

96



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

IMPACTO DE "TPM" EN PRODUCTIVIDAD

TRABAJO ESCRITO

VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

ALBERTO SAUL MASCAREÑAS BARRETO



MEXICO, D.F.



2002

**EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA**

IMPACTO DE “TPM” EN PRODUCTIVIDAD

Trabajo escrito vía cursos de Educación Continua

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

ALBERTO SAUL MASCAREÑAS BARRETO

MÉXICO D.F.

2002

JURADO ASIGNADO:

Presidente	Prof. Pedro Valle Vega
Vocal	Prof. León C. Coronado Mendoza
Secretario	Prof. Marco Antonio León Félix
1er. Suplente	Profesora Lucía Cornejo Barrera
2do. Suplente	Profesora Zoila Nieto Villalobos

Facultad de Química, UNAM

Asesor del tema:

Dr. Pedro Valle Vega



Sustentante:

Alberto Saúl Mascareñas Barreto



ÍNDICE GENERAL

I	INTRODUCCIÓN	4
	• Objetivos de TPM	
	• Conceptos básicos de TPM	
II	ESTRUCTURA DE TPM	6
	• Los 8 pilares del sistema de TPM	
III	IMPACTO DE TPM SOBRE LA ORGANIZACIÓN	12
	• Áreas de oportunidad para mejorar la productividad de la operación	
	• Árbol de costos y pérdidas y matriz de costo vs. estructura de pérdidas	
	• Casos exitosos al implementar un sistema TPM	
IV	CONCLUSIONES	20
V	BIBLIOGRAFÍA	21

I INTRODUCCIÓN

TPM es un acrónimo que significa por sus siglas en inglés "Total Productive Maintenance", en español, una traducción podría ser "Mantenimiento Productivo Total". Recientemente el término ha evolucionado a "Total Production Management" o "Gestión Total de Producción" o "Total Productive Manufacturing" que en español sería "Manufactura productiva Total". El término TPM fue establecido en Japón en 1971 por el JIPM ("Japan Institute of Plant Engineers", hoy "Japan Institute for Plant Maintenance"), con la finalidad de mejorar el mantenimiento de las plantas productivas.

El mantenimiento preventivo fue introducido durante los años 50's, el mantenimiento productivo se estableció durante los años 60's y el inicio de lo que hoy se conoce como TPM surgió al principio de los años 70's. El periodo anterior a los años 50's se caracterizó por aplicar exclusivamente un mantenimiento correctivo.

TPM no solo es un nuevo sistema de trabajo, sino mucho más, es toda una nueva cultura de trabajo, la cual incrementa la competitividad de las empresas mediante:

- a) La creación de una cultura corporativa a través del logro de una mejora de la eficiencia de los sistemas de producción.
- b) La construcción de un sistema para prevenir cualquier clase de pérdidas, por ejemplo, el logro de cero accidentes, cero defectos y cero fallas.
- c) Un total compromiso dentro de la empresa, desde la alta dirección hasta los operadores de línea. Cubre a la organización entera, producción, desarrollo de nuevos productos, mercadotecnia, finanzas, recursos humanos, etc.
- d) La diseminación del concepto de cero pérdidas a través de actividades de grupos pequeños.

Objetivos de TPM.

Entre los objetivos del sistema TPM está el de ser un soporte para ayudar a las compañías en sus procesos de mejora continua, basándose en la mejora de las actividades de sus empleados y en la mejora del desempeño de los equipos.

La mejora en las actividades de los empleados implica cambiar el enfoque cultural de la compañía, con modificaciones en la actitud y roles del personal; esta nueva actitud orienta al recurso humano a satisfacer los nuevos requerimientos de los negocios. Algunos cambios en la actitud y rol del personal, se encuentran:

- a) Los operadores deberán de llevar a cabo actividades de mantenimiento autónomo.
- b) El personal de mantenimiento deberá de ser capaz de efectuar actividades de mantenimiento cada vez mas especializadas.
- c) El personal del área de producción deberá ser capaz de planear y ejecutar las actividades de producción en un ambiente libre de mantenimiento de equipos.
- d) Los operadores deberán de generar productos completamente libres de defectos.
- e) Los empleados en general de este tipo de organizaciones serán responsables de la seguridad y el cuidado del medio ambiente.

La mejora en las actividades del empleado, conlleva necesariamente a una mejora en el desempeño de los equipos. Existen dos objetivos de mejora en el desempeño de los equipos:

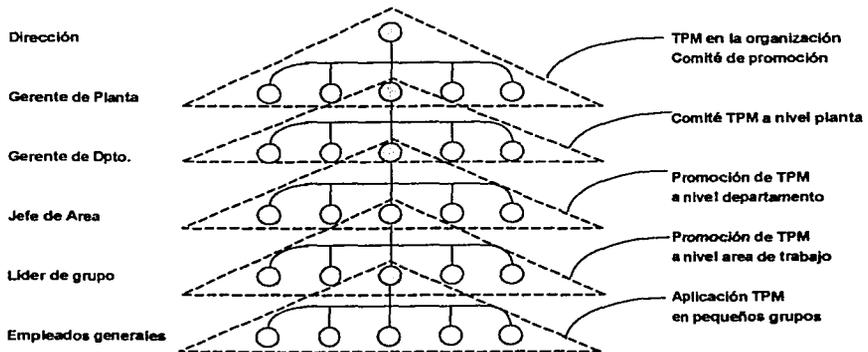
- a) Incrementar la eficiencia de los equipos instalados.
- b) Diseñar nuevos equipos para tener un mayor desempeño.

Conceptos básicos de TPM

El propósito de TPM es la mejora de la cultura corporativa a través de la mejora de las actividades de su personal y el incremento del desempeño de los equipos, la mejora de las actividades del personal se obtiene desarrollando las siguientes actividades:

- a) Creación de una cultura corporativa orientada a la utilidad. Esta utilidad no solo está enfocada a aspectos económicos, sino que la totalidad de las actividades de la compañía giran alrededor del concepto "cero", cero accidentes, cero defectos, cero fallas, etc.
- b) Trabajar basados en una filosofía de prevención más que de corrección.
- c) Obtener un compromiso del individuo. Una gerencia participativa teniendo un respeto hacia los derechos humanos.
- d) Aplicar el concepto de regresar al estado original las cosas, es decir llevar a los equipos y trabajarlos en base a las especificaciones originales, mantener un ambiente limpio de trabajo, libre de distorsiones, implementar controles visuales y conceptos de 5's.
- e) Tender a una operación autónoma a través de la creación de estaciones de trabajo que no requieran cuidados adicionales.

A continuación se muestra la forma en como se involucra y compromete a todos los miembros de la organización dentro del proceso de cambio de cultura organizacional y como participan todas las áreas de la compañía en la implementación de un sistema TPM:



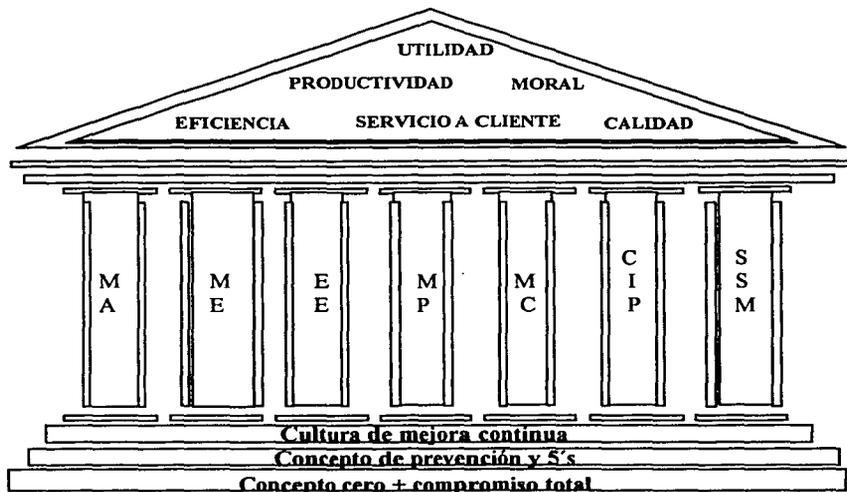
Cada miembro de un nivel jerárquico dentro de la organización participa como líder del siguiente grupo, transmitiendo hacia abajo los nuevos conceptos y demostrando con el ejemplo el compromiso de todos los miembros de la organización.

II ESTRUCTURA DE TPM

Los 8 pilares del sistema de TPM.

El sistema de TPM descansa en una estructura soportada por 8 pilares, estos incluyen medidas específicas que conllevan a las diferentes actividades de implementación del sistema, estos pilares son:

- Mantenimiento autónomo (MA)
- Mejora enfocada (ME)
- Educación y entrenamiento (EE)
- Mantenimiento planificado (MP)
- Mantenimiento de la calidad (MC)
- Control inicial de nuevos productos (CIP)
- Seguridad, salud ocupacional y control del medio ambiente (SSM)
- TPM en áreas administrativas (En algunas empresas este punto lo consideran opcional por lo que no se representó en el diagrama)



En este Diagrama se representan los resultados que una empresa puede lograr soportados por los 8 pilares de TPM que a su vez descansan en los conceptos de mejora continua, prevención, compromiso total de todos los empleados y el concepto "cero".

Mantenimiento Autónomo.

Las actividades de mantenimiento han sido reconocidas por las organizaciones exitosas como un factor vital de supervivencia en un medio ambiente ferozmente competitivo. Como resultado, es necesaria una revisión detallada del nuevo perfil de los operadores y su relación con las actividades de mantenimiento.

Este pilar descansa en el concepto de "mantener uno mismo el equipo en donde trabaja". El mantenimiento autónomo está integrado por todas las actividades diarias que desempeña el operador, tales como: inspecciones, limpieza, lubricación, reemplazo de algunas partes, reparaciones, corrección de desviaciones, llevar al cabo listas de verificación ("check lists") y en general todas aquellas actividades que soporten el logro de la meta de "mantener uno mismo su equipo en buenas condiciones". Se elimina el viejo paradigma del operador "Yo opero el equipo y tú lo arreglas". Lo que se busca es que los operadores adquieran la habilidad de encontrar anomalías o desviaciones, sean cual sea el origen de estas (maquinaria, materiales, procesos, medio ambiente, etc.).

En concreto se requiere que cada operador sea un experto en:

- a) Conocer las anomalías de su equipo y hacer las mejoras respectivas
- b) Entender los mecanismos y funciones de su equipo para localizar las posibles causas si un problema ocurre.
- c) Entender la correlación entre el equipo y la calidad del producto manufacturado y así predecir anomalías potenciales durante el proceso de producción y sus causas.
- d) Reparar su equipo, al adquirir el conocimiento y habilidades para ello.
- e) Ejecutar mejoras en todas las actividades que desempeña, no solamente de manera individual sino cooperando con otros empleados de diferentes áreas de trabajo.

El área de mantenimiento, bajo este esquema, es la que mide y restablece los equipos después de que se deterioran enfocándose a áreas más especializadas, tales como, mantenimiento predictivo y mayor. Se espera que el área de mantenimiento establezca mayores estándares de operación, desempeño y seguridad a los procesos y equipos, en lugar de tan solo cambiar piezas.

Mantenimiento Planeado.

Existen principalmente dos clasificaciones de las acciones que se toman en mantenimiento para lograr las metas de esta área:

- a) Actividades de mantenimiento para prevenir fallas y para corregirlas. Como ejemplo de este tipo de actividades están la operación normal y el mantenimiento preventivo (mantenimiento diario).
- b) Actividades de mejora para extender la vida de los activos, para acortar los tiempos de mantenimiento y finalmente evitarlo. Como ejemplo de este tipo de actividades están el mantenimiento predictivo (mejora de la confiabilidad) y la prevención de mantenimiento (diseño de equipos libres de mantenimiento).

La función y actividades de los operadores y mecánicos bajo este concepto es el de ejecutar el mantenimiento de los equipos de manera económicamente viable y mejorar la efectividad total de de estos.

Específicamente las funciones de los operadores bajo este enfoque son:

- a) Seguir de manera estricta las condiciones básicas de operación (limpieza, lubricación, realineación, etc.).
- b) Mantener las condiciones de operación (las partes principales de los equipos deben ser evaluadas).
- c) La corrección de las anomalías.
- d) Mejorar las habilidades de operación incluyendo técnicas de inspección, arranque y ajuste de equipo.

Por otra parte las funciones del área de mantenimiento son:

- a) Soportar técnicamente las actividades de mantenimiento autónomo de los operadores
- b) “Cerrar el círculo” en todas las actividades realizadas utilizando la inspección, verificación y desarmado de mecanismos para mejorar la operación.
- c) Detectar los puntos débiles en el diseño de equipos y procesos así como aclarar las condiciones de operación y conducir mejoras al equipo sin errores.
- d) Mejorar las habilidades de mantenimiento tales como, inspección, verificación y desarmado de mecanismos.

Educación y entrenamiento.

Habilidad, es la fuerza de actuar de manera correcta y reflexivamente, basado en un conocimiento aprendido acerca de un fenómeno en general y es sustentable a largo plazo. Los operadores experimentados son excelentes para actuar en un periodo muy corto de tiempo desde que se detecta un problema y se toman acciones correctivas.

Como una actividad importante para el buen desempeño de este pilar se destaca la evaluación del nivel de habilidades y conocimientos para cada posición o categoría del personal dentro de la organización, cualquier desviación del estado ideal debe ser mejorado de una manera planeada mediante capacitación y adiestramiento.

Las habilidades deseadas para los operadores son:

- a) Habilidad para encontrar y mejorar las desviaciones del equipo:
 - Encontrar las anomalías del equipo.
 - Entender la importancia de la lubricación, conocer el método de lubricación adecuado para cada mecanismo, además de poder verificar los resultados de dicha lubricación.
 - Entender la importancia de la limpieza (inspección) y saber el método adecuado para realizarla.
 - Detectar, corregir y mejorar para evitar la recurrencia de las anomalías del equipo y las operaciones erróneas.
- b) Entender las funciones del equipo y sus mecanismos y tener la habilidad de detectar la causa que está generando posibles anomalías o desviaciones:

- Entender los mecanismos que integran los diferentes equipos.
 - Poder limpiar e inspeccionar para mejorar el desempeño del equipo.
 - Conocer un criterio de decisión para corregir condiciones anormales.
 - Conocer un sistema para determinar las causas que generan condiciones anormales.
 - Que pueda decidir cuando o no parar el equipo.
 - Que pueda diagnosticar fallas en cierto grado.
- c) Entender la relación entre el equipo y la calidad del producto manufacturado y tenga la habilidad para predecir problemas de calidad y encontrar las causas:
- Tener la habilidad para ver “físicamente” el fenómeno (razonamiento lógico).
 - Conocer la relación entre las características de calidad del producto y el equipo.
 - Entender las causas raíz que producen defectos.
- d) Pueda reparar:
- Pueda reemplazar piezas.
 - Pueda juzgar la vida útil de las partes de los equipos.
 - Pueda estimar las causas de las fallas.
 - Pueda tomar acciones de emergencia.
 - Pueda ayudar en la ejecución de reparaciones de mantenimiento mayores (overhaul).
- e) Pueda ejecutar actividades de mejora de manera independiente o en cooperación con otras áreas:
- Estar consciente de las mermas y tenga la habilidad de reducir los tiempos de limpieza, lubricación, inspección, arranque y ajuste.
 - Pueda alargar la vida útil de los equipos y partes.
 - Pueda predecir y mejorar los tiempos muertos.
 - Pueda predecir y eliminar los defectos de calidad.
 - Pueda mejorar los procedimientos y métodos.
 - Pueda mejorar la seguridad y el cuidado del medio ambiente de los equipos y prácticas de trabajo.

Las habilidades deseadas para el personal de mantenimiento son:

- a) Que puedan instruir a los operadores en la operación y mantenimiento diario del equipo.
- b) Que puedan evaluar si el equipo está operando de manera normal o anormal.
- c) Que puedan analizar las causas de una condición anormal y que puedan seleccionar e implementar métodos correctivos adecuados.
- d) Que puedan mejorar la confiabilidad de las partes y equipo, extendiendo su vida útil y eliminando condiciones anormales o fallas, incrementando el índice MTBF (“Mean time between failures”, que en español significa “Tiempo medio entre fallas”).
- e) Que pueda reducir los tiempos de reparación (MTTR “Mean time to repair”, que en español significa “Tiempo medio de reparación”).
- f) Que tenga conocimientos tecnológicos para diagnosticar el estado de los diferentes equipos y que pueda utilizarlo y estandarizarlo.
- g) Que pueda trabajar bajo criterios económicos y optimizarlos.

Mantenimiento de la calidad.

El mantenimiento y mejoras en la calidad de los productos, así como garantizar una homogeneidad a lo largo de los procesos productivos se ha convertido en una tarea vital para todas las actividades de manufactura.

El mantenimiento de la calidad descansa en los siguientes conceptos:

- a) Establecer la condición de cero defectos, verificar y medir esta de manera regular, soportando una operación que no genere defectos de calidad.
- b) Prevenir defectos de calidad verificando que los valores medidos estén siempre dentro de valores estándar o especificados.
- c) Verificar la tendencia de los valores medidos para predecir la posibilidad de defectos y tomar las medidas necesarias antes de que estos se presenten.

La filosofía básica es "mantener un equipo perfecto para generar productos perfectos (100% sin defectos).

Control inicial de nuevos productos.

El ambiente económico de nuestros días y la mayor cantidad de competidores en un mercado específico, ha generado una gran diversificación de productos y acortado el ciclo de vida de estos. Este ambiente hostil ha obligado a las compañías a reducir el tiempo del lanzamiento de nuevos productos; desde la concepción de un nuevo producto hasta el arranque y el logro de una producción estable y efectiva desde el punto de vista de costos se tiene muy poco tiempo si lo comparamos con tan solo hace unos años. Un adecuado control de actividades de desarrollo de productos es vital para acortar los tiempos de lanzamiento.

El control inicial de productos ayuda a la organización al eliminar de antemano cualquier tipo de anomalías que pueda tener un producto nuevo una vez que ya se encuentra en producción, dichas anomalías pudieran ser generadas por un inadecuado diseño del producto o proceso. Este control inicial de productos se logra a través de:

- a) Implementar estudios técnicos adecuados y revisiones de diseño en cada etapa del proceso de desarrollo de nuevos productos.
- b) Asegurar una fácil manufactura de los nuevos productos.
- c) Incluir parámetros de control de calidad desde el diseño mismo del producto.

Seguridad, salud ocupacional y control del medio ambiente.

Se requiere que las siguientes actividades en el ámbito de seguridad sean revisadas y ejecutadas para que el sistema TPM opere adecuadamente:

- a) Establecer un sistema para prevenir accidentes. Es importante establecer un sistema que refleje la realidad mediante la observación de los equipos e instalaciones en los centros productivos.
- b) Tomar las medidas necesarias en contra de las fuentes potenciales que puedan causar accidentes. Ya que una de las bases esenciales de TPM es el concepto cero accidentes, la

única forma de lograrlo es que todas las medidas o acciones que se tomen, consideren todos los factores que potencialmente podrían generar accidentes.

- c) Diseñar equipos y procesos intrínsecamente seguros.
- d) Crear un ambiente de trabajo amigable y confortable propicio para evitar fatiga excesiva, stress y accidentes. Se debe de garantizar un balance adecuado de los sistemas hombre-máquina.
- e) Diseñar equipos y procesos que no disturben el medio ambiente.

La seguridad, salud ocupacional y control del medio ambiente realmente se encuentra correlacionado en todas las actividades de los otros 7 pilares, mas que un sistema independiente.

TPM en áreas administrativas.

Las actividades del área de producción inician con información proveniente de otros departamentos administrativos; de aquí que una información de la calidad adecuada y en el tiempo requerido son esenciales para el correcto desempeño de la función de manufactura. La aplicación del sistema de TPM en las áreas administrativas, cuya misión mas importante es procesar información, puede ser entendida fácilmente si se piensa que el proceso de producción se sustituye por el proceso de generación de información y el producto final debe cumplir con las mismas características de un producto terminado, es decir, calidad, costo y oportunidad.

Los departamentos como planeación y desarrollo, mercadotecnia y de administración no producen un valor directo como el del área de producción. La función primaria de dichos departamentos, con un enfoque TPM, es la de procesar información por áreas funcionales y proveer suficiente soporte a todas las actividades de manufactura para reducir costos y fortalecer la capacidad competitiva de la empresa. La segunda función de estas áreas es generar una constante productividad en sus propios departamentos que coadyuve al logro constante de reducción de costos, que permita a la empresa ser competitiva en el ambiente tan cambiante de hoy en día. La tercera función, no menos importante, es contribuir a generar una mayor confianza en el consumidor y mejorar la imagen corporativa basada en esta.

Bajo el enfoque de TPM el objetivo de algunos departamentos administrativos es:

- a) Planeación y desarrollo. Reducir tiempos de desarrollo y disminuir al máximo los problemas de arranque y operación. Diseñar productos y procesos que permitan una producción fácil y libre de defectos.
- b) Ventas y compras. Ventas debe pasar mas tiempo con los clientes para reunir información que permita la expansión de los negocios basada en las necesidades de los clientes. Disminuir inventarios para la mejor utilización del capital. Compras debe identificar socios de negocios en los diferentes proveedores que soporten la operación de manufactura, con materiales con la calidad y costo requeridos.
- c) Administración. Realizar de manera efectiva las actividades que permitan mejorar el nivel de servicio hacia los consumidores.

III IMPACTO DE TPM SOBRE LA ORGANIZACIÓN

En la mayoría de las compañías de manufactura, el costo mas importante de toda la operación es el de los insumos, tanto materias primas como empaques. El siguiente rubro en importancia lo constituye el costo variable y fijo de manufactura, que generalmente se denomina costo de conversión. El costo de conversión es el resultado del proceso de transformación de los insumos en productos terminados. Otro tipo de gastos como los gastos administrativos, por ejemplo el de las áreas corporativas, ventas y mercadotecnia, impactan también el costo total de la compañía pero generalmente en menor grado. Por lo tanto los mayores esfuerzos de productividad se enfocan en donde se pueden generar los mayores ahorros, es decir en el costo de los insumos y su costo de conversión.

Áreas de oportunidad para mejorar la productividad de la operación.

Analizando los costos de los materiales y de conversión de una compañía de manufactura, el sistema TPM identifica 16 grandes pérdidas potenciales en donde al eliminarlas o al menos reducir las, se generan los ahorros más importantes para incrementar la competitividad, vía el incremento de la productividad.

Como se comentó en la sección I de este trabajo, TPM es un soporte para ayudar a las compañías en sus procesos de mejora continua a través de la mejora en las actividades de sus empleados y la mejora del desempeño de los equipos. Las 16 grandes pérdidas o áreas de oportunidad para mejorar la productividad mencionadas en el párrafo anterior se pueden clasificar en tres grandes grupos:

a) Productividad generada por la mejora de la eficiencia del equipo:

Las siguientes actividades contribuyen a eliminar los tiempos muertos durante la operación, que generan pérdidas de eficiencia:

- 1 Eliminación de tiempo muerto por fallas en los equipos.- Este es el área más importante para mejorar la eficiencia de un equipo y consiste en la eliminación de todo el tiempo muerto generado por fallas mecánicas en una línea de producción.
- 2 Eliminación de tiempo por ajustes de equipo.- Los ajustes del equipo son necesarios durante el proceso de producción para corregir ciertas desviaciones, este tiempo de ajuste afecta el desempeño total de la línea. Los ajustes también son necesarios para el cambio de presentación o tamaño en una línea de producción.
- 3 Eliminación de tiempo por arranque de equipo.- Durante los arranques generalmente se produce producto fuera de especificación o se corre la maquinaria en vacío para ajustarla, todo ese tiempo genera pérdidas y por ende una disminución de la eficiencia.
- 4 Eliminación de tiempos muertos debido a paros menores.- Los llamados "micro-paros" se generan cuando se debe de ajustar el equipo durante la operación durante lapsos de tiempo muy cortos.

- 5 Eliminación de corridas de producción a velocidades menores al estándar.- En algunos casos se debe de bajar la velocidad de la maquinaria o el proceso de producción por la presencia de fallas mecánicas, materiales defectuosos o falta de personal.
- 6 Eliminación de la generación de producto defectuoso o re-procesos.- El tiempo durante el cual la máquina esta produciendo producto fuera de especificación, también es un tiempo muerto que reduce la eficiencia de la línea.
- 7 Eliminación de tiempos muertos por re-emplazo de piezas.- Tiempo que se invierte para cambiar alguna pieza de la maquinaria, ya sea porque se rompió o su desgaste está generando cualquier tipo de falla en el equipo.
- 8 Eliminación de tiempo muerto generado por paros de planta.- Los paros de planta generalmente están programados y son generados por programas de mantenimiento, falta de órdenes de ventas, falta de materiales o personal o cualquier otra razón. Durante este periodo de tiempo no es necesario arrancar el equipo.

Las 6 primeras grandes pérdidas se pueden monitorear mediante el registro de un índice llamado OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total del equipo) (1)(5)(8)(10), este índice se obtiene de la multiplicación de tres factores: Disponibilidad (tiempo), Desempeño del equipo (velocidad) y factor de calidad (rendimiento o mermas). En otras palabras el OEE incluye todas las causas de pérdidas de tiempo en los equipos, por ejemplo, el que el equipo no se encuentre disponible cuando se le necesita debido a tiempo muerto producido por fallas mecánicas o durante los arranques o por los ajustes; un desempeño pobre producido por tiempo muerto generado por paros de máquina pequeños o correr una máquina a una menor velocidad de la estándar; finalmente un bajo índice de calidad al no producir productos a la primera que satisfagan todas las especificaciones de calidad o trabajar en re-procesos o pérdida de tiempo por producir productos no conformes durante los arranques.

Las primeras 7 grandes pérdidas impiden un adecuado desempeño de los equipos de manufactura, la octava pérdida impide que los equipos funcionen, ya que tienen que estar parados por otro tipo de razones (por ejemplo mantenimiento).

b) Productividad por la mejora del desempeño de los recursos humanos.

- 9 Eliminación de problemas de gestión administrativa.- Esto representa el tiempo perdido por la espera de instrucciones, materiales, herramientas o reparaciones.
- 10 Eliminación de problemas de entrenamiento.- Este tipo de pérdidas se refiere a las horas hombre perdidas por la diferencia de habilidades del personal que efectúa ajustes o reemplazos de piezas o en la operación misma de una línea de producción.
- 11 Eliminación de problemas de organización de personal.- Principalmente se originan por la asignación tardía de personal al proceso productivo.
- 12 Eliminación de problemas de distribución.- Pérdidas de tiempo generadas por movimientos de materiales.
- 13 Eliminación de pérdidas por evaluación y ajuste.- Estas pérdidas se refieren al tiempo que invierte el personal en evaluar la calidad de su producto en lugar de producir.

Estas 5 grandes pérdidas impiden la mejora en el desempeño de la mano de obra.

c) **Productividad por el adecuado uso de los recursos materiales (materias primas, empaques y energía):**

- 14 **Eliminación de pérdidas por bajos rendimientos (altas mermas).**- El costo de las mermas que se generan durante los procesos de arranque de líneas de producción en donde el primer producto sale fuera de especificación forma parte de este tipo de pérdidas. Otra fuente de costo adicional es el desperdicio de material durante los ajustes o al producir producto defectuoso; el sobre peso o un bajo rendimiento del proceso en donde se pierde producto también se consideran como fuentes de generación costos adicionales.
- 15 **Eliminación de pérdidas por desgaste prematuro de equipos y herramientas.** Estos gastos se generan al tener que reemplazar piezas o herramientas que han sido dañadas principalmente por el mal uso del equipo o el bajo mantenimiento.
- 16 **Eliminación de pérdidas de energía.**- Esta energía se pierde durante los arranques en donde no se produce producto dentro de especificaciones o cuando se sobrecarga el equipo y esto genera un consumo adicional de energía, o pérdidas calor en procesos de calentamiento. También se desperdicia energía durante la producción de producto fuera de especificación. Este consumo adicional de energía genera un costo incremental.

Estas 3 grandes pérdidas impiden la efectividad en el uso de los recursos de producción o energía.

A través de las actividades de mejora de pequeños grupos enfocándose al personal y al equipo, es posible incrementar la eficiencia de las líneas de producción y la efectividad del personal, generando a su vez una reducción en los costos de manufactura y por lo tanto mejorando la productividad.

Árbol de costos y pérdidas y matriz de costo vs. estructura de pérdidas.

La prioridad para atacar primero algunas de las 16 áreas de oportunidad debe ser fijada por cada una de las compañías de acuerdo al impacto en productividad de cada una de ellas. Es necesario preparar un árbol de costos y pérdidas que sea un auxiliar para que con ciertos índices de control guíe los esfuerzos y evalúe los beneficios de cada una de las actividades que se desarrollan para mejorar el costo total de manufactura. En la figura III.1 se puede observar un ejemplo de este tipo de diagrama.

Si se analiza el diagrama se observará que el costo de manufactura está integrado por el costo fijo y el costo variable.

El costo fijo está afectado directamente por la productividad que se obtenga durante el proceso de producción. Esta productividad es el resultado del índice de carga del equipo de manufactura, el cual se ve afectado por el tiempo de mantenimiento y las pérdidas administrativas; a mayor tiempo de mantenimiento o pérdidas de tiempo del tipo administrativas el índice de carga del equipo baja y también la productividad, incrementando el costo fijo. Otro parámetro también importante que afecta la productividad del proceso es el costo del tiempo de carga y descarga del equipo y de la eficiencia del trabajo; A mayor tiempo de carga y descarga y menor eficiencia en el trabajo, menor productividad y mayor costo fijo. El último factor que afecta la productividad durante el proceso de producción es el término que ya se comentó anteriormente y se define como OEE (Overall equipment effectiveness o Efectividad total del equipo), este índice está integrado

por el tiempo de operación, el cual se ve disminuido por el tiempo perdido o muerto generado por fallas y ajustes, el índice de desempeño, el cual se ve afectado por el tiempo muerto generado por la presencia de fallas menores o pérdida en la velocidad y finalmente por el índice de calidad que se ve disminuido al generarse tiempo perdido cuando se produce producto fuera de especificación o bajo rendimiento. Estos tres índices que componen el OEE al reducirse producen una productividad menor y por lo tanto un mayor costo fijo.

El costo variable esta directamente determinado por el índice de merma de los materiales y energía utilizados. Esta merma es el resultado del índice de calidad explicado en el costo fijo, pero en este caso reflejado como material desperdiciado y no en función del tiempo muerto generado y el índice del material utilizado que a su vez se integra por la pérdida por generación de defectos y la pérdida generada al producir productos defectuosos o bajo rendimiento; a menor índice de calidad o de utilización de materiales el costo variable se incrementa.

Finalmente los 15 rectángulos inferiores en el diagrama indican los puntos de control que se deben de monitorcar para evaluar la efectividad de las acciones correctivas que se están tomando y registrar los resultados de productividad de cada iniciativa o proyecto.

Continuando con las herramientas que pueden ser útiles para la reducción de costos de manufactura se puede preparar una matriz de Costo vs. Estructura de pérdida en donde se muestra el impacto de las diferentes clases de pérdidas sobre el costo y por supuesto los beneficios en productividad generados en cada sección del costo de manufactura por la reducción o eliminación de cada tipo de pérdida. Un ejemplo de dicha matriz se puede ver en la figura III.2.

En este diagrama se muestra nuevamente la relación entre el costo total de manufactura integrado por el costo de manufactura como tal y los costos administrativos y las pérdidas potenciales que se pueden producir durante una operación normal, integrados principalmente por la pérdida de eficiencia en los equipos, en el recurso humano y en el uso de los recursos de manufactura (energía y materiales).

En esta matriz se representa no solo el costo de manufactura como en el caso del árbol de costos y pérdidas sino se incluyen los costos administrativos los cuales están integrados por el costo de intereses (generados principalmente por el valor de los inventarios), el costo de administración como tal y los costos de distribución.

Arbol de Costos y pérdidas

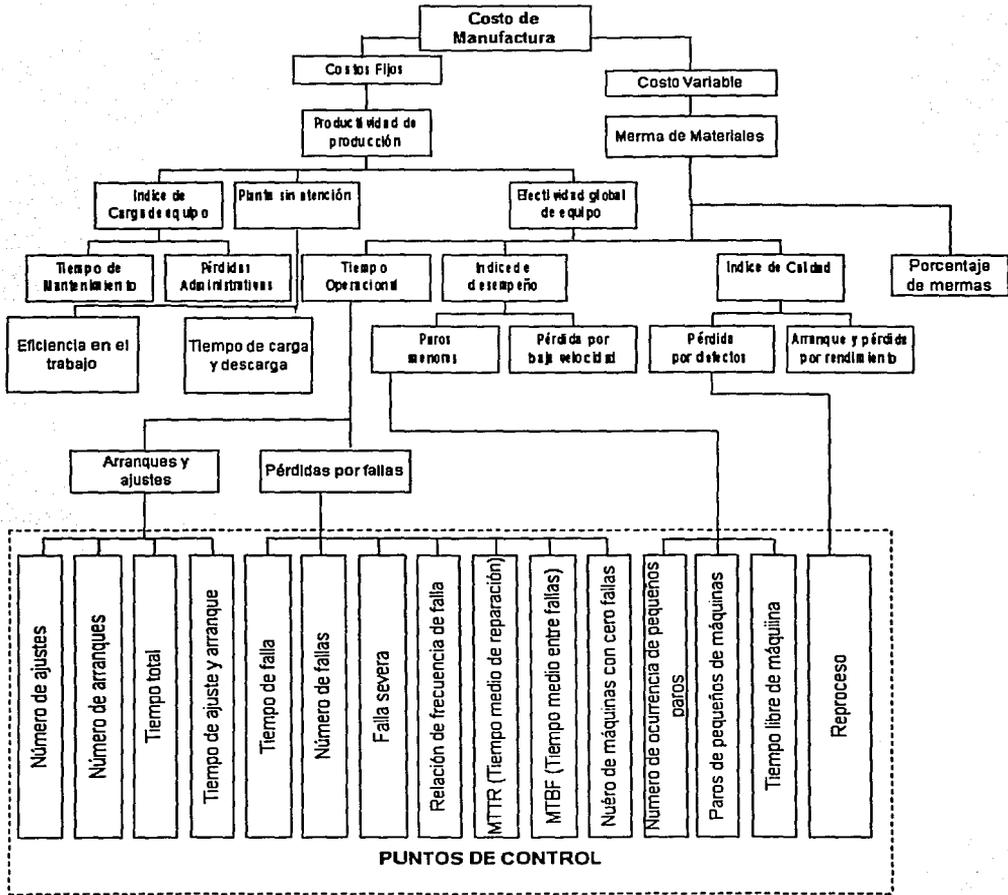


FIGURA III.1

MATRIZ COSTO VS ESTRUCTURA DE PERDIDAS

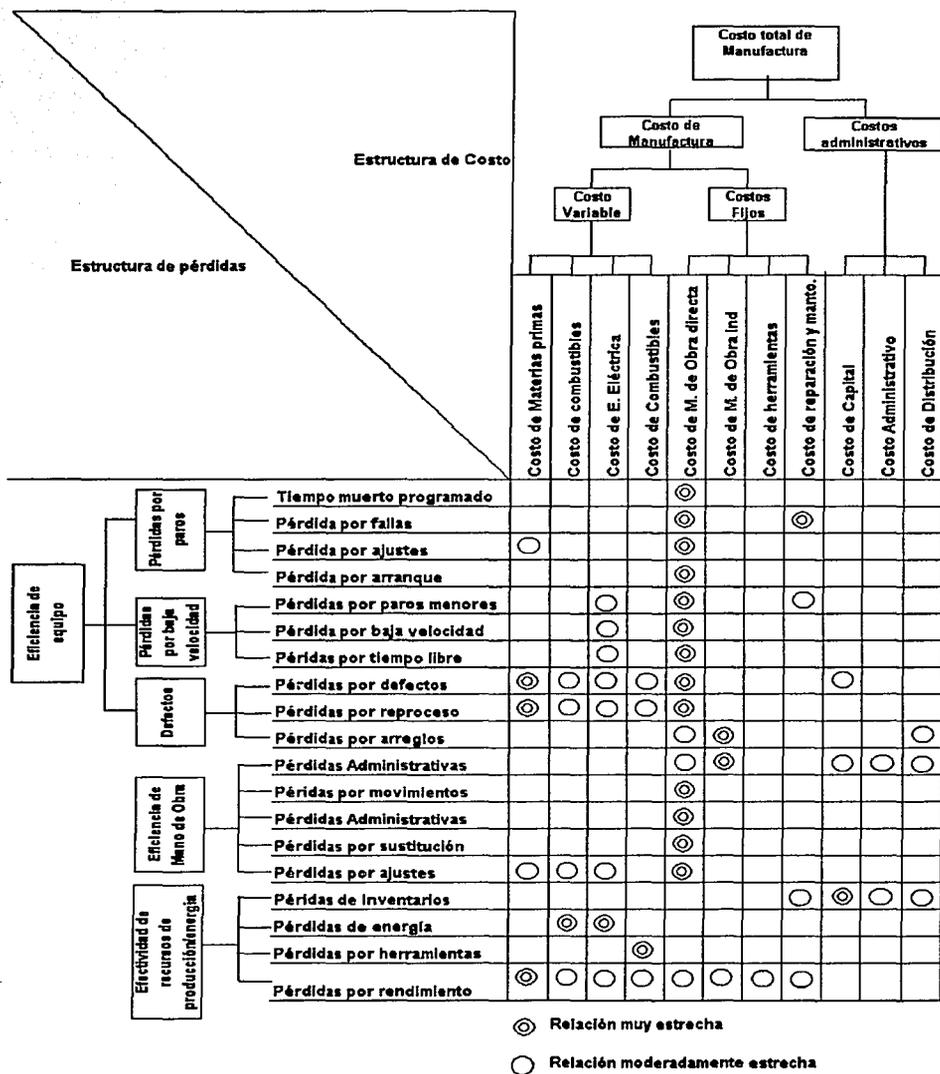


FIGURA III.2

Casos exitosos al implementar el sistema TPM

Aplicando ambos diagramas para dar prioridades para iniciar las actividades de mejora se han reportado en la bibliografía resultados impresionantes, por ejemplo:

Mr. Dyer de Productivity Inc. (9) está orgulloso de los excelentes resultados alcanzados por algunas compañías tras haber implementado el sistema TPM. En una entrevista reciente publicada en Internet, comentó: " Industrias Copeland, por ejemplo, implementó el programa TPM en 1989 y a partir de ahí la compañía ha registrado un 57% de mejora en el tiempo de su ciclo de manufactura, el costo de mermas y reproceso se ha reducido en un 72%, los costos de manufactura han bajado 60%, el costo operativo de la planta bajó 2 millones de dólares en tan solo 18 meses y ahora el tiempo muerto por mantenimiento es tan solo 1.9% del tiempo total".

Jack Roberts (8) presenta también resultados de algunas compañías que han implementado el sistema TPM. Ford, Eastman Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson han reportado incrementos en productividad después de implementar un sistema TPM. Kodak reportó que una inversión de 5 millones de dólares resultó en 16 millones de dólares en incremento de utilidades, lo cual fue directamente un resultado de la implementación de TPM. Una compañía productora de artículos electrodomésticos reportó que el tiempo requerido para el cambio de moldes en sus líneas de producción se redujo de varias horas a 20 minutos, esto es lo mismo que tener de dos a tres máquinas de un millón de dólares disponibles para producción sin tener que invertir en ellas. Texas instruments reportó un incremento en sus índices de producción del 80% en algunas áreas. Casi todas las compañías arriba mencionadas reportaron 50% o más en reducción de sus tiempos muertos, reducción de su inventario de refacciones y el incremento en sus entregas a tiempo a sus clientes.

Cuando muchas organizaciones miden por primera vez el OEE, es común que tan solo se alcancen valores del 40 al 60% en líneas de producción tipo Batch o por lote o del 50 al 75% en procesos continuos, cuando a nivel internacional las mejores prácticas demuestran valores de más del 85% para procesos batch y de más del 95% en procesos continuos. Lo anterior demuestra que en la mayoría de las empresas existe un potencial de mejora del OEE del 25 al 100%, reflejado directamente como productividad.

Otro caso exitoso es el presentado por Graeme Luxford (13) y David Lewis and associates (14) en el cual se presentan los resultados de una subsidiaria de Nissan en Australia, la cual ahora es 30% mas competitiva que sus competidores del continente americano aún con los costos adicionales por fletes, distribución e inventarios en tránsito; esto solo pudo ser posible por la aplicación de TPM. En lo referente al costo de manufactura se ha reducido a una tasa anual de al menos 3%, desde 1992. En lo referente a Calidad se han reducido las quejas de consumidores a niveles de partes por millón (ppm), aún cuando la complejidad de las piezas ha aumentado. Se ha reducido también el tiempo de desarrollo de nuevos productos.

Rick Carter (15), ha reportado los avances que se han presentado en la compañía NASSCO, empresa dedicada a la fabricación de barcos, localizada en San Diego, Ca. NASSCO está trabajando en buscar nuevas formas para lograr mayores niveles de calidad, mientras se reducen los tiempos de proceso. Los retrasos en los procesos de construcción son típicos en este tipo de industrias. El problema principal para NASSCO también era su falta de cumplimiento de sus tiempos de entrega, antes de implementar el sistema TPM el tiempo muerto era alrededor del 30% del tiempo total de operación. El primer año después de la implementación del sistema, en 1997, se obtuvo una reducción del 5% del costo de mantenimiento anual y algo más importante, los equipos con 26% de tiempo muerto lograron tan solo 1% de tiempo perdido, gracias a la re-

estandarización del proceso lo que involucró un mantenimiento mayor, limpieza y re-ensamblado de dichas unidades. El tiempo requerido para cambio de moldes en algunos equipos se redujo de 90 minutos en promedio a 20, gracias a las modificaciones inspiradas en las actividades de TPM. En el primer trimestre de 1998, el pantógrafo (que corta elipses en tubos) tenía un tiempo perdido de 30 horas por trimestre, después del cuarto trimestre del mismo año y gracias a la re-estandarización de procesos el tiempo muerto fue de cero.

Con estos ejemplos se demuestra que la aplicación de un sistema de TPM es una valiosa herramienta para incrementar la productividad y sus resultados se reflejan directamente en la rentabilidad de la compañía.

**ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA**

IV CONCLUSIONES

Como se ha descrito, la adecuada implementación de un sistema TPM es necesario ya que:

- a) Es un medio de supervivencia para la organización que se encuentra inmersa en un medio ambiente cada vez más difícil desde un punto de vista económico, lo que está generando que cada vez las compañías se vean forzadas a eliminar toda clase de desperdicios. Se está haciendo imperdonable que una máquina, que generalmente ha sido instalada para cubrir una demanda de negocio con una alta inversión esta parada por cualquier tipo de falla o genere productos fuera de especificación. El mercado exige cada vez mejores precios en artículos con una calidad específica.
- b) Los requerimientos de calidad se están haciendo más estrictos y ahora se da como un hecho que todos los productos que se venden son confiables y satisfacen las especificaciones de diseño, sin excepción.
- c) Existe una tendencia generalizada en obtener productos muy variados y específicos para ciertos nichos de mercado que obligan a las compañías de manufactura a producir una gran variedad de productos en cada vez menos volúmenes. Los tiempos de entrega exigidos por los clientes cada vez son menores. Esto posiciona a TPM como un medio muy importante para reducir las grandes pérdidas a cero, generando menores costos de manufactura.

En resumen se podría plantear que al implementar un sistema TPM se pueden lograr no solo beneficios tangibles, tales como productividad, sino algunos otros en el campo de lo intangible. Algunos ejemplos (1) de ambos casos de beneficios son:

Beneficios tangibles, reflejados en productividad:

Mejoras en la productividad de 1.5 a 2.0 mayor que antes de implementar TPM, mediante la reducción de fallas esporádicas de 1 en 250 a 1 en 290. La efectividad total de los equipos (OEE) se incrementa de 1.5 a 2.0 veces.

- a) La reducción del índice de defectos de 1 en 10 y las quejas de consumidores referentes a entregas de 1 en 4 ambas a casi cero.
- b) Reducción al menos de 30% en los costos de manufactura
- c) Los inventarios de productos se reducen a casi la mitad
- d) Cero accidentes incapacitantes y cero contaminaciones al medio ambiente.

Beneficios intangibles:

- a) Transforma la cultura laboral para que los operadores mantengan su propio equipo, voluntariamente, sin que los obliguen.
- b) Da a los empleados confianza en sus propias habilidades, a través del logro del concepto "Cero", cero defectos, cero accidentes, cero fallas.
- c) Áreas de trabajo limpias.
- d) Buena imagen y alta moral.

La implementación de este tipo de sistemas no es rápida ni gratis, pero seguramente la inversión siempre se recupera con creces. Tener un plan estratégico de implantación y una continua medición de los índices de desempeño de la operación son vitales para garantizar un rotundo éxito (16).

V BIBLIOGRAFÍA

1. Japan Institute of Plant Maintenance. "TPM Instructor Course". Atlanta, Ga. USA. 2000
2. Nakajima S. "Introduction to TPM". Productivity Press. Portland, Oregon, USA. 1988
3. Suzuki, T. "TPM in process industries". 1era. Edición. Japan Institute of Plant Maintenance. Japan .1992
4. Takahashi, Y. and Osada, T. "TPM". Asian Productivity Organization. Tokio, Japon.1990
5. Ross, K. examining the processes of RCM and TPM. The Centre for TPM (Australasia) www.plant-maintenance.com
6. Ingalls, P. "TPM another Three-letter program or a real improvement process?" Marshall Institute. Total Productive Maintenance Training & Consulting Services www.marshallinstitute.com
7. Ingalls, Preston. "The cost of TPM implementation" www.tpmonline.com
8. Jack, R. "Total Productive Maintenance (TPM)". Technology Interface magazine. Fall 1997
9. Mora, E. "TPM Accomplishments". www.tpmonline.com
10. Sin autor. "What is Total Productive Maintenance?". www.maint2k.com
11. Auskamp, J. "How to make TPM everyone's priority". TPM Group American Showa Blanchester Plant. www.tpmonline.com
12. Mora, E. "The cost of not implementing TPM". www.tpmonline.com
13. Graeme Luxford. "Total Productive Manufacturing at Nissan Casting Australia". www.diccasting.asn.au/nissan/tpm.html
14. David Lewis and Associates Pty Ltd. "The Australian Die Casting Industry- opportunities for Growth, report prepared for Dept. of industry, Science and Technology, June 1995.
15. Rick Carter. "Underway with TPM at NASSCO. Industrial Maintenance and Plant Operation magazine. September, 1999.
16. Ed, Hartmann, International TPM Institute. "Prescription for total TPM success". Maintenance Technology Institute magazine. April 2000.