

# Gestión del Mantenimiento Industrial

Charlas especiales  
Fernando Espinosa Fuentes



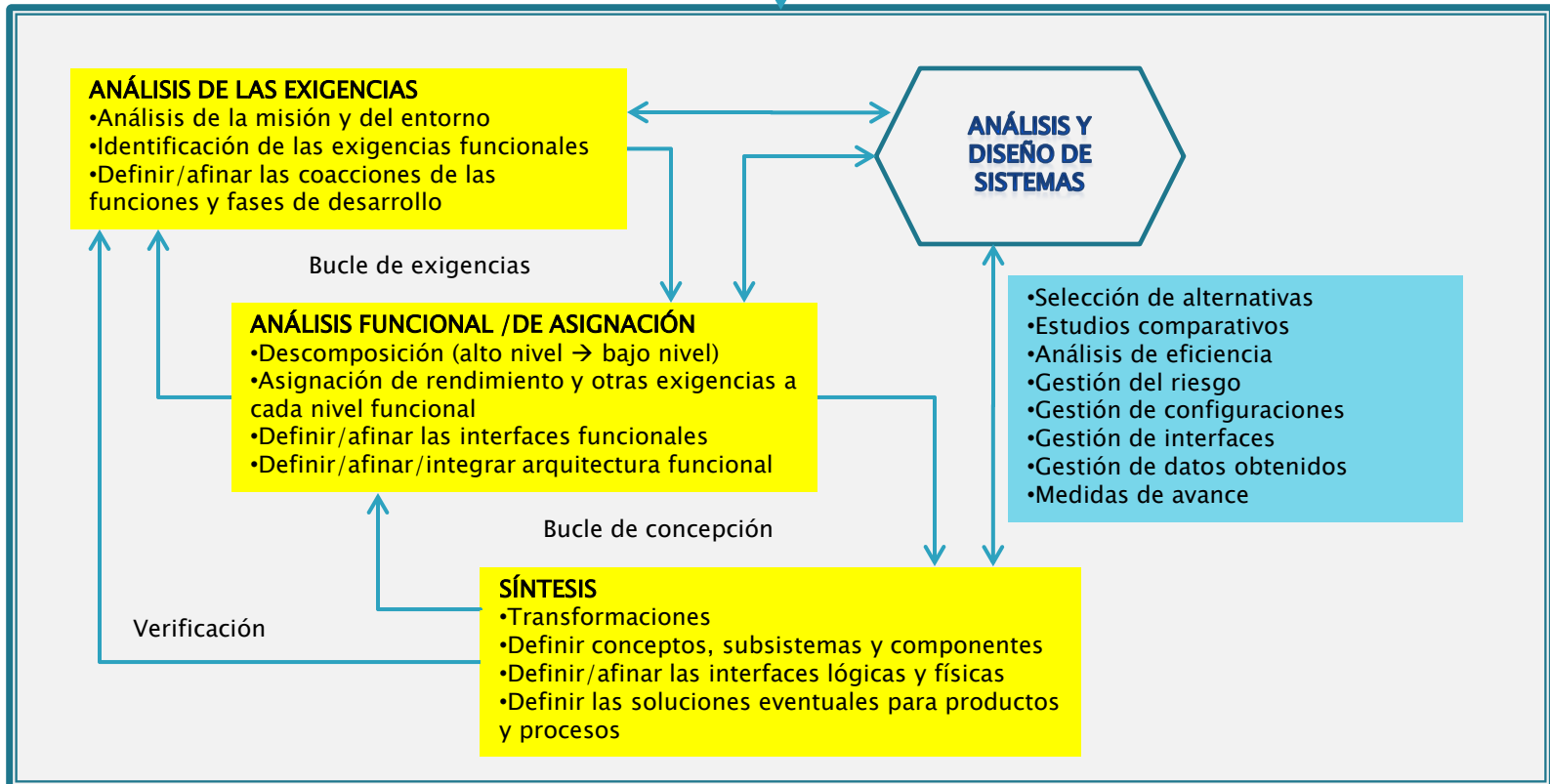
# Un modelo para el desarrollo de un sistema

- ▶ Antes de emprender un diseño, y teniendo en cuenta las problemáticas propias de cada situación en la empresa, se hace necesario adoptar una referencia para el desarrollo de un sistema.
- ▶ El modelo seleccionado como referencia permite analizar, por una parte, las necesidades del usuario y definir una solución óptima integral para el sistema en estudio.
- ▶ Las soluciones en general deben ser definidas y afinadas mediante un proceso iterativo y deben sustentarse sobre evaluaciones y procesos de verificación.
- ▶ La elección de las soluciones debe estar basada sobre un conjunto apropiado de parámetros de costo, plazos, rendimientos y evaluación del riesgo.

## ENTRADAS

- Necesidades/Objetivos/ Exigencias
- ✓ Misión
- ✓ Medio ambiente
- ✓ Medidas de eficiencia
- ✓ Restricciones
- Retroalimentación
- Tecnologías
- Decisiones
- Normas y estándares

Modelo de desarrollo de sistemas  
según norma MIL-STD 499B



## SALIDAS

- Decisiones
- ✓ Datos y documentos
- ✓ Arquitectura funcional
- ✓ Especificaciones
- Selección de alternativas

# La Importancia del Mantenimiento



- ▶ El objetivo del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los activos de la empresa, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.
- ▶ Mantenimiento no sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de: iluminación, redes de computación, sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, etc. Además deberá coordinar con recursos humanos un plan para la capacitación continua del personal.

# Funciones básicas del Mantenimiento



# Excelencia en la Gestión del Mantenimiento

La excelencia es hacer muchas cosas bien:

Eficiencia de la planta.  
Calidad del producto.  
Costos del mantenimiento versus ganancias.  
Nivel del servicio.  
Rotación del inventario.  
Alta confiabilidad de los activos.  
Etc.

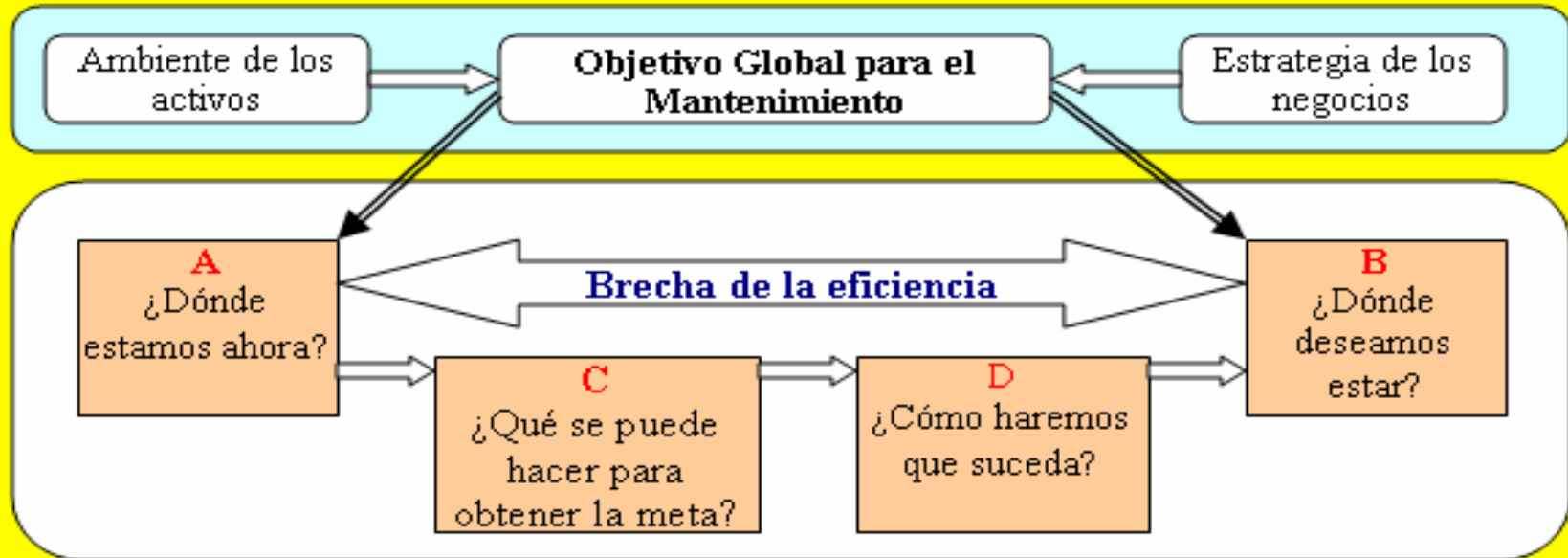
- ▶ Para alcanzar esa excelencia la organización debe primero comprender todos los elementos requeridos para alcanzar este estatus.
- ▶ En el mantenimiento es fundamental tener las bases fundadas en una estrategia coherente con las metas de la empresa y una política de recursos humanos, control, mejoramiento continuo, y por último direccionarse hacia la excelencia en la gestión de los activos.

# Excelencia en la Gestión del Mantenimiento



# Excelencia en la Gestión del Mantenimiento

## ESQUEMA PARA EL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO



- Análisis del estado actual
- Análisis de la base de activos.
- Análisis FODA

### Cerrando la brecha

- Estrategia para cerrar la brecha.
- Implementación del plan.
- Definición de tareas.
- Priorizar iniciativas.
- Medir el éxito.
- Estrategias para la eficiencia

- Desarrollo de la visión.
- Declaración de la misión.
- Principios guías.
- Beneficios del negocio



# La excelencia o el desempeño superior

- ▶ **Capacidad y habilidad de la fuerza de trabajo.** El personal del mantenimiento está altamente capacitado y sus conocimientos son transmitidos.
- ▶ **Competencia en la administración y la técnica.** Los administradores superiores son, en general, ingenieros y los demás tienen grados técnicos.
- ▶ **Evidencia por la calidad.** El mantenimiento siempre debe buscar el alineamiento de sus servicios y procedimientos para sostener las necesidades de los equipamientos.
- ▶ **Participación de la fuerza de trabajo.** Debe desarrollarse una cultura de confianza entre el personal de varios departamentos, trabajadores y administradores.
- ▶ **Mejoramiento continuo de la ingeniería de manufactura.** Hay una fuerte atención en la contribución al mejoramiento de la eficiencia global de la tecnología usada en la industria.
- ▶ **Enfoques para mejoramientos incrementales.** La función mantenimiento se preocupa en avanzar en la tecnología de la información con el fin de evaluar con datos precisos su desempeño y tener las bases para proponer e implementar acciones correctivas.

# Concepción del mantenimiento

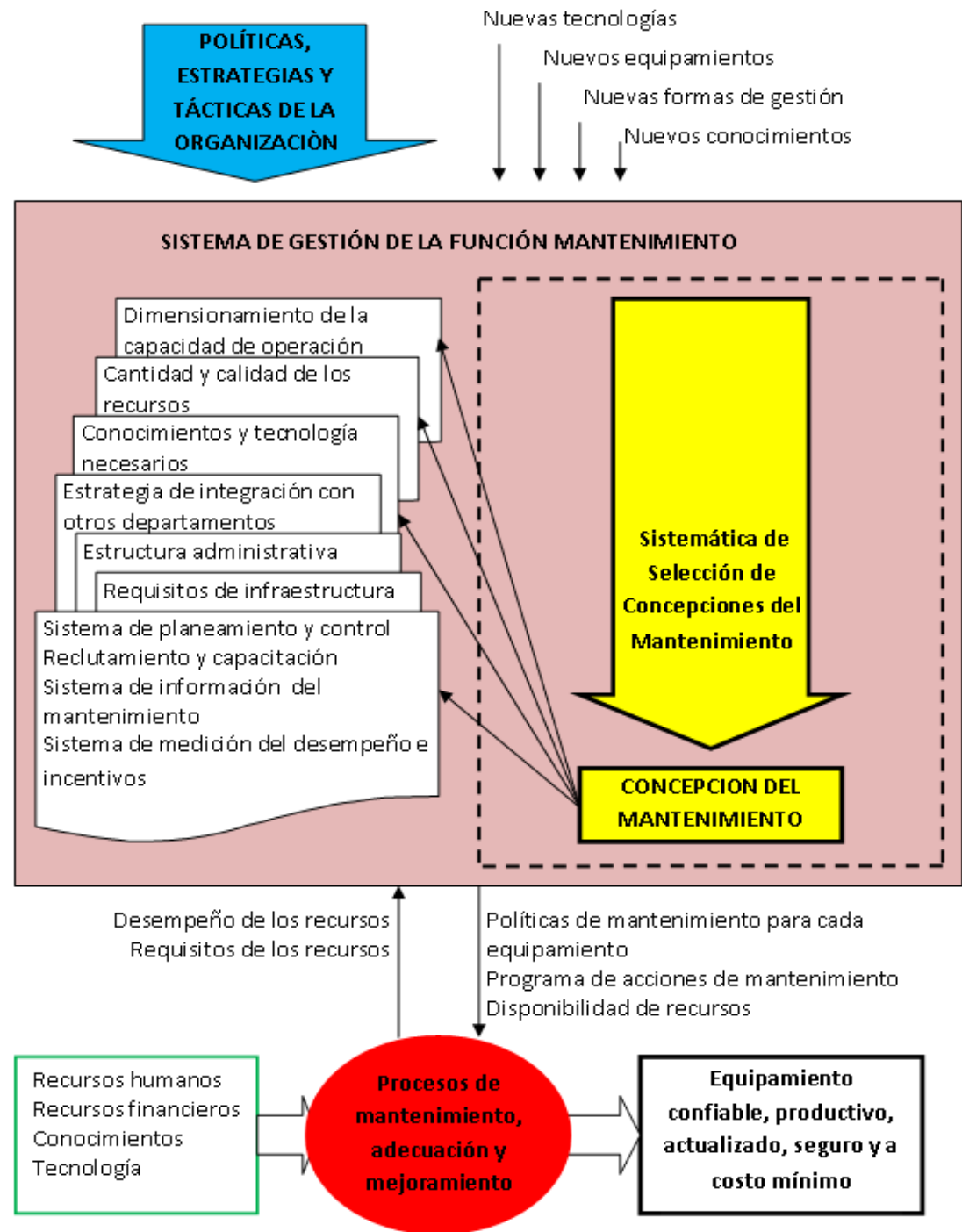
¿Cuáles son los ítems que deben ser mantenidos?

¿Qué clase de mantenimiento deber ser realizado?

¿Cuándo esas actividades de mantenimiento deben realizarse?

- ▶ Una concepción del mantenimiento es la estructura organizacional mediante la cual las políticas específicas del mantenimiento de las instalaciones son desarrolladas. Es la materialización de la forma de cómo una compañía piensa acerca del rol del mantenimiento como una función operativa. La concepción del mantenimiento es un conjunto de variadas intervenciones de mantenimiento (correctivo, preventivo, etc.) y la estructura general en las cuales esas intervenciones son previstas. **En resumen, es una abstracción del significado de la realidad cuando es comprensible por otros y la cual explica, guía y controla como el proceso de mantenimiento de desarrolla o trabaja.**

# Organización del conocimiento para la definición del mejor sistema de gestión del mantenimiento



# Concepciones más usadas:

- ▶ Tero-Tecnología avanzada
- ▶ Concepción Estratégica de mantenimiento (SMC)
- ▶ Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)
- ▶ Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCN)
- ▶ Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- ▶ Apoyo Logístico Integrado/Análisis del Apoyo Logístico (ILS/LSA)
- ▶ Mantenimiento con Calidad Total (TQMain)
- ▶ Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)

# Caso del mantenimiento industrial

- ▶ Las variables, de este caso, y los problemas a resolver tienden a aumentar de forma drástica, entre los cuales están las siguientes:
  - Definición de los tipos de mantenimiento
  - Atención conforme a criticidad de cada equipamiento
  - Cronogramas de parada de los equipamientos
  - Definición de la calidad de la mano de obra y su obtención
  - Evaluación de los servicios de terceros
  - Introducción de nuevas tecnologías
  - Decisión sobre la eliminación de equipos y su substitución
  - Definición de canales logísticos
  - Definición del sistema de información y de administración, etc.
- ▶ El aspecto mas relevante que debe ser conocido es la madurez del equipo de personas y de la organización, con la finalidad de contar con el apoyo suficiente para evolucionar conforme cambian las condiciones del entorno.

# Gestión estratégica de la función mantenimiento

- ▶ Se puede conceptualizar gestión estratégica como un proceso sistemático, planeado, gerenciado, ejecutado e acompañado bajo el liderazgo de la alta administración de la institución, involucrando y comprometiendo todos los gerentes, responsables y personal de la organización.
- ▶ Es un **trabajo en equipo** que tiene por finalidad asegurar el **crecimiento** de su nivel tecnológico y administrativo, la **continuidad** en su gestión asegurando la **eficiencia** de sus servicios, vía adecuación continua de su estrategia, de su capacitación y de su estructura, posibilitándole **enfrentarse y anticiparse** a los cambios observados o previsibles en su ambiente externo.





# El mantenimiento y su gestión

- ▶ Hay un amplio acuerdo entre diversos autores de que **la ingeniería y la gestión del mantenimiento** están recibiendo cada vez más atención, especialmente debido a la necesidad de obtener de los equipamientos, de alto costo, una alta productividad, como también mediante una efectiva mantenimiento influir fuertemente en el diferencial competitivo de su producto.
- ▶ Pero, la atención que recibe la función mantenimiento es, frecuentemente, producto de una acción aislada sin una adecuada integración entre las varias técnicas empleadas

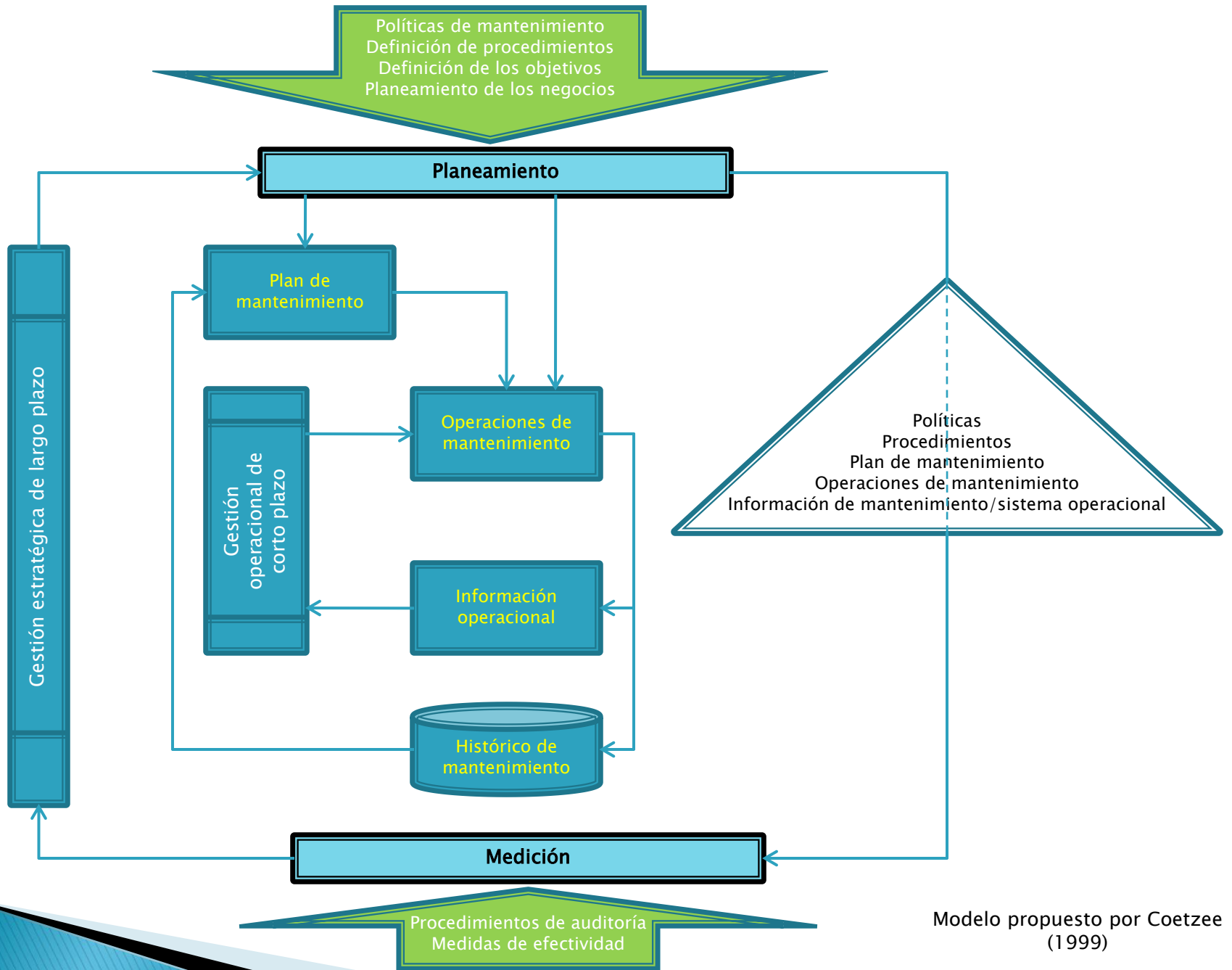
# Forma más usada:

- ▶ La aproximación más frecuente para incrementar la eficiencia de la función mantenimiento es implementar alguna filosofía o técnica de mantenimiento más publicada.
- ▶ Esto incluye
  - MCC (mantenimiento centrado en la confiabilidad),
  - TPM (mantenimiento productiva total),
  - MBC (mantenimiento centrado en la condición),
  - CMMS (sistemas de administración del mantenimiento computacional) entre otras.
- ▶ **Todas estas técnicas contribuirán, de alguna forma, para el éxito de la organización del mantenimiento.**
- ▶ Pero, la forma casual o improvisada en que ellas son introducidas es una forma segura para no optimizar su aplicación.



# Forma más adecuada:

- ▶ La forma correcta para direccionar las necesidades para la función mantenimiento efectiva dentro de la organización es teniendo una visión holística de la función.
- ▶ La necesidad de integrar completamente el mantenimiento en el sistema de negocios de la empresa especialmente usando tecnologías de la información y formulando una concepción con bases teóricas comprobadas.
- ▶ Además si las variadas metodologías, filosofías y técnicas empleadas son propiamente coordinadas e planeadas, el efecto de esta manera es un mejoramiento con buen desempeño de la función mantenimiento.



Modelo propuesto por Coetzee (1999)

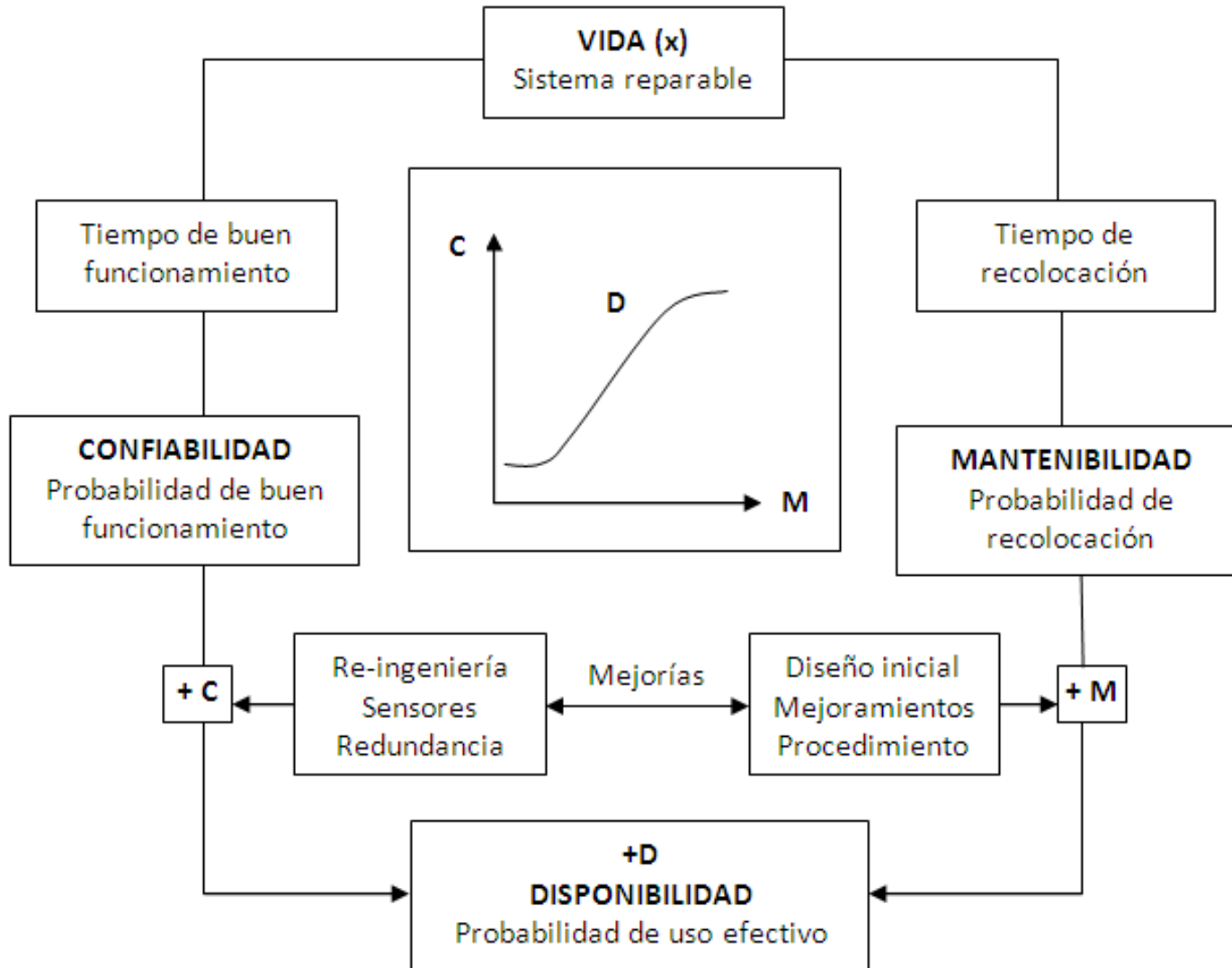
# Variables del Mantenimiento

- ▶ Las distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas de la empresa:
  - **Fiabilidad.**
  - **Disponibilidad.**
  - **Mantenibilidad.**
  - **Calidad.**
  - **Seguridad.**
  - **Costo.**
  - **Entrega / Plazo.**



- ▶ **La Fiabilidad** es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.
- ▶ **La Disponibilidad** es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.
- ▶ **La Mantenibilidad**, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.
- ▶ **La Seguridad**, está referida a la integridad del personal, instalaciones, equipos, sistemas, máquinas y sin dejar de lado el medio ambiente.
- ▶ **El tiempo de entrega** y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, y para el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente.

# Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad



# Integración del mantenimiento en el contexto productivo

- ▶ Así, el mantenimiento actúa positivamente en la disminución del costo total (con mayor tiempo de buen funcionamiento y menor tiempo de recolocación) en el mejoramiento del equipamiento (introduciendo mejoras) como también, en la seguridad de las personas y del ambiente, en el proyecto de nuevos productos, entre otros aspectos.
- ▶ **Todo esto impone demandas más altas para que el equipo de mantenimiento también aumente su eficiencia y capacidad. Es un problema de competitividad en todo nivel.**



# Políticas y acciones de mantenimiento

La visión moderna del mantenimiento se centra en la preservación de las funciones de los activos de la empresa, o sea, cumplir las tareas que sirven al propósito central de asegurar que el equipamiento es capaz de hacer lo que le usuario desea, en el momento que él lo espera.

En mantenimiento: es una regla que especifica que es lo que hay que hacer específicamente en una situación particular de mantenimiento en vista de obtener el nivel deseado de eficiencia de un equipo productivo.

A la luz de lo anterior, se puede definir la política de mantenimiento.

La política es una regla que especifica, dependiendo del estado de la variable, lo que hay que exactamente en una situación particular, en vista de conseguir un cierto objetivo.

# Políticas y acciones de mantenimiento

- ▶ Las políticas se agrupan generalmente en cuatro formas:
  1. **Intervenciones de mantenimiento correctivo**: intervenciones después que la falla ocurra. Ej.: espero que la falla ocurra y entonces remedio la situación tan pronto como sea posible.
  2. **Intervenciones de mantenimiento preventivo**: intervenciones que toman lugar antes que la falla ocurra. Ej.: ejecutar acciones regulares de mantenimiento, para evitar que modos de fallas den problemas.
  3. **Intervenciones de mantenimiento predictivo**: intervenciones que toman lugar si cierta condición es alcanzada. Ej.: cuando el monitoreo de la condición indique que un “signo vital” alcanzó el umbral de falla potencial se programa la intervención.
  4. **Intervenciones de mantenimiento detective**: se aplica a los aparatos que sólo necesitan trabajar cuando son requeridos y no se sabe cuando ellos están en falla. Ej.: hacer un chequeo periódico a los detectores de humo.
- ▶ Las acciones de mantenimiento se refiere a la ejecución del mantenimiento, por ej.: inspecciones, reparación o reemplazo



# Políticas y acciones de mantenimiento



## Mantenimiento Correctivo

- Mantenimiento basado en la falla

Acciones: reparación



## Mantenimiento Preventivo

- Mantenimiento basado en el uso
- Mantenimiento basado en el tiempo
- Ingeniería del mantenimiento

Acciones: inspección, reparación y reemplazo



## Mantenimiento Predictivo

- Mantenimiento basado en la detección
- Mantenimiento basado en la condición

Acciones: Inspección, reparación y reemplazo



## Mantenimiento Detective

- Mantenimiento basado en la inspección
- Mantenimiento basado en la condición

Acciones: Inspección, reparación y reemplazo

# Mantenimiento basado en la falla

- Bajo costo si es correctamente aplicado. Si el mantenimiento no es requerido, no hay costo.

- Las fallas son generalmente inesperadas. No se requiere de planificaciones avanzadas lo cual es una reducción de costos.

- Recolección de datos. Se pueden usar los mismos datos de otros equipos no críticos.

- Baja probabilidad de mortalidad infantil. El mantenimiento preventivo trae al equipo al estado tan bueno como nuevo, lo cual a menudo no deseable.

- Riesgo en la seguridad. A menudo no se tiene cuidado de la falla.

- Grandes pérdidas de producción pueden ocurrir debido a paros sin control.

- La falla de un componente puede provocar daños secundarios en otros.

- Ya que las fallas son inesperadas, se requieren altos stocks de repuestos.

- Para mantener la tasa de producción se requieren redundancias.

- Para ser capaz de reaccionar suficientemente rápido, se necesitan equipos de mantenimiento en stand by.

# Ingeniería del mantenimiento (mejoramiento del diseño)

- Un problema siempre recurrente puede ser completamente solucionado.
- La aplicación de ingeniería para el mejoramiento de un componente no significa necesariamente que el mantenimiento ya no es necesario.
- En algunos casos, ajustes de diseños menores pueden ser efectivos y baratos.
- Pérdidas de producción. La ingeniería de mantenimiento puede tomar periodos considerables de tiempo.
- Grandes proyectos de mejoramiento pueden ser muy caros, y el resultado esperado puede no materializarse.
- Un mejoramiento que no está bien analizado puede dejar afuera la causa raíz del problema.
- Resolver el problema en un área puede sobrecargar y causar un problema en otra área.
- Problemas inesperados. Casi siempre en proyectos grandes problemas inesperados pueden suceder.

# Mantenimiento basado en la detección

- La disponibilidad del equipamiento puede ser maximizada.
  - La inspección usando los sentidos humanos es barata.
  - Los humanos son versátiles y pueden detectar una amplia variedad de condiciones de falla.
  - Reducción de daños secundarios.
  - El equipo puede ser desconectado antes que ocurran daños severos.
  - Si una falla potencial es detectada, la producción puede ser alterada para extender la vida del elemento.
  - El mantenimiento puede ser planificado con anticipación.
- Las inspecciones usando los sentidos humanos, requiere de experiencia. Se requiere un período de tiempo antes de que el operador sea capaz de detectar anomalías con sus sentidos.
  - Subjetivo de cada persona.
  - Complejidad. Algunas personas pueden detectar irregularidades, las cuales no son detectadas por otras personas. Esto puede traer problemas cuando se trabaja en equipos coordinados.

## Mantenimiento basado en la condición

- Maximiza la confiabilidad del equipo, reduce las pérdidas de producción.
- Las causas de las fallas pueden ser analizadas.
- Si una falla potencial es detectada, la producción puede ser modificada para extender la vida útil del elemento.
- Incrementa la expectativa de vida, elimina el reemplazo prematuro de la máquina y equipos.
- Identificación de equipos con excesivos costos de mantenimiento indicando la necesidad de mantenimiento correctivo, entrenamiento del operador o reemplazo de equipos obsoletos.
- El monitoreo de las vibraciones, la termografía y el análisis del aceite requieren equipos y entrenamientos especializados.
- La compañía debe cuidadosamente elegir la técnica correcta.
- Se requiere un periodo de tiempo para desarrollar las tendencias y entonces las condiciones del equipo pueden ser estimadas.
- Costoso.
- Se requieren especialistas entrenados.


## Mantenimiento basado en el uso o el tiempo

- Fallas reducidas, pocas detenciones de los equipos, pocas pérdidas de producción.
  - El mantenimiento se puede planificar con buena provisión.
  - Mejoramiento de las condiciones de calidad y seguridad.
  - Identificación de equipos con excesivos costos de mantenimiento indicando la necesidad de mantenimiento correctivo, entrenamiento del operador o reemplazo de equipos obsoletos.
  - Reducidos costos de sobre-tiempo y un uso más económico de los trabajadores debido a una planificación temprana.
- Las actividades de mantenimiento y el costo se incrementan.
  - Se hace un mantenimiento innecesario e invasivo.
  - Aplicable solamente para el deterioro por el tiempo.
  - Riesgo de daños a elementos adyacentes durante las tareas de mantenimiento preventivo.
  - Mantenimiento preventivo, trayendo el equipo a la condición de tan bueno como nuevo, es a menudo no deseado a causa del aumento de la probabilidad de mortalidad infantil.

## Tercerización: otra alternativa

- La tercerización es a menudo propuesto, o usado, como una solución para muchos problemas de las compañías.
- Varias razones pueden ser mencionadas, pero en el fondo es para aumentar la competitividad.
- Esta puede ser realizada ya sea en actividades críticas, no críticas o bien combinadas.
- Aunque puede tener muchos beneficios, la tercerización puede conducir a muchas fallas potenciales, las cuales dar problemas mayores. Una de las más importantes es la pérdida del know-how.

# Etapas en el proceso de mantenimiento



Requerimiento de trabajo.  
¿Qué hay que hacer?

Control y evaluación del trabajo  
¿Cómo se mide la eficiencia?

Planificación de trabajos  
¿Cómo hay que hacerlo?

Finalización del trabajo  
¿Cuál será el protocolo?

Programación del trabajo  
¿Cuándo hay que hacerlo?

Ejecución del trabajo  
¿Con quien hay que hacerlo?



# Requerimiento: es la demanda por servicios de mantenimiento

- ▶ **La cual se puede establecer mediante:**
  - Frecuencia indicada por el fabricante de la maquina o el repuesto
  - Experiencia de los operadores o gente de experiencia de mantenimiento de la planta.
  - Quejas del Operador
  - Rondas de inspección
  - Programas anteriores y análisis de desviaciones
  - Políticas de abastecimiento de la demanda
  - Actualización del Equipo

# Planificación de los trabajos: es hacer la compatibilización entre los requerimientos de mantenimiento y la disponibilidad de recursos

## ▶ Para planificar se requiere:

- Listado de requerimientos
- Planificaciones anteriores con la introducción de los resultados de la retroalimentación (Hacer un análisis crítico de los éxitos y fracasos de las planificaciones anteriores).
- Recoger y analizar indicadores de eficiencia.

# Programación de trabajos: tener un programa detallado de actividades con sus recursos asignados e identificados mas sus prioridades de ejecución.

## ▶ Para programar se necesita:

- El plan de Mantenimiento
- Listado de personal con sus capacidades
- Listado de las facilidades disponibles
- Listado de procedimientos, los cuales se incluyen en las ordenes de trabajo
- Programas anteriores con introducción de mejoras

**Ejecución del trabajo:** es llevar a cabo las instrucciones escritas en las ordenes de trabajo, verificando el correcto uso de las herramientas y solucionar problemas imprevistos.

- ▶ 1. Distribución del trabajo:
  - coordinar con producción el momento de intervenir;
  - el seguimiento del avance de las intervenciones.
- ▶ 2. Realización de las intervenciones
  - movilización de recursos,
  - consignación de las instalaciones,
  - medidas de seguridad,
  - intervención misma,
  - transferencia del equipo a producción.
  - rendición de cuentas: causa que originó la intervención, descripción de dificultades encontradas para cumplir los plazos previstos de intervención. La idea es resaltar los puntos que causan la pérdida de eficiencia de la función mantenimiento.
- ▶ 3. Gestión de personal
  - datos para el salario (HH, bonificaciones, etc.).
  - motivación del personal

# Finalización del trabajo: son las pruebas necesarias para asegurar la confiabilidad de las maquinas. Es una etapa previa antes de entregarla al operador.

- ▶ Pruebas:
  - Pruebas en vacío y con carga y medición de las variables de control.
  - Análisis del comportamiento basado en conocimientos del experto.
  - Diseñar experimentos para comprobar la eficiencia del equipo.
  - Fijar período de prueba, ajustes y observación.

# Control y evaluación: se refiere a comparar lo real con lo presupuestado (o valor patrón) para cada trabajo

- ▶ Definición y manejo de indicadores.
- ▶ Gestión de los desvíos.
- ▶ Definición e implementación de acciones correctoras.

# Efectividad del plan de mantenimiento

Proceso: mediante un cuestionario estructurado ayuda a determinar si su sistema de mantención está funcionando bien.

1. Identifica los modos de falla asociados con el componente o sistema.
2. ¿Existe una tasa significativa de degradación por la edad de sistema? (¿Están los componentes con los materiales agotados?) ¿Los modos de falla están ocurriendo hoy en día?.

Capturando y manteniendo datos históricos estos ayudarán a responder estas preguntas.

The screenshot shows a software application window titled 'TATEMS 2005 Best Viewed at a Screen Resolution of at least 1024 x 768'. The interface includes a menu bar (File, Edit, Records, Reports, Forms, Tools, Window, Help) and a search bar. A table lists equipment with columns for Equip #, Description, Year, Make, Model, Customer, and Odometer. The table is filtered to show records for 'Road' and sorted by 'Equipment Num'. The selected record is for equipment # HT44, a SEMI truck from 1997, Ford AT-9513, customer BYZ, with an odometer of 803669. Below the table, there are several sections: 'Equipment Details' (Sort Order: 1072, Out of Service? checkbox), 'Current Odometer/Hours' (Odometer: 803669, Hours Log: 16460, Odometer Date: 3/31/2005, Hours Date: 11/4/2004), 'Lubrication/Service' (Lube/Service Type: 10000KMS/300HRS, Next Mileage/Km: 810553, Next Hours: 16760, Next Date: ), '90 Day Inspection Dates' (90 Day Inspection Completion Date: 02/24/2005, Next 90 Day Inspection: 05/25/2005, 90 Day Inspection Required checkbox), 'Driver History' (Driver Num: K20, Name: MARVIN KLAUSEN, Begin This Equip: , End This Equip: , Registration/Taxes: Insurance, Financials, Coolant Testing, Oil Analysis, Misc Details), and 'Equipment Location' (Customer: BYZ, Location: MED HAT, Department Or Area: Road). The bottom of the window shows the version '2005 3.1.004P' and the text 'Double Click Driver History List To Edit or Assign a New Driver to this Unit'.

Equip #	Description	Year	Make	Model	Customer	Odometer
FT23	FUEL TRUCK	1981	IHC			0
GR20	GRADER	1997	CHAMPION	780A	BYZ	0
GR63	GRADER	1998	JOHN DEERE	772CH SERIES1	BYZ	0
HT44	SEMI	1997	FORD	AT-9513	BYZ	803669
HT46	SEMI	1997	INTERNATIO			846886
HT47	SEMI	1994	INT		BYZ	109002
HT48	SEMI	1979	INTERNATIO		BYZ	607
PA22	PADFOOT PACKER	1995	CAT	CPS63C	BYZ	0

# Efectividad del plan de mantenimiento

3. Identificación de las fallas funcionales:
  - ¿Es la falla funcional evidente para el operador? (¿Alguien nota que la falla se produjo?)
  - Determine que tipos de tareas es usada para identificar la falla:
    - Mantenimiento periódico: son de tareas de mantenimiento periódico sin mirar la condición.
    - Mantenimiento por condición: test o inspecciones basadas solamente en la condición del equipo.
    - Ingeniería de confiabilidad: uso de tareas de mantenimiento para encontrar fallas que no son normalmente observadas.
  - Identifique y mida la característica o parámetro que con certeza refleja el estado del sistema o componente. Por ejemplo vibraciones del ítem.
  - Defina las tolerancias aceptables e inaceptables para la medida característica.



# Efectividad del plan de mantenimiento

4. ¿Es actualmente la actividad de mantenimiento efectiva? Cada tipo de tarea tiene diferentes medidas para determinar su efectividad.
  - Mantenimiento periódico: la probabilidad de falla aumenta en un periodo determinado de uso, una gran población sobrevive a esa edad y las tareas de mantenimiento restauran a su estado original de resistencia a la falla.
  - Mantenimiento por condición: las características correspondientes a los modos de falla pueden ser identificados, ellos pueden ser medidos con exactitud y consistencia, y las tareas proveen un amplio tiempo entre la detección y la falla.
  - Ingeniería de confiabilidad: la falla no es evidente al personal y no existen tareas preventivas.
- ▶ Si las tareas de mantenimiento no son efectivas, se necesita ya sea modificarla para así llegar a ser efectiva o bien eliminarla.

# Efectividad del plan de mantenimiento

5. Identifique las consecuencias de la falla.
  - Identifique si las consecuencias de la falla están relacionadas con seguridad o regulación, producción o costo del sistema o componente;
  - ¿Existen tareas de mantenimiento que agreguen valor? Para determinar si las tareas de mantenimiento agregan valor, use diferentes medidas para cada categoría que las consecuencias de la falla pueden introducir:
    - Seguridad o regulación: reducir la probabilidad de falla a un nivel aceptable.
    - Producción: reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.
    - Para el resto: costo de las tareas de mantenimiento preventivo a un valor menor que el costo de una reparación imprevista más el costo de pérdida de capacidad.

# Efectividad del plan de mantenimiento

6. Haga recomendaciones para los cambios (si son necesarios)
  - a. Mantenga el mismo procedimiento, si es efectivo.
  - b. Elimine el procedimiento si es inefectivo.
  - c. Modifique el procedimiento para que sea efectivo.
  - d. Cambie la frecuencia de las pruebas.
  - e. Agregue un nuevo procedimiento.
  - f. Cambie la forma de medir el deterioro por edad del componente.
  - g. Combine con otros procedimientos.
  - h. Otras sugerencias.
  
7. Si se decide recomendar cambios en los procedimientos, describa cualquier cambio y las razones detrás del cambio

# El ciclo virtuoso



- ▶ Un ciclo virtuoso es un conjunto de eventos que se refuerza a través de un circuito de retroalimentación. Un ciclo virtuoso tiene resultados favorables. Un ciclo virtuoso puede transformarse en un ciclo vicioso, si se tiene en cuenta la retroalimentación negativa final.
- ▶ Ambos círculos son complejos de eventos con ninguna tendencia hacia el equilibrio (al menos en el corto plazo). Ambos sistemas de eventos tienen ciclos de retroalimentación en el que cada iteración del ciclo refuerza la primera (retroalimentación positiva). Estos ciclos se mantendrá en la dirección de su impulso hasta que un factor externo interviene y rompe el ciclo.

# Ciclo virtuoso de un buen mantenimiento

