

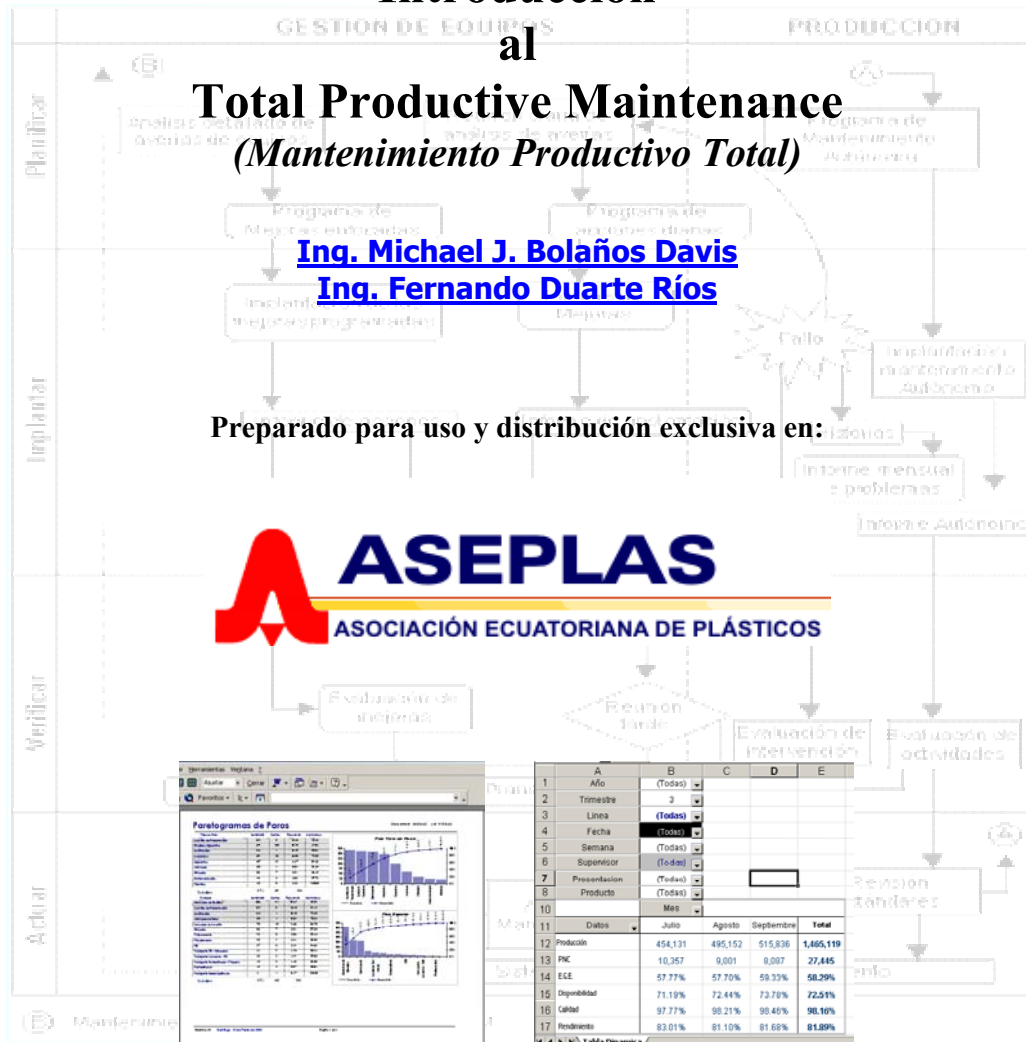


Contacto para Ecuador:
 Apdo. Postal N° 17-17-1577
 Quito, Ecuador
 Celular: (593-9) 709-1059
 amands@uio.satnet.net

Introducción al **Total Productive Maintenance** *(Mantenimiento Productivo Total)*

Inq. Michael J. Bolaños Davis
Inq. Fernando Duarte Ríos

Preparado para uso y distribución exclusiva en:



Software SGI® para TPM

© 2004 – **Competitividad & Productividad Industrial**

Prohibida su reproducción por cualquier medio y distribución fuera de Aseplas, Ecuador, para fines distintos de su divulgación gratuita por parte de Aseplas para sus miembros o asociados, sin previa autorización de los autores.



¿Quiénes Somos?

Competitividad & Productividad Industrial (C&PI) es una empresa internacional que proporciona soluciones innovadoras a empresas que desean superarse y constituirse como empresas de clase mundial.

Nuestra fortaleza y distinción se fundamenta en nuestros expertos y en las metodologías efectivas que utilizamos para transferir conocimiento a nuestras empresas clientes.

Vivimos nuestra filosofía de innovación creativa y nos esforzamos por ser socios comprometidos con la superación constante de nuestros clientes.

Nuestras intervenciones son holísticas y estratégicas. La cultura organizacional de nuestros clientes y su estrategia son fundamentales para definir la forma y contenido de nuestra colaboración. Procuramos así que nuestro servicio sea impulsado por las necesidades y expectativas de nuestros clientes, ayudándoles a ser más visionarios, más competitivos, más productivos, más rentables y más innovadores, para satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes.

Competitividad & Productividad Industrial (C&PI) empieza a posicionarse como la primera y única empresa a la que necesitan recurrir para desprenderse de situaciones críticas, en especial aquellas que debido a los cambios constantes de un mundo globalizado aparentan poner en riesgo su supervivencia.

Nuestras alianzas estratégicas internacionales incluyen empresas y expertos de toda índole y cada uno se incorpora activamente en función de las necesidades específicas de nuestros clientes. Con ello somos y nos mantenemos sumamente competitivos como proveedores de soluciones.

¡ Contáctenos y explore las posibilidades que están a su alcance !

Puede solicitarnos una presentación privada que toma aproximadamente tres horas, para explorar conjuntamente nuestra metodología y software para la implantación del TPM en su empresa.

Solicitar Presentación a: → **Solicitud de Presentación** ← **o escribir a amands@uio.satnet.net** con **Asunto:** "Solicitud Presentación TPM". Favor incluir su nombre y posición, la dirección de su correo electrónico, dirección de la empresa, número telefónico donde contactarle, número de participantes previstos, fecha y hora en que desea recibir la presentación. Nosotros le contactaremos para confirmarle o definir otra fecha posible. Se dará prioridad en el orden que se reciban las solicitudes y por el número de participantes previstos.

TABLA DE CONTENIDO

¿Quiénes Somos?	2
TABLA DE CONTENIDO	3
TPM (Total Productive Maintenance).....	4
1 Introducción al TPM.....	4
2 Conceptos del TPM	6
2.1 <i>Mantenimiento Autónomo</i>	6
2.2 <i>Mantenimiento Planificado</i>	7
2.3 <i>Reducción de Mantenimiento</i>	9
3 Efectividad de Equipo	10
3.1 <i>Disponibilidad del Equipo</i>	10
3.2 <i>Eficiencia o Rendimiento de Operación</i>	10
3.3 <i>Tasa o Índice de Calidad</i>	11
4 Factibilidad del TPM	12
5 Mediciones del TPM.....	15
5.1 <i>Eficiencia Total de Planta (ETP)</i>	15
5.2 <i>Efectividad Total de Equipo</i>	15
5.3 <i>Recolección de Datos Complementarios</i>	17
6 Implantación del TPM	18
6.1 <i>Auditoría / Diagnóstico</i>	18
6.2 <i>Plan Maestro:</i>	18
6.2.1 Etapa Preparatoria	18
6.2.2 Elaboración del Plan Maestro.....	19
6.2.3 Despliegue del TPM	19
6.3 <i>Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen):</i>	19
6.4 <i>Mantenimiento Planificado o Preventivo:</i>	19
6.5 <i>Reducción de Mantenimiento:</i>	19
6.6 <i>Sostener los Logros:</i>	20
7 Resumen del TPM	21
Sistema de Gestión de Indicadores (SIG®).....	22
APÉNDICE A	23
A.1 Introducción al ACF.....	23
A.2 Calidad de Proceso en ACF.....	25
A.3 Finalización del Proceso de ACF.....	27

TPM (Total Productive Maintenance)

Este documento proporciona al lector un resumen de los principales elementos, las metas y objetivos, así como los beneficios de implantar el TPM. Además, presenta la factibilidad de poder lograr una implantación exitosa para obtener los cruciales beneficios y también un ejemplo simplificado del plan de implantación para que el lector comprenda lo que se requiere para obtener dichos beneficios.

1 Introducción al TPM

TPM proporciona un enfoque seguro y completo para la gestión de producción y mantenimiento de equipos, que minimiza las fallas, minimiza los errores de producción y minimiza los accidentes. Involucra a todos en una empresa, desde la alta dirección hasta los mecánicos de producción, y desde grupos de apoyo a la producción hasta los proveedores externos. El objetivo medular es mejorar continuamente la disponibilidad y prevenir la degradación de los equipos para maximizar su efectividad total. La competitividad de una empresa se incrementa a niveles superiores cuando se implanta el TPM. Pero, para lograr los beneficios del TPM, se requiere fuerte apoyo y compromiso gerencial, así como el desarrollo de grupos de trabajo altamente efectivos y actividades de grupos para lograr mejoras incrementales en forma continua. El TPM no es una nueva idea radical, es solamente el siguiente paso evolutivo de las buenas prácticas de mantenimiento. Es “*sentido común... aplicado*”.

La gestión de mantenimiento de equipos ha evolucionado desde sus enfoques iniciales de “Mantenimiento Correctivo”, cuando se procuraba reparar un equipo dañado y regresarlo a la línea de producción en el menor tiempo posible. La mentalidad o actitud de los operadores de entonces era “yo lo opero y usted lo repara”, excluyéndose así de toda responsabilidad sobre el estado del equipo.

La siguiente fase evolutiva en la historia se orientó al “Mantenimiento Preventivo”. Este enfoque de mantenimiento se fundamentaba en la creencia de que si ocasionalmente se suspendía la operación de un equipo, para darle un mantenimiento programado en forma regular, se podrían evitar las fallas o averías catastróficas. La evidencia ha demostrado que, aunque superior al enfoque inicial, este enfoque no garantizaba la consecución de sus objetivos.

Luego llegó la generación del TPM, iniciado por el Dr. W. E. Deming e impulsado en Japón por el *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), donde acertadamente el mantenimiento se considera un recurso de gran valor. La organización y programación del mantenimiento posee ahora un rol indiscutible en hacer que el negocio sea más rentable y que el sistema de fabricación o producción sea más competitivo, mejorando continuamente la capacidad de los equipos, así como incrementando la eficiencia y efectividad de las prácticas de mantenimiento. Para lograr los beneficios completos del TPM, el mantenimiento se debe aplicar en las cantidades adecuadas, en las situaciones adecuadas, y estar totalmente integrado con el sistema de producción y otras iniciativas de mejoramiento.

En tiempos actuales, caracterizados por una siempre creciente competencia globalizada que provoca la erosión de los márgenes comerciales, el aseguramiento de la capacidad productiva se torna en un factor fundamental para el mantenimiento o mejora de la rentabilidad asociada a una instalación o proceso industrial. En este contexto, la confiabilidad o seguridad de funcionamiento de una instalación industrial con visión integrada de los conceptos de: *confiabilidad* (capacidad para funcionar continuamente

durante un determinado período de tiempo); *mantenibilidad* (capacidad para ser mantenido preventiva y correctivamente); *disponibilidad* (capacidad para funcionar en un instante determinado en base a la demanda); y *seguridad* (capacidad para operar sin producir daños ni accidentes), constituye el índice básico de medida del aseguramiento de su capacidad productiva.

Si los conceptos anteriormente mencionados se jerarquizan en términos de su interdependencia o de la influencia de unos en otros, se puede afirmar que el mantenimiento, en sus variantes de preventivo y correctivo, influye de sobremanera en el resto de los elementos de la confiabilidad de un equipo. De ahí el notable y creciente apogeo que está teniendo su optimización en todas las organizaciones industriales de clase mundial.

Los objetivos que una empresa busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

- Objetivos estratégicos: El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y fomento del “conocimiento” en forma institucional.
- Objetivos operativos: El TPM tiene como propósito, en las acciones cotidianas, que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la confiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad productiva instalada.
- Objetivos organizacionales: El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementar la moral en el trabajador y el sentido de apropiación, creando espacios donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el propósito de hacer del lugar de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

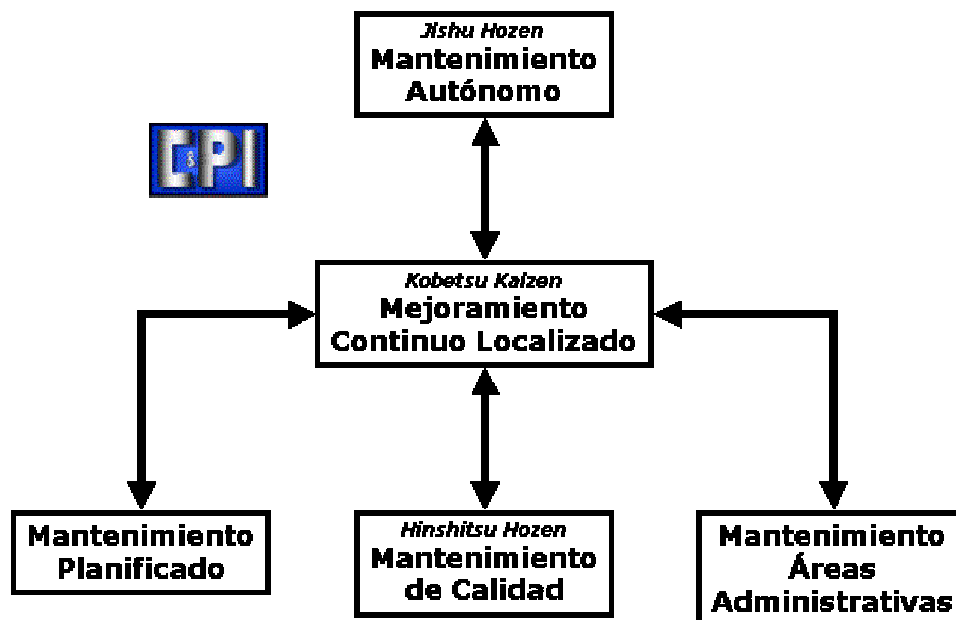


Figura 1: Perspectivas de Mantenimiento JIPM

2 Conceptos del TPM

Las diferentes fuentes sobre TPM ofrecen diferentes descripciones de lo que significa el TPM. Algunas enumeran cinco distintos conceptos, otras hasta siete distintos conceptos que se cobijan bajo el TPM. Pero, en vez de tratar de decidir cuál es la cantidad correcta de conceptos del TPM, simplemente los agruparemos en tres distintos grupos conceptuales: *Mantenimiento Autónomo*; *Mantenimiento Planificado*; y *Reducción de Mantenimiento*, que nos permitirá comprender de forma más clara lo que significa y conlleva el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Nuestra metodología para el TPM se fundamenta en pilares claves y pilares de apoyo, que se conjugan creando sinergia para maximizar los beneficios enfocados en estos tres conceptos.

2.1 Mantenimiento Autónomo

La idea central del mantenimiento autónomo es delegar en los operadores de los equipos las actividades rutinarias y sencillas de mantenimiento. Estas actividades incluyen la limpieza diaria, inspección, ajustes y lubricación que el equipo requiere durante su operación. Ya que los operadores suponen ser, y en muchas empresas son, los que están más familiarizados con el equipo que operan, están en mejor capacidad de detectar, identificar y entender de inmediato cualquier anomalía o variación que se presente. El adiestramiento necesario para que el mantenimiento autónomo sea efectivo, se da en varias formas:

- se educa en los conceptos del TPM al personal de mantenimiento y a los gerentes de mantenimiento, y sobre los beneficios que se logran con el mantenimiento autónomo;
- el personal de mantenimiento adiestra a los operadores sobre cómo limpiar y lubricar el equipo, y se atienden los aspectos de seguridad que conllevan las nuevas funciones de los operadores.

La implantación del mantenimiento autónomo generalmente incluye el uso de “*controles visuales*”, que permiten minimizar el adiestramiento requerido para aprender las nuevas funciones, así como simplificar y facilitar las actividades de inspección. El equipo se marca y etiqueta para que la identificación de condiciones normales versus anormales sea más fácil. Por ejemplo: 1) la carátula de un manómetro puede colorearse para mostrar los rangos de operación normal; 2) los puntos de lubricación se pueden colorear con igual color que corresponda al recipiente o envase del lubricante adecuado; y 3) los pernos pueden incluir guías de fijación que correspondan a las guías marcadas en la base de la estructura para detectar cualquier desajuste. Todas las inspecciones se documentan también en hojas sencillas de verificación que incluyen un mapa del área así como la ruta o recorrido con cronogramas de inspección.

A los operadores también se le pide que colecten diariamente información sobre el estado de los equipos que operan. Por ejemplo: 1) paradas planificadas y no planificadas; 2) calidad del producto - preferiblemente datos de Control Estadístico de Procesos (CEP), en vez de solamente rechazos; 3) cualquier mantenimiento ejecutado como ajustar un perno, agregar refrigerante, etc. Esta información es de gran utilidad tanto para que el operador y el personal de mantenimiento puedan detectar señales de degradación del equipo que indique la necesidad de un mantenimiento más completo. Los datos adicionales que el operador necesita recolectar se presentan más adelante en la sección de mediciones.

Aunque el mantenimiento autónomo supone implantarse en un entorno de compromiso y apoyo, utilizando enfoques de grupos de trabajo funcionales y transversales, existen unas cuantas consideraciones que necesitan ser atendidas:

- Primero, a los operadores de equipos se les pide asumir nuevas responsabilidades. Estas nuevas actividades deben ser consideradas como prioritarias por la gerencia y los indicadores de desempeño de los operadores deben ahora incluirlas.
- Segundo, el personal de mantenimiento deja de ejecutar ciertas actividades y responsabilidades. Esto puede ocasionar que dicho personal se sienta preocupado por la seguridad de su puesto, especialmente si la empresa se encuentra en un programa de reducción de personal. Para atender estas preocupaciones, la dirección debe comunicar su apoyo incondicional al nuevo programa de mantenimiento y proporcionar oportunidades para que el personal de mantenimiento asuma nuevas responsabilidades. Idealmente, el personal de mantenimiento dispondrá ahora del tiempo que empleaba para “apagar incendios” y puede enfocarse en el mantenimiento planificado, el análisis de equipos y funciones de diseño.
- Tercero, estos cambios en funciones, responsabilidades y competencias podrían requerir acuerdos con los representantes sindicales, por lo que es conveniente incorporarles en el proceso, así como a los responsables de recursos humanos (RR. HH.) de la empresa.

2.2 Mantenimiento Planificado

Al eliminarse algunos mantenimientos rutinarios, con la implantación del mantenimiento autónomo, el personal de mantenimiento contará con el tiempo y puede comenzar a trabajar en el mantenimiento de equipos en forma proactiva. Las actividades del Mantenimiento Planificado (también conocidas como mantenimiento preventivo) se programan para reparar equipos y reemplazar componentes antes de que fallen. Para ello es necesario que la programación de la producción acomode el tiempo de parada requerido para ejecutar esas reparaciones y permitir que estas reparaciones sean tan prioritarias, en igualdad, con la tradicional prioridad de producir.

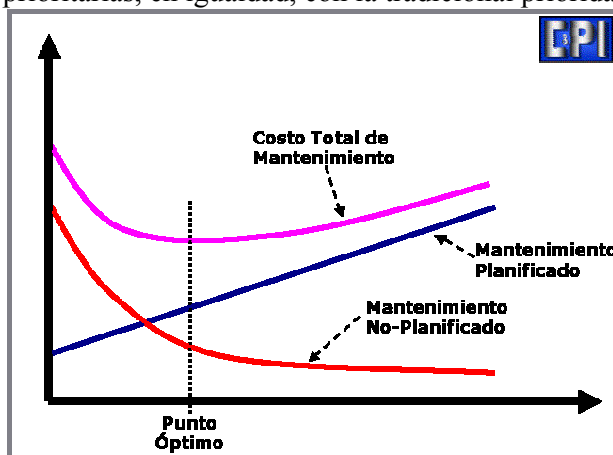


Figura 2: Intercambio entre Mantenimiento Planificado y No Planificado

La teoría prevaleciente es que, en la medida que aumenta el mantenimiento planificado se reduce el mantenimiento no planificado (por fallas o averías) y el costo total de mantenimiento también se reduce. Sin embargo, la mayoría de los programas de TPM que existen no logran recolectar los datos necesarios para comprobar esta teoría en la empresa. Aunque no se logre comprobar el intercambio de costos y beneficios, es fácil concebir que el equipo recibirá

mayor cuidado que el recibido antes del TPM. Las organizaciones de producción y mantenimiento, en conjunto y como equipo de trabajo, deberán establecer las cantidades adecuadas de mantenimiento preventivo, basados en el diagnóstico de los equipos, la

salud o estado óptimo de los equipos, y el tipo de proceso de fabricación. El ejecutar demasiado mantenimiento planificado puede ser tan costoso como el no ejecutar el suficiente mantenimiento planificado. Debe existir un balance fundamentado en el análisis correcto de los equipos y los procesos.

Ejecutar mantenimientos planificados, en las cantidades adecuadas, exige un entendimiento profundo de los equipos de producción, que implica llegar hasta niveles de componentes. Este conocimiento comienza con el producto y sus características principales, y fluye hacia abajo considerando el equipo, el proceso del equipo, hasta los parámetros del proceso. La Figura 3 muestra gráficamente cómo los requerimientos esenciales (características principales) de un producto pueden llevarse hasta los parámetros del proceso.

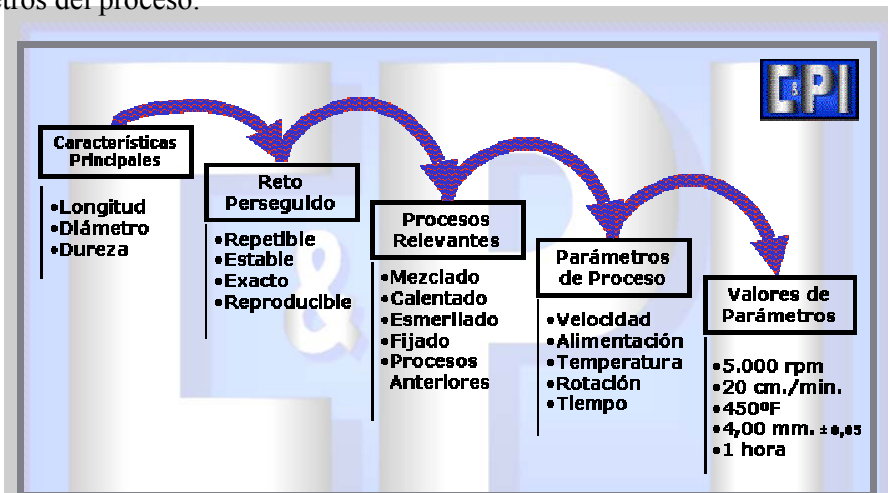


Figura 3: Las Características Principales fluyen hasta los Parámetros del Proceso.

Una vez que el equipo de trabajo de producción y mantenimiento ha identificado lo que consideran los parámetros críticos del proceso, necesitarán validarlos así como determinar los valores correspondientes para que dichos parámetros garanticen que el proceso producirá los productos con la calidad requerida. O sea que, debe existir una correlación directa entre los valores de los parámetros del proceso y la calidad del producto en función a las características principales que deben garantizarse. La mejor forma de lograr esto es aplicando “*Diseño de Experimentos*” (DDE), que permite identificar cuáles de los parámetros de procesos proporcionan la mayor cantidad de palanqueo para mejorar el desempeño del equipo y que está asociado con las características principales del producto.

El mantenimiento planificado utiliza datos sobre la capacidad del proceso y los estudios de capacidad de los equipos. Los estudios de capacidad del proceso evalúan la capacidad del equipo en cuanto a producir consistentemente los productos de calidad. Los estudios de capacidad de los equipos analizan la capacidad del equipo en cuanto a desempeñar un conjunto específico de operaciones y compara los resultados con los estándares de la industria. Ambos estudios, cuando elaborados en forma periódica, proporcionan indicadores que permiten conocer si el desempeño va degradándose y anticipar si se comenzará a producir productos defectuosos, o que el equipo fallará, en el corto plazo. Estos datos pueden mantenerse en una base de datos para que equipos similares, o componentes similares, puedan analizarse conjuntamente para detectar problemas crónicos – Esto se facilita con el software SGI[®] que presentamos más adelante.

2.3 Reducción de Mantenimiento

El ultimo concepto del TPM es en realidad la conjugación de dos conceptos que se enfocan en reducir la cantidad total de mantenimiento requerido:

- 1) Diseño de Equipo. Coordinándose con los proveedores de equipos, se puede incorporar el conocimiento adquirido del mantenimiento para la nueva generación de equipos o cambios en los equipos existentes. Para que los fabricantes incorporen el enfoque de “*Diseñar para el Mantenimiento*” necesitarán de nuestra experiencia. Esto resultará en equipos que son más fáciles de mantener y se podrán concebir mejores formas de mantenimiento autónomo. El fabricante podría inclusive incorporar los controles visuales y etiquetas que las empresas usan para limpiar, inspeccionar y lubricar los equipos. También se pueden desarrollar mejores criterios de desempeño de los equipos. Ambos, fabricantes de equipos y empresas de producción, deben poder lograr los mismos resultados en sus estudios de capacidades y ello puede ser utilizado para pruebas de aceptación de los equipos.
- 2) Mantenimiento Predictivo. Este otro método para reducir las necesidades de mantenimiento es desarrollado mediante análisis especiales para coleccionar datos que puedan utilizarse para predecir las fallas y averías de equipos. Este tipo de análisis incluye termografía, ultrasonido y análisis de vibraciones que le permiten a un técnico competente obtener datos sobre lo que sucede dentro de un equipo.
 - i. La termografía se utiliza para detectar los “puntos calientes”, donde existe demasiado calor que puede ser consecuencia de un cojinete desgastado, falta de lubricación, o líneas de refrigerantes bloqueadas.
 - ii. El análisis de ultrasonido se utiliza para detectar rajaduras en el equipo que son invisibles al ojo humano. Si estas rajaduras se detectan a tiempo, se puede reparar el equipo antes de que ocurra una falla catastrófica.
 - iii. El análisis de vibraciones se utiliza para detectar vibraciones excesivas en los equipos (tanto en magnitud como en frecuencia). Cada equipo en buen estado tiene lo que se llama una “firma” de vibración y cualquier cambio en esta firma puede indicar qué componentes internos se están desgastando o aflojando.

Elaborar estos análisis con cierta frecuencia, o en forma periódica, sobre la base del historial, muestra las tendencias en el comportamiento de los equipos y permite identificar causas de problemas crónicos que no pueden eliminarse con datos del operador y de los mantenimientos planificados.

3 Efectividad de Equipo

Generalmente, cuando las personas utilizan el término “efectividad de equipo” se refieren a la *disponibilidad* del equipo o tiempo de operación del equipo. O sea, el tiempo que el equipo está en condiciones de ser operado y que se encuentra en operación. Pero, la efectividad real o total de un equipo también depende de su rendimiento y su tasa de calidad. Una de las principales metas del TPM es maximizar la efectividad de los equipos reduciendo el desperdicio del proceso de producción. Los tres factores que determinan la efectividad de un equipo (disponibilidad, rendimiento de operación y tasa o índice de calidad) se conjugan para calcular la Efectividad Total de Equipo (ETE) la cual describimos más adelante en la sección de mediciones.

3.1 Disponibilidad del Equipo

Un buen sistema de producción tendrá el equipo de producción disponible para operación cada vez que lo necesite. Esto no significa que el equipo debe estar siempre disponible. Por ejemplo, en un sistema de producción sincronizado existe poco beneficio en tener en operación un equipo cuando no se requieren los productos, ya que solamente se lograría incrementar los inventarios del sistema. Sin embargo, si hay necesidad de aumentar la producción, el equipo debe estar en capacidad de satisfacer la demanda. El grupo de gestión del programa TPM debe lograr un balance entre el costo de sostener alta la utilización potencial del equipo, versus el costo de almacenar inventario excesivo para evitar perder oportunidades de ventas.

La disponibilidad del equipo es afectada tanto por el tiempo de parada planificadas como por paradas no-planificadas. En un sistema de producción que funciona bien, el tiempo de parada no-planificada es minimizada, mientras que el tiempo de parada planificada es optimizado, basados en el inventario del sistema y la capacidad del equipo para cambiar la tasa de producción. El inventario de productos en proceso puede generalmente emplearse para satisfacer la demanda de las operaciones subsiguiente, mientras el equipo se para temporalmente para actividades de mantenimiento, por lo que es muy importante determinar las cantidades adecuadas de inventario en función de qué tan frecuente el equipo está detenido tanto por reparaciones planificadas como no-planificadas.

La causa más común de pérdida en disponibilidad del equipo son las fallas imprevistas. Estas fallas afectan al personal de mantenimiento (quienes deben apresurarse para reparar y poner el equipo en operación) y al operador (quien debe esperar la reparación del equipo para seguir produciendo). Teniendo sistemas de respaldo disponibles es una forma de minimizar el efecto de pérdida en la disponibilidad de equipo, pero es raramente una opción costo-efectiva ya que requiere inversión de capital en equipos de respaldo. Otro aspecto que incide en pérdidas por disponibilidad de equipo es el tiempo de inicialización requerido para que un equipo produzca un producto diferente. Este tiempo de inicialización no es generalmente considerado en muchos sistemas de producción, aunque ofrece potencial para reducir o eliminar tiempo en que no se agrega valor en el ciclo de producción.

3.2 Eficiencia o Rendimiento de Operación

El rendimiento del equipo es comúnmente utilizado para medir cuando evaluamos un sistema de producción. El rendimiento es maximizado operando el equipo a su mayor velocidad, para aumentar la producción por unidad de tiempo. El rendimiento se reduce cuando el equipo está ocioso (esperando materiales que procesar

o cargando componentes que transformar), tiempo perdido por paradas menores (para efectuar ajustes al equipo), y menor producción por operar el equipo a menores velocidades. Estas pérdidas de rendimiento pueden ser el resultado de un operador sin destreza, equipo desgastado, o un sistema de producción pobremente diseñado.

Sin embargo, solamente medir el rendimiento del equipo puede causarnos a tomar malas decisiones, ya que el sistema deja de beneficiarse de la meta tradicional de 100% de eficiencia. El criterio importante es cuántas partes o piezas o unidades debe producir el equipo, y no cuántas unidades puede producir cuando lo operamos a un ritmo excesivo. La eficiencia objeto debe considerar cuántas unidades han diseñado que el equipo debe producir y cuántas unidades se requieren para satisfacer las operaciones subsiguientes. Cuando el equipo está en operación debe estar en condiciones de ser operado a su velocidad de diseño, pero cuando no se requieren de más unidades se debe suspender la operación y utilizar ese tiempo para otras actividades, en vez de reducir la velocidad para producir menos por unidad de tiempo. Este tiempo de parada ocasional puede ser muy útil para el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado y el análisis del equipo.

3.3 Tasa o Índice de Calidad

Si un equipo está disponible y operando a su velocidad de diseño, pero produce unidades de poca calidad, ¿qué es lo que hemos logrado? El propósito de un sistema de producción no es operar los equipos para mantener al personal ocupado y ver que están trabajando; el propósito es producir productos de calidad que se conforman a las especificaciones de acuerdo al uso pretendido. Si el equipo está desgastado y ya no puede producir unidades aceptables, lo mejor es parar el equipo y ahorrarse la energía y la materia prima, y repararlo. Las pérdidas por calidad también incluyen el tiempo perdido, esfuerzo y unidades, que resultan de períodos de esperando para que otros parámetros del proceso se estabilicen. Por ejemplo, el tiempo perdido y las unidades descartadas mientras un molde de inyección se calienta, deben considerarse parte de la tasa de calidad del equipo.

El esfuerzo para mejorar la tasa o índice de calidad necesita asociarse a los requerimientos críticos del producto. Hay poco beneficio en producir unidades que son casi perfectas, en casi todas las características, excepto por una característica que es la de mayor importancia para el cliente. Nuevamente, el concepto de características principales sirve para alinear las características críticas del producto con los parámetros garantes en el equipo. Estos son los parámetros que deben mejorarse para obtener el mayor beneficio del sistema completo. Estos, también, son los parámetros que debemos medir cuando determinamos la tasa de calidad del equipo.

4 Factibilidad del TPM

Prácticamente todos los libros escritos sobre el TPM contienen una sección dedicada a los beneficios, algunos enumerando ejemplos de empresas que han logrado monumentales beneficios de sus esfuerzos. Los beneficios más citados del TPM incluyen los siguientes:

- Reducción en Variabilidad de unidades producidas y programas de producción que resultan de: mayor exactitud y repetición en los equipos, y menores fallas inesperadas.
- Mayor Productividad: Ya que los equipos se dañan con menor frecuencia, las máquinas y operadores no tienen que esperar mientras se reparan. También, existe mayor producción por unidad de tiempo debido a menos tiempo de parada, menores tiempos de iniciación, y menores ajustes en los equipos.
- Menores Costos de Mantenimiento: Logrando menos emergencias, el personal de mantenimiento puede balancear la carga de órdenes de mantenimiento. También, los equipos se reparan a medida que se necesita, en vez de por si acaso, tal que se reduce el cambio de repuestos y componentes.
- Menores Inventarios: El sistema de producción no requiere de almacenar tanto inventario en proceso para contar con un colchón de seguridad para los procesos subsiguientes, debido al excesivo daño de equipos. También, se reducen los inventarios de repuestos y componentes, basados en mejores estimados de requerimientos de reemplazos.
- Mayor Seguridad: Los operadores se encuentran más familiarizados con sus equipos debido a las inspecciones diarias y el mantenimiento ejecutado. Más aún, existen menos fallas que requieren de remover componentes atorados, cadenas rotas, etc., que son causa de la mayoría de los accidentes en mantenimiento.
- Moral más Alta: Muchos operadores se sienten más satisfechos con sus trabajos, debido a mayor apropiación y responsabilidad que resulta del mantenimiento autónomo. Además, el personal de mantenimiento se siente relevado de las actividades tediosas de inspección que les ocupaban gran parte de su tiempo. Ambos grupos desarrollan nuevas destrezas y competencias que enriquecen su trabajo en apoyo a los conceptos del TPM.

Pero, la mucha literatura de TPM usualmente trata el tema centrado en el sistema de producción y deja de reconocer los otros elementos de un buen sistema funcional de producción. Los temas como: programación de la producción para eliminar inventarios excesivos; el uso de manufactura flexible; y sistemas para facilitar respuestas rápidas a los cambios de mercado, son tópicos generalmente ignorados. La primera e importante pregunta que debemos siempre hacernos es *¿tiene sentido el TPM para este sistema de producción?*

- Un proceso de producción de flujo continuo muy posiblemente obtendría beneficios significativos del TPM
- Un sistema de producción que utiliza programación sincronizada de la producción con poco o ningún inventario de productos en proceso ofrece un campo fértil para beneficios del TPM

- Un sistema de producción que hace uso extensivo de automatización o semi-automatización, con poca intervención humana, se beneficiaría con el TPM

En los casos anteriores, si los equipos experimentan altas tasas de mantenimiento no planificado; desperdicios y reprocesamientos; y el personal de mantenimiento no cuenta con métodos confiables para la recolección de datos, los beneficios del TPM pueden ser muy superiores a lo normal.

Si el sistema de fabricación se compone principalmente de pequeños trabajos en talleres con operaciones manuales, entonces el TPM puede no compensar los costos de adiestramiento y capacitación así como los costos de recolectar datos. De igual forma, si la producción es extremadamente lenta, donde existe suficiente tiempo para reparar equipos antes de que se vean afectadas las operaciones subsiguientes, puede que no se logren los beneficios del TPM. En estos casos, tanto el tiempo como el esfuerzo sería mayor empleado en identificar y controlar las causas de variabilidad, o reducir el inventario en proceso identificando los cuellos de botella de la producción. Sin embargo, si los costos de mano de obra son altos, los costos de pérdidas en productividad elevarían los costos de producción a niveles donde el TPM puede resultar costo-efectivo. Una auditoría o diagnóstico que establezca el punto cero del sistema de producción y mantenimiento es el primer paso que debe tomar una empresa.

En nuestra metodología, también incorporamos la necesidad de “Identificar los Procesos a Mejorar”. Para ello, el grupo o equipo de trabajo debe revisar objetivamente el sistema de producción. Este análisis debe sustentar si dicho proceso está en condiciones para apoyar y absorber el TPM. Para recolectar información y datos que permitan establecer si el proceso será seleccionado para el TPM, podemos ver la ilustración siguiente, donde exploramos la variabilidad de equipo. Este segundo paso es parte integral de la elaboración del Plan Maestro que explicamos más adelante.

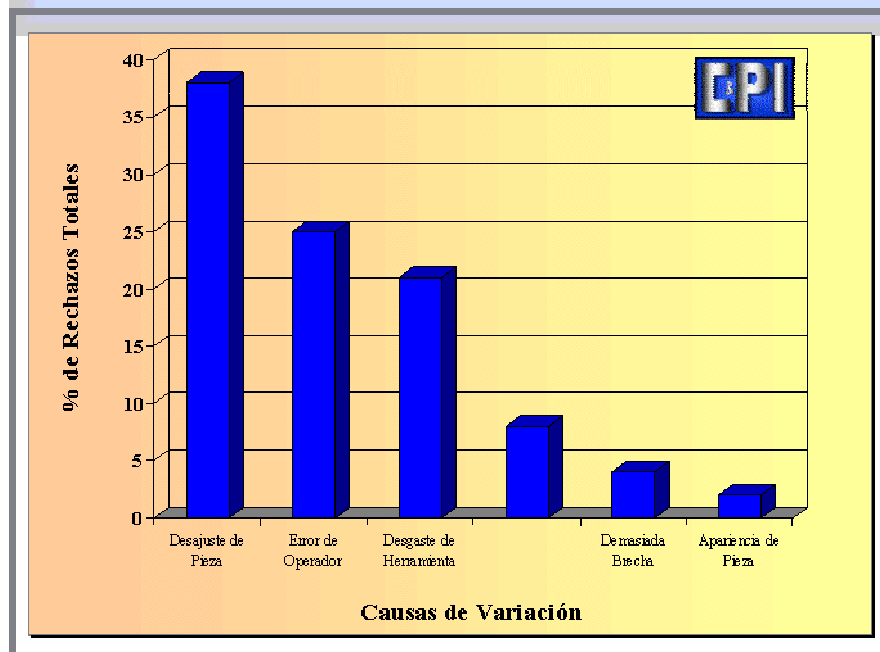


Figura 4: Causas de Variabilidad en Equipos

En el ejemplo que ilustramos en la Figura 4, el “*desajuste de pieza*” se presenta como la causa más significativa de rechazos. Esto podría ser consecuencia de la

variación de equipos, pero puede también deberse a malos diseños donde la tolerancia se acumula hasta que la pieza deja de satisfacer los requerimientos. La segunda causa, “*error de operador*”, nos inclinaría por abogar la necesidad de adiestrar mejor a nuestros operadores e incorporar elementos que faciliten el trabajo correcto de nuestros operadores. La tercera causa, “*desgaste de herramienta*”, puede orientarnos a investigar las prácticas de mantenimiento que existen y determinar formas de mejorar. Por ello, el siguiente paso del grupo de trabajo sería obtener mayor información para establecer las verdaderas causas fundamentales de las variaciones que provocan los rechazos.

En algunos casos, las empresas no cuentan con los datos necesarios para discriminar sobre el costo-beneficio del TPM. Pero, detectando situaciones del sistema de producción existente, donde se podría percibir una falta de coordinación entre el personal de mantenimiento y el personal de producción, repetidas y frecuentes paradas por fallas que mantienen un estado de emergencia, fallas en el cumplimiento de lo programado, exceso de inventario en proceso, alto porcentaje de rechazos, etc., ofrece grandes oportunidades para el TPM.

Capacitar al personal para efectuar análisis de causas fundamentales es un paso esencial en el programa del TPM. Aplicando nuestra metodología, varias herramientas de análisis de causas fundamentales se integran para que los grupos de trabajo desarrollen las competencias necesarias.

5 Mediciones del TPM

Una vez la empresa decide que el TPM es adecuado para mejorar su situación actual, existen requerimientos de recolección de datos adicionales inherentes al TPM. Recordemos que el TPM se orienta a los siguientes logros:

- Un mínimo de 80% en Eficiencia Total de Planta (ETP)
- Un mínimo de 90% en Efectividad Total de Equipo (ETE)
- Operar los equipos aún durante el almuerzo (el almuerzo es para los operadores y no para las máquinas)
- Operar de forma tal que no existan quejas de clientes
- Reducir los costos de producción en más del 30%
- 100% de éxito en entregar los bienes a como lo requiere el cliente
- Mantener un entorno libre de accidentes
- Aumentar las sugerencias de mejoras desarrollando competencias, multi-destrezas y flexibilidad del personal

¡ Nuestra metodología TPM garantiza estos logros ¡

5.1 Eficiencia Total de Planta (ETP)

El beneficio directo que se logra con nuestra metodología TPM es incrementar la ETP en 1,5 a 2,0 veces, en comparación con el nivel observado antes de la implantación del TPM. La experiencia ha indicado que la gran mayoría de las empresas no conocen su verdadero ETP, pero normalmente oscila entre 35% y 45%.

Nuestro software SGI[®] hace transparente la medición de la ETP, conjugando toda la información sobre el ETE al nivel de equipo, línea, proceso y planta. Así, el equipo de gestión del TPM puede analizar la eficiencia por equipo, por línea de producción, por proceso de producción y al nivel de toda la planta. De igual forma, cada análisis puede efectuarse por día, por día de la semana, por semana, por mes, por año, por varios años, por operador, etc., combinando las clasificaciones a como mejor le parezca y necesite.

5.2 Efectividad Total de Equipo

El concepto de Efectividad Total de Equipo (ETE) se incluye en toda literatura sobre TPM y se describe en detalle en nuestra metodología¹. Para los interesados, la ETE se calcula multiplicando la disponibilidad de equipo, rendimiento de operación y tasa de calidad.

$$ETE = D \times RO \times TC$$

Donde:

- *D es la disponibilidad del equipo. La disponibilidad es proporcional al tiempo en que el equipo está realmente disponible entre el tiempo que debería estar disponible. Un equipo disponible es un equipo que está en condiciones de ser operado y se encuentra operando. El tiempo en que debería estar disponible es el tiempo requerido para que el equipo se encuentre produciendo.*

¹ Metodología desarrollada por **AM&S** y expertos asociados.

- Para calcular D aplicamos la fórmula: $D = (TMEF - TMPR) / TMEF$. Siendo el TMEF el tiempo medio entre fallas y el TMPR el tiempo medio para reparar.
- El TMEF se obtiene aplicando la siguiente fórmula: $TMEF = TTO / NF$; donde TTO es el tiempo total operativo y NF es el número de fallas.
- RO es el rendimiento de operación del equipo. El rendimiento de operación es la eficiencia operativa real del equipo en operación. Un equipo que se opera a su tasa de velocidad nominal y mantiene el ciclo de producción óptimo estaría operando al 100% de RO. Las demoras, desajustes, reducciones de velocidades, etc., afectan el RO de los equipos.
 - Para determinar el RO aplicamos la siguiente fórmula: $RO = TE \times EV$. Siendo TE la tasa de eficiencia que corresponde al tiempo de ciclo promedio real en comparación con el tiempo de ciclo de diseño, cuando se presentan demoras, desajustes, paradas menores imprevistas, etc. Y siendo EV la eficiencia de velocidad que corresponde al tiempo de ciclo real en comparación con el tiempo de ciclo cuando se opera el equipo a su velocidad de diseño. Al operar un equipo a distintas velocidades que la establecida en diseño, se afecta la EV y consecuentemente el RO.
- TC es la tasa de calidad de la producción del equipo. Corresponde a la relación de productos buenos en comparación al total de productos producidos y se mide en porcentaje.

Los datos requeridos para determinar estos valores son: tiempo de parada planificada; tiempo de parada no planificada; y producción (buenas y malas unidades), datos que se obtienen desde el operador de equipo diariamente. La incorporación de gráficos de control sobre la disponibilidad de equipo, eficiencia operativa, y tasa de calidad, complementan datos que son valiosísimos para detectar cambios en el desempeño de los equipos. Sin embargo, estos gráficos de control deben contar con umbrales o límites de control definidos para determinar cuándo se requieren más datos con mayores detalles, para efectuar los cambios necesarios previniendo fallas catastróficas.

La determinación de estos umbrales o límites de control, exige primero recolectar datos históricos sobre la ETE, así como datos más específicos que permitan identificar las causas fundamentales de los eventos no deseados. La ETE proporciona una forma de evaluar el progreso y mejoras del programa del TPM, pero no proporciona suficientes detalles para determinar por qué un equipo está mejor o peor. Por ejemplo, la ETE reflejará una baja en la calidad de producto, pero no nos dirá por qué ni nos indicará qué hay que hacer para resolver el problema. Para establecer las causas fundamentales de un evento observado necesitamos más datos y el software SGI® nos permite y facilita la gestión de toda la información. Cuando implantamos el software SGI® contamos con la herramienta que hace posible el análisis oportuno que nos permite contar con evidencia para determinar el POR QUÉ existe un comportamiento en nuestro sistema de producción.

Cuando se aventura una empresa a implantar el TPM, sin contar con las herramientas adecuadas ni claridad de los conceptos, se pierde el verdadero potencial y no se logran los beneficios.

5.3 Recolección de Datos Complementarios

Los métodos de recolección de algunos datos presentados en este documento no se describen en las literaturas sobre el TPM,² pero se pueden encontrar en libros sobre control de procesos y capacidad de procesos². Estos datos complementarios sirven más para solución de problemas y toma de decisiones que los utilizados para calcular la ETE. Los datos de Control Estadístico de Procesos (CEP), recolectados sobre las características críticas del producto, pueden indicarle a los operadores la capacidad de que un proceso repita los resultados de una operación específica del equipo. Si un proceso está fuera de control, el responsable de analizar los datos del CEP debe comunicarle dicha situación de inmediato al operador. Por ejemplo, un manómetro de tensión en el huso de un torno. A medida que el cortador se desgasta, más fuerza se requiere para mantener la velocidad y tasa de alimentación lo cual se registra en el manómetro. Los datos históricos sobre las lecturas de tensión y sus correspondientes calidades de productos pueden utilizarse para determinar el umbral que define el desgaste permitido, antes de que se tenga que reemplazar el cortador. Este enfoque difiere del mantenimiento predictivo anteriormente mencionado, ya que éste es continuamente monitoreado mientras que el predictivo es solamente periódico u ocasional.

Recolectar datos de CEP sobre parámetros críticos del proceso tales como alimentación, velocidad, temperatura, tiempo, etc., es un paso más cercano a medir lo fundamental del proceso. Este enfoque requiere que primero identifiquemos los parámetros críticos del proceso (aquellos que afectan las características críticas del producto), para luego establecer los valores óptimos. Esto se puede lograr utilizando técnicas de Diseño de Experimentos (DDE)³, y los datos resultantes también pueden ser útiles para determinar los requerimientos del mantenimiento planificado. Una vez que establecemos los parámetros críticos, los operadores pueden recolectar los datos o emplear monitoreo continuo para controlar el comportamiento de los parámetros. Para el análisis de CEP podemos aplicar técnicas simplificadas debido a limitaciones en la cantidad de datos requeridos. Un método adecuado y efectivo para monitorear los parámetros es la aplicación de las siguientes reglas desarrolladas por Western Electric. Se considera que un proceso está fuera de Control Estadístico cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones en el gráfico de control:

- Un punto se encuentra a más de tres desviaciones estándares de la media del proceso.
- Dos de tres puntos consecutivos se encuentran a por lo menos dos desviaciones estándares de la media del proceso.
- Cuatro de cinco puntos consecutivos se encuentran a por lo menos una desviación estándar de la media del proceso.
- Ocho puntos consecutivos se encuentran por arriba o por debajo de la media del proceso.

Sin una herramienta como el SGI[®] podemos optar por obtener datos que son demasiado acumulativos para ser útiles, ya el procurar datos con el detalle necesario resulta en que nadie tiene el tiempo para analizarlos.

² Bolaños Davis, Michael -> Liderazgo en Calidad – Un Manual para Equipos – 1995: ISBN-9978-82-832-X

³ King, Bob -> Better Designs in Half the Time – ISBN-1-879364-01-8

6 Implantación del TPM

En nuestra metodología presentamos un plan detallado para la implantación del TPM, el cual solamente resumimos en este documento, pero sirve para comprender el proceso de implantación que se requiere. Nuestro plan incluye todos los conceptos que hemos descrito en este documento y una escala de tiempo de 3 a 5 años debe contemplarse para todo el programa.

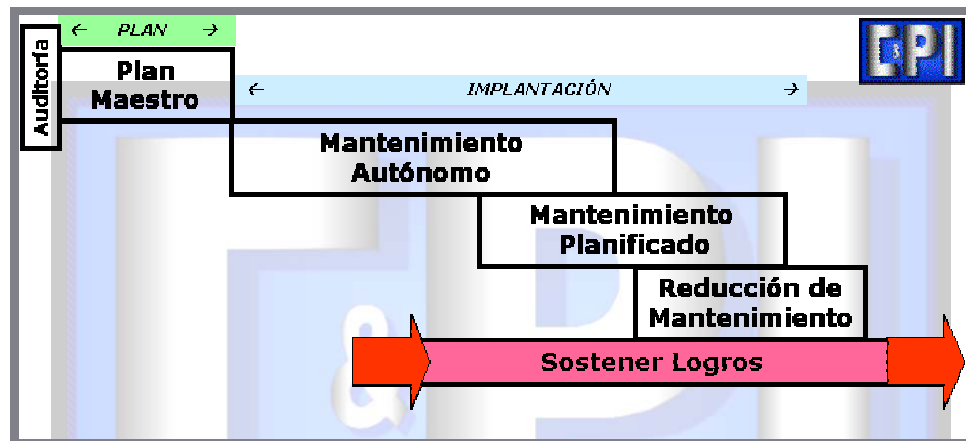


Figura 5: Fases de Implantación del TPM

6.1 Auditoría / Diagnóstico

Previo a cualquier esfuerzo para implantar el TPM, es indispensable que la empresa cuente con un punto de partida que facilite percibir la magnitud del esfuerzo que se requiere y permita establecer el horizonte para el programa TPM. Nuestra auditoría o diagnóstico permite establecer las bases sobre la situación de la empresa, en función a los pilares que fundamentan el TPM.

6.2 Plan Maestro:

El equipo de trabajo para el TPM, en conjunto con los responsables de producción y mantenimiento y los representantes laborales, determinan el alcance/enfoque del programa TPM. Las maquinarias, equipos, líneas, etc., y las secuencias de implantación se determinan en esta fase. Los datos de desempeño base o punto cero sirven para establecer las metas a lograr. Cuando la empresa no cuenta con datos históricos confiables, es recomendable ampliar la auditoría o diagnóstico para que proporcione el desempeño base de cada equipo, maquinaria, líneas, etc., que serán incluidas en el programa TPM. El plan maestro se convierte así en el mapa detallado para el programa TPM.

6.2.1 Etapa Preparatoria

- Anuncio oficial a todos sobre el compromiso y la introducción del TPM en la organización.
- Capacitación inicial y despliegue de méritos del TPM, incluyendo a proveedores de servicios
- Establecer los grupos y campeones del TPM en cada unidad organizacional
- Establecer el sistema de gestión del TPM y las metas

6.2.2 Elaboración del Plan Maestro

- Identificación de los procesos a ser atendidos con TPM
- Priorizar procesos y establecer secuencia para implantación
- Cronograma de acciones y objetivos del TPM
- Plan de capacitación para desarrollo de competencias

6.2.3 Despliegue del TPM

- Presentación del plan a todos
- Comunicación a proveedores sobre nuevos requerimientos de la empresa
- Despliegue publicitario a clientes sobre el compromiso con ellos y cómo el TPM nos ayudará a servirles mejor.

6.3 Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen):

El equipo de TPM⁴ recibe capacitación sobre la metodología y herramientas de controles visuales del TPM. Los operadores de equipos asumen su nuevo rol y responsabilidades para limpieza, inspección, lubricación y ajustes de sus equipos. El personal de mantenimiento adiestra a los operadores sobre cómo ejecutar mantenimiento rutinario, y todos se involucran en los aspectos de seguridad industrial y procedimientos. Los operadores comienzan a recolectar datos para determinar el rendimiento de los equipos.

Incorporación de herramientas 5-S, CPI-ACF, Trabajo en Equipo, Solución de Problemas, Kobetsu Kaizen y capacitación específica sobre los equipos que operan. Introducción del software SGI[®], Gestión de Repuestos y Gestión de RR. HH.

6.4 Mantenimiento Planificado o Preventivo:

El personal de mantenimiento recolecta y analiza datos para determinar uso/necesidades basados en requerimientos de mantenimiento. Un sistema para monitorear las mediciones de rendimiento de equipos y las actividades de mantenimiento se desarrolla (ya debe estar disponible el software SGI[®]). También, los programas de mantenimiento se integran con los de producción para eliminar conflictos de programación. Se extiende el TPM a oficinas, bodegas y otras áreas fuera de fabricación.

Se profundizan las herramientas anteriores y se complementa con Control Estadístico de Procesos (CEP) y Control Estadístico de Calidad (CEC). Se introduce el Diseño de Experimentos (DDE), el SMED y se perfecciona el AMEF.

6.5 Reducción de Mantenimiento:

Los datos recolectados y las lecciones aprendidas durante la implantación del TPM se comparten con los proveedores de los equipos. El conocimiento se incorpora a nuevos diseños para facilitar el mantenimiento y se coordina con el proveedor cualquier aclaración y recomendaciones. El personal de mantenimiento recibe capacitación sobre DDE y también desarrolla planes y programas para análisis rutinario de los equipos (termografía, análisis de lubricantes, etc.). Estos datos se alimentan a la base de datos para desarrollar estimaciones más exactas sobre requerimientos de rendimiento y reparaciones de los equipos. Las estimaciones se emplean también para calcular

⁴ El equipo de TPM debe integrarse con el personal idóneo, como: el operador del equipo seleccionado, técnico/mecánico de mantenimiento, responsable del proceso, programador de producción o Ingeniero Industrial, responsable de diseño de equipo si existe, Ingeniero de Producción y Logística, y responsable de control de calidad.



inventarios de repuestos y componentes, así como para planificar pro-activamente los reemplazos.

6.6 Sostener los Logros:

Las nuevas prácticas del TPM se incorporan a los estándares de operación y procedimientos de la empresa. Estos nuevos métodos y actividades de recolección de datos se deben integrar con los otros elementos del sistema de producción para eliminar requerimientos redundantes o conflictivos. Los nuevos métodos de gestión de equipos deben mejorarse continuamente para simplificar las tareas y minimizar los esfuerzos requeridos para sustentar el programa TPM.



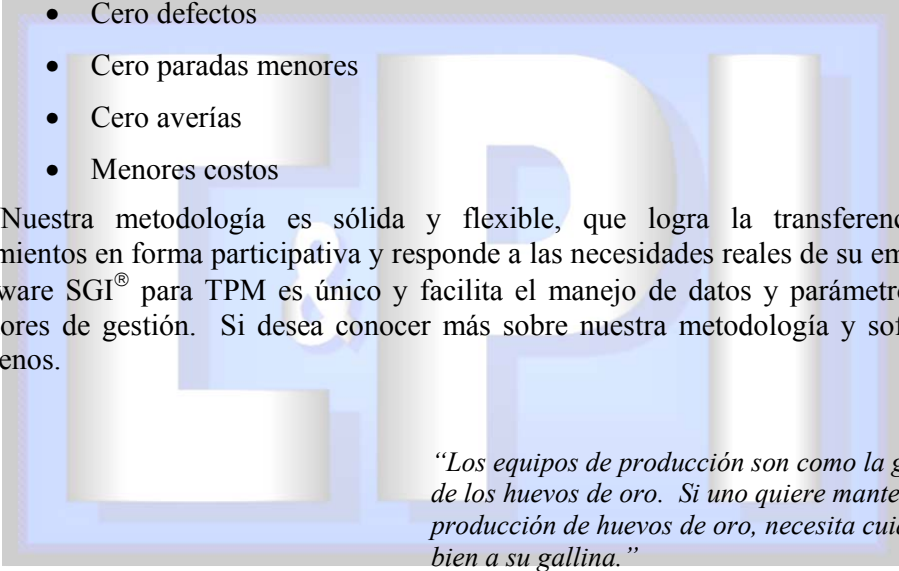
7 Resumen del TPM

El TPM es un enfoque de clase mundial para la gerencia de equipos que incluye a todos, trabajando para aumentar la efectividad y eficiencia, o sea la productividad total, de los equipos y líneas de producción. El éxito, como en todo, depende del compromiso, apoyo, liderazgo compartido, participación laboral, que el personal de la empresa ejerza en el proceso.

Los objetivos que perseguimos con el programa TPM son:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero paradas menores
- Cero averías
- Menores costos

Nuestra metodología es sólida y flexible, que logra la transferencia de conocimientos en forma participativa y responde a las necesidades reales de su empresa. El software SGI® para TPM es único y facilita el manejo de datos y parámetros con indicadores de gestión. Si desea conocer más sobre nuestra metodología y software, contáctenos.



“Los equipos de producción son como la gallina de los huevos de oro. Si uno quiere mantener la producción de huevos de oro, necesita cuidar bien a su gallina.”

Sistema de Gestión de Indicadores (SIG®)

La mayoría de los programas de TPM no cuentan con un software dinámico, amistoso y potente para administrar la enorme cantidad de datos que se recolectan. Tampoco cuentan con la capacidad de analizar en el tiempo la información de cada equipo, línea, proceso, etc., que conforman la totalidad de su planta productiva.

Nuestro software SGI®⁵ es único en su género y la nueva versión en plataforma SQL ofrece todas las facilidades para que nuestros clientes obtengan cualquier cruce de datos en pesquisas dinámicas con gráficos de comportamiento y tendencias.

El manual del software es completo e integra los conceptos de TPM que guían al usuario en cada paso, para poder desplegarlo a los niveles de línea con mínima o ninguna capacitación. Veamos algunas bondades:

- se basa en datos levantados en el área de planta y que luego se traducen en índices de eficiencia de línea.
- complementa técnicas como AMEF, Competencias de Personal y Diagnostico de Planta
- incluye índices para costeo de materiales indirectos de acuerdo al tiempo que se utilizó en planta para cada producto
- facilita la planificación de la producción de acuerdo a los índices de eficiencia y las cantidades de horas planificadas por tiempo de cambios de formatos
- guía el establecimiento de las frecuencias de mantenimiento basado en los datos de paradas no planificadas (fallas y averías) por equipo y por línea de producción

La gestión de la información para toma de decisiones, es sencilla y fácil con SGI®. Usted puede, ver paretogramas por Tipo de Paro y Equipos en un solo reporte, además puede ver graficas de comportamiento de equipos a través del tiempo y hacer zoom según la escala de tiempo que prefiera.

	A	B	C	D	E
1	Año	(Todos)			
2	Trimestre	3			
3	Línea	(Todos)			
4	Fecha	(Todos)			
5	Semana	(Todos)			
6	Supervisor	(Todos)			
7	Presentación	(Todos)			
8	Producto	(Todos)			
9	Mes				
10	Datos				
11		Julio	Agosto	Septiembre	Total
12	Producción	454,131	495,152	575,938	1,525,221
13	PMC	19,367	9,000	9,087	37,454
14	EJE	57.77%	57.70%	59.33%	58.29%
15	Disponibilidad	71.19%	72.44%	73.78%	72.51%
16	Calidad	97.77%	98.21%	98.48%	98.16%
17	Recursos	83.01%	81.10%	81.68%	81.88%

El análisis de causas fundamentales cuenta así con los datos necesarios para atender, puntual y efectivamente, las causas de los eventos no deseados, reduciendo así el tiempo tradicional de semanas a solamente minutos. Además, la información es incuestionable ya que es la información que reside en la base de datos, sin alteraciones ni supuestos o creencias.

Con SGI® la facilidad y disponibilidad de información están a un click del ratón. Agrupe, filtre, ordene y muestre los datos que desea analizar en un tablero dinámico que se ajustará a sus necesidades de información. Usted lo define, usted lo establece, usted recibe lo que quiere y necesita. Los gráficos son automáticos y no hay necesidad de reinventarlos.

Nuestros formatos son sencillos, fáciles de usar e interpretar por el personal de planta y de acuerdo a la información que debe capturarse. Todo es sencillo y completamente práctico.




⁵ El SGI® fue diseñado por el Ing. Fernando Duarte Ríos y desarrollado por nuestro equipo de sistemas y software.

APÉNDICE A

A.1 Introducción al ACF

Concepto: Muchos hemos escuchado el término “Análisis de Causas Fundamentales” (ACF) y somos propensos a interpretar su significado en forma distinta. La principal razón que apreciamos en la utilización inefectiva del ACF es la falta de comunicación o mala comunicación entre los diversos actores. Si todos empleamos diversas formas del ACF, entonces cuando comparamos nuestros resultados no estaremos comparando naranjas con naranjas. Aquí, exploraremos la disciplina necesaria para proporcionar consistencia a nuestra aplicación del ACF logrando incrementar enormemente la credibilidad y comunicación de los resultados.

Desde la evolución del TPM (Total Productive Maintenance) ó Mantenimiento Productivo Total, en los EE. UU., ha existido un consistente movimiento hacia explorar la calidad del proceso versus la calidad del producto. Antes de la llegada del TPM, las organizaciones de calidad se contentaban con probar la calidad del producto a medida que salía de la línea como producto terminado. A pesar de ser un concepto admirable en su momento, hemos aprendido que para entonces ya era demasiado tarde cuando detectábamos defectos en la calidad. El producto completo o el lote de productos tendría que ser reprocesado a mayores costos para la empresa.

Luego los conceptos de TPM de W. Edwards Deming se empezaron a aplicar y con ello se empujó el concepto de “proceso de calidad”. En poco tiempo, ello significó que mediríamos las variables críticas dentro de las etapas del proceso y monitorear cualquier variación inaceptable. De esta forma, podemos corregir las variaciones de un proceso y prevenir la producción de productos fuera de especificaciones. Este movimiento ha continuado en el siglo 21 con el despliegue de Seis-Sigma.

Ahora, considerando lo anteriormente expuesto, apliquemos el ACF. A como hemos visto, ACF significa diferentes cosas a diferentes personas. Muchos consideran el ACF como esfuerzos de “prueba y error”, tratando de adivinar las causas que provocan un efecto no deseado. Esto significa que percibimos que existe un problema y nos orientamos a la causa más obvia para “Nosotros”, a veces simplemente lo hacemos como una mera opinión o un sentir. A esto le llamamos el enfoque de “producto Terminado”. No validamos nuestros supuestos, solamente suponemos una causa y gastamos más dinero para implantar una solución con la esperanza de que funcione. La experiencia muestra que este enfoque es inefectivo y muy costoso.

Pero, apliquemos los conceptos del TPM con un método disciplinado y estructurado de ACF, tal como el árbol lógico utilizado en el proceso CPI-ACF®. Un árbol lógico procura representar gráficamente la causa y efecto que conlleva a aflorar los eventos no deseables.

En este enfoque, debemos claramente identificar los eventos no deseables y sus modalidades asociadas con hechos documentados. Los hechos documentados se sustentan por alguna esencia de ciencia, observación directa y documentación. No pueden ser suposiciones o creencias infundadas.

En el ejemplo siguiente, el fallo de una bomba, la mayoría de las personas podrán insistir que comencemos con la falla del cojinete como causa obvia de la falla de la bomba. Sin embargo, ¿por qué se nos presentó a nuestra consideración cuando ocurrió el evento? No se nos comunicó debido a que el cojinete falló. Se nos presentó porque el supuesto fallo del cojinete provocó la parada de la bomba. Por lo tanto, el

ultimo efecto que nos interesa es la parada de la bomba. Una razón o modalidad por lo que falló la bomba es que falló el cojinete. Ésta resulta ser una evidencia irrefutable (evidencia física). Entonces, la parte superior del árbol lógico puede verse de la siguiente manera:

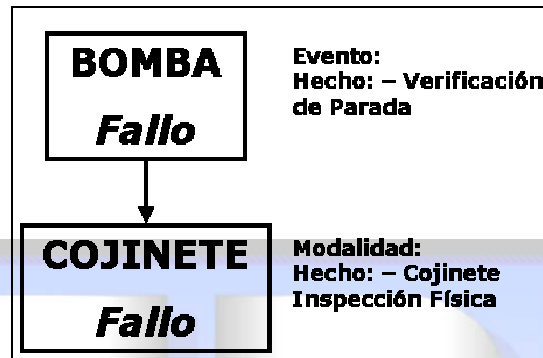


Figura A-1.0 – Evento y Modalidad Sustentado por Hechos

Continuando nuestra investigación hacia atrás para identificar las relaciones causa y efecto, nos preguntaríamos “¿Cómo puede fallar el cojinete?” Entonces podemos plantearnos hipótesis como; erosión, corrosión, fatiga o sobrecarga. ¿Cómo probamos cuál es la correcta o verdadera? Simplemente hacemos un análisis metalúrgico en el laboratorio confiados que nos indicará la(s) causa(s). Para nuestro ejemplo, supongamos que el informe del laboratorio indica que es solamente debido a fatiga. Entonces nuestro árbol lógico se expande un nivel y sería representado a como sigue:

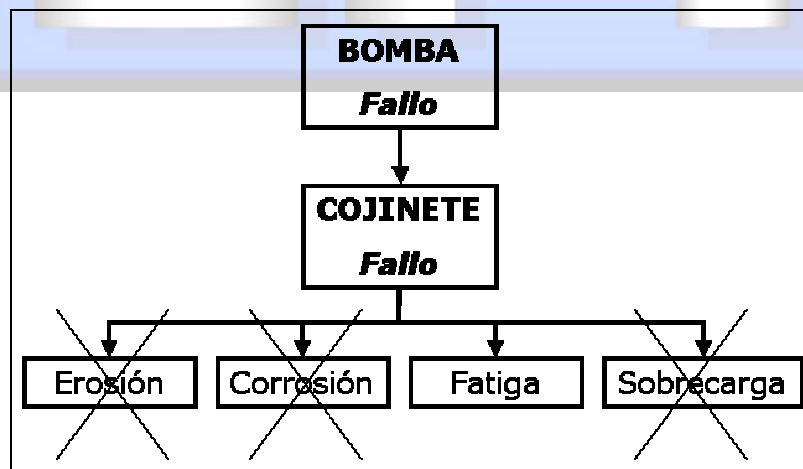


Figura A-2.0 – Hipótesis Adicionales

Ahora podemos apreciar que a medida que elaboramos nuevas hipótesis, debemos probar lo que decimos en cada nivel del árbol. Esto es demostrar la calidad del proceso. Cuando continuamos este proceso iterativo validamos nuestras conclusiones acerca de las causas fundamentales en cada paso y podemos confiar que estaremos en lo correcto porque hemos sustentado con hechos y no con meras suposiciones o creencias. Esto también significa que cuando acordamos gastar dinero para subsanar las causas fundamentales identificadas, el dinero será bien invertido porque el problema no deberá volver a ocurrir.

Aplicar el TPM al proceso de pensamiento no es un nuevo concepto. Cuando se piensa en la experimentación científica se siguen las mismas premisas de establecer un

conjunto de hipótesis y luego aplicar un método válido de prueba para desarrollar conclusiones válidas. Si pensamos bien, podemos apreciar que cualquier ocupación investigativa debe seguir este enfoque de “proceso de calidad”. Los detectives, policías, investigadores de seguros, médicos, investigadores de incendios, etc., tienen que establecer hipótesis y luego someterlas a prueba.

En nuestro esfuerzo para promover una cultura de precisión, debemos atender nuestros procesos administrativos con los conceptos de TPM en mente. El enfoque TPM es aplicable a equipos, procesos y situaciones humanas. No debemos limitarnos al aplicar estos conceptos diariamente.

A.2 Calidad de Proceso en ACF

Concepto: Si retrocedemos unos veinte años o más, recordaremos que la mayor parte de nuestros esfuerzos de calidad estaban orientados al producto final que salía de la línea de producción o del proceso de empaque. En ese punto, si encontrábamos que habían defectos, nos veíamos obligados a descartar el lote de productos. Luego llegó el TPM cuya iniciativa enfatiza la “calidad del proceso” y comenzamos a implantar el Control Estadístico de Procesos (CEP o SPC) y el Control Estadístico de Calidad (CEC o SQC). Comenzamos a identificar la “calidad” durante el proceso de fabricación asegurándonos que para cuando el producto llegaba al final de la línea era un producto de calidad. Ahora nos preguntamos, ¿podemos hacer lo mismo con el Análisis de Causas Fundamentales (ACF)?

Usando la analogía del TPM descrita anteriormente, tratemos de ver si el ACF se aplica a procesos que no son de fabricación. Si preguntamos, casi todas las personas dirán que sí efectúan Análisis de Causas Fundamentales (ACF) y en gran medida eso es correcto en su propia forma de pensar. Esto se debe a la forma en que ellos definen el ACF versus la forma en que la persona que pregunta define el ACF. Es como si le preguntamos a una muestra de la población, “¿vive usted una vida saludable?” La mayoría responderá con un enfático SÍ. Sin embargo, ¿qué significa el término saludable para estas personas? Para algunos significa que están vivos, para otros significa que comen bien y hacen ejercicios, para otros que están emocionalmente bien y para otros puede significar que viven contentos con sus creencias religiosas.

De igual forma vemos las interpretaciones sobre lo que significa el ACF. Algunos creen que significa a) tener a un experto que proporciona soluciones, otros b) desarrollar tormenta de ideas en un salón para sacar conclusiones de las opiniones y supuestos, y para otros c) la aplicación de un proceso de pensamiento disciplinado para encontrar las verdaderas causas fundamentales.

1. Cuando el llamado experto proporciona una solución en forma individual, estamos más dispuestos a confiar en sus instintos, invertir dinero en sus recomendaciones y confiar en que las soluciones funcionarán. Es realmente como inspeccionar la calidad al final de línea de producción. Si algo falla, ya es muy tarde.
2. Cuando los equipos utilizan las técnicas de tormentas de ideas y diagramas de espina de pescado (Ishikawa) o los 5 PORQUÉ (Why-Why), lograrán conclusiones basados en las opiniones de la mayoría. Esto significa que las soluciones tienden a implantarse en base al consenso de las opiniones del equipo, no necesariamente en hechos irrefutables sustentados con pruebas. De

nuevo, estaremos inspeccionando la calidad al final de la línea de producción y no durante el proceso que generó las conclusiones.

3. Cuando los equipos de trabajo aplican el proceso ACF en forma disciplinada y estructurada, que implica la identificación de hipótesis sobre cómo algo puede ocurrir, y luego REQUIEREN verificación con cierta esencia científica para determinar si es o no correcta, entonces estamos aplicando Calidad de Proceso. Esto es porque estaremos probando con hechos nuestras hipótesis en vez de depender en supuestos, opiniones e ignorancia.

Para demostrar estos puntos, veamos el siguiente ejemplo resumido:

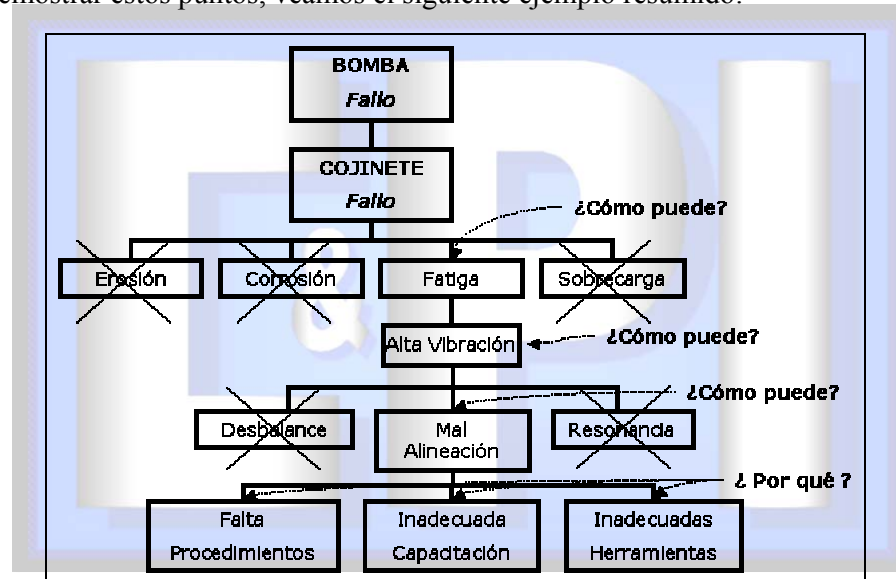


Figura A-3.0 – CPI-ACF® Árbol Lógico - Disciplina ACF

Lo anterior muestra un proceso de pensamiento disciplinado llamado CPI-ACF®. Recordemos nuestro escenario del ACF. Si la bomba falla, en algunos casos llamamos a nuestros expertos ingenieros para que la revisen, ellos harían su magia de ingeniería y posiblemente concluyan que un cojinete distinto (mayor resistencia a la fatiga) debe instalarse para este servicio. Cambiaríamos el cojinete con uno nuevo de acuerdo a la sugerencia. Pero, dado nuestro escenario ¿quedará el problema resuelto?

Qué pasaría si reunimos a nuestro equipo de trabajo en una tormenta de ideas y todos analizan el desempeño histórico de la bomba y el correspondiente mantenimiento, concluyendo que debe ser el nuevo lubricante que se utiliza y que por lo tanto debemos cambiar de lubricante. Pero, dado nuestro escenario ¿quedará resuelto el problema?

Aplicando el enfoque disciplinado CPI-ACF® tendríamos que hacer revisar el cojinete por un especialista en metalurgia. Recibiríamos un informe concluyente (con pruebas científicas) estableciendo que hay evidencia para sustentar la presencia de fatiga. Entonces nos preguntaríamos ¿cómo puede darse esa fatiga en el cojinete? Elaboramos nuestras hipótesis y establecemos que podría darse por vibración. ¿Cómo puede existir alta vibración? Nuevamente establecemos nuestras hipótesis identificando que puede ser causado por desbalance, resonancia y mal alineación. Revisamos nuestros certificados de balance y nuestros registros de vibración por resonancia sin encontrar evidencias de que esas puedan ser las causas. Vamos al mecánico que da el

mantenimiento y le pedimos que vuelva a alinear la bomba y observamos su trabajo, detectando que no sabe bien cómo alinear una bomba.

Cuando nos preguntamos ¿cómo es posible que no sepa alinear una bomba? Nos damos cuenta que jamás ha recibido un entrenamiento adecuado, que no posee procedimientos ni instructivos y que las herramientas utilizadas están desgastadas. Ahora sabemos las VERDADERAS causas y podemos desarrollar las soluciones que al implantarlas FUNCIONARÁN y eliminarán la posibilidad de que dicho problema vuelva a suceder.

Aplicando el proceso disciplinado CPI-ACF[®], usamos Calidad de Proceso versus Calidad del Producto. Nuestras conclusiones se sustentan en hechos, no en creencias. No utilizamos procedimientos de “prueba y error” para establecer soluciones y luego ver si funcionan. Para cuando llegamos a nuestras soluciones sabemos que funcionarán porque hemos mantenido Calidad de Proceso en el ACF.

A pesar de que los enfoques del ACF no disciplinados son muy atractivos para muchas empresas ya que producen respuestas rápidas, no se garantiza que dichas respuestas sean correctas. Resultan ser rápidas solamente porque no involucran la comprobación con hechos que sustenten las conclusiones. Un verdadero ACF incluye tomarse el tiempo para comprobar lo que suponemos, antes de invertir para probar que nos hemos equivocado.

A.3 Finalización del Proceso de ACF

¿Dónde finalizamos nuestro Análisis de Causas Fundamentales, en el CÓMO o en el POR QUÉ?

Concepto: Cuando la mayoría de las personas conducen su versión del Análisis de Causas Fundamentales (ACF), ¿dónde normalmente finalizan el proceso? ¿Cómo saben cuando han finalizado? ¿Cómo garantizan que el problema no volverá a ocurrir? Esta preguntas representan la REALIDAD cuando somos los responsables actuando bajo presión de nuestros jefes. Si nos consideramos detectives de fabricación, ¿estamos contentos finalizando el proceso en el CÓMO o en el POR QUÉ?

Cuando tengo oportunidad de recrearme viendo televisión, procuro ver los programas de investigaciones de crímenes (Detectives Médicos) que trasmite el canal Discovery. Son relatos de la forma en que los investigadores y forenses utilizan tecnología de punta para demostrar o probar o descartar las hipótesis formuladas durante las pesquisas. Casi siempre el objetivo es encontrar al o los culpables y construir la suficiente evidencia que permita procesarlos en corte con un “caso sólido”.

Trasladando esta perspectiva a nuestro rol de analistas de ACF, vemos que también nosotros debemos construir “casos sólidos”. Sin embargo, nuestro escenario no es una corte de jueces y jurados, si no un selecto número de ejecutivos a los que les solicitaremos fondos y recursos para implantar nuestras recomendaciones en base a nuestro ACF. A pesar de que los objetivos difieren, los métodos para lograrlos son similares. En ambos casos debemos probar un caso sólido para obtener los resultados deseados. En los casos criminalistas es conseguir una sentencia condenatoria. En nuestros casos la meta es implantar nuestras recomendaciones para eliminar la recurrencia de un problema o de un evento no deseado.

Viendo las cosas de esta manera, cuando desarrollamos nuestros análisis podemos hacerlo como un ingeniero forense o un fiscal acusador que persigue ganar su caso. ¿Cuál es, entonces, la diferencia de estos dos posibles papeles?

El ingeniero forense simplemente trata de determinar, con uso de la ciencia, CÓMO ocurrieron los eventos. Esto significa que cierta secuencia de relaciones de causas y efectos están enlazadas y provocaron el evento en cuestión. Su papel es el de probar que cada hipótesis ocurrió o no ocurrió. En esencia producirá un mapa o diagrama sobre CÓMO ocurrió el evento y estarán en capacidad de demostrar que sucedió tal como lo indican.

Ahora, veamos el papel del fiscal acusador que es típicamente el de determinar POR QUÉ ocurrió el evento. Con los datos del ingeniero forense, o sea el CÓMO ocurrió el crimen, el fiscal acusador debe determinar POR QUÉ se cometió el crimen. En otras palabras, debe establecer el motivo que causó la secuencia de eventos (CÓMO) que resultaron en la avería o falla.

Esto es igual para nuestras empresas. Debemos aplicar nuestra tecnología (ejemplo, monitoreo de vibraciones, graficación infrarroja, microscopio de electrones, análisis de tensión, etc.) para probar o negar nuestras hipótesis. Pero nuestros analistas deben explorar POR QUÉ las personas toman las decisiones que resultan en los eventos no deseados o fallas. Veamos, por ejemplo, el árbol lógico que utilizamos en la segunda parte de esta serie (Figura A-4.0).

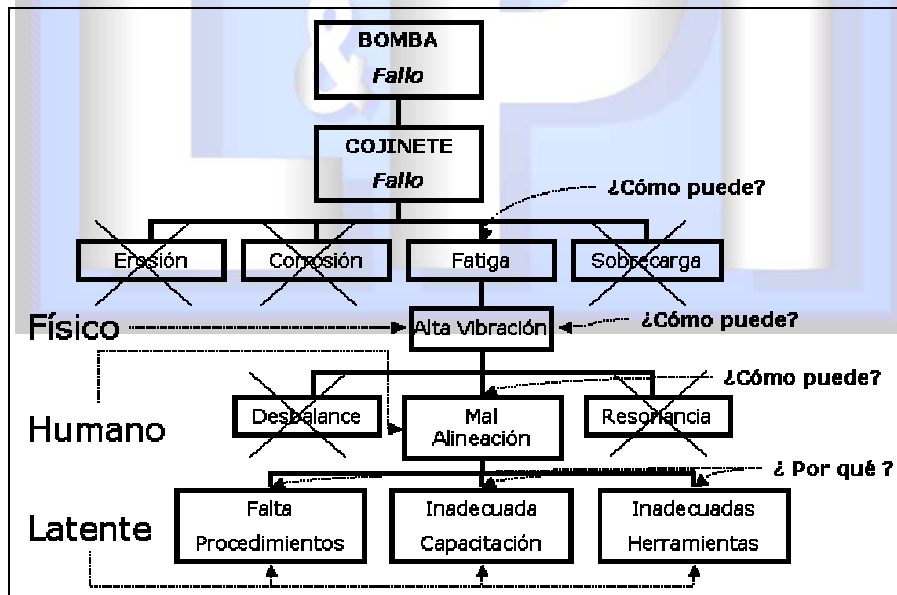


Figura 4.0 - CPI-ACF® Árbol Lógico -Disciplina ACF

El evento no deseado es que una bomba falló en desempeñar su pretendida función. En nuestro esfuerzo por probar un “caso sólido” debemos entender las relaciones causas y efectos que provocaron el evento. Esto involucra la aplicación científica para comprobar nuestras hipótesis. En el ejemplo anterior podemos explorar CÓMO la bomba podría fallar y utilizar la ciencia para probar nuestro caso:

HIPÓTESIS	TÉCNICAS de VERIFICACIÓN
Erosión, Corrosión, Fatiga y Sobrecarga	Análisis Metalúrgico
Alta Vibración	Instrumentos para Monitorear Vibración
Mal Alineación	Tecnología Láser de Alineación

Con ello podemos conocer el CÓMO pero, ¿qué pasa con el POR QUÉ? En este caso alguien alineó mal la bomba y esa decisión provocó una secuencia de relaciones de causas y efectos que resultaron en el fallo prematuro de la bomba. Nuestro “forense” nos confirma el CÓMO pero, ¿POR QUÉ una persona decide alinear la bomba de esa forma? Aquí es donde necesitamos comprender los motivos del POR QUÉ las personas toman decisiones que son equivocadas. Como analistas, si profundizamos lo suficiente para entender el proceso de pensamiento o el raciocinio de tal decisión (Fundamento Latente), descubriremos las verdaderas CAUSAS FUNDAMENTALES del POR QUÉ se presentó una falla física. Las personas pueden alinear mal una bomba porque carecen de entrenamiento sobre la forma de hacerlo bien, porque no existen procedimientos que indiquen la forma de hacerlo para cumplir las especificaciones, o porque las herramientas y equipos utilizados para alinear están defectuosos, desgastados o no son los adecuados para ese trabajo.

Si no exploramos el POR QUÉ, entonces el CÓMO volverá a ocurrir. En este ejemplo, si solamente cambiamos el cojinete no habremos eliminado la posibilidad de que vuelva a ocurrir la falla. Tampoco logramos nada con identificar la alta vibración para tomar medidas que nos permitan predecir cuándo fallará, ya que no hemos eliminado la posibilidad de que vuelva a ocurrir la falla. Si reprimimos al mecánico por no alinear debidamente la bomba, tampoco habremos eliminado la posibilidad de que vuelva a ocurrir la falla.

A como podemos apreciar, ninguna de las soluciones tradicionales que generalmente vemos aplicadas evitarán que la falla vuelva a ocurrir. Solamente la identificación del POR QUÉ, aplicando el CPI-ACF® nos permite atender las causas y prevenir las fallas.