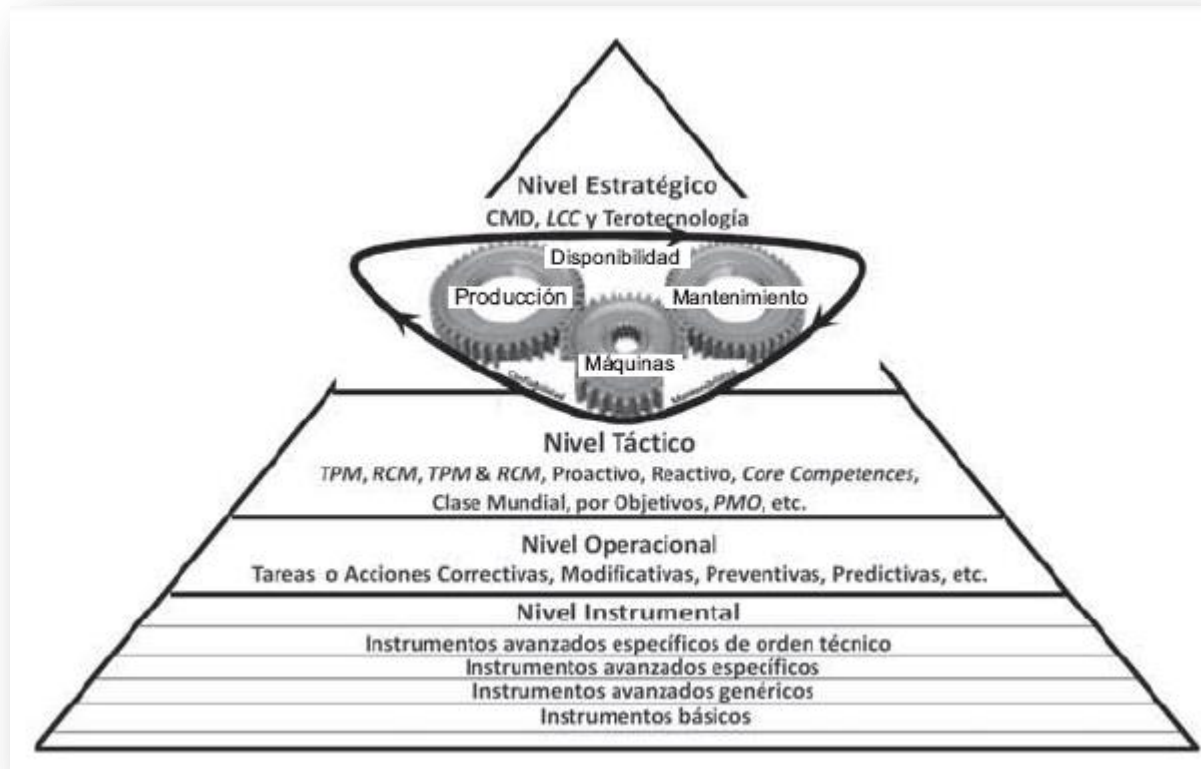
- Trabajos importantes a realizar en el periodo siguiente



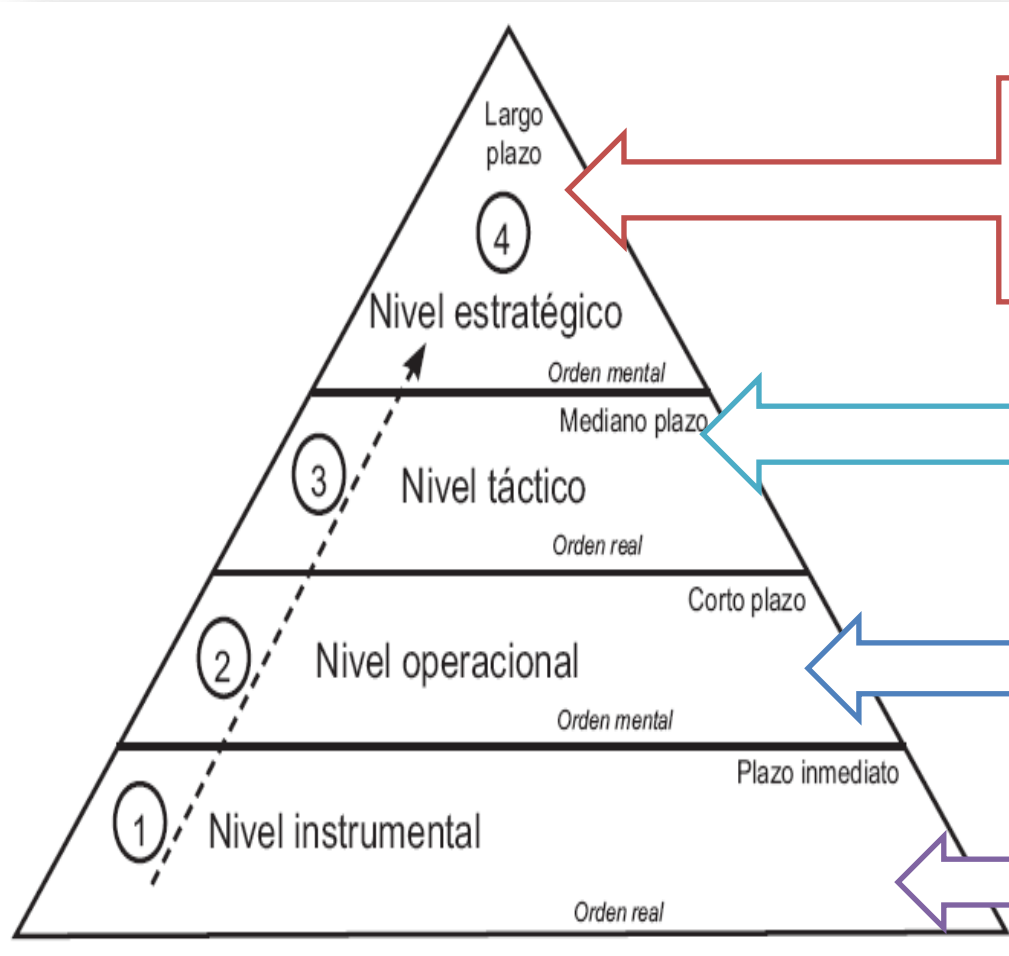


# IMPACTO ESTRATEGICO Y VALOR AGREGADO DE PROCESOS

El departamento de mantenimiento desarrollado como una unidad estratégica de negocios, generadora de ingresos, se ha constituido en la meta durante las últimas décadas, en este sentido muchos autores buscan cambiar el enfoque cerrado de mantenimiento orientado a la producción.



Enfoque sistémico Kantiano de mantenimiento estratégico. Fuente: MORA GUTIERREZ, 2009)



Está compuesto por las metodologías que se desarrollan para evaluar el grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas (índices, rendimientos e indicadores). Es la guía que permite alcanzar los objetivos propuestos.

Contempla el conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de ellos). En este nivel aparecen el TPM; RCM; PMO, entre otros.

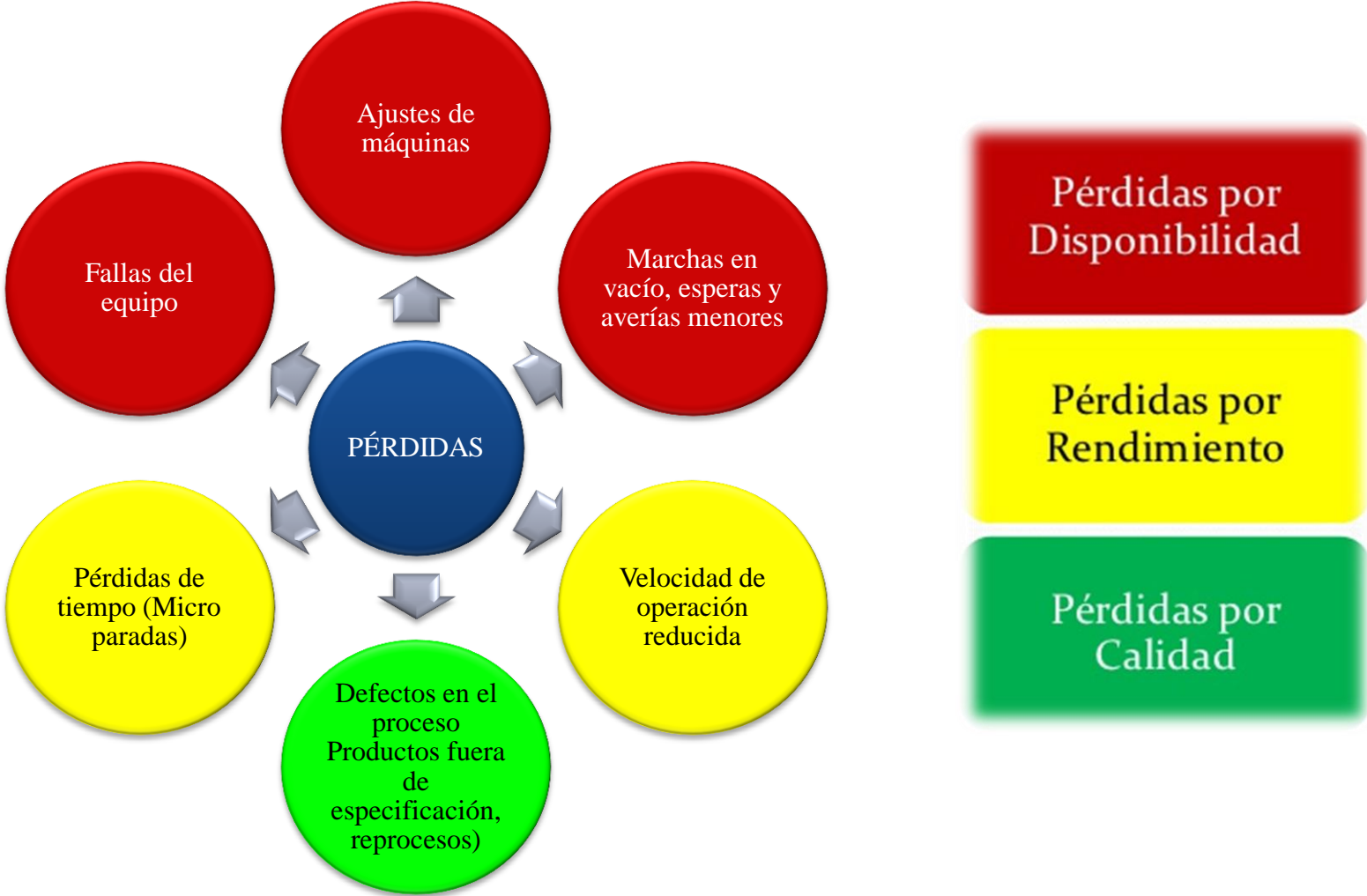
Comprende todas las posibles acciones por realizar en el mantenimiento de equipos (acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas).

Comprende todos los elementos necesarios para que exista un sistema de gestión y operación de mantenimiento.

Niveles y categorías de mantenimiento bajo enfoque sistémico.  
 Fuente: MORA GUTIERREZ, 2009.



# PRINCIPALES PERDIDAS Y EFICIENCIA DE EQUIPOS



# Eficacia Global de Equipos Productivos (Overall Equipment Effectiveness)

*El OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficiencia Global de los Equipos, es un indicador que permite medir la eficiencia con la que trabaja un equipo o un proceso.*

El calculo de la O.E.E. permite visualizar de forma los factores que disminuyen la capacidad de nuestro sistema productivo.



TIEMPO REAL OPERATIVO  
TIEMPO PLANIFICADO

VELOCIDAD REAL  
VELOCIDAD PLANIFICADA

UNIDADES VÁLIDAS  
TOTAL UNIDADES PRODUCIDAS



X



X



=



Disponibilidad

Rendimiento

Calidad

OEE



# Cálculo de la OEE



# OEE: NIVELES DE EXCELENCIA

**0% <OEE<65%**

- INACEPTABLE (Muy baja competitividad)

**65%<OEE<75%**

- REGULAR (Baja competitividad)

**75%<OEE<85%**

- ACEPTABLE (Continuar con las mejoras)

**85%<OEE<95%**

- BUENA COMPETITIVIDAD (entra en valores World Class)

**95%<OEE<100%**

- EXCELENTE COMPETITIVIDAD (Valores World Class)

# INDICADORES DE GESTION DEL MANTENIMIENTO (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.*

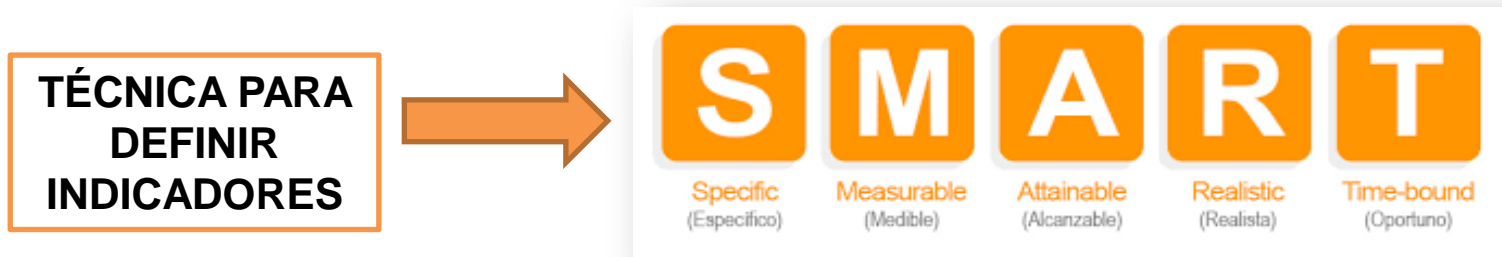
- El desafío consiste en saber qué medir, cómo, cuándo, donde, o con qué herramientas.

***“Si defines malos indicadores, obtendrás malos resultados”***



# Características de los Indicadores de Gestión del Mantenimiento

- ✓ Deben permitir conocer el grado de cumplimiento de los objetivos.
- ✓ 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.



# INDICADORES DE MANTENIMIENTO

## ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD

Disponibilidad Total

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

Disponibilidad por averías

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$$

Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{N.º de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N.º de averías}}$$

Tiempo medio de  
reparación

$$MTTR = \frac{\text{N.º de horas de paro por averías}}{\text{N.º de averías}}$$

# TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Suma de horas de trabajo en buen estado}}{\text{Número de averías para el mantenimiento correctivo}}$$



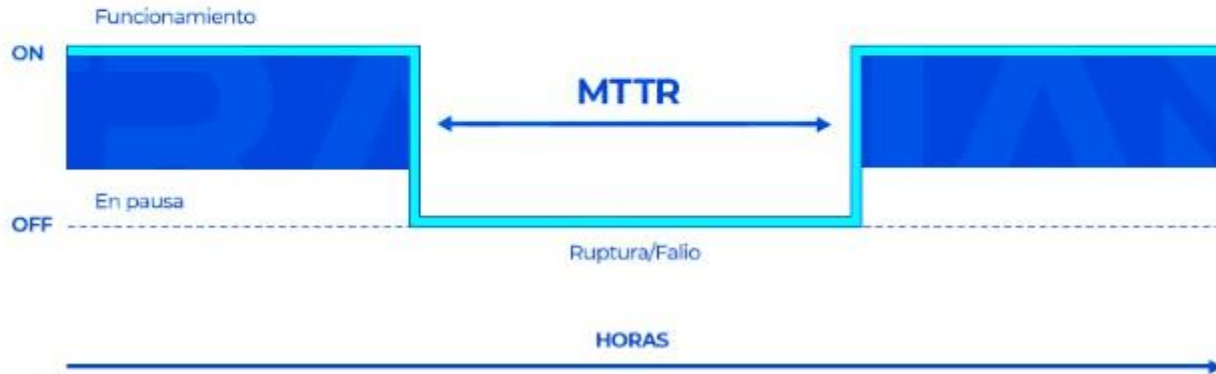
$$\text{MTBF} = \frac{140 + 190 + 215}{3} = 181,6 \text{ horas}$$



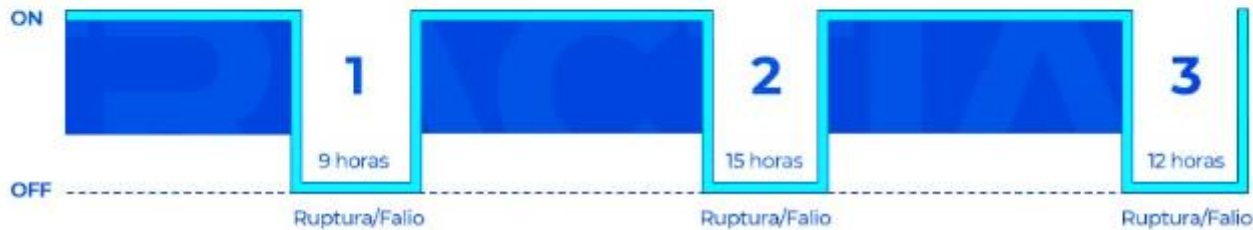


# TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Suma de los tiempos de reparación}}{\text{Número de intervenciones realizadas}}$$



$$\text{MTTR} = \frac{9 + 15 + 12}{3} = 12 \text{ horas}$$



$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100$$

$$D = \frac{181,6}{181,6 + 12} \times 100 \longrightarrow D = 93,8 \%$$

$$\text{CONFIABILIDAD} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

$\lambda$  = tasa de fracaso

$$\lambda(t) = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

$t$  = tiempo

Debe seguir la unidad  
**MTBF (horas, días...)**

$e$  = El Número de Euler

**2,71**

$$\text{BACKLOG} = \frac{\sum \text{HH registro de los trabajos}}{\sum \text{total HH X Factor de productividad (\%)}} \times 100$$

$$\sum \text{HH registro de los trabajos} = \left[ \begin{array}{l} \sum \text{HH OS Planificado} \\ + \\ \sum \text{HH OS Pendiente} \\ + \\ \sum \text{HH OS Programado} \\ + \\ \sum \text{HH OS Ejecutado} \end{array} \right]$$

El **backlog** es el tiempo de mano de obra necesarios para realizar todos los trabajos actuales dentro de un programa de mantenimiento.

$$\text{CMF} = \frac{\text{Coste total de mantenimiento}}{\text{Facturación en bruto}} \times 100$$

$$\text{CMF} = \frac{200.000}{5.000.000} \times 100 \longrightarrow \text{CMF} = 4,00\%$$

El indicador CMF hace una comparación directa entre la facturación y el costo de mantenimiento

## CPMV: Costo de mantenimiento sobre valor de reposición

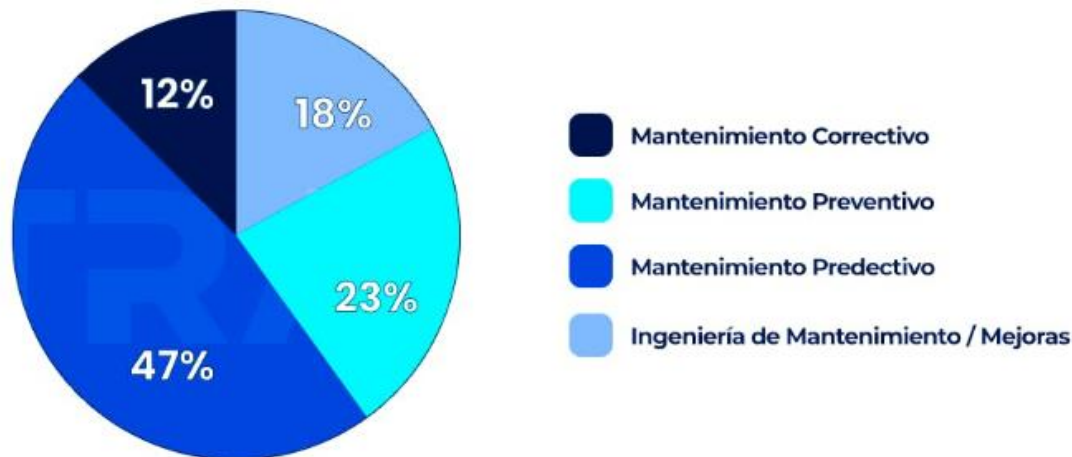
Este indicador analiza el costo de mantenimiento empleado en cada equipo e identificar si sería más ventajoso continuar manteniendo el activo o comprar uno nuevo.

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Coste total de mantenimiento}}{\text{Precio de compra de los nuevos equipos}} \times 100$$

$$\text{CPMV} = \frac{750}{36.000} \times 100 \longrightarrow \text{CPMV} = 2.08\%$$

## Distribución por tipos de mantenimiento

Este indicador revela Cuál es el porcentaje de la aplicación de cada tipo de mantenimiento que se está desarrollando.



## 2. ÍNDICES DE GESTIÓN DE ORDENES DE TRABAJO

Nº de O.T. generadas, Nº de O.T. generadas por secciones, Nº de O.T. acabadas, Nº de O.T. pendientes, Nº de O.T. de emergencia, Horas estimadas de trabajo pendiente.

Índice de cumplimiento de la planificación:

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{\text{N.º Órdenes acabadas en la fecha planificada}}{\text{N.º de Órdenes totales}}$$

## 3. ÍNDICES DE COSTE

Coste de la mano de obra por secciones, Proporción de coste de la mano de obra de mantenimiento, Coste de materiales, Coste de subcontratos (Fabricantes, especialistas, inspecciones de carácter legal, empresas de mantenimiento genéricas), Coste de medios auxiliares (alquiler o contratación de grúas, herramientas especiales, etc.).

## 4. ÍNDICES DE PROPORCIÓN DE TIPO DE MANTENIMIENTO

✓ Índice de Mantenimiento Programado:

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

✓ Índice de Mantenimiento Correctivo:

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

## 5. ÍNDICES DE GESTIÓN DE ALMACENES Y COMPRAS

✓ Consumo de materiales en mantenimiento:

$$\% \text{ consumo materiales en mantenimiento} = \frac{\text{Valor de materiales consumidos para mantenimiento}}{\text{Valor total del material consumido}}$$

✓ Rotación de almacén:

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Valor repuesto consumido}}{\text{Valor del stock de repuestos}}$$

✓ Eficiencia en la cumplimentación de pedidos:

$$\text{Eficiencias de compras} = 100 - \frac{\text{Peticiónes de materiales no atendidos en un plazo determinado}}{\text{N.º de pedidos cursados}} \times 100$$

✓ Tiempo medio en la recepción de pedidos:

$$\text{Tiempo medio de demora} = \frac{\sum \text{Demora de cada pedido}}{\text{N.º de pedidos total}}$$

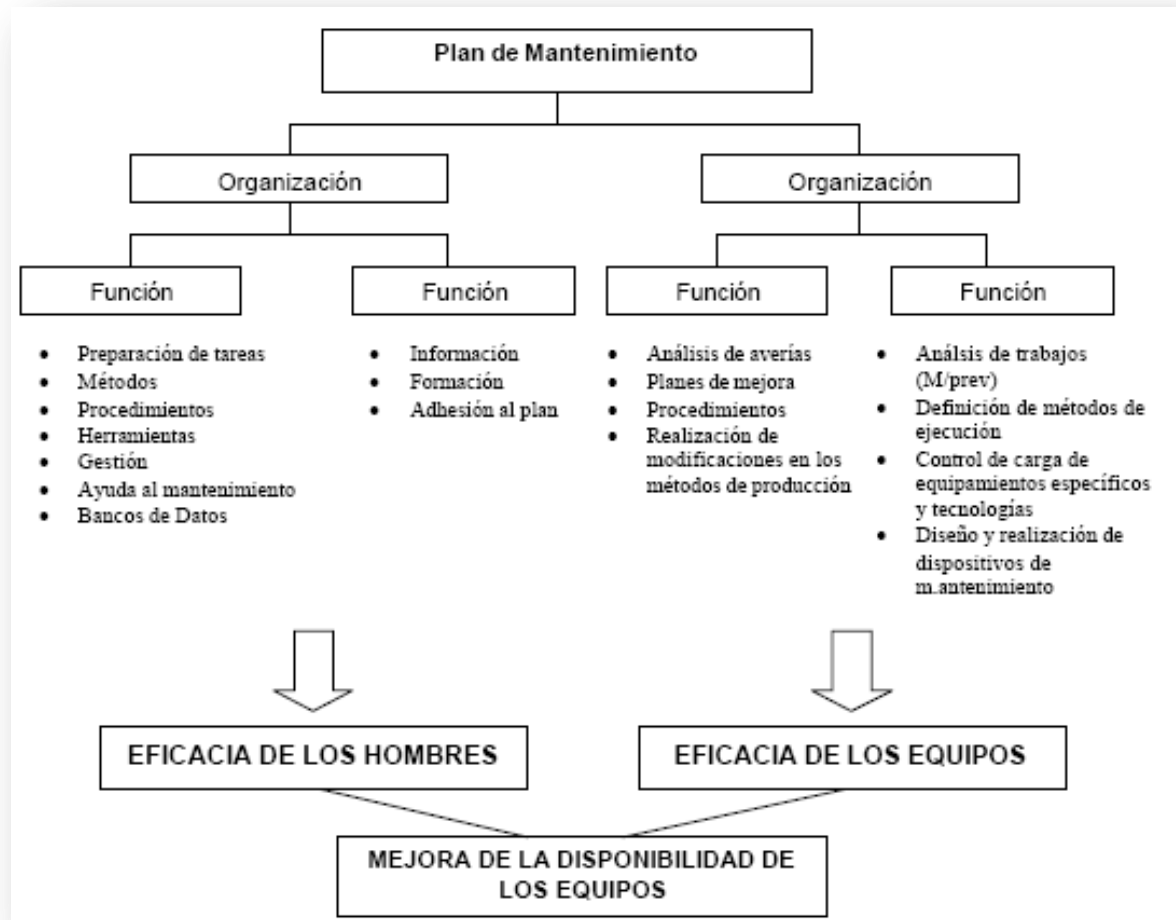
## 6. ÍNDICES DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Índice de frecuencia de accidentes, Índice de jornadas perdidas, Índice de tiempo medio de permanencia de residuos, Índice de incidentes medioambientales:

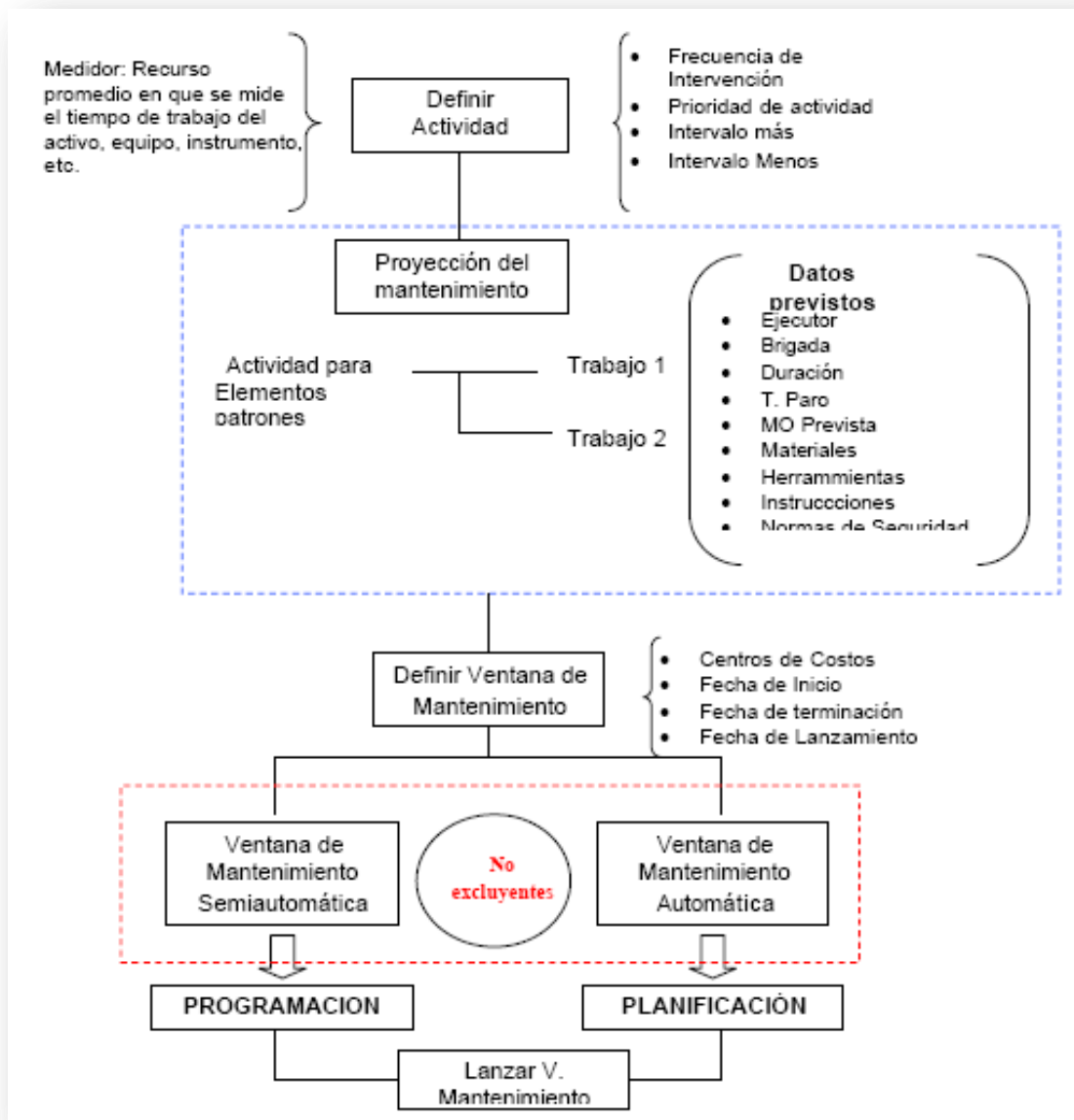
## 7. ÍNDICES DE FORMACIÓN

✓ Proporción de horas dedicadas a formación, Proporción de desarrollo del programa de formación.

# PLANIFICACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



Pilares fundamentales del Plan de Mantenimiento. Fuente: RODRIGUEZ RAMIREZ,2003)



Esquema de Planificación de Mantenimiento.  
Fuente: RODRIGUEZ RAMIREZ, 2003)



# SOPORTES INFORMATICOS PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO

La informatización de un Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento debe contemplar:

- A. informatización de la información técnica de Mantenimiento.*
- B. informatización del Sistema de Mantenimiento Correctivo.*
- C. informatización del Sistema de Mantenimiento Preventivo/Predictivo.*
- D. informatización del Sistema de Paradas programadas.*
- E. informatización del Sistema de Seguimiento y Control de la Gestión del Mantenimiento.*
- F. interfaces con otras aplicaciones informáticas.*

## **¿Para qué sirve un software GMAO?**

*El software de mantenimiento GMAO es de gran utilidad para las empresas, ya que se trata de un sistema con una base de datos capaz de registrar y organizar toda la información que contiene activos físicos, recursos de producción, mano de obra y actividades de trabajo.*

➤ Aspectos tales como la programación y la supervisión de tareas de mantenimiento dentro de un departamento, o la gestión de la maquinaria, las herramientas y los equipos para mantener un un registro centralizado, son utilidades atractivas del sistema GMAO.

➤ La plataforma de gestión de mantenimiento GMAO permite conseguir una mejor gestión de todos los equipos, activos y mano de obra en cada departamento de la empresa para maximizar la rentabilidad de la misma de una forma ágil y cómoda.

*Gestionar los activos de tu empresa correctamente permite conocer tanto la vida útil de cada equipo como supervisar el servicio que ofrece.*



## BENEFICIOS DE UN SISTEMA GMAO

MEJOR CONTROL DE COSTES



AUMENTO DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ACTIVOS



REDUCCIÓN DE COSTES DE INVENTARIO



AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD



REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE INACTIVIDAD



ACCESIBILIDAD DESDE CUALQUIER DISPOSITIVO



# GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR ORDENADOR (GMAO)



# PRINCIPALES OBJETIVOS DE LA INFORMATIZACIÓN



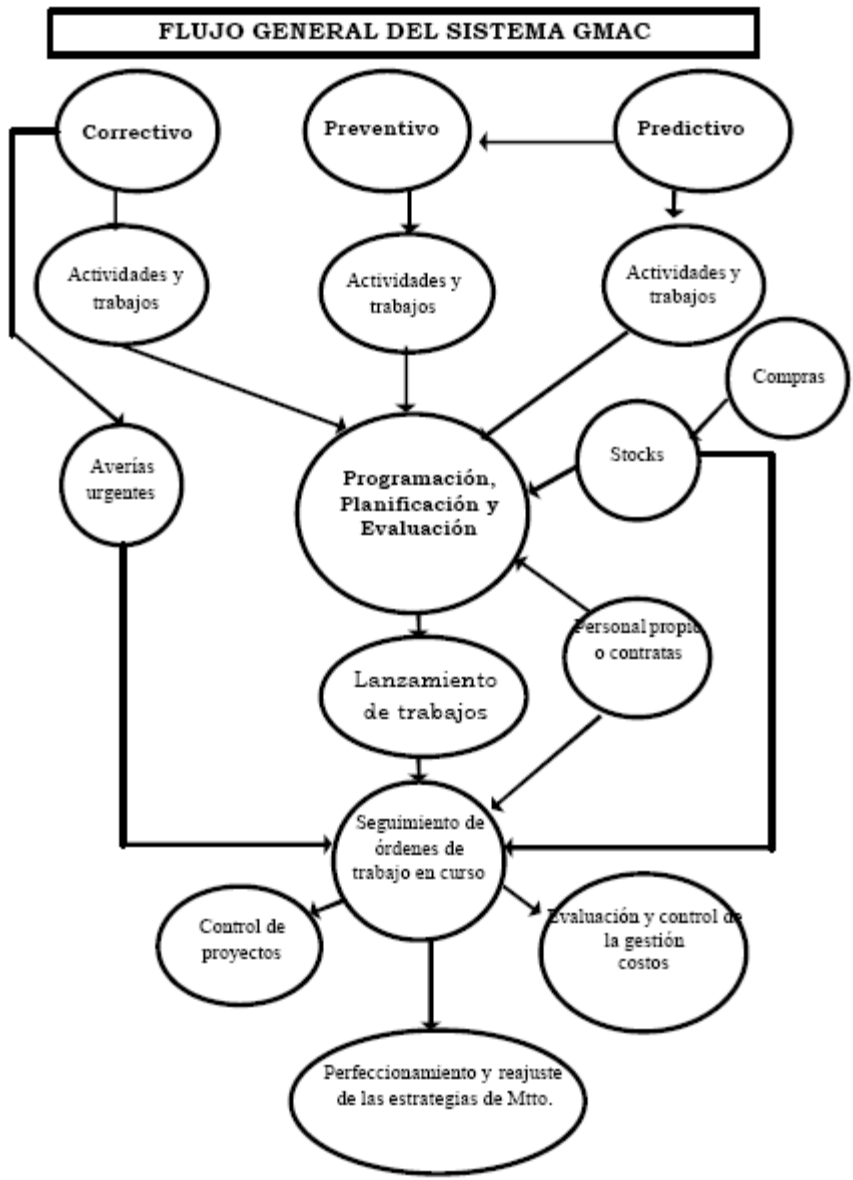
## AHORAR DINERO

- No aumentar la carga de trabajo indirecto
- Gestión rápida de Ordenes de trabajo
- Stock de materiales (disponibilidad)
- Agilizar la reparación de un equipo
- Generar la menor cantidad posible de papel



## DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN

- Indicadores de gestión
- Stock de repuestos
- Valor del stock de repuestos
- Histórico de averías de equipos
- Planificación del mantenimiento
- Ordenes de trabajo pendientes
- Materiales pendientes de entrega
- Costos de mantenimiento
- Repuestos consumidos
- Trabajos realizados



## INFORMACIÓN NECESARIA AL MOMENTO DE IMPLEMENTAR UN PROGRAMA

- 1. Definir el Plan de Mantenimiento Preventivo.
- 2. Tener inventariado el repuesto.
- 3. Lista del personal y su organigrama.
- 4. Definir el flujo de una orden de trabajo.
- 5. Definir el sistema de entradas y salidas del almacén.
- 6. Definir el sistema a seguir para realizar las compras.
- 7. Definir los informes que se necesitarán.

Flujo General de un Sistema GMAC.  
Fuente: RODRIGUEZ RAMIREZ, 2003.

# ¿Que hace un sistema GMAO/CMMS?

## Características y funcionalidades

### Mantenimiento preventivo

Programa el mantenimiento proactivo regular de los activos de los equipos.

### Gestión de activos

Rastrear y monitorizar las condiciones de los activos para capturar datos y prevenir averías.

### Gestión de órdenes De trabajo

Los usuarios pueden abrir, procesar y supervisar el estado de la solicitud de la orden de trabajo.

### Gestión de inventario

Gestiona repuestos, materiales y otras herramientas.

### Horario técnicos

El horario de los técnicos puede ser controlado directamente dentro del sistema y las órdenes de trabajo asignadas de forma individual.

### Acceso móvil

Los usuarios pueden acceder al sistema en tablets, smartphones, y otros dispositivos móviles.



Desde - Hasta  
2021/03/14 - 2021/04/14

Ubicado en ó es Parte de

OTs en Proceso  
9



OTs en Revisión  
3



OTs Finalizadas  
4



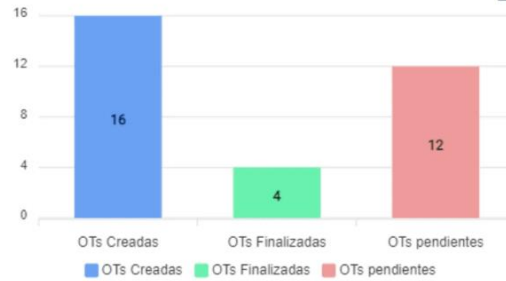
Tareas Pendientes con Atraso  
1



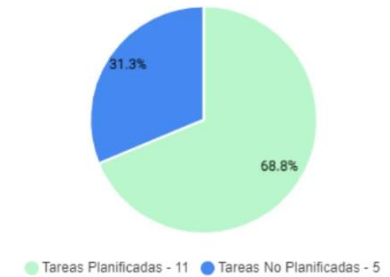
Porcentaje de Cumplimiento



Órdenes de Trabajo



Tareas



Fallas Causaron Daños  
0



Equipos Detenidos  
3



Paradas Planificadas  
2



Paradas no planificadas  
2



# EJERCICIOS DE MTBF Y MTTR

La empresa de Transporte “X” cuenta con 4 camiones de 20 TM. Los equipos los adquirió a inicios del año 2005. De acuerdo a la estadística. Los equipos han tenido las siguientes intervenciones:

	Camion 1	Camion 2	Camion 3	Camion 4
Numero Preventivos por año cada unidad	6	2	6	2
Duradon de cada Preventivo	8 horas	8 horas	8 Horas	8 horas
Intervencion 1	Planchado y Pintado (144h)	Corto Circuito (24 h)	Bateria Muerta (4 h)	Cambio de faros quemados (6 h)
Intervencion 2	Aire Acondicionado defectuoso(24h)	Radiador con hueco (36 h)	Planchado y Pintado (128h)	Silenciador muy ruidoso (36 h)
Intervencion 3	Perdida de liquido de frenos (24h)	Cambio de color de tapiz (18 h)	Sistema Hidráulico de compuerta trasera defectuoso	Fallas en el encendido (48h)
Intervencion 4	Tanque de gasolina chorrea (16 h)			Reparación Puerta del copiloto trabada (2 h)
Kilómetros recorridos	72.000	81.000	108.000	90.000
Velocidad Promedio	80 km/h	90km/h	60 km/h	90 km/h

Calcular el MTBF, el MTTR y la disponibilidad de cada uno de los equipos de la empresa.



**MTBF = Tiempo promedio en que el equipo no falla = (Tiempo total de funcionamiento)/(N° de fallas)**

**MTTR = Tiempo promedio que toma reparar la falla = (Tiempo total de inactividad) / (N° de fallas)**

**Disponibilidad = (Tiempo de funcionamiento) / (Tiempo total)**

### **CAMIÓN N°1:**

•N° paradas/año (preventivos + intervenciones) = (6+4) = 10

•Tiempo total de inactividad = (48+144+24+24+16) = 256 horas

•Tiempo de funcionamiento del camión = (72000 Km/80 Km/h) = 900 horas

•Tiempo Total de funcionamiento (tiempo de inactividad + tiempo de funcionamiento) = (256+900) = 1156 horas

•MTBF = (1156/10) = 115.6 horas

•MTTR = (256/10) = 25.6 horas

•Disponibilidad = (900/1156) = 77.85%

### **CAMIÓN N°2:**

•N° paradas/año (preventivos + intervenciones) = (2+3) = 5

•Tiempo total de inactividad = (16+24+36+18) = 94 horas

•Tiempo de funcionamiento del camión = (81000 Km/90 Km/h) = 900 horas

•Tiempo Total de funcionamiento (tiempo de inactividad + tiempo de funcionamiento) = (94+900) = 994 horas

•MTBF = (994/5) = 198.8 horas

•MTTR = (94/5) = 18.8 horas

•Disponibilidad = (900/994) = 90.54%

### **CAMIÓN N°3:**

- N° paradas/año (preventivos + intervenciones) =  $(6+2) = 8$
- Tiempo total de inactividad =  $(48+4+128) = 180$  horas
- Tiempo de funcionamiento del camión =  $(108000 \text{ Km}/60 \text{ Km/h}) = 1800$  horas
- Tiempo Total de funcionamiento (tiempo de inactividad + tiempo de funcionamiento) =  $(180+1800) = 1980$  horas
- MTBF =  $(1980/8) = 247.5$  horas
- MTTR =  $(180/8) = 22.5$  horas
- Disponibilidad =  $(1800/1980) = 90.91\%$

### **CAMIÓN N°4:**

- N° paradas/año (preventivos + intervenciones) =  $(2+4) = 6$
- Tiempo total de inactividad =  $(16+36+48+2+6) = 108$  horas
- Tiempo de funcionamiento del camión =  $(90000 \text{ Km}/90 \text{ Km/h}) = 1000$  horas
- Tiempo Total de funcionamiento (tiempo de inactividad + tiempo de funcionamiento) =  $(108+1000) = 1108$  horas
- MTBF =  $(1108/6) = 184.67$  horas
- MTTR =  $(108/6) = 18$  horas
- Disponibilidad =  $(1000/1108) = 90.25\%$

# EJERCICIOS OEE

Una máquina cortadora de láminas trabaja 3 turnos de 8 horas durante un mes, diariamente tiene una parada programada de 1.5 horas. Llegando a fin de mes la máquina ha parado 20 horas por averías varias. La máquina produjo 15000 piezas en el mes. Esta máquina trabaja produciendo una pieza cada dos minutos y tuvo 750 piezas rechazadas por presentar defectos. Calcular la disponibilidad, el índice de rendimiento, la tasa de calidad y la OEE.

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad} &= \frac{(\text{Tiempo disponible Total} - \text{Paradas programadas} - \text{Paradas no programadas})}{(\text{Tiempo disponible Total} - \text{Paradas programadas})} \end{aligned}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(720 - 45 - 20)}{(720 - 45)} = 0.9703 = 97.03\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}} = \frac{15000}{655 \times 30} = \frac{15000}{19650} = 0.7633 = 76.33\%$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Piezas producidas} - \text{Rechazos}}{\text{Total de piezas producidas}} = \frac{15000 - 750}{15000} = 0.95 = 95\%$$

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Tasa de calidad} = (0.973 \times 0.7633 \times 0.95) \\ &= 0.7035 = 70.35\% \end{aligned}$$

# BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA GARRIDO, Santiago. Organización y gestión integral del mantenimiento. Editorial Díaz de Santos, SA, 2010.
- MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Editorial Alfaomega, Bogotá, 2009.
- RODRIGUEZ RAMIREZ, José. Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora. Cujae; 2003.

<https://www.youtube.com/watch?v=-eLPF99fXPA>