

TECNICATURA SUPERIOR EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL I
Materia Integradora del primer año.
Año 2006 - Temas 1 a 4

Profesor: Ing. Julio S. Morales
E-mail: jsmorales@infovia.com.ar

INDICE

TEMA 1 - INTRODUCCION.....	2
<i>Competencia de la profesión</i>	<i>2</i>
<i>Objetivos</i>	<i>2</i>
<i>Materia integradora</i>	<i>2</i>
<i>Compromiso profesional</i>	<i>2</i>
<i>El trabajo en equipos</i>	<i>3</i>
Reglas del trabajo en equipo	3
<i>La actividad industrial</i>	<i>3</i>
<i>La evolución del mantenimiento</i>	<i>3</i>
Primera generación (Hasta la década de 1950)	3
Segunda Generación (1950 a 1970)	3
Tercera Generación (1970 a la fecha)	3
<i>La actividad industrial actual</i>	<i>4</i>
Definición de Mantenimiento en términos actuales	4
<i>Estrategia de mantenimiento</i>	<i>4</i>
Ejemplos de Estrategias de Mantenibilidad	4
Ejemplos de Estrategias de mantenimiento	4
Comparación económica tentativa	5
<i>Esquema del Proceso o Metodología para establecer estrategias</i>	<i>5</i>
Etapas del proceso	6
Documentos	6
<i>Eficiencia técnico-económica. Productividad</i>	<i>6</i>
<i>La gestión por objetivos</i>	<i>6</i>
TEMA 2 - MANTENIMIENTO NO-PROGRAMADO - PROGRAMADO.....	8
<i>Mantenimiento no-programado</i>	<i>8</i>
<i>Mantenimiento programado</i>	<i>8</i>
Mantenimiento en línea	9
<i>Paradas programadas de planta</i>	<i>9</i>
Cinco etapas	10
Etapla estratégica	10
Etapla de definiciones	10
Etapla de "ingeniería"	11
Etapla de ejecución de la parada	11
Etapla de cierre	12
de la parada	12
Los condicionantes propios de la instalación y el proceso productivo	12
Las tareas a realizar en la parada: Selección	13
El tiempo que dura la parada de la planta: Programación	13
Los riesgos vinculados S. S. y M. A.: Tareas críticas	13
La integración de las tareas de todos los sectores involucrados	14
TEMA 3 - PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	15
<i>La orden de trabajo</i>	<i>15</i>
El valor agregado	15
Diagnóstico de falla	15
La urgencia o prioridad	15
Flujo de trabajo	16
Diagrama de flujo.....	17
<i>Planificación</i>	<i>18</i>
Etapas de la planificación	18
Estimación de costos	18
<i>Programación</i>	<i>18</i>
Diagramas de barras - Gantt	19
Diagramas de red - CPM - AND - PERT	19
Etapas de la programación	20
Técnicas de construcción de programas	21
TEMA 4 - LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS.....	23
<i>Flujo de las tareas</i>	<i>23</i>

TEMA 1 - INTRODUCCION

Competencia de la profesión

- Asistir / auxiliar a la Ingeniería de Mantenimiento.
- Asistir / liderar el funcionamiento de la organización y los procesos de Mantenimiento.
- Ejecutar / liderar actividades de oficina técnica de Mantenimiento:
 - ✓ Planificación y Programación de actividades,
 - ✓ Estimación de presupuestos, cálculo y control de costos
 - ✓ Preparación de documentos técnicos para compras de materiales y servicios.
 - ✓ Elaboración de planes de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo.
- Liderar actividades en los talleres: mecánica, electricidad, electrónica, instrumental.
- Liderar equipos de Mantenimiento en campo.
- Participar en la confección de manuales de calidad.
- Participar en la confección de estándares de seguridad, salud y cuidado del medio ambiente.
- Participar en / liderar planes de formación y entrenamiento.
- Participar en / liderar actividades de integración y coordinación.
- Participar en / liderar equipos de análisis de fallas y resolución de problemas.
- Participar en / liderar equipos de resolución de conflictos.
- Participar en / liderar equipos de análisis de aciertos y errores, para la mejora continua.

Objetivos

Como objetivo en términos de competencias, se espera que al final del proceso de aprendizaje, hayamos logrado:

- Adquirir un rápido contacto con la realidad profesional y las estrategias y políticas del mantenimiento industrial.
- Adquirir un fuerte conocimiento y compromiso en las actividades relacionadas con la seguridad, salud y cuidado del medio ambiente.
- Comprender la necesidad de conocer los fenómenos que rigen el funcionamiento de equipos e instalaciones industriales.
- Comprender los conceptos de Fiabilidad, Eficiencia técnico-económica, Productividad, Indicadores de gestión.
- Comprender la ventaja del mantenimiento programado y los métodos de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo.
- Comprender la importancia de las técnicas de organización.
- Adquirir conocimiento de las técnicas de planificación y programación.
- Adquirir conocimiento de las técnicas del análisis de problemas y toma de decisiones.
- Adquirir conocimiento y práctica sobre liderazgo del trabajo en equipos.

Materia integradora

Integración vertical: Desarrollar la aplicación de conocimientos a la resolución de problemas de la realidad profesional.

Integración horizontal: Aplicar y demostrar la necesidad de conocimientos de las otras asignaturas.

Compromiso profesional

El compromiso profesional con la seguridad, la salud y el cuidado del medio ambiente ha quedado establecido de tal modo que hoy es inadmisibles, en toda actividad industrial, priorizar la producción o los beneficios económicos frente a aquellos factores. Podemos postular sin temor a equivocarnos que toda tarea será discontinuada si tenemos duda que alguno de ellos pueden ser comprometidos.

El trabajo en equipos

Similarmente, podemos enfatizar que hoy se ha impuesto, en casi todas las actividades humanas, el trabajo en equipo. Más aún, el trabajo en equipos auto-dirigidos. Esta modalidad del trabajo se ha incorporado a las actividades de aprendizaje. Por ello será una constante, en el desarrollo de esta materia, la práctica permanente del **trabajo en equipo**.

Reglas del trabajo en equipo

La tarea de aprendizaje, mediante el trabajo en equipos, se desarrollará principalmente, mediante la integración de grupos de alumnos que desarrollarán sesiones de trabajo y análisis.

Las siguientes son algunas reglas básicas para el éxito del trabajo en equipos:

- ✓ Consensuar las reglas para el trabajo.
 - Aportar ideas y sugerencias.
 - Alentar las opiniones divergentes.
 - Alentar las ideas inusuales o creativas.
 - Escuchar atentamente a los otros.
 - Mantener el enfoque en el tema específico.
 - Expresar las ideas breves y claramente. Evitar monopolizar.
 - Alentar la participación de todos.
- ✓ Consensuar las reglas de toma de decisiones.
 - Decisiones en base a datos e información.
 - Decisiones por consenso.
 - Decisiones por mayoría.
- ✓ Definir por consenso los objetivos y resultados esperados.
- ✓ Distribuir los Roles:
 - Quién organiza y coordina la reunión y hace la Agenda?
 - Quién hace la Minuta y redacta los Planes de acción?
 - Necesitamos un líder? Quién?
- ✓ Determinar la efectividad de la reunión.
- ✓ Dar seguimiento a los planes de acción.

La actividad industrial

La actividad industrial adopta formas y tamaños diversos dependiendo de factores tales como el mercado consumidor de sus productos, la disponibilidad de recursos financieros y las posibilidades de obtención de las materias primas y los recursos productivos: materiales, energía, recurso humano. Por ello nos encontraremos frente a pequeñas, medianas y grandes empresas. Más aún empresas globalizadas. Dependiendo de todos y cada uno de estos factores, se establecen las estrategias y políticas empresarias. Dentro de ellas, las que regulan la actividad del Mantenimiento de los equipos e instalaciones productivos.

La evolución del mantenimiento

Primera generación (Hasta la década de 1950)

Se caracteriza por máquinas sencillas diseñadas para propósitos específicos. Fiables y fáciles de reparar. No necesitaban sistemas de Mantenimiento complicados. No necesitaban personal calificado.

Reparación cuando se produce la rotura o falla.

Segunda Generación (1950 a 1970)

Se produce el auge de la mecanización suplantando mano de obra. Producciones máquina-dependiente. Reducciones de costos con revisiones a intervalos fijos.

Aparece el Mantenimiento Preventivo. Sistemas de control, inspecciones y planificación del Mantenimiento.

Tercera Generación (1970 a la fecha)

Aparecen nuevas expectativas: condición de máquina vs. calidad del producto; se incorporan los conceptos de seguridad, salud y cuidado del medio ambiente. La competitividad obliga a enfocarse en los costos. Se desarrollan nuevas investigaciones: Seis modos diferentes de fallos. Se desarrollan nuevas Técnicas

Se desarrolla el Mantenimiento predictivo. Monitoreo a condición, sistemas expertos, gestión de riesgo, modos de fallo, análisis de causa raíz y efectos.

La actividad industrial actual

La actividad industrial adopta formas y tamaños diversos dependiendo de factores tales como el mercado consumidor de sus productos; la disponibilidad de recursos financieros; las posibilidades de obtención y los costos de las materias primas y los recursos productivos: materiales, energía, transporte, recurso humano; los compromisos con la S. S y el MA. Por ello nos encontraremos frente a pequeñas, medianas y grandes empresas. Más aún empresas globalizadas. Dependiendo de todos y cada uno de estos factores, se establecen las políticas y estrategias empresarias. Dentro de ellas, las que regulan la actividad del Mantenimiento de los equipos e instalaciones productivos.

Definición de Mantenimiento en términos actuales

Es el conjunto de acciones emprendidas en una Organización a efectos de preservar adecuadamente sus equipos e instalaciones, sosteniendo su desempeño en condiciones de Fiabilidad y respetando la Seguridad, Salud y Cuidado del Medio Ambiente, asumidas a partir de su propio compromiso de Negocios y Desempeño, con la Optimización de Costos como Objetivo asociado.

Estrategia de mantenimiento

Definiciones:

Es el análisis que se realiza para establecer los criterios de **mantenimiento y mantenibilidad** que permitan maximizar la disponibilidad de la instalación, al menor **costo total**. Si se trata de un proyecto, se realiza en la etapa de diseño, del equipo o instalación. Si se trata de adquirir un equipo, debe realizarse en las etapas de selección del equipamiento y su ubicación (layout) en la planta. Si el equipo es ya existente, se revisan los criterios previamente adoptados, siempre con el mismo propósito.

Ejemplos de Estrategias de Mantenibilidad

Acceso para el mantenimiento: Permanente vs. Temporal

- ✓ Plataformas y escaleras vs. andamios
- ✓ Puente grúas vs. grúas móviles

Trabajo hecho en campo

- ✓ Análisis de falla y reparación en campo vs. reemplazo de módulos o unidades completas y reparación en talleres
- ✓ Cañerías soldadas en campo vs. prefabricación en talleres.

Costo total = Inicial + Mantenimiento + Operación

Inicial: incluye los costos de:

- ✓ Adquisición (incluyendo transportes, impuestos, tasas, etc.)
- ✓ Fundaciones, soportes estructurales, montaje, instalación
- ✓ Toda parte o repuesto que debe incorporarse al inventario
- ✓ Comisionado y puesta en marcha.

Mantenimiento: incluye los costos de:

- ✓ Costo del mantenimiento preventivo y/o predictivo; reparaciones; reposición de repuestos.

Operación: incluye los costos de:

- ✓ Operación, incluyendo períodos de puesta en régimen de los equipos, las instalaciones y el proceso.
- ✓ Costos requeridos para operar consistentemente en calidad y cantidad.

Ejemplos de Estrategias de mantenimiento

Mantenimiento a la rotura. Consiste en operar hasta que se produzca la falla, luego reparar o reemplazar.

Mantenimiento preventivo. Programar el mantenimiento basado en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas.

Mantenimiento predictivo. Monitorear las condiciones del equipamiento, sus partes críticas, y programar el mantenimiento basado en el pronóstico de ocurrencia de fallas o vida remanente.

Mantenimiento Proactivo.

El Mantenimiento Proactivo, es una estrategia de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el

desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio. Habitualmente, en una planta industrial encontraremos todas estas estrategias, aplicadas a diferentes equipos o partes de la instalación.

Mantenimiento enfocado en la fiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en fiabilidad, se propone preservar el estado original de diseño o normal de operación. Es evidente que para que esto sea posible los equipos deben ser capaces de cumplir las funciones para las cuales fueron seleccionados y que la selección haya tenido en cuenta la condición operacional real.

El mantenimiento enfocado en la fiabilidad se caracteriza por:

- Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo / instalación.
- Asegurar la continuidad del desempeño de su función.
- Mantener la calidad y capacidad productiva.
- Si deseamos aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la fiabilidad, mejorar la calidad de la producción, necesitaremos un rediseño. También en el caso que nos propongamos bajar el comportamiento esperado.
- Tener en cuenta la condición operacional: dónde y cómo se está usando.

Comparación económica tentativa

Mantenimiento a la rotura

Tiene un costo nulo en función del tiempo hasta que la unidad falla y hay que repararla normalmente de urgencia. Este tipo de intervenciones sucede en forma sorpresiva, sin posibilidades de programación, generalmente acompañada de lucros cesantes y daños que normalmente representan costos de gran magnitud.

Mantenimiento Preventivo

Tiene costo escalonados con saltos de poca envergadura debido a intervenciones periódicas planificadas y con algún escalón más importante en los mantenimientos mayores derivados fundamentalmente del reemplazo de partes de elevado costo. Esta metodología no está exenta de alguna reparación provocada por imprevistos en alguna máquina que se adelanta con su falla a la intervención preventiva. No obstante esta estrategia resulta, habitualmente, más conveniente que esperar la falla, porque disminuye la ocurrencia de fallas imprevistas.

Mantenimiento Predictivo ó Basado en su condición

Tiene costos escalonados determinados por los relevamientos y monitoreos. Cuando estos son de tipo continuo aportan una componente de tendencia en el tiempo. La presencia de acontecimientos por rotura resulta nula o reducida a una mínima expresión. El relevamiento de datos (monitoreo) tiene un costo relativamente bajo, pospone o aún suprime algunas intervenciones preventivas y elimina la mayoría de las reparaciones de elevado costo. La presencia de intervenciones sugeridas por el monitoreo produce costos más reducidos, practicados en oportunidad y no con el anticipo propio de los preventivos.

Mantenimiento Proactivo

Sus costos son similares y complementarios a los del mantenimiento predictivo. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)

Esta es una estrategia basada en la idea del mantenimiento proactivo, pero avanzada en su concepción y metodología. Sus costos no difieren de aquel.

Esquema del Proceso o Metodología para establecer estrategias

Las estrategias de mantenimiento, habitualmente, se establecen mediante sesiones de trabajo en equipo, entre personal de Ingeniería, Mantenimiento, Producción y otras áreas. En empresas pequeñas, esta actividad suele recaer en una sola persona.

Si se trata de un proyecto, la revisión se realiza en la etapa de diseño y selección, para determinar cómo será mantenida cada parte o equipo de la instalación a construir.

Si la instalación ya está construida, se efectúa la revisión en equipo, con participación de personal de Producción y Mantenimiento.

Etapas del proceso

- ✓ Definir la guía de estrategia de mantenimiento, para cada proyecto o equipo específico.
- ✓ Desarrollar estrategias de mantenimiento para tipos generales de equipamiento.
- ✓ Desarrollar estrategias de mantenimiento para casos especiales de equipamiento
- ✓ Documentar los resultados
- ✓ Comunicarlos a toda la organización.

Documentos

Como resultado de esta actividad deberían obtenerse los siguientes documentos:

- ✓ Bases y criterios de fiabilidad, operabilidad y requerimientos generales de mantenimiento.
- ✓ Plan documentado indicando como el equipamiento será mantenido.
- ✓ Estimación del costo total en el largo plazo.

Eficiencia técnico-económica. Productividad

Toda instalación industrial ha sido concebida con el propósito de lograr una determinada capacidad de producción. Los equipos son seleccionados para lograr esta capacidad, sin embargo, sus capacidades individuales serán diferentes de modo que la capacidad de la instalación dependerá de los equipos o partes más comprometidos. La capacidad máxima, teórica, posible de ser obtenida suele denominarse capacidad máxima de la instalación.

Por otra parte, habrá factores que impedirán que esta capacidad máxima sea obtenida:

- Factores productivos internos:
 - ✓ Propios del proceso: variabilidad, tecnología, control, etc
 - ✓ Inherentes a las actividades productivas: disciplina operativa, calidad deseada, cambios de producto, diferentes tipos de productos, etc.
- Factores productivos externos:
 - ✓ Limitaciones del mercado consumidor
 - ✓ Falta o corte de servicios externos: Energía eléctrica, gas, agua, etc.
 - ✓ Falta de materias primas, insumos, etc.
 - ✓ Regulaciones del estado (Municipal, Provincial, etc.)
- Factores "mecánicos" o vinculados al mantenimiento:
 - ✓ Paradas de planta.
 - ✓ Falla o rotura de equipos.
- Factores financieros
 - ✓ Disponibilidad de capital y créditos.
 - ✓ Políticas financieras y promocionales del Estado.
 - ✓ Oportunidades del mercado de capitales interno y externo, etc.

Todos estos factores son, unos más y otros menos, controlables. Dependiendo del esfuerzo y los recursos que se dispongan para lograrlo. Estos esfuerzos y recursos implican costos. A su vez las ventas de la producciones obtenidas implican beneficios. La dirección de la empresa decidirá sobre estos costos y beneficios y de ello dependerán los resultados productivos deseados. La eficiencia técnico-económica y la productividad representan el equilibrio entre los costos, la calidad, la cantidad y los beneficios de la producción. Una vez definida la política interna de la empresa, la eficiencia y la productividad pueden ser concebidas como el mayor o menor acercamiento de los resultados obtenidos con los deseados. Las mediciones de eficiencia técnico-económica y de productividad se realizan mediante parámetros indicadores, que veremos más adelante.

La gestión por objetivos

Una tendencia moderna de administración de las empresas es la "gestión por objetivos". Esto aplica en forma muy especial al personal de las empresas y con frecuencia se establecen estímulos y premios, basados en el cumplimiento de los objetivos.

Este tema será posiblemente desarrollado en mayor detalle en la materia Relaciones Industriales, sin embargo podemos plantearnos: cuáles podrían ser, en forma genérica, los **objetivos de un sector de mantenimiento industrial**? Para esto pensemos en los deseables e indeseables de la función de mantener los equipos e instalaciones productivos.

Lo que es indeseable, con tolerancia CERO:

✓ Violaciones a la Seguridad, la Salud y el Cuidado del Medio ambiente.

Algunos indeseables:

Lo que es deseable:

Paradas de planta, no-programadas. —————>	Paradas programadas de planta.
Pérdidas de capacidad de producción. —————>	Plena capacidad de producción.
Pérdidas de calidad de la producción. —————>	Calidad de producción constante.
Improvisaciones. —————>	Tareas previamente planificadas.
Precipitaciones. —————>	Tareas previamente programadas.
Trabajos provisorios o precarios. —————>	Ejecución s/ procedimientos técnicos.
Repetición de los trabajos. —————>	Personal capacitado y entrenado.
	Trabajos bien hechos la primera vez.
Ejecuciones incompletas. —————>	Trabajos completos s/ planificación.
Incomunicaciones. —————>	Involucrados están bien informados
Indisciplinas. —————>	Cada uno hace lo que debe hacer.
Incremento injustificado de los costos. —————>	Ejecución según presupuestos.

TEMA 2 - MANTENIMIENTO NO-PROGRAMADO - PROGRAMADO

Toda instalación productiva es diseñada y construida con la idea inicial de que se mantenga funcionando, ya sea en forma continua o discontinua (producción por lotes). Puesto que los mecanismos están siempre afectados de alguna forma de desgaste o fin de su vida útil, es siempre necesario realizar actividades de mantenimiento.

De una manera simple podemos clasificar las actividades de mantenimiento:

Mantenimiento:	No-programado	Programado
	A la falla o rotura	Reparativo
	Urgencia	Correctivo
	Emergencia	Preventivo
		Predictivo
		Proactivo
		RCM

Mantenimiento no-programado

Como método de mantenimiento implica hacer funcionar los equipos e instalaciones hasta que se produzca una falla o rotura que obligue a su reparación o reemplazo. En la mayoría de los casos tales fallas o roturas conllevan la detención de la instalación productiva. Esta práctica del mantenimiento supone, en una visión muy preliminar, el mayor aprovechamiento de las partes, es decir hasta el fin de su vida útil.

En esta categoría también se pueden incluir las situaciones de urgencia y emergencia, debido a factores internos o externos. Este caso es diferente ya que se trata de situaciones obligadas y no de una estrategia establecida de mantenimiento.

Este método de mantenimiento es aplicable aún hoy, en situaciones especiales.

- Equipos simples, no vinculados a una instalación productiva compleja.
- Su falla o rotura no tiene consecuencias directas con la seguridad, salud, medio ambiente.
- Su falla o rotura no tiene consecuencias directas con el resto de la instalación productiva.

Deben evaluarse, además, las consecuencias indirectas u ocultas de tales fallas, o de la aplicación de este método, por ejemplo:

- Agregar riesgos al resto de la instalación a la que, tales equipos, están vinculados.
- Mayores costos derivados de las intervenciones no programadas.
- Aprovechamiento de oportunidades cuando hay simultaneidad con otras tareas.
- Por el contrario las dificultades de tal simultaneidad, cuando es inesperada.

Mantenimiento programado

Con el propósito de evitar los inconvenientes del mantenimiento no-programado, se desarrolló el **mantenimiento programado**. Su primer manifestación fue el **Mantenimiento Preventivo**, con frecuencias predeterminadas y el **Mantenimiento Correctivo**, destinado a la modificación o mejoramiento de equipos e instalaciones.

El mantenimiento programado ha venido adoptando diferentes métodos y desarrollando técnicas cada vez más complejas y precisas. Se pasa así por las técnicas de inspección, los sistemas de monitoreo, se desarrollan una gran cantidad de técnicas que denominamos **predictivas y proactivas**.

Otros factores se suman a este desarrollo:

- El compromiso hoy ineludible de cuidar la seguridad, la salud y el medio ambiente.
- La condición de máquina vs. calidad del producto.
- La reducción de costos.
- El mejoramiento de la calidad y productividad.
- El compromiso de mantener la calidad y las entregas oportunas.
- La necesidad de alcanzar niveles de excelencia en todas las actividades, incluyendo al mantenimiento industrial, debido a la globalización.

Aparecen, además, conceptos nuevos:

- Reemplazos igual por igual vs. modificaciones y mejoras.
- Mantenimiento en línea, mediante redundancia de equipos (stand-by).
- Monitoreos a condición; sistemas expertos; gestión en base a riesgo.
- Análisis de modos de fallo y consecuencias.

Esto da lugar al desarrollo de nuevas metodologías: **RCM, RBI, CUI**, etc. Estos temas serán analizados con mayor detalle en los TEMAS 5 y 6.

Hoy podemos decir que de todas las formas del mantenimiento programado, los componentes más importantes son: el **mantenimiento en línea** y el **mantenimiento mayor** destinado a la **recorrida general de equipos e instalaciones** que se lleva a cabo en **paradas programadas de planta**.

Mantenimiento en línea

Este tipo de mantenimiento es habitualmente programado. Consiste, básicamente, en realizar tareas de mantenimiento preventivo, correctivo o reparaciones por roturas o fallas, sin detención de las instalaciones.

Para que esto sea posible los equipos e instalaciones deben estar preparados con este propósito. Se requiere de equipos adicionales (stand by o de reserva) que están detenidos pero listos para entrar en funcionamiento. Habitualmente los sistemas de control inician el funcionamiento del equipo de reserva en forma automática en casos de fallas o roturas del equipo que está operando. La maniobra de cambio de equipo también puede realizarse en forma manual, cuando el mantenimiento es programado, ya sea preventivo o correctivo.

Las reparaciones o modificaciones de los equipos pueden realizarse en el lugar de la instalación o en talleres. El sector de mantenimiento debe tener las herramientas y equipos auxiliares apropiados y el personal calificado que permita realizar estas tareas en el momento programado.

En casos de equipos críticos puede darse la condición de mantenimiento no-programado (en emergencia). Son críticos aquellos equipos que comprometen la seguridad de la instalación o la continuidad de la producción. Para esto el sector de mantenimiento necesitará recursos disponibles en forma permanente.

Es evidente que este tipo de mantenimiento solo será aplicable a una pequeña parte de la instalación productiva, ya que requiere de equipos duplicados, con la consecuente mayor inversión.

Paradas programadas de planta

Para el resto del equipamiento, que no posee equipos de reserva, la opción es el mantenimiento mayor, recorrida general, en paradas programadas de planta.

Algunos factores esenciales que debemos tener en cuenta:

1. El tiempo que transcurre entre paradas programadas.
2. Los condicionantes propios de la instalación y el proceso productivo.
3. Los condicionantes externos.
4. El tiempo que dura la parada de la planta.
5. El volumen de tareas realizar en la parada.
6. Los recursos, materiales y humanos necesarios.
7. Los riesgos vinculados S. S. y M. A.
8. La integración de las tareas de todos los sectores de la empresa.
9. Los costos.

Estos factores están, normalmente, vinculados entre sí. Los condicionantes propios de la instalación productiva determinan el tiempo entre paradas programadas. Uno de los objetivo principales de las paradas programadas es mejorar la instalación eliminando condicionantes, o incrementando la fiabilidad, de modo que el tiempo entre paradas sea el mayor posible.

Por otra parte, cuanto mayor es el tiempo entre paradas, mayor será el volumen de tareas a realizar, la cantidad de recursos a disponer, la cantidad de riesgos y el tiempo requerido para cada parada.

Los sectores comerciales de la empresa y los líderes de producción desean que los tiempos entre paradas programadas sean lo más largo posible y el tiempo de parada lo más corto posible.

Comúnmente, el éxito de una parada programada se mide en base de los siguientes indicadores:

1. La planta debe reiniciar su funcionamiento en calidad y en productividad.
2. El número y la severidad de las violaciones a la seguridad, salud y cuidado del medio ambiente. Objetivo: "cero". Parámetros OSHA.
3. El tiempo de parada real vs. el tiempo programado.
4. El costo real de la parada vs. el presupuesto o estimado de costos.
5. Los cambios de alcance de las tareas realizadas.

Esto establece el mayor desafío para el sector de mantenimiento, que es el que, habitualmente, es responsable de la preparación, planificación, programación y ejecución de la mayor parte de las actividades que se realizan durante la parada de la planta.

Resulta evidente que para lograr el éxito de una parada de planta, será necesario comenzar a prepararla con la mayor anticipación posible.

Como se prepara una Parada programada de planta

Puede considerarse que la preparación de una parada de planta transcurre en:

Cinco etapas

- ✓ Etapa estratégica.
- ✓ Etapa de definiciones.
- ✓ Etapa de "ingeniería".
- ✓ Etapa de detención de la planta y ejecución de las tareas.
- ✓ Etapa de puesta en marcha de la planta y cierre de la parada.

Cada una de estas etapas tienen propósitos perfectamente definidos:

Etapas estratégicas

Esta etapa tiene como principales objetivos:

- ✓ Asegurar la mejor justificación y evaluación de la necesidad de realizar la parada de la planta.
 - Establecer los criterios de selección de tareas cuya ejecución es necesario realizar en parada de planta.
 - Desarrollar un listado preliminar de tareas a nivel macro.
 - Explorar todas las alternativas que pudieran evitar realizar la parada de la planta.
- ✓ Evaluar la oportunidad de hacer la parada, que mejor ajuste con los intereses internos de la empresa y también de clientes y proveedores.
- ✓ Evaluar el tiempo requerido de parada.
- ✓ Crear un equipo de coordinación, integración y administración de la parada.
- ✓ Seleccionar un Líder para el equipo de parada.
- ✓ Desarrollar un plan y programa general de actividades de todo el período previo, durante y posterior a la ejecución de la parada.
- ✓ Determinar un presupuesto o costo estimado, preliminar.
- ✓ Solicitar el soporte y la reserva financiera, a la dirección de la empresa.

Etapas de definiciones

Los principales objetivos son:

- ✓ Establecer una fecha máxima de agregados y modificaciones al alcance de las tareas que se realizarán en la parada.
- ✓ Desarrollar un listado detallado de tareas, asegurando que sean solo las que requieren de parada de planta:
 - Desarrollar las actividades macro de la Etapa estratégica.
 - Revisar tareas pendientes de paradas de planta anteriores y tareas en espera.
 - Incluir inspecciones de PPM
 - Incluir demoliciones pendientes.
 - Incorporar los proyectos de inversión de capital.
 - Tareas de la base de datos de acciones correctivas.
 - Tareas provenientes de auditorías de SS y MA.
 - Tareas de mejoras de planta.
 - Emisiones fugitivas demoradas, de listas de reparaciones.
 - Listas de verificaciones de instrumentos críticos.
 - PPM de electricidad y limpieza de interruptores mecánicos.
 - Mordazas de reparaciones de pérdidas a ser reemplazadas.
 - Mantenimiento del sistema de control.
- ✓ Establecer una fecha máxima para la gestión de compras de materiales, insumos, repuestos y servicios.
- ✓ Determinar un presupuesto o estimado de costos, ajustado.
- ✓ Establecer un plan de administración y control de la parada, sus tiempos y costos.
- ✓ Requerir la autorización final de ejecución de la parada.

Etapas de "ingeniería"

Los principales objetivos son:

- ✓ Desarrollar el programa detallado e integrado de todas las tareas, incluyendo los períodos previos y posteriores a la parada de la planta.
- ✓ Desarrollar los planes de ejecución de cada una de las tareas programadas, incluyendo:
 - Análisis de riesgos.
 - Procedimientos de trabajo.
 - Necesidad de materiales, insumos y repuestos.
 - Requerimientos de mano de obra.
 - Equipos e instalaciones auxiliares temporarios que serán requeridos.
- ✓ Selección de proveedores de mano de obra y servicios.
- ✓ Desarrollar un plan de ejecución y coordinación de la parada que considere:
 - La organización de los sectores participantes y sus modificaciones a propósito de la parada.
 - La forma y criterios para la emisión de los permisos de trabajo en las instalaciones, que garanticen la S. S. Y M. A.
 - La distribución (lay out) de instalaciones temporarias, áreas de acopio de materiales, equipos auxiliares, máquinas móviles, etc. necesarios para la ejecución de los trabajos, dentro de las áreas industriales o en obradores externos.
 - Todos los requerimientos para la atención de las necesidades de las personas (transporte, comedores, vestuarios, baños, etc).
 - Procedimientos generales de coordinación (reuniones de coordinación y avance de los trabajos, reuniones de análisis de eventos vinculados a SS y MA, sistemas de señalización y alarmas de emergencias, comunicación con personas claves, etc.).
 - Plan de contingencia y trabajos críticos
 - Plan de entrenamiento de instalaciones nuevas o modificadas.
 - Plan de higiene industrial y decontaminación.
 - Planes y procedimientos radiográficos.
 - Manejo y disposición de residuos.
 - Modificaciones de los Estándares de Seguridad.
 - Manejo de materiales peligrosos: Asbestos, combustibles, explosivos, etc.
 - Infraestructura y servicios auxiliares de logística.

Etapas de ejecución de la parada

Esta etapa comprende las siguientes actividades:

- ✓ Actividades previas a la detención de la planta.
 - Orientación / familiarización.
 - Instalación y conexión de servicios y obradores temporarios.
 - Instalación de andamios.
 - Desmontaje de aislamientos.
 - Prefabricación en obradores de contratistas.
 - Pre - montajes en campo.
 - Acopio de materiales, equipos, herramientas.
 - Instalación de líneas e instalaciones temporarias.
- ✓ Detención de la planta.
 - Procedimientos de adecuado, limpieza (clearing) de líneas y equipos.
 - Líneas temporarias, mangueras y utilidades.
 - Disponibilidad de operadores.
 - Aislamiento de equipos, bloqueos y tarjetas rojas.
 - Verificaciones de higiene industrial.
- ✓ Ejecución de las tareas de la parada.
 - Inspecciones permanentes de SS y MA.
 - Proceso de permisos de trabajos
 - Programa actualizado con el máximo detalle; típicamente lo dos próximos días. Particularmente enfocado en los que son o pueden formar el camino crítico.
 - Control de progreso del trabajo (operaciones, mantenimiento y construcción).
 - Realización de las actividades propias del sector Producción.
 - Realización de las actividades propias del sector Mantenimiento, incluyendo PPM's, recorridas y reparaciones.

- Realización de las actividades propias del sector Construcciones
- Deben evitarse en lo posible los trabajos adicionales e imprevistos.
- Resolución de problemas que se presenten en campo.
- Ordenamiento y aseo.
- Calidad.
- Reparación metálicas y pintados antes del aislamiento térmico.
- ✓ Comisionado y puesta en marcha de las instalaciones.
 - Comisionado incluyendo verificación de lazos de control.
 - Listas de completamiento de trabajos, para cada trabajo, cumplimentadas y retornadas al planificador de mantenimiento.
 - Verificación de planta libre de fugas.
 - Planta capaz de producir producto de calidad a régimen de diseño.
 - Pruebas de seguridad y fiabilidad completas.

Etapas de cierre de la parada

- ✓ Cierre de la parada.
 - Inspección final del ordenamiento y aseo.
 - Completamiento de las reparaciones de pintado.
 - Completamiento de los aislamientos térmicos, típicamente la chaqueta metálica de protección mecánica.
 - Retiro de los andamios.
 - Retiro de líneas e instalaciones temporarias.
 - Disposición de materiales reemplazados tanto del proceso como de la renovación de instalaciones de planta.
 - Reemplazo de repuestos; comprar partes nuevas o reparar las usadas.
 - Retornar y/o descartar los materiales sobrantes y chatarra.
 - Enviar válvulas y sellos para programa de reciclados.
 - Devolver los equipos alquilados temporalmente.
- ✓ Revisión de la parada.
 - Completar el progreso de la programación comparando con el programa inicial.
 - Recibir los informes de los Contratistas.
 - Actualización de Bases de datos.
 - Actualización de Procedimientos,
 - Actualización de los registros de mantenimiento Preventivo y Predictivo.
 - Conservar los planes de tareas individuales que se realizarán en futuras paradas.
 - Preparación y archivo de planos conformes a obra, P&ID's, isométricos, etc.
 - Evaluación de los Proveedores de Mano de Obra y Servicios.
 - Seguimiento de las reparaciones y reemplazo de repuestos al almacén.
 - Colección de todos los costos de la parada destacando los costos relacionados con trabajos adicionales o economías.
 - Experiencias de aprendizaje capturadas destacando las oportunidades de mejoramiento y resultados de la revisión de la parada.
 - Informe de costos finales.
 - Desempeño en Seguridad Salud y Medio ambiente.
 - Aspectos Técnicos, especialmente enfocados en las mejoras de fiabilidad.
 - Registración de informes al historial de los equipos.
 - Registración de los resultados de inspecciones de mantenimiento proactivo, predictivo y preventivo de los equipos estáticos.
 - Mediciones de los parámetros indicadores de resultados.
 - Recomendaciones e informes al gobierno.

Los condicionantes propios de la instalación y el proceso productivo

Toda instalación productiva tiene condicionantes propios de los equipos o del proceso que obligan a detener la producción cuando afectan a alguno de los factores de S. S. y M. A., la productividad, la calidad o el beneficio económico del proceso.

Alguno de los factores que habitualmente se presentan son los siguientes:

- ✓ El desgaste de partes móviles o elementos de corte.
- ✓ La desalineación de partes móviles, vinculadas.

- ✓ La suciedad, contaminación o deterioro de capacidad en los sistemas de lubricación.
- ✓ La suciedad acumulada en los sistemas de intercambio térmico.
- ✓ La suciedad acumulada en reactores y recipientes de proceso.
- ✓ El envenenamiento de lechos de catalización.
- ✓ El deterioro de sistemas de aislamiento térmico, internos o externos.
- ✓ El desgaste o falla de recubrimientos internos.
- ✓ La corrosión de partes metálicas.
- ✓ La acumulación de tareas preventivas.
- ✓ Las inspecciones de vida remanente o deterioro metalúrgico de equipos estáticos.
- ✓ El cambio tecnológico para mantener la competitividad productiva.
- ✓ Etc., etc.

La búsqueda de tales condicionantes es parte del trabajo a desarrollar durante la "etapa estratégica". También la atenuación o eliminación de los mismos, serán parte de la estrategia de mejoramiento o incremento de la fiabilidad de la instalación, conducente a incrementar los períodos de marcha entre paradas programadas.

Las tareas a realizar en la parada: Selección

Suele ocurrir que, frente a una parada programada de planta, se intente incorporar tareas cuya realización no requiere que la planta esté detenida o no han sido inicialmente contempladas. Debido a que los plazos de ejecución de las paradas son habitualmente muy cortos es necesario asegurar que las tareas a realizar cumplan con criterios previamente establecidos. Básicamente pueden establecerse los siguientes criterios o tamiz de selección:

- ✓ La tarea requiere que la planta esté detenida?
- ✓ Está vinculada al objeto de la parada? Agrega valor?
- ✓ Hay razones de S. S. y M. A. que la justifiquen?
- ✓ Está vinculada al estado, vida remanente de un equipo o condiciones establecidas en regulaciones del Estado?
- ✓ Ha sido considerada en el presupuesto?

El tiempo que dura la parada de la planta: Programación

El Tema 3 del programa analítico de esta materia será específico en la programación de actividades.

No obstante es necesario destacar que la gran cantidad de tareas que se realizan en una parada de planta hacen de la programación y simulación, una actividad clave. Es más en ocasiones, para programar paradas de planta se utilizan herramientas - habitualmente informáticas - diferentes que las utilizadas en las tareas diarias. En especial porque se requerirán etapas de ajuste del plazo de parada, que conllevan la idea de "simulación". Esto es debido a que siempre se tendrá más de una opción de organización y disposición de los recursos, y cada opción podrá dar lugar a diferentes plazos de parada, a la vez que diferentes costos y riesgos. Podemos citar lo siguiente:

- ✓ Aumentar la simultaneidad de tareas.
- ✓ Modificar el orden de ejecución de las tareas.
- ✓ Incrementar la densidad de recursos aplicados a cada tarea.
- ✓ Extender las jornadas de trabajo.
- ✓ Utilizar los horarios nocturnos y los descansos semanales.
- ✓ Programar en base al mejor aprovechamiento de recursos escasos.

Los riesgos vinculados S. S. y M. A.: Tareas críticas

La ejecución de tareas de reparaciones y modificaciones de las instalaciones en paradas de planta son siempre actividades extrañas la actividad productiva normal de la instalación e involucran diferentes niveles de riesgo que deben ser especialmente tenidos en cuenta en la planificación, organización y programación. Podemos destacar dos tipos de tareas:

- ✓ Tareas críticas: En la Etapa Estratégica deberán establecerse criterios que permitan definir las tareas que serán denominadas "críticas".

- Suelen considerarse críticas las tareas que conlleven más de un riesgo, en forma simultánea. Por ejemplo:

- Trabajo en altura, condición climática (viento, temperaturas bajas, lluvia), movimiento de grandes cargas, uso de equipos móviles, ingreso a espacios confinados, pasaje de cargas por sobre otras instalaciones, uso de equipos de protección que dificulten la visión o los movimientos, trabajo sobre plataformas móviles o temporarias, uso de materiales explosivos, combustibles, químicamente agresivos, etc.
 - Estas tareas requerirán un análisis de riesgo, mediante trabajo en equipos interdisciplinarios.
 - El análisis se realizará en la Etapa de Definiciones, de modo que las conclusiones del equipo de trabajo permitan decidir la ejecución o no de tales tareas.
- ✓ Tareas no críticas: El análisis de los riesgos de cada tarea será realizado en la Etapa de "Ingeniería" de la parada.

La integración de las tareas de todos los sectores involucrados

En paradas de planta, típicamente son involucrados diferentes sectores de la organización. A modo de ejemplo podemos destacar:

- ✓ Sector de Mantenimiento. Este es habitualmente el principal actor en las paradas de planta.
- ✓ Sector de Operaciones o Producción. Este es un sector imprescindible ya que la detención de las instalaciones y la puesta en condiciones para la ejecución de las tareas, al comienzo de la parada y la puesta en marcha, al finalizar, son sus funciones naturales.
- ✓ Sector de Ingeniería. Con frecuencia en las paradas de planta se realizan modificaciones y mejoras tendientes a ampliar la capacidad productiva o garantizar la continuidad de la calidad o mejorar la fiabilidad de la instalación.
- ✓ Sector de administración de servicios al personal. Será el encargado de asegurar la disposición de estos servicios.
- ✓ Sector de compras de materiales, insumos y repuestos.
- ✓ Sectores de control y vigilancia de la seguridad y accesos a las instalaciones.
- ✓ Etc. etc

Todos estos sectores tendrán tareas a realizar durante la parada y deberán coordinar sus actividades, para lograr una parada ordenada, en la que se ejecuten todas las tareas prevista, en plazo, retorno a la producción en forma exitosa (calidad y cantidad) y con los costos presupuestados.

La tarea de programación de todas estas tareas, en un único programa y, compartiendo recursos, es lo que denominamos integración.

TEMA 3 - PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

La orden de trabajo

Toda vez que se requiere realizar una reparación o tarea de mantenimiento preventivo o predictivo o cualquiera otra tarea, sobre un equipo, se emite una orden de trabajo, solicitud de reparación, orden de servicio, etc., según sea la modalidad aplicada en cada empresa. En plantas muy pequeñas puede no existir un documento para esto y la orden o requerimiento es verbal entre las personas involucradas. En las empresas medianas o grandes, lo habitual es que se utilice un pequeño documento o formulario, donde se agregan los datos del equipo y las tareas requeridas. Una orden de trabajo debería contener la siguiente información, como mínimo:

- ✓ Fecha y nombre de la planta o sector de la misma, donde el equipo se encuentra instalado
- ✓ Nombre de la persona que emite la orden.
- ✓ Nombre que identifica al equipo que debe intervenir.
- ✓ Razón por la que se requiere la intervención.
- ✓ Nivel de urgencia de la tarea requerida o fecha de realización.
- ✓ Cuando sea pertinente, indicar si la tarea requiere de planta detenida.

El valor agregado

Este es un concepto o disciplina primordial que debe utilizar el emisor, al confeccionar una orden de trabajo. Consiste en agregar toda información que facilite:

- ✓ La fijación del nivel de urgencia o prioridad.
- ✓ La búsqueda de la causa de la falla, si aún es desconocida.
- ✓ La ejecución de la tarea reparativa.
- ✓ La determinación de las prevenciones de SS y MA, que deben adoptarse.
- ✓ La mejor oportunidad para realizar la tarea.
- ✓ La planificación y programación de las tareas.

Diagnóstico de falla

Para lograr agregar valor a una orden de trabajo, antes de su emisión, el emisor debe realizar un "diagnóstico de falla", que puede ser desde muy simple hasta un diagnóstico avanzado. De este análisis se espera:

- ✓ Determinar qué causa activa o dispara la falla.
- ✓ Identificar los síntomas observados.
- ✓ Determinar las acciones para eliminar los riesgos, de SS y MA.
- ✓ Obtener información completa sobre la causa y las posibles acciones correctivas.

Cuando se realiza este diagnóstico, además de las observaciones directas en el equipo, si es necesario, deben verificarse los parámetros del proceso.

De este primer diagnóstico, simple, de fallas puede surgir que:

- ✓ La causa es algo obvio. En este caso la misma persona puede corregir el problema o requerir al operador del área que lo haga.
- ✓ El diagnóstico de falla no ha permitido determinar la causa u obtener información suficiente. En este caso es conveniente pasar a un diagnóstico avanzado de la falla, antes de emitir la orden de trabajo.
- ✓ Si la información es suficiente, se procederá a emitir la orden de trabajo.

El diagnóstico avanzado de la falla es similar al anterior, más profundo y se recurre a personas más conocedoras de la operación o proceso involucrados o a expertos en los fenómenos que rigen el funcionamiento del equipo que está fallando. Si es necesario se determina qué otros parámetros deben medirse; se realizan las mediciones y se analizan los resultados.

Si este diagnóstico avanzado resulta aún insuficiente, es muy posible que se haya alcanzado el umbral a partir del cual debe realizarse un análisis de causa raíz (RCA). El análisis de problemas y causa raíz son objeto del Tema 7.

La urgencia o prioridad

Habitualmente la urgencia o prioridad de las tareas de mantenimiento son las siguientes:

- ✓ Emergencia: son requerimientos de intervención de equipos, no programadas, debido a fallas muy serias, que afectan directamente a los factores SS y MA o

a la producción. También aplica a casos de factores externos que producen este tipo de situaciones. Las emergencias deben atenderse en forma rápida e inmediata, sin demoras en tramitaciones administrativas y superando a las prioridades de las tareas programadas. Esta condición de emergencia, debe aplicarse excepcionalmente y justificadamente, ya que implicará el quiebre de la programación normal de actividades y traerá aparejado costos mayores.

- ✓ Urgencia: son tareas cuya ejecución debe programarse, con la mayor prioridad. Habitualmente se admite que una tarea urgente debe realizarse en un plazo determinado muy breve, por ejemplo: en las próximas 24 hs. Esta condición aplica al caso de reparaciones que intentan evitar que se produzca una situación de "emergencia".
- ✓ Normal: esta es la condición de la mayoría de las órdenes de trabajo. Las tareas se realizarán programadamente. Si la tarea puede realizarse "en línea", es decir con la planta funcionando, normalmente se espera que ocurra en un plazo no mayor a una o dos semanas. Si para realizar la tarea se requiere detener la instalación, entonces se programará para la próxima parada de planta.
- ✓ Rutinaria: Este es el caso de tareas genéricas, que no afectan en forma directa a la actividad productiva y que se realizarán en un período muy largo, en forma cotidiana y con muy baja prioridad. Habitualmente tareas de salud de las instalaciones (pintura, reparaciones menores en edificios, caminos, etc.).

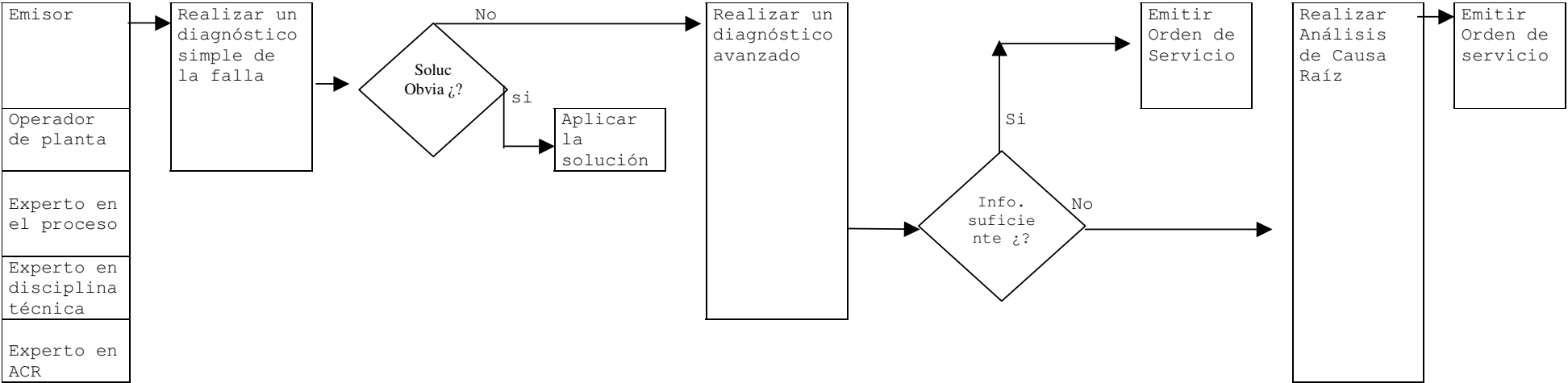
Flujo de trabajo

Hay varias formas de desarrollar el método mediante el cual se desarrollarán las tareas de gestión del Mantenimiento. Una de ellas es mediante diagrama de flujo de la gestión. También hay varios modelos de desarrollo de un diagrama de flujo. Pero una forma sencilla y muy efectiva es la siguiente:

Diagrama de flujo

Emisión de Ordenes de Trabajo con Valor Agregado
Actividades o etapas

Funciones	Diagnóstico inicial	Solución obvia ¿?	Aplicar Solución	Diagnóstico avanzado	Información suficiente ¿?	Emitir Orden de Servicio	Análisis Causa Raíz	Emitir Orden de Servicio
-----------	---------------------	-------------------	------------------	----------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------	--------------------------



Una vez que la orden de trabajo está correctamente emitida, con valor agregado suficiente, y establecido el nivel de prioridad, pasamos a la etapa siguiente que habitualmente es la planificación.

Planificación

Básicamente, la planificación consiste en preparar adecuadamente la ejecución de las tareas. Los siguientes conceptos deben desarrollarse en esta etapa:

Etapas de la planificación

- ✓ Desarrollo de las tareas:
 - Verificación que se ha agregado valor suficiente. Si esto no es así, puede devolverse la O. de T. al Emisor.
 - Luego se determinan las diferentes disciplinas técnicas que deben participar, asignando a cada una de ellas la parte que les corresponde y la oportunidad de su ejecución. En algunas empresas se desarrollan "hojas de ruta".
 - Esta es la actividad técnica más importante. Expertos o conocedores de las diversas disciplinas técnicas, analizan en detalle las actividades que deberán realizarse, desarrollando los siguientes pasos:
- ✓ Visita al lugar de ejecución de las tareas.
- ✓ Análisis de riesgos: seguridad personal y de las instalaciones, cuidado de la salud y del medio ambiente.
- ✓ Comprensión de los fenómenos técnicos involucrados en la falla.
- ✓ Soporte técnico adecuado a la ejecución; por ejemplo procedimientos de trabajo anteriormente preparados para esta reparación. En algunas empresas no se prosigue delante hasta que un procedimiento haya sido construido. En otras se establecen criterios para decidir si la tarea requiere de un procedimiento escrito, o no.
- ✓ Requerimientos de personal y de recursos materiales, insumos, repuestos, equipos auxiliares. Verificación que tales recursos están disponibles y emisión de los requerimiento de adquisición de los faltantes.
- ✓ Estimación de tiempos y costos.

Estimación de costos

Algunas veces, cuando una orden de trabajo implica la realización de muchas actividades o el uso de recursos importantes, previo a la liberación de la orden de trabajo para su programación y posterior ejecución, se realiza una estimación de costos. Esta estimación podrá servir para tomar la decisión final de ejecución de las tareas, o la búsqueda de otras soluciones.

La estimación de costos, habitualmente requiere de datos históricos de reparaciones similares realizadas o bases de datos con precios unitarios de recursos materiales y humanos. Si la reparación requerirá de una prestación de servicios por terceros, suele solicitarse estimaciones de costos a las compañías que pueden ofrecer el servicio.

Cumplida esta etapa, la siguiente será la programación; es decir la ubicación de la ejecución de las tareas, en el tiempo.

Programación

Esta actividad tiene un objetivo primordial: ordenar las tareas en forma de lograr el uso más eficiente de los recursos y determinar los plazos más cortos posible para la ejecución de las tareas.

En esta etapa, el programador verifica la priorización de las órdenes de trabajo y les asigna la oportunidad de su ejecución. Con frecuencia se utilizan programaciones por períodos, por ejemplo semanales. Pero las herramientas utilizadas para esta tarea permiten obtener listados diarios, dos o tres días siguientes, semanales, mensuales, etc.

La programación suele realizarse siguiendo metodologías tales como: diagramas de barras, Gantt, diagramas de red de tareas tipo nodos y flechas o tipo bloques vinculados. A su vez, estas metodologías suelen desarrollarse mediante herramientas informáticas, tales como Project, Primavera, etc.

Debemos distinguir los siguientes tipos más comunes de programación de actividades en el mantenimiento industrial:

1. Programación de actividades del día a día, normalmente vinculadas a órdenes de trabajo para reparaciones o PPM's. En estos programas, con frecuencia cada actividad o reparación está representada por una o unas pocas barras o tareas. Estos programas incluyen algunas decenas de tareas, que se realizarán en las próximas dos o tres semanas. Habitualmente las tareas no tienen precedencias ni restricciones importantes, salvo la disponibilidad de recursos. Habitualmente se presentan como diagramas de barras tipo Gantt. Estos programas son habitualmente preparados y actualizados semanalmente por el programador de mantenimiento.
2. Programación de una actividad, que por su complejidad requiere de una apertura en muchas tareas de diversas disciplinas y recursos no solo humanos sino también materiales, máquinas y equipos auxiliares. Este es el caso de reparaciones generales de equipos importantes: calderas, hornos, turbinas, compresores, reactores, motores eléctricos de mucha potencia, grandes intercambiadores, etc. o unidades funcionales completas: torres de enfriamiento de agua, plantas de tratamiento de agua para generación de vapor, servicios de purificación o acondicionamiento de efluentes industriales, etc. En estos casos se agregan tareas propias de los sectores productivos que deben preparar equipos e instalaciones, incluyendo desvinculaciones, vaciados, barridos, temperizado, etc. para permitir su intervención. También los programas parciales de contratistas que participen. Este tipo de programas con frecuencia superan el centenar de tareas y requieren del establecimiento de precedencias y restricciones. En este caso suele no ser suficiente con diagramas de barras y muchas veces se requiere el uso de redes, determinación del camino crítico y diagramas de carga de recursos y costos. En este caso el programador requerirá el soporte de los expertos en las diversas disciplinas y realizará actualizaciones diarias o con alguna frecuencia predeterminada.
3. Programación de paradas programadas de planta. Estos programas suman una gran cantidad de los dos tipos de programas mencionados anteriormente y se agregan además, tareas de proyectos de modificaciones destinadas a la ampliación de capacidad productiva o mejoras tecnológicas, etc. Con frecuencia se alcanzan varios cientos de tareas y, en algunos casos, miles. Como en el caso anterior, se requiere del establecimiento de redes de trabajo, precedencias, restricciones, hitos y la determinación del o de los caminos críticos y los diagramas de carga de los recursos y costos. Con mucha frecuencia la programación de paradas de planta exige de equipos de programación, integrados por diversas disciplinas y por programadores de las empresas prestadoras de servicios - contratistas - que participen de las actividades.

Diagramas de barras - Gantt

En los diagramas de barras, las actividades se representan mediante barras, habitualmente horizontales, cuya longitud se corresponde con su duración en el tiempo. Habitualmente el tiempo se representa en el eje "x", del diagrama, en tanto que las tareas se ordenan en filas horizontales, hacia abajo.

En este tipo de diagrama si se indican para cada tarea los recursos requeridos, mano de obra o costos estimados, sumando verticalmente es posible determinar la carga de recursos o costos, en el tiempo. Si la carga es poco uniforme e implica períodos con excesiva carga y otros con muy poca, permite reordenar las actividades en modo de lograr un aprovechamiento más uniforme de los recursos.

Diagramas de red - CPM - AND - PERT

Los diagramas de red permiten determinar el "camino crítico" y también realizar la simulación de alternativas que mejoren los tiempos de ejecución. Si se incorporan los recursos, mano de obra y costos estimados, es posible también elaborar diagramas de carga y replantear la distribución de tareas en el tiempo, para un mejor aprovechamiento de los recursos y/o disminución de los costos.

Etapas de la programación

La programación de tareas transcurre en etapas bien definidas:

- **Preparación:** en esta etapa el programador recibe de las diferentes disciplinas que participan un detalle de las tareas a realizar. Se asegura alcanzar un óptimo nivel de detalle. Ni tan detallado que resulte excesivamente laborioso ni tan escueto que impida el análisis apropiado de la utilización de los recursos, para su optimización.
- **Elaboración:** aquí se establecerán las duraciones, vinculaciones entre tareas (precedencias), restricciones, hitos, vinculaciones entre segmentos o proyectos. Dependiendo del grado de complejidad de las tareas, se requerirá también la participación de los expertos en las disciplinas intervinientes. Con esta información será posible construir la red del programa.
- **Simulación:** ahora se analizan diferentes opciones de distribución en el tiempo, de las tareas y los recursos necesarios, hasta encontrar el programa que optimiza tiempos y costos. Cada opción deberá ser analizada en conjunto con los expertos para asegurarse de la viabilidad del programa obtenido.
- **Proceso:** una vez que comienza la ejecución de las tareas, será necesario, con alguna frecuencia pre-establecida, verificar los avances de las tareas y la actualización del programa para adaptarlo a los cambios que sean necesarios. Esta actualización se realiza con la información obtenida de los diversos líderes de equipos de trabajo. En las programaciones tipo 2 y 3, suelen establecerse reuniones de trabajo en equipo, para recabar la información que permite actualizar la programación y también analizar las acciones requeridas para corregir los desvíos.

Técnicas de construcción de programas

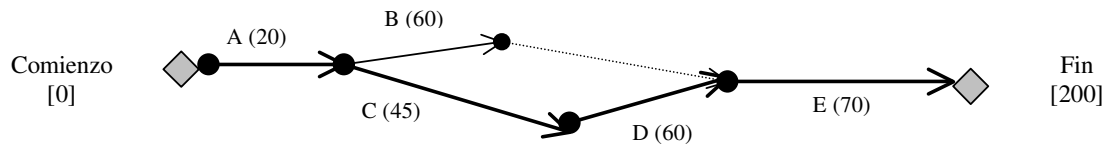
Diagrama de Gantt:

El siguiente es un modelo simple de un diagrama de barras o de Gantt.

N° Tarea	Descripción	Precede	Tiempo estimado (días)	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Comienzo del Programa		0	15/05							
2	Tarea A	1	20								
3	Tarea B	2	65								
4	Tarea C	2	45								
5	Tarea D	3 y 4	60								
6	Tarea E	5	70								
7	Fin del Programa	6	0							5/12	

Diagrama de red:

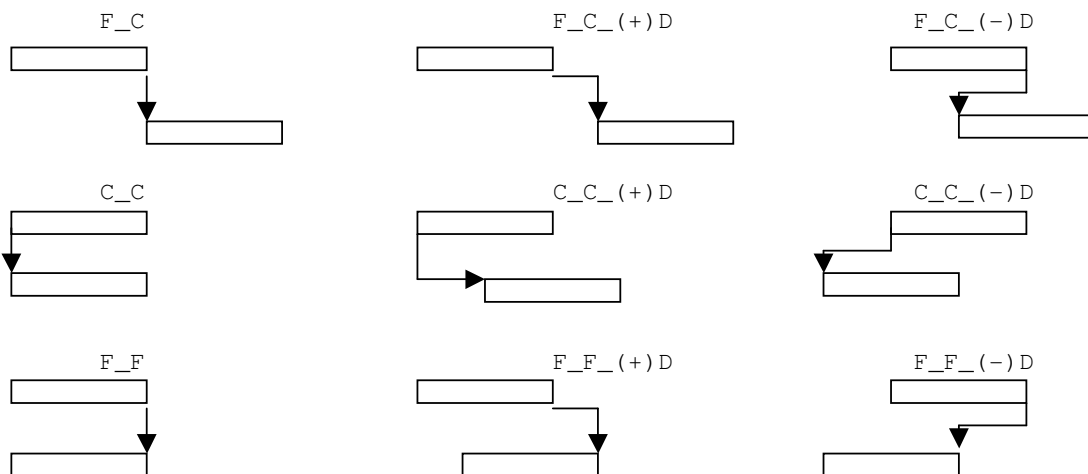
El siguiente es el mismo programa con formato de red:



(camino crítico en **negrita**)

Tipos de Precedencias:

Los diferentes tipos de precedencias se describen indicando la vinculación entre el Fin (F) y el Comienzo (C) de cada tarea, pudiendo indicarse la existencia de algún desplazamiento entre ellas:



También es posible establecer precedencias combinadas; por ejemplo: C_C + F_F con o sin desplazamientos.

Tipos de Restricciones:

Normalmente las tareas, se vinculan entre sí sobre la base que cada una de ellas podrá realizarse tan pronto se ha cumplido la condición establecida en la precedencia. Esto se expresa indicando que la tarea podrá comenzar "tan pronto como sea posible" (ASAP).

Sin embargo en algunas situaciones es necesario agregar restricciones que imponen condicionamientos externos, no vinculados a otras tareas del programa.

Los tipos comúnmente utilizados son los siguientes:

- "Comenzar no antes de" (una fecha determinada).
- "Comenzar no después de" (una fecha determinada).
- "Finalizar no antes de" (una fecha determinada).
- "Finalizar no después de" (una fecha determinada).
- "Comenzar el" (una fecha determinada).
- "Finalizar el" (una fecha determinada).

La duración de las tareas:

La duración de las tareas de un programa son habitualmente determinadas sobre la base de la información suministrada por el planificador. Esta información está soportada por el historial de reparaciones anteriores y la realización de tareas similares. También por el conocimiento y la experiencia del planificador o de algún experto en la disciplina técnica correspondiente.

Sin embargo el programador tiene herramientas adicionales que puede emplear. Una técnica algunas veces aplicada es considerar la duración más probable como el promedio ponderado de la duración normal - suministrada por el planificador - la que se lograría si se dieran condiciones óptimas y la duración pesimista, es decir, en las peores condiciones.

Resulta entonces que la duración más probable puede determinarse con la siguiente ecuación:

$$D_{MP} = \alpha * D_O + \beta * D_N + \gamma * D_P ; \text{ en la que:}$$

D_{MP} = Duración más probable;

D_O = Duración optimista (todo sale muy bien);

D_N = Duración normal

D_P = Duración pesimista (todo sale muy mal);

α , β y γ = son los factores de ponderación del nivel de confianza de cada uno de cada una de las duraciones. La suma de los factores deberá ser igual a 1:

$$\alpha + \beta + \gamma = 1$$

De esta forma se reduce, en cierta medida, el factor de subjetividad en la determinación de las duraciones estimadas.

TEMA 4 - LA EJECUCIÓN DE LAS TAREAS

Cumplidas las etapas de planificación y programación de las Ordenes de Trabajo, estamos en condiciones de comenzar la ejecución de las tareas. Aquí tenemos dos actores principales: el operador de la planta que debe entregar el equipo en condiciones de ser intervenido y el operador o equipo de mantenimiento que debe realizar la tarea, establecida en la orden de trabajo, con la planificación (paquete de trabajo) agregada y en las oportunidades establecidas en el programa.

Flujo de las tareas

Las actividades fluyen de la siguiente manera:

1. El equipo o el operador de mantenimiento, analiza el contenido del paquete de trabajo. Una vez que ha comprendido el alcance de la tarea, solicita al operador la disponibilidad del equipo a intervenir.
2. El operador del área desvincula al equipo del proceso.
3. Luego verifica las condiciones del equipo o instalación, incluyendo su visualización en campo. Si fuera necesario, realiza controles de:
 - Presencia de gases explosivos o combustibles.
 - Atmósfera sea respirable.
 - Equipos des-energizados.
 - Limpieza y eliminación de fluidos propios del proceso.
 - Temperatura.
4. Emite el o los permisos de trabajo necesarios:
 - En todos los casos habrá un permiso de trabajo seguro, que es el permiso básico para todo tipo de tareas dentro de las instalaciones industriales; cuando sea necesario agregará permisos especiales para:
 - Trabajos con fuego o en caliente.
 - Trabajos eléctricos.
 - Trabajos en altura.
 - Ingreso a espacios confinados o recipientes cerrados.
 - Excavaciones.
 - Trabajos que involucran radiaciones.
 - Trabajos que involucran presencia de agentes químicos.
 - Otros.
5. El equipo o el operador de mantenimiento realiza ahora un análisis de los riesgos de la tarea, en base de la información recibida en el paquete de trabajo; en el / los permisos de trabajo; condiciones climáticas y a su experiencia personal sobre los riesgos inherentes al trabajo a ejecutar.
6. Evaluado los riesgos adopta las medidas de prevención para evitar tales riesgos. Considerará los siguientes aspectos:
 - Equipos de protección personal (EPP). Estos equipos son básicos y habitualmente aplican a todas las tareas dentro del área de proceso (casco, anteojos, protección auditiva, zapatos de seguridad, ropa anti-fuego, guantes). A estas protecciones agrega las requeridas para:
 - Arnés de seguridad para trabajos en altura.
 - Trabajos con fuego o en caliente.
 - Uso de equipos de soldadura por arco eléctrico.
 - Señalizaciones para prevenir o impedir el paso por sectores cercanos.
 - Vallados para excavaciones.
 - Uso de equipos de aire asistido para ingreso a recipientes cerrados o espacios confinados.
 - Bloqueos mediante tarjetas o candados, para impedir el accionamiento de los equipos.
 - Ropa impermeable adecuada al uso o presencia de agentes químicos.
 - Otros.
7. Estudia el o los procedimientos de trabajo, para asegurarse de la correcta comprensión de los aspectos técnicos y prepara las herramientas, materiales, insumos y repuestos.
8. Verifica que las condiciones sean adecuadas al trabajo.

9. Ejecuta la tarea.
10. Terminadas las tareas, procede a la limpieza del sector, retiro de las señalizaciones, equipos auxiliares, vallados, bloqueos de seguridad, etc. y a la entrega del equipo, al operador de planta, para el reinicio de la operación.
11. El operador verifica la correcta entrega del equipo y procede al reinicio de la operación.
12. El operador de mantenimiento de operaciones proceden al cierre del o de los permisos de trabajo.
13. El operador de mantenimiento procede al cierre de la orden de trabajo, incluyendo su reporte técnico y retro-alimentación a la planificación y programación.