

## LA LOGISTICA DE PRODUCCION

### MANTENIMIENTO

Entre las actividades logísticas de Producción, se encuentran la cadena de *suministros* o *abastecimiento*, *mantenimiento*, *servicios de planta* y *seguridad industrial*, las que junto con nociones sobre la *gestión ambiental*, iremos viendo en sucesivos trabajos preparados por el cuerpo docente.

¿Serán importantes las decisiones y acciones de las que se ocupará la logística?

Para hacernos una idea aproximada de la importancia de estas actividades analicemos brevemente la siguiente situación:

Durante el próximo mes de enero se disputará en la ciudad de Buenos Aires, una de las competencias correspondientes al campeonato mundial de Fórmula 1.

Comencemos por **mantenimiento**. En primer lugar debemos definir **qué** cosa vamos a mantener.

¿Serán los motores de los autos? ¿Serán los autos en toda su extensión? ¿Será la pista sobre la que correrán los vehículos? ¿O serán los boxes, los servicios sanitarios para el público, las graderías, etc. lo que será motivo del mantenimiento?

En segundo lugar preguntaremos el mantenimiento? ¿lo haremos nosotros mismos? **¿con qué sistema o metodología?**

¿Si nos abocamos a los **servicios de planta**, a **qué** nos estamos refiriendo en el caso planteado de la competencia automovilística?

¿Será al sistema de iluminación dentro de las cabinas de transmisión, o a la instalación del aire comprimido en los boxes, o a la fuerza motriz necesaria para impulsar las bombas de carga de combustible?

¿Si hablamos de **seguridad industrial**, a **qué** aspectos nos estamos refiriendo?

¿Será a la seguridad que deben contar los pilotos en la pista, o a la correspondiente al público, o será la que deben contar los auxiliares de pista?

Con relación al **abastecimiento**, ¿cuáles de sus diferentes sujetos y aspectos serán importantes?

¿Será importante contar con una adecuada provisión de lubricantes, neumáticos y repuestos para los autos? ¿Quién los proveerá? ¿Cómo aseguraremos su llegada en condiciones de calidad y de cantidad necesarias?

Por último, con referencia a **gestión ambiental**, la competencia en sí

misma ¿ocasiona o no un impacto ambiental negativo?

Estos son algunos de los interrogantes que el organizador de la competencia se deberá plantear y resolver adecuadamente, si desea que su realización sea exitosa.

## **MANTENIMIENTO.**

El sector **Mantenimiento** generalmente se incluye en las organizaciones, dentro de la función denominada **Ingeniería de Planta**, siendo en muchos casos, su actividad excluyente. En algunas organizaciones, la función de Ingeniería de Planta se llama Intendencia.

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de **confiabilidad** en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones, etc.

Si bien Uds. pueden tener un concepto bastante claro de lo que expresa confiabilidad, diremos que es la probabilidad de que un producto se desempeñe del modo que se había propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones especificadas de operación.

Si este criterio lo aplicamos a los productos que sólo se usan una vez, puede darnos una idea relativamente falsa de su significado.

Un ejemplo típico es la confiabilidad de un clavo. Al usarlo, el clavo puede funcionar correctamente o, doblarse y en este último caso, no sería “confiable”. Por ello, normalmente su significado se aplica a conjuntos de piezas o sistemas, formados por un ensamble serie/paralelo en el que individualmente, cada pieza, posee su propia confiabilidad y el ensamble, una diferente, según cómo se encuentre formado dicho ensamble.

Veremos que la confiabilidad de un sistema complejo, compuesto por un ensamble de piezas, puede llegar a ser muy mala a pesar de una no muy mala confiabilidad individual. Esto es tanto más cierto cuanto mayor sea la variabilidad del desempeño de cada uno de los componentes del sistema y su grado de dependencia o independencia. Es particularmente cierto cuando es la mano de obra uno de los componentes. En efecto, si no llevamos a cabo una actividad de mejora y de control será muy difícil obtener confiabilidades resultantes elevadas. También es cierto que es a través de esta actividad de mejora donde se puede lograr la diferencia entre un buen y un mal servicio como producto.

Las actividades de mantenimiento pueden ser realizadas según diferentes sistemas, que luego trataremos, y que se aplican según las características de los bienes y según diversos criterios de gestión.

¿Sobre qué se aplican las tareas de mantenimiento?

Las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas, móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

Alcanza a máquinas, herramientas aparatos e instrumentos, a equipo producción, a los edificios y todas sus instalaciones auxiliares como agua potable, desagües, agua para el proceso, agua para incendios, pozos de agua y sistemas de bombeo, agua caliente y vapor con sus correspondientes generadores como calderas, intercambiadores de calor, instalaciones eléctricas monofásica y de fuerza motriz, pararrayos, balizamiento, instalación de aire comprimido, de combustibles, sistemas de aire acondicionado y de telefonía, equipos, aparatos y muebles de oficina, jardinería y rodados.

¿Qué se busca obtener con un buen mantenimiento?

Se busca:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar daños ambientales.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Lograr un uso eficiente o racional de la energía.
- Alcanzar o prolongar las funciones y la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar las funciones y la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

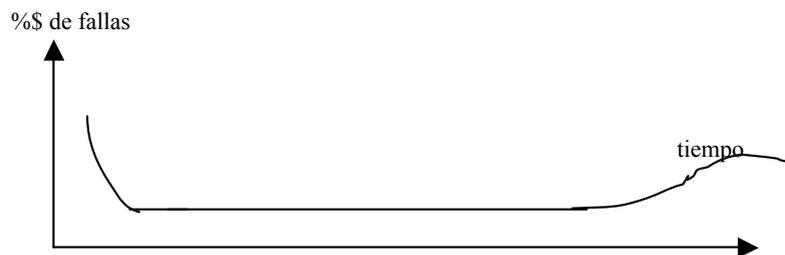
Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que o darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. En el ejemplo del clavo, si el mismo se dobla o se rompe al tratar de hincarlo golpeando adecuadamente con el martillo, habrá fallado. Sin embargo aparecen situaciones diferentes a este ejemplo, como el caso de una heladera hogareña que deja de funcionar o el caso de un automóvil en el que si bien no deja de marchar su motor, no funciona el indicador de combustible, o funciona mal en forma intermitente su limpiaparabrisas. Falló o no falló el producto en estos casos?

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se de rompe o falla con el correr del tiempo. Puede ser a corto plazo o a muy largo plazo.

El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes, evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

Por ejemplo, la pintura de un edificio va perdiendo su color, uniformidad o se resquebraja; el escurrimiento de agua por un canal pierde su eficiencia al existir fisuras o grietas en el revestimiento; el pasaje de agua por dentro de los tubos de una caldera o de un intercambiador de calor se ve obstaculizado por la presencia de incrustaciones en las cañerías; el aceite lubricante de un mecanismo cualquiera se va degradando por el uso o por el tiempo, etc.

En otro tipo de bienes, el deterioro se acentúa principalmente por su uso, como es el caso de todas las piezas móviles de una maquinaria o instalación.



No todos los sistemas presentan la etapa de mortalidad infantil, pero sí mayoría. Entre los que presentan esta etapa existen aquellos en donde la tasa de falla es alta y otros en los que la tasa es pequeña.

Tal como observamos en el gráfico anterior, las fallas se presentan en mayor medida al principio de la **vida útil** para luego estabilizarse durante un tiempo relativamente largo, en un valor que depende del tipo y características del bien, para luego comenzar a ascender, lo cual marca en general, el límite de la vida útil de ese bien.

Este tipo de gráfico se conoce con el nombre de *curva bañera* por analogía con la forma del artefacto sanitario.

Según el momento de la vida útil en el que aparecen las fallas, podemos clasificarlas en:

- *fallas tempranas*: correspondientes al período de mortalidad infantil, ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje. Se presentan normalmente en forma repentina y pueden causar graves daños (circuito electrónico con soldaduras frías, pieza de sección resistente menor a la necesaria para soportar un esfuerzo, rueda de un automóvil nuevo sin las tuercas correspondientes, etc.). Actualmente y gracias a los criterios de calidad total, este tipo de fallas se encuentra en franca regresión.
- *fallas adultas*: son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).
- *fallas tardías*: representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en

forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara incandescente, etc.).

Algunas ~~fallas~~ *fallas*, o *avisan poco* antes de su producción, por ejemplo, al encender una lámpara incandescente ésta sufre la rotura del filamento y no se logra su encendido; una correa dentada de transmisión de un motor de automóvil, que no se encuentra a la vista, funciona correctamente hasta que arriba a su rotura.

Otros tipos de fallas dan indicios con bastante producción, como es el caso del filo de una herramienta de corte el cual se mantiene en buenas condiciones durante un tiempo, luego el mismo se va perdiendo paulatina y continuamente, hasta llegar a límites inaceptables para el producto, o como el caso de una correa de transmisión de una máquina de carpintería, la cual comienza a deshilacharse y a producir un golpeteo previo a su rotura.

## LA EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO

Veamos algunas características del servicio de mantenimiento que llevan a que el mismo sea considerado *efectivo*.

Hemos dicho que la confiabilidad o fiabilidad es la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones).

En la práctica, la fiabilidad está medida como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallas consecutivas (TMEF).

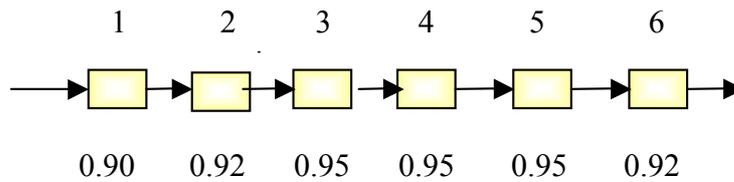
Un sistema, dispositivo, máquina o equipo, resulta confiable, a medida que dicho tiempo TMEF sea mayor.

La confiabilidad de un equipo, máquina o instalación, de construcción simple o que posee pocos componentes en serie, resulta mayor que la de una instalación compleja con muchos componentes en serie. Recordemos que en una sucesión de procesos en línea, cuando se detiene uno de ellos, se detiene toda la línea.

En caso de que una máquina posea dos componentes que actúan en continuación de otro, es decir sólo dos elementos en serie, y que la confiabilidad de cada uno sea del 90%, tendremos una confiabilidad conjunta de:  $0,90 \times 0,90 = 0,81$  o expresado porcentualmente, del **81%**.

Observemos que **la confiabilidad del sistema, resulta menor que la confiabilidad de los componentes**

Si con igual confiabilidad individual, la máquina posee tres componentes en serie, la confiabilidad conjunta de la máquina, disminuiría al **65,61%**, producto de 0,90 elevado a la cuarta potencia, o bien,  $0,90 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,90$  (o  $0,90^4$ )



Una máquina posee 6 secciones operativas e confiabilidades individuales las siguientes:

SECCIONES						
	1	2	3	4	5	6
CONFIABILIDAD	0,90	0,92	0,95	0,95	0,95	0,92

¿Cuál será la confiabilidad de la máquina?

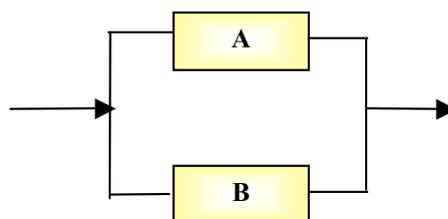
Una forma evidente de aumentar la confiabilidad es aumentar la confiabilidad de cada uno de sus componentes.

Otras formas son: mejorar las condiciones de trabajo, mantenimiento prevencionista (mantenimiento preventivo) a los elementos críticos, poseer equipos de reserva o en stand-by, etc.

También interesa disminuir la gravedad de las fallas, lo cual lleva a que el bien aumente en alguna medida su confiabilidad, dado que en muchos casos, al ser menos grave la falla, es menor en magnitud o extensión.

Asimismo, la confiabilidad se verá tanto más facilitada o mejorada medida que su diseño permita un mejor servicio de mantenimiento y/o que su diseño haya sido previsto con criterio **redundante**, es decir, con vías de funcionamiento alternativas, por ejemplo, un segundo circuito de frenos de un automóvil. También mejora la confiabilidad el **diseño libre de mantenimiento**, como por ejemplo, las baterías de los vehículos concebidas como sin mantenimiento o con bajo mantenimiento.

El criterio de redundancia se logra con elementos alternativos colocados en paralelo y que actúan en los casos en que los elementos básicos previstos, entran en falla y no pueden sostener un adecuado funcionamiento. Véase el siguiente croquis:



Suponga que el sistema funciona a través de la rama del componente (el componente B, que es idéntico al A, no funciona) y que sus confiabilidades individuales son del 80%. ¿Cuál será la confiabilidad del sistema?

Cuando funciona sólo con A, (es como si B no existiera), la confiabilidad es del 80% y se corresponde con la probabilidad de que este primer componente funcione. Cuando consideramos la probabilidad conjunta sobre A + B, estamos considerando el conjunto formado por la **unión** de A y B, menos su intersección como en el álgebra Booleana.

Una forma sencilla de determinar esta confiabilidad es, la confiabilidad absoluta (100%), la probabilidad de que A y B fallen al mismo tiempo. En nuestro ejemplo, tendríamos:

$$1 - (0,20 \times 0,20) = 0,96 \text{ o } 96\%$$

Observemos ahora **que la confiabilidad del sistema resulta mayor que las de los componentes individuales.**

La medida de la facilidad con que se puede realizar el mantenimiento de un bien, da origen al vocablo ***mantenibilidad***, atributo que se expresa en términos de frecuencia, de duración o de costos de mantenimiento.

**Costos de mantenimiento** es señalar que el caso del mantenimiento es semejante en muchos aspectos, al de la calidad y al de la seguridad. Normalmente se dispone de un presupuesto anual destinado a mantenimiento, sobre el que frecuentemente se echa mano para destinarlo a otros gastos considerados como prioritarios. Como consecuencia, las partidas destinadas al mantenimiento no alcanzan para alimentar un sistema de producción de una organización en marcha y que aspire a convertirse en un productor de clase mundial.

Cuando una empresa está operando normalmente, los desvíos de fondos destinados a mantenimiento suelen ser escasos. En cambio, en situaciones de crisis, las empresas dejan, entre otras cosas, de invertir en mantenimiento y/o de abonar seguros.

En esos casos, si la situación se prolonga un tiempo suficiente, los bienes llegan a un deterioro tal, que las posteriores inversiones en mantenimiento deberán ser exorbitantes y por ello, imposibles de realizar, amén de que muchos de los bienes pueden llegar a ser económicamente irrecuperables. Se entra así en un círculo vicioso que no hace otra cosa que profundizar el estado de crisis inicial.

Para operar un correcto servicio de mantenimiento, debemos tener en cuenta todos los costos asociados al servicio, esto es, por un lado, los costos que se evidencian a partir de la contabilidad como los correspondientes a los materiales o la mano de obra y, por otro lado, aquellos costos que no se registran en la contabilidad, tales como: el lucro cesante por paradas de máquinas o por disminución del ritmo de producción, el correspondiente a la pérdida de calidad de la producción, el que surge por la menor vida útil de los bienes, el del aumento del inventario en proceso y todos aquellos derivados de los accidentes.

Así, puede quedar ociosa la mano de obra directamente vinculada con el bien fuera de servicio; la producción de ese puesto se detiene y también puede ocurrir que se detenga la de los puestos sucesivos con posibilidad de falta de

abastecimiento de productos; existe posibilidad de pérdida de la producción en proceso; el costo de la reparación propiamente dicha (mano de obra, materiales y servicios) incluido en la pieza fallada y a veces, el costo de otras piezas dañadas por arrastre; la sobreabsorción de costos fabriles por unidad de producto; los costos de un eventual accidente a los operarios, etc.

Por ello, un criterio sano para una empresa de clas balancear adecuadamente los costos de mantenimiento y los correspondientes a las reales pérdidas de producción.

Otro de los parámetros que nos interesa conocer, es la *disponibilidad* que se tiene del equipo a mantener. Esta característica la podemos obtener como cociente entre el tiempo real que el bien se encuentra en condiciones de operación y el tiempo total en que el mismo debería estar disponible (tiempo programado). Como resulta obvio deducir, la disponibilidad es función de la frecuencia de las fallas y de su duración, asimilado al tiempo de reparación.

Puede obtenerse con la siguiente relación:

$$\text{Disponibilidad} = (\text{TP} - \text{TI}) / \text{TP}$$

Donde **TP**: es el tiempo programado de funcionamiento y

**TI**: es el tiempo de inactividad por falla.

También nos interesa conocer la *eficiencia* de un bien de producción. La eficiencia nos habla sobre el régimen de funcionamiento y la medimos como cociente entre el tiempo estándar para realizar una actividad y el tiempo real de la misma.

La *calidad* del servicio de mantenimiento es otra medida a tener en cuenta. La misma nos indica en qué medida el bien a mantener elabora los productos con la calidad especificada por el diseño.

Puede medirse por la siguiente relación:

$$\text{Tasa de calidad} = (\text{CP} - \text{D}) / \text{CP}$$

Donde: **CP** es la cantidad elaborada por el bien, y

**D** es la cantidad que presenta defectos.

En definitiva, el mantenimiento debiera ser *efectivo*, denominando así al servicio que combina disponibilidad, eficiencia, calidad y costos.

Resulta común definir una medida del desempeño de mediante el *índice o tasa de efectividad*, obtenida como el producto de las tasas de disponibilidad, eficiencia y calidad:

$$\text{Tasa de efectividad} = \text{disponibilidad} \times \text{eficiencia} \times \text{tasa de calidad}$$

*La prensa de mayor potencia de BALANCIN SRL, trabajó durante la semana pasada, 44 horas produciendo carcasas del motor M.A.S. 279. El ciclo de tiempo estándar para este producto, es de 12 minutos; el tiempo programado de trabajo era de 48 horas; la producción alcanzó a 216 carcasas, de las cuales 2 resultaron defectuosas por desgarro de la chapa en uno de sus ángulos.*

Vamos a obtener la tasa de efectividad de la prensa, la podemos observar, está influenciada por el mantenimiento a través de la disponibilidad.

La disponibilidad la obtendremos como:

$$\text{Disponibilidad} = 44 \text{ horas} / 48 \text{ horas} = \mathbf{0,9167}$$

Para determinar la eficiencia, debemos obtener el tiempo real unitario. Como en 44 horas la prensa produjo 216 unidades, el mismo será:

$$44 \times 60 \text{ minutos} / 216 \text{ unidades} = 12.22 \text{ min./u}$$

En consecuencia, la eficiencia será:

$$12 \text{ min/u} / 12.22 \text{ min/u} = \mathbf{0,982}$$

En cuanto a la tasa de calidad, tendremos:

$$\text{Tasa de calidad} = 216 - 2 / 216 = \mathbf{0,9907}$$

En consecuencia, la tasa de efectividad la obtenemos como:

$$\mathbf{\text{Tasa de efectividad}} = 0,9167 \times 0,982 \times 0,9907 = \mathbf{0,8918}$$

Es decir, la efectividad de la prensa es del 89,18%, valor ciertamente muy bueno en comparación con los valores usuales obtenidos en la industria. Este resultado tan alto se debe principalmente a la alta tasa de calidad del ejemplo.

## **LA FORMA DE SOBREVENIR LA FALLA DE LOS BIENES.**

Cuando adquirimos un automóvil manual del fabricante nos indica cambiar ciertos aceites y ciertas grasas, a intervalos variados, generalmente relacionados estos últimos con el kilometraje recorrido por el vehículo. En este caso, resulta evidente que las fallas que podrían sobrevenir por causa de una mala condición de los lubricantes, se encuentran directamente asociadas al recorrido o marcha del auto, aunque, en este caso, puede también ser importante, el tiempo que ha transcurrido desde el último cambio.

Si por ejemplo el aceite del cárter debe ser reemplazado cada 1000 km., podría considerarse que este aceite debe ser cambiado en forma periódica y próximo a un intervalo regular de tiempo como podría ser, cambiarlo cada 6 meses.

Esto equivale a decir, que el fabricante del aceite, estima que ese tipo de lubricante, empleado para el tipo de motor en cuestión, podría fallar en promedio en

sus características, cada 10000 km.

Igual temperamento se podría aplicar a una lámpara de bajo con para la cual el fabricante establece una duración determinada, medida en horas de encendido.

Los bienes relativamente simples como los precitados, tenderán a fallar o a descomponerse, a intervalos casi constantes luego de la última reparación o cambio, es decir, el tiempo entre fallas posee escasa variabilidad.

Por ejemplo, un rodamiento a bolillas de un tipo determinado, alcanza una vida útil medida en millones de giros del rodamiento o en miles de horas en servicio.

Los rodamientos son un muy claro ejemplo en el que los fabricantes han estudiado las técnicas de reemplazo, definiendo términos sumamente específicos sobre diversas acepciones de la vida de los mismos. Ello no impide que puedan efectuarse mediciones ad-hoc, con adecuado instrumental, para determinar la prestación real del rodamiento en operación y en su caso, establecer la necesidad anticipada de un cambio del mismo o el conservarlo en funcionamiento, aún después de la vida útil sugerida por el fabricante.

Los bienes más complejos, con muchos componentes, distribución de tiempos de fallas que mostrarán desde una baja hasta una muy alta variabilidad, según sea la complejidad y la minuciosidad de los grados de ajuste en las tareas de mantenimiento.

Por ello, luego de una reparación por falla, este tipo de bienes pueden caer en falla en muy breve tiempo, o por lo contrario, funcionar un muy largo tiempo antes de volver a fallar.

Los tiempos de fallas se distribuyen según varios tipos de distribución estadística, como ser la normal, la exponencial negativa, la de Poisson, etc., predominando una de ellas según el tipo de bien y el momento de la vida total del bien que se trate.

## **LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO**

Los sistemas de mantenimiento han ido evolucionando con el tiempo hoy no pueden dejarse de lado en ninguna de sus variadas formas y versiones, si pretendemos una manufactura de clase mundial.

Probablemente, en los primeros tiempos del desarrollo de las industrias, las tareas de mantenimiento se hayan limitado a efectuar reparaciones o cambios de piezas luego de que éstas fallaran o, en algunos casos, a realizarlas poco antes de arribar a las mismas.

Actualmente existen variados sistemas para encarar el mantenimiento de las instalaciones en operación, algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir las fallas, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de las mismas haciéndolo tanto sobre los bienes, tal

como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de **simplicidad en el diseño**, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que trataremos son los siguientes:

- 1 – **Mantenimiento correctivo**
  - a- de emergencia
  - b- programado
- 2 - **Mantenimiento preventivo**
- 3 - **Mantenimiento predictivo**
- 4 - **Mantenimiento productivo total (TPM).**

Normalmente coexisten varios de ellos en una misma empresa; tratamos de elegir el sistema que más convenga según el tipo de bien a mantener, la política empresarial en esta materia, la organización del mantenimiento y la capacidad del personal y de los talleres, la intensidad de empleo de los bienes, el costo del servicio o las posibilidades de aplicación.

Como le resultará evidente, no todos los bienes a mantener mismo tipo. Así podemos discriminar entre:

- **críticos**
- **importantes**
- **comunes o sin importancia**

Esta clasificación está basada principalmente en las **consecuencias** que pueden acarrear las fallas que se produzcan sobre cada uno de ellos.

## **EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

*LA SANITARIA S.A. posee en su planta ~~Bandera~~ un calderero, dos calderas a gas para generar vapor destinado a distintos servicios logísticos en la producción de artefactos sanitarios de porcelana.*

*La nave industrial que mide 50 metros de ancho por 150 metros de largo posee una cubierta de chapas en regular estado de conservación.*

*Ayer, martes, ocurrieron dos hechos que fueron reportados a J. A. Reglo, Gerente de Ingeniería de Planta: uno de ellos fue, que la tormenta con granizo que cayera sobre la ciudad durante la tarde, provocó un agujero en una de las chapas, cerca del patio interior, lo que permitía el ingreso de agua de lluvia.*

*El otro hecho fue que se detectó una fuga de gas dentro de la sala calderas, probablemente proveniente de la cañería de alimentación que corre enterrada.*

**a- Mantenimiento correctivo de emergencia.**

Tanto este tipo de servicio, cuanto el correctivo programado sobre hechos ciertos y el mantenimiento consistirá en reparar la falla.

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

En el caso de LA SANITARIA, la detección de la compromete a la Gerencia a tomar la decisión de reparar la pérdida de gas, actuando ante una emergencia (generalmente **la detección** de un gas combustible, implica la existencia de una concentración peligrosa en el aire ambiente, la cual es explosiva).

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en un cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema, es que inmovilizado un capital importante invertido en piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante).

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

**b – Mantenimiento correctivo programado.**

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción.

En general, programamos la detención del equipo, hacerlo, vamos acumulando tareas a realizar sobre el mismo y programamos su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no

podríamos hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, aprovecharemos para las paradas, horas en contraturno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

Si bien muchas de las paradas son programadas, otras, son obli por la aparición de las fallas. Por ello, este sistema comparte casi las mismas desventajas o inconvenientes que el método anterior.

Para el caso del ejemplo, podemos diferir hasta el fin de sema horas diurnas, la reparación de la chapa perforada si las condiciones del tiempo permiten realizarla. Mientras tanto, debido a la zona en que ocurrió el hecho, probablemente no se haga más que trasladar los elementos que pudieran encontrarse cerca del patio interior y/o cubrirlos adecuadamente.

Si la acción de reparación no exige la conveniencia de em natural, como en el caso de la chapa, podemos programar la reparación a contraturno de las horas de trabajo de producción, evitando de ese modo, toda interferencia con las tareas de producción.

Los sistemas correctivos no aseguran una buena marcha de los bienes instalaciones y son por ello, poco confiables.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

*El Consorcio de la calle ~~La~~ <sup>Ca</sup>quaforte 6020, decidió que los servicios de desinfección a través de fumigación en los departamentos y pasillos y los de limpieza de tanques de agua, se realizaran el primero, cada tres meses y el segundo, cada seis meses. Ello fue motivado por un análisis de la situación sanitaria del edificio a lo largo de los últimos 5 años.*

¿Qué trata de efectuar el mantenimiento preventivo?

Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición fallas.

Evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no nos avisan *por algún medio*. Por ejemplo, una lámpara eléctrica debía durar 4000 horas de encendido y se quema cuando sólo se la había empleado 200 horas. Ningún indicio o *evidencia simple*, nos informó sobre la proximidad de la falla.

¿Cuál es entonces la base de información para un m preventivo?

La base de información surge de fuentes internas a la organización y de fuentes externas a ella.

***fuentes internas***: están constituidas por los registros o **historiales de reparaciones** existentes en la empresa, los cuales nos informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en nuestro poder. Se debe tener en cuenta que los bienes existentes tanto pudieron ser

adquiridos como nuevos (sin uso) o como usados.

Forman parte de las mismas fuentes de información los **archivos de los equipos e instalaciones** con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece, los **archivos de inventarios** de piezas y partes de repuesto (*spare parts*) y, por último, los **archivos del personal** disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.

Las **fuentes externas**: están constituidas por las recomendaciones sobre el mantenimiento, que efectúa el fabricante de cada bien.

Las **salidas del sistema**, están constituidas por los informes de:

- \* compras e inventario
- \* listado de partes de los equipos e instalaciones
- \* historiales
- \* de análisis de costos (costos reales contra los costos estándar)
- \* órdenes de trabajo de mantenimiento y de recorridas en sus diversos tipos.

En el caso de compra de bienes de cierta importancia, junto mismo, se recibe un manual de operación y mantenimiento. En dicho manual, se recomienda la realización de determinados trabajos de mantenimiento y determinados reemplazos de piezas y/o de materiales de consumo, especificándose la oportunidad de su ejecución sobre una base de tiempo de uso, tiempo desde la última intervención, número de golpes (caso de los telares, de una prensa, etc.), número de vueltas, kilómetros recorridos, cantidad de materia prima procesada, etc.

¿Porqué el fabricante puede formular esas recomendaciones?

Porque se basa en su **experiencia**, es decir, en el conocimiento que obtiene sobre los productos de su fabricación, por la práctica y por la observación a través de un tiempo prolongado.

En ambas fuentes de información se obtiene el conocimiento de la **vida útil** del bien.

Es justamente la definición de una vida útil para los bienes y sus componentes, lo que nos facilita encarar el mantenimiento del tipo preventivo.

Por otro lado, para los casos en que no disponemos de información sobre la historia o sobre la vida útil de un bien, la recorrida periódica de todos ellos y la confección de un programa de reparaciones anticipadas, nos permiten actuar antes que se produzcan muchas de las fallas.

En todos los casos, la prevención nos permite preparar el personal, los materiales a utilizar, las piezas a reponer y la metodología a seguir, lo

cual constituye una enorme ventaja.

La mayor ventaja de este sistema es la de reducir la cantidad de fallos por horas de marcha.

Las desventajas que presenta este sistema son:

\* **cambios innecesarios:** al alcanzarse la vida útil de un elemento, se procede a su cambio, encontrándose muchas veces, que el elemento que se cambia, permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desarmado, se observa la necesidad de “aprovechar” para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo costo es escaso frente al correspondiente de desarme y armado, en vista de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.

- **Problemas iniciales de operación:** cuando se desarma, se montan piezas nuevas, se rearma y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Muchas veces, esto es debido a que las ~~piezas~~ *piezas* como cuando se desgastaron en forma paulatina en una posición dada, otras veces, es debido a la aparición de fugas o pérdidas que antes de la reparación no existían, o a que no se advirtió que también se deberían haber cambiado piezas que se encontraban con pequeños desgastes, o a que durante el armado se modificaron posiciones de piezas que provocan vibraciones por desbalanceo de las partes rotantes.

- **Costo en inventarios:** el costo en inventarios sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- **Mano de obra:** se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de librar el equipo al servicio lo más rápidamente posible.
- **Mantenimiento no efectuado:** si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce un *degeneramiento* del servicio.

El planeamiento para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento
- Establecer la vida útil de los mismos
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

El agrupamiento aludido da origen a órdenes de trabajo, las que deben contener:

- Los trabajos a realizar
- la secuencia de esos trabajos
- la mano de obra estimada
- los materiales y repuestos a emplear
- los tiempos previstos para cada tarea
- las reglas de seguridad para cada operario en cada tarea
- la autorización explícita para realizar los trabajos, especialmente aquellos denominados “en caliente” como la soldadura.
- la descripción de cada trabajo con referencia explícita a los planos que sea necesario emplear.

Si optamos por este tipo de mantenimiento, debemos tener en cuenta que:

- Un bajo porcentual de mantenimiento, ocasionará muchas fallas y reparaciones y por lo tanto, sufriremos un elevado lucro cesante.
- Un alto porcentual de mantenimiento, ocasionará pocas fallas y reparaciones pero generará demasiados períodos de interferencia de labor entre Mantenimiento y Producción.

## **MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

*El nuevo encargado del consorcio de Acquaforte 6020, apoyó su mano sobre el motor de la bomba que alimenta a los tanques elevados de agua, y notó que estaba caliente; se preocupó. En stand by se encontraba la otra motobomba y entonces optó por parar la unidad que estaba en funcionamiento y hacer arrancar a la segunda unidad. Se quedó unos minutos cerca de las bombas y luego tocó la carcasa de este segundo motor; lo encontró frío. Entonces se retiró tranquilo, pensando en informar al administrador. Tenía el encargado los conocimientos necesarios como para detectar una anomalía?*

¿Poseía los sensores o instrumentos adecuados para ello?

¿Sabía interpretar los resultados que podrían haberse obtenido con los instrumentos de medición?

Podemos contestar sólo parcialmente a estos interrogantes, visto que no poseemos toda la información necesaria.

¿En qué se basa el mantenimiento predictivo?

La mayoría de las fallas se producen lentamente y previamente.

algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir *la tendencia a entrar en falla* de un bien, mediante el *monitoreo de condición*, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento, de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del bien en análisis. Aclaremos que muchas veces, las fallas no están vinculadas con la edad del bien.

En otras palabras, con este método, tratamos de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas.

¿Cómo?

A través de un diagnóstico que realizamos sobre la tendencia de una o varias características mensurables y su comparación con los valores establecidos como aceptables para dichas características.

¿Cuáles pueden ser esas características?

Por ejemplo, pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, la aislación eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. En otros casos puede ocurrir que seguimos el funcionamiento de un dispositivo, por ejemplo, un sistema de alarma que protege una función operativa; la misma puede simplemente “funcionar” o “no funcionar”, lo cual nos da una idea sobre cuál debiera ser el intervalo o la frecuencia de chequeo del dispositivo.

¿Cuáles son los aparatos e instrumentos a utilizar?

Son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico. Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonidos, cromatografía líquida y gaseosa, y otros métodos.

El seguimiento de estas características debe ser continuado, eligiendo la frecuencia adecuada y requiere un registro adecuado. Una de sus ventajas es que las mediciones se realizan con los equipos en marcha, por lo cual, en principio, el tiempo de paro de máquinas resulta menor.

¿Cómo nos damos cuenta que estamos próximos al desencadenamiento de una falla?

Si bien ésta es tarea para especialistas, podemos decir que, previo a la producción de una falla, la característica seguida se “dispara” de la evolución que venía llevando hasta ese momento y si nada hacemos, en un tiempo más o menos breve (según el tipo de bien), llegará al punto en el cual falla (*falla funcional*).

Justamente, la frecuencia de chequeo debe ser elegida y cumplida de tal modo, que el intervalo entre comprobaciones sea bastante menor que el tiempo

que transcurre entre la detección de la falla (*falla potencial*) y el punto de falla (*falla funcional*).

Además de la ventaja recién citada, el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento. Asimismo, con este sistema, generalmente se opera sobre los bienes mientras se encuentran en producción y sin moverlos de su emplazamiento (interrumpe muy poco la tarea de producción), permitiendo al mismo tiempo, aprovechar mejor la vida útil del bien

Como inconveniente, debemos citar que se requiere ingenio, capacitación y conocimientos, aparatos de medición y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

En algunos casos resulta ser más económico y el mantenimiento preventivo *a lo largo de la vida útil* del bien.

## **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL**

Este sistema caracterizado por ~~TPM~~ (*total productive maintenance*), coloca a todos los integrantes de la organización, en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes.

Centra entonces el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento a ser realizadas en pequeños grupos, mediante una conducción motivadora.

El TPM se explica por:

- Efectividad total a efectos de obtener la rentabilidad adecuada, teniendo en cuenta que ésta hace referencia a la producción, a la calidad, al costo, al tiempo de entrega, a la moral, a la seguridad, a la salubridad y al ambiente.
- Sistema de mantenimiento total consistente en la prevención del mantenimiento (diseño libre de mantenimiento al cual ya nos hemos referido) y en la mejora de la mantenibilidad.
- Intervención autónoma del personal en tareas de mantenimiento.
- Mejoramiento permanente de los procesos al mejorar el mantenimiento.

Una vez que los empleados se encuentran capacitados, se espera que se ocupen de las reparaciones básicas, de la limpieza del equipo a su cargo, de la lubricación (cambios de aceites y engrases), ajustes de piezas mecánicas, de la inspección y detección diaria de hechos anormales en el funcionamiento del equipo. Para ello, es necesario que hayan comprendido la forma de funcionamiento del equipo y puedan detectar las señales que anuncian

sobre la proximidad de llegada de las fallas.

El mantenimiento principal lo seguirán realizando los especialistas que poseen formación e instrumental adecuado.

Debemos tener en cuenta que tradicionalmente los especialistas dicen que los operarios de producción actúan incorrectamente sobre las máquinas y que por eso se rompen. Por su parte, la gente de producción expresa, que los de mantenimiento las reparan mal y que por ello las máquinas no aguantan. Para aumentar más esta antinomia, los operarios de mantenimiento ganan más que los de producción, razón por la cual estos últimos, al ocuparse de algunas tareas de los primeros, reivindican reclamos salariales.

Por estos motivos, la labor de motivación y adoctrinamiento de filosofía del trabajo resulta fundamental.

## **LA GESTION Y ORGANIZACION**

Las actividades de mantenimiento pueden organizarse y administrarse de formas variadas. Para todas ellas son aplicables las características que señalamos a continuación, con excepción del TPM la cual constituye una filosofía especial de mantenimiento y que debe incluirse en los planes de producción.

En primer lugar, debemos decidir si el mantenimiento se realizará con personal propio o mediante tercerización, teniendo en cuenta que aún en este último caso, existirá por lo general, algún tipo de personal propio para atender urgencias.

La organización también depende de las modalidades de operación de la empresa, trabajo en uno, dos o tres turnos. Las tareas que pueden ser programadas se efectúan en las horas no dedicadas a producción a efectos de evitar las interferencias; los grupos nocturnos constituyen servicios de guardia cuando se labora en horas de la noche además de poder atender trabajos programados, etc.

Si se desea una buena efectividad de los equipos, será conveniente disponer de algún exceso en la dotación y capacitar operarios polivalentes de modo de que los mismos puedan ser empleados tanto en producción como en mantenimiento.

Asimismo, es bastante común que se estructure una división de dotación según especialidades, por ejemplo, mecánica, electricidad, electrónica, instalaciones, civil, etc.

Por otra parte, dependiendo de la configuración física de la empresa puede existir un único taller de mantenimiento o bien, un taller central en el cual reside la parte más importante del servicio, y talleres zonales que se encargan de tareas más sencillas o rutinarias.

En todos los casos, el apoyo administrativo es un requisito valioso de modo que la gran cantidad de datos del sistema permita una búsqueda e información eficientes.

La documentación técnica correspondiente a los distintos bienes debe facilitar las tareas de mantenimiento y encontrarse perfectamente archivada y actualizada con las eventuales reformas o modificaciones que se le pudieran haber introducido. Estos bienes los identificamos a través de su código y los archivos deberán brindarnos datos como su denominación, fechas de compra e instalación, si es nacional o importado, marca, modelo, fabricante, distribuidor o representante, ubicación física, estado de conservación, grado de criticidad, características técnicas y expectativa de vida.

También se debe contar con archivos de mantenimiento, con indicación del tipo de mantenimiento que les corresponde, su frecuencia, tiempo estándar o predeterminado para su ejecución, método de la actividad, normas, criterios y roles de prevención de la seguridad, repuestos y materiales a emplear, herramientas e instrumentos, especialidades y dotación necesarias.

Entre los documentos empleados, se cuentan las órdenes de trabajo (similares a las vistas anteriormente) y las órdenes de recorrida; estas últimas se aplican para “recorrer” un sector definido de la planta o cierta clase de equipo, y realizar secuencialmente una serie de tareas de pequeña dimensión. Por ejemplo, una recorrida semanal podría consistir en la revisión de los niveles de aceite de los transformadores de alimentación; una mensual, regulación de los registros de ajuste de las protecciones eléctricas.

## **LA GESTION DE LOS MATERIALES Y REPUESTOS**

Si se trata del rubro repuestos, es conveniente tener en cuenta que cuando adquirimos un equipo nuevo, podemos solicitar al proveedor un listado de repuestos recomendados para emplear durante el primer o los dos primeros años de uso del equipo.

En general, los costos de los repuestos, suelen ser mucho más bajos que los adquiridos de este modo que cuando se solicita cotización sólo por ellos. Por otra parte, en esas condiciones, tenemos la seguridad de que los repuestos son piezas exactamente iguales a las que se encuentran montadas en el equipo.

*Una pieza de repuesto para la máquina, Protovac próxima a adquirir por la sociedad INVAC para su planta de Misiones, fue cotizada por el fabricante en \$220 por unidad, si se la compra junto con la máquina, en un lote de tres unidades que cubrirían la vida útil de la misma.*

*En otra planta, ubicada en la provincia de Tucumán, esa máquina similar para la cual esa pieza de repuesto se compra cuando se produce una rotura. El lucro cesante durante la parada de la máquina, es de \$1500 y el costo del repuesto es de \$500.*

*Si la probabilidad de sufrir 1, 2 o 3 fallas durante la vida útil, estimada en 1/3, ¿cuántas unidades del repuesto debieran ordenarse al comprar la máquina?*

Este problema se resuelve sobre la base del deno esperado. En este caso debemos hallar el valor esperado de los costos, afectados éstos por su respectiva probabilidad al comprar en un caso, una sola pieza, luego dos, luego tres, luego cuatro, etc. El menor costo esperado nos dará la solución al problema.

	NÚMERO DE FALLAS			COSTO ESPERADO
	1	2	3	
PROBABIL.	1/3	1/3	1/3	
1 PIEZA	220	220+2000	220+4000	2220
2 PIEZAS	440	440	440+2000	1106,7
3 PIEZAS	660	660	660	660
4 PIEZAS	880	880	880	880

El procedimiento es el siguiente: Si adquirimos una sola ocurre una sola falla, habremos invertido los \$220 del costo de la pieza. Al ocurrir la segunda falla, ya no tenemos más repuestos y debemos adquirirlo a un precio de \$500 y soportar un lucro cesante de \$1500, o sea, \$2000 y, en total habremos gastado los \$220 del repuesto inicial, más los \$500 del segundo repuesto, más los \$1500 del lucro cesante.

Para hallar el costo esperado procedemos a : probabilidad por cada costo, sumando los tres guarismos:

$$1/3 \times 220 + 1/3 \times 2200 + 1/3 \times 4220 = \$2220$$

El procedimiento continúa del mismo modo para dos, tres y cuatro unidades de repuesto.

Para el caso del ejemplo, puede demostrarse que compra piezas de repuesto junto con la máquina, minimizamos el costo esperado durante la vida útil de la misma.

En el caso de que los montos invertidos en repue elevados, tanto para equipos nuevos como usados, convendrá analizar separadamente cada caso.

La aplicación de la gráfica ABC resulta útil para discriminar, en este caso, sólo entre los materiales y repuestos clases A y B (20% de los ítems suelen representar el 80% del valor económico del inventario para la clase A y a la inversa para la clase B). Podemos en consecuencia, adquirir los materiales de

escaso valor, cubriendo períodos relativamente extensos de uso.

Para los casos en que los materiales y repuestos sean de consumo constante, podemos valernos de las técnicas de gestión de inventarios que veremos más adelante.

Si en cambio su consumo muestra una alta aleatoriedad, es en los momentos en que la demanda resulta muy baja o muy alta, debemos buscar ayuda en la estadística para gestionar adecuadamente los repuestos necesarios.

Más sencillamente se gestionan los materiales y podemos contabilizarlos como necesarios para los trabajos que se ejecutan durante las paradas programadas. Podemos comprarlos con la debida anticipación (justo a tiempo) de modo de minimizar el costo total, resultante del costo de mantener inventario, más el costo de ordenar el mismo.

Lo que no debemos perder de vista, es el grado de criticidad e importancia de los equipos a los cuales estarían destinados estos materiales y las consecuencias que genere una falla no reparada en tiempo.

## **EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

Las tareas de mantenimiento pueden ocupar a personal de diversas áreas, según la organización empresarial y según el tipo de bienes a mantener.

El mismo puede ser propio o ser contratado total o parcialmente con empresas especializadas mediante tercerización.

La empresa debe decidir si todas las tareas las realizará el sector mantenimiento o si, siguiendo la tendencia actual, se inclinará por el TPM en el que los operarios de producción realizan el mantenimiento liviano.

El personal interno puede tener su base de tareas en el único taller existente o bien en talleres zonales dependientes del primero, según tamaño, extensión, complejidad y localización de las áreas o bienes a mantener. En este último caso, intervendrá en las emergencias excepto imposibilidad técnico-operativa para ello.

Como ya se adelantara, en los casos de operación durante horas, debemos mantener una guardia nocturna para actuar ante emergencias.

Un buen servicio de mantenimiento debiera tener una parte de tiempo ocioso o en tareas de planeamiento del mantenimiento, o en tareas de producción, con el objetivo de disminuir los costos de parada dado que el servicio debe prestarse de inmediato, especialmente sobre los equipos críticos e importantes.

Ello resulta evidente en la siguiente situación:

*El taller de mecanizado LA MAQUINA S.A., posee varias máquinas que tienen igual distribución del tiempo medio de falla, es decir, tiempo medio*

*entre fallas semejante. Cuando una de estas máquinas se descompone, el personal la atiende en un tiempo determinado pero, si el mismo está atendiendo a otra máquina parada por falla con anterioridad, las sucesivas deberán integrar una cola de espera.*

Si se aumenta la dotación, se reducirán las demoras hasta un punto en que existirá un adecuado balance entre recursos y lucro cesante, resultando un costo total mínimo o cercano al mínimo.

Las instalaciones productoras de energía eléctrica, generalmente estudiadas, entre otros, con el objetivo de satisfacer de la mejor manera posible el flujo de los materiales y productos y poca atención se le presta o prestaba durante la fase de proyecto, a las tareas de mantenimiento, las que de por sí son muchas veces complejas y complicadas.

Con el paso del tiempo, las tareas se acomplejan y complican más a poco que tengamos en cuenta que un establecimiento con 15/20 años de explotación, rara vez es conservado en idénticas condiciones que las de diseño.

Así aparecen modificaciones por cambio de procesos, de tecnologías, de productos, de materias primas e insumos, de maquinarias, de metodología de trabajo, de distribución en planta, etc.

Como dichas modificaciones no son estudiadas en forma íntegra sino que sólo son adecuaciones del sistema de producción, las condiciones iniciales de mantenimiento, de por sí complejas, se agravan con los cambios que se van introduciendo y ya no aparece un lote compacto de unidades de producción que en su instalación inicial eran idénticas, por ejemplo: igual marca, modelo, tipo, diseño, potencia, velocidad, regulación, tamaño, lógica de operación, régimen de trabajo, accesorios, repuestos, proceso de armado y desarmado, etc., en definitiva, igual exigencia, secuencia, tipo y alcance de tarea de mantenimiento.

*Comenzamos hace 26 años en una zona de desgravación impositiva; pudimos equipar la planta con 12 compresores a pistón marca IRC todos del mismo tamaño y modelo, para producir frío para las cámaras. Enviamos 2 técnicos al extranjero para que se capacitaran en el mantenimiento de los compresores. Desde hace 8 años atrás estamos reemplazando los IRC, que ya no se fabrican más, por los que en cada caso nos parecen mejores si tenemos en cuenta el rendimiento frigorífico y el costo de compra.*

*Ahora tenemos: 2 IRC de los viejos, 3 marca FRIAR modelo BRR1, 1 de igual marca pero más grande, modelo BR4, 2 marca YELO y otros 3 marca O-FRI que estamos instalando.”*

El personal no siempre puede desmontar de la planta lo que debe reparar, llevarlo al taller y arreglarlo. En esas condiciones de trabajo, poseería sólo las complicaciones naturales que deben vencerse con el conocimiento que sobre la cosa a reparar disponga el equipo de trabajo.

En efecto, algunos arreglos deben ser hechos en el mismo lugar

producción, sobre la máquina o instalación a reparar – soportando las condiciones ambientales del lugar – y en otros casos, la tarea de desmontaje no resulta ni sencilla, ni cómoda, especialmente en los casos en que la disposición del lugar o la imposibilidad de aplicar ayudas mecánicas, no facilitan una solución menos penosa.

Tratándose de equipos críticos o importantes, o actuando en reparaciones de emergencia, *la presión del tiempo* se manifiesta claramente sobre el personal, debido a la necesidad de reponer en servicio las instalaciones en forma urgente.

Por último, el operario se debe posicionar muchas veces en posiciones incómodas, introducirse en espacios reducidos, realizar esfuerzos dinámicos importantes o estáticos de carga reducida o media pero que por su tipo, generan desfallecimiento muscular.

Debe trabajar a veces con piezas que se encuentran calientes, contienen fluidos a presión o no, que pierden fluidos; emplea otras veces, equipos de protección que si bien protegen, dificultan su actividad manual, visual o auditiva; debe actuar normalmente sobre zonas que no se encuentran limpias sino todo lo contrario; trabajar en altura; en lugares poco ventilados o la intemperie, etc.

Todo lo expuesto nos da una idea de la complejidad de las tareas de mantenimiento y de la atención que se les debe a las mismas.

## CONTROL DEL MANTENIMIENTO

Entre la información que debemos considerar a efectos de controlar la actuación de mantenimiento, se cuenta:

- Control del cumplimiento de los planes y de los programas, identificación y análisis de las causas que motivaron los desvíos.
- Control de la productividad y de la eficiencia de la mano de obra.
- Control de los gastos reales con relación a los planeados.
- Control sobre las horas de parada relacionadas con las horas de actividad de la planta.
- Control por comparación con indicadores mundiales de la misma actividad.

Varios gráficos pueden ser utilizados para visualizar rápidamente la actuación del mantenimiento:

- Horas de cuadrilla por quincena (gráfico 1). Nos permite determinar tamaño de la dotación, estabilidad, crecimiento o disminución de los problemas de mantenimiento.

- Horas planeadas/horas totales por quincena (gráfico 2) Nos sirve de guía para determinar cuánto trabajo de mantenimiento hemos planeado con relación a la actividad total.
- Gastos planeados/gastos reales (gráfico 3) En el mismo podemos observar la precisión con la cual están planeando los encargados de estimar los trabajos de mantenimiento, o lo mal que están cumpliendo sus funciones los operarios.
- Cantidad de órdenes de emergencia/órdenes totales (gráfico 4). Nos informa si tenemos dominada la situación o si la misma es de constante estado de alerta.

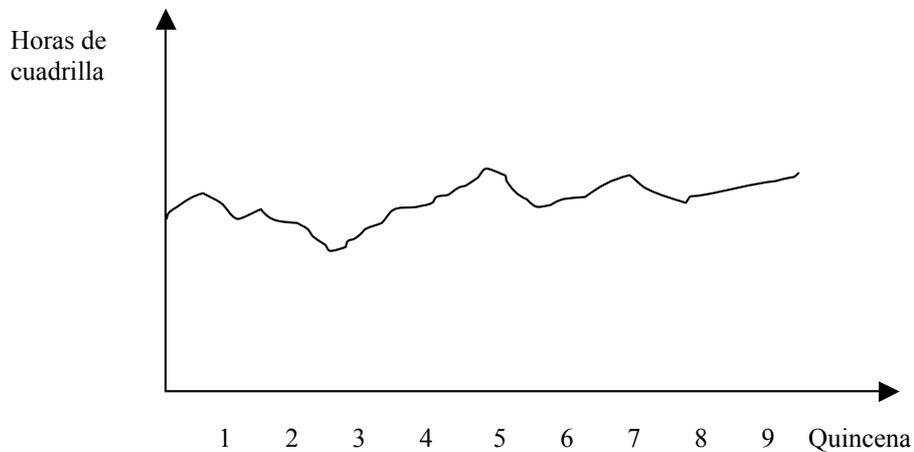


GRÁFICO 1

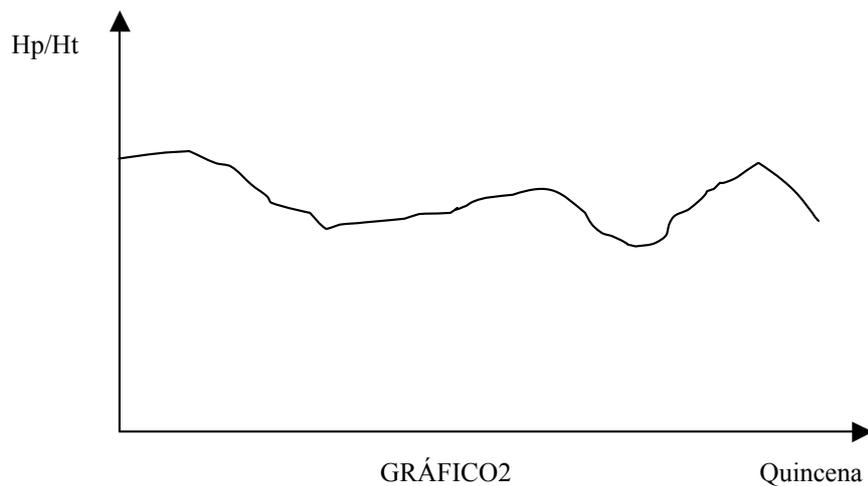


GRÁFICO2

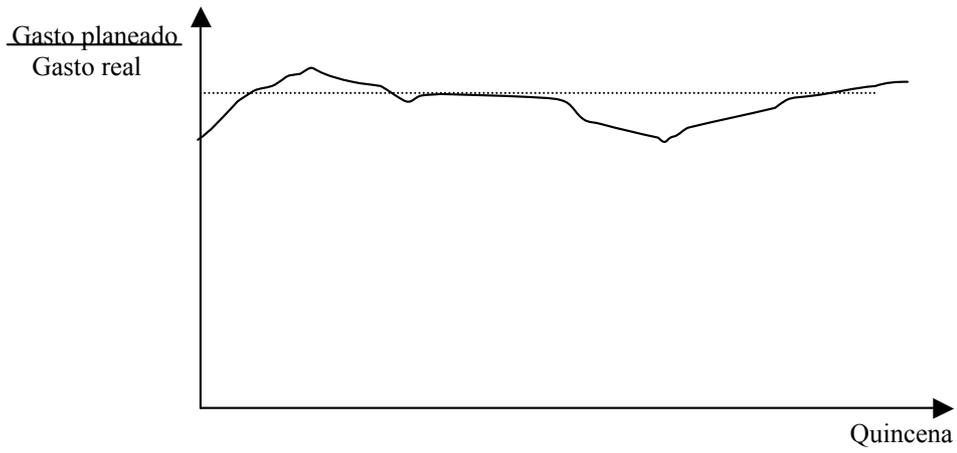


GRÁFICO 3

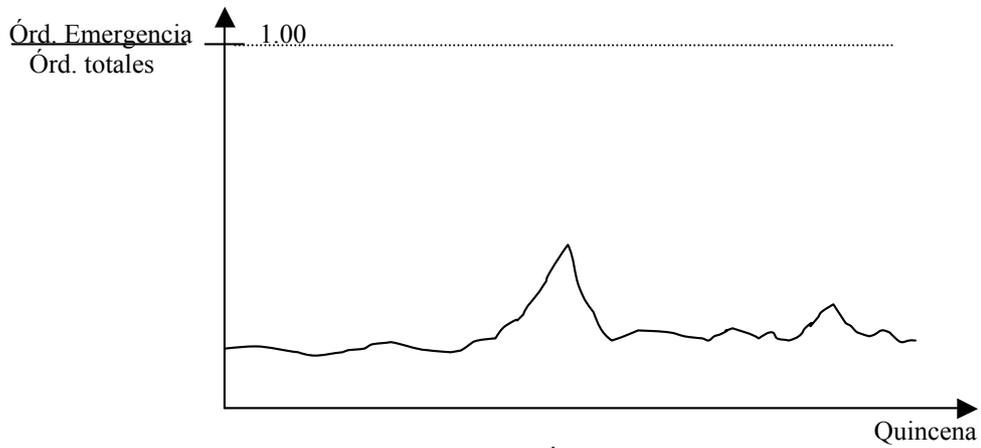


GRÁFICO 4

Ing. Tomás A.R. Fucci  
Julio 2000