

87



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

SEMINARIO DE CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES
(EMPRESAS E INSTITUCIONES)

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM

288646

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JOSE JAIME ROSAS ROSAS

ASESOR: ING. JUAN RAFAEL GARIBAY BERMUDEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

"Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones),

Metodología de Implantación para un Sistema de Mantenimiento

Productivo Total TPM".

que presenta el pasante: José Jaime Rosas Rosas

con número de cuenta: 8914785-0 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de Septiembre de 2000.

MODULO	PROFESOR	FIRMA
I y III	Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudín	
II	Ing. Julio Moisés Sánchez Barrera	
IV	Dr. Armando Aguilar Márquez	

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	I
CAPITULO I	1
1. Historia y Conceptos del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	1
1.1. Definición de Mantenimiento Productivo Total	3
1.1.1. Mantenimiento Productivo Total (para el sector producción)	3
1.1.2. Mantenimiento Productivo Total (para toda la empresa)	3
1.2. Conceptos básicos comunes entre JIT y mantenimiento productivo total	4
1.2.1. Comparación del Mantenimiento Productivo Total y el Control de Calidad Total (TQC por sus siglas en ingles)	5
1.2.2. Los efectos del Mantenimiento Productivo Total	6
1.2.3. Aproximaciones del Mantenimiento Productivo Total	7
1.2.4. Como progresar con Mantenimiento Productivo Total	10
1.2.5. Actividades del Mantenimiento Productivo Total	14
1.3. Pasos para la implantación del Mantenimiento Productivo Total	17
CAPITULO II	23
2. FILOSOFIA DE LAS 5S's	23
2.1. ¿Qué son las 5S's del equipo?	23
2.2. Objetivos y metas de las 5S's	23
2.3. Promoción y puesta en práctica de las 5S's	25
2.4. Panorama de las 5S's	26
2.4.1. Limpieza general mayor	26
2.4.2. El programa de las 5S's y la Seguridad	26
2.4.3. El programa de las 5S's y la Eficiencia	27
2.4.5. El programa de las 5S's y la Eliminación de Paros	27
2.5. Poniendo en acción el programa de las 5S's	27
2.5.1. Seleccionar (Paso 1)	28
2.5.2. Organizar (paso 2)	30
2.5.3. Limpieza (Paso 3)	33
2.5.4. Estandarización (Paso 4)	35
2.5.5. Entrenamiento y disciplina (Paso 5)	37
CAPÍTULO III	40
3. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN	40
3.1. Enfoque de detección	40
3.2. Enfoque de prevención	40
3.3. Causas de variación	40
3.4. Conceptos estadísticos básicos	41

3.4.1. Estadística	41
3.4.2. Población, universo o lote	41
3.4.3. Muestra	41
3.4.4. Muestra aleatoria	41
3.4.5. Medidas de tendencia central	42
3.4.6. Medidas de dispersión	43
3.5. Clasificación de datos	43
3.5.1. Datos por medición (variables)	43
3.5.2. Datos por atributos	44
3.6. Sistemas de medición	44
3.6.1. Definición	44
3.7. Tipos de error	44
3.8. Evaluación de sistemas de medición	47
3.9. Hojas de registro	48
3.10. Diagrama de Pareto	48
3.11. Diagrama de causa - efecto	49
3.11.1. Tormenta de ideas	50
3.11.2. Métodos	50
3.11.3. Reglas para la tormenta de ideas	50
3.12. Histogramas	51
3.12.1. Aplicaciones del histograma	52
3.13. Diagrama de dispersión	55
3.14. Gráficas de control	56
3.14.1. Gráficas de control por variables (x - r)	57
3.14.2. Elaboración de la gráfica (x - rm)	62
3.14.3. Elaboración de la gráfica (x - s)	63
3.14.4. Elaboración de la gráfica (x - r)	64
3.14.5. Elaboración de la gráfica (p)	65
3.14.6. Elaboración de la Gráfica (np)	66
3.14.7. Elaboración de la Gráfica (c)	67

CAPITULO IV **69**

4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM	69
4.1. Jishu-Hozen	69
4.1.1. Significado del Jishu-Hozen	69
4.1.2. La necesidad del Jishu-Hozen	70
4.1.3. Método para el desarrollo del Jishu-Hozen	70
4.1.4. Auditoria (diagnóstico) del Jishu-Hozen	71
4.1.5. Actividades del Jishu-Hozen para departamentos de oficina	72
4.2. Mantenimiento Autónomo	72
4.2.1. Características del desarrollo del Mantenimiento Autónomo	73
4.2.2. Pasos para el desarrollo del Mantenimiento Autónomo	74
4.3. Kobetsu-Kaizen	76
4.3.1. Introducción al Kobetsu-Kaizen	76
4.3.2. Pasos para el Kobetsu-Kaizen	76
4.3.3. Objetivos del Kobetsu-Kaizen	78

4.4. Conceptos de Mantenimiento	78
4.4.1. Mantenimiento planificado	78
4.4.1.1. Gestión del equipo en las industrias mecanizadas	78
4.4.2. Mantenimiento Correctivo	81
4.4.2.1. Función del mantenimiento en la gestión del equipo	82
4.4.2.2. Regímenes de mantenimiento	82
4.4.2.3. Objetivos del Mantenimiento Correctivo	84
4.4.2.4. Creación un sistema de gestión de la información	86
4.4.2.5. Crear un sistema para controlar la información técnica y los planos	87
4.5. Degradación de componentes y predicción	87
4.6. Creación un sistema de mantenimiento predictivo	88
4.6.1. Diagnósticos de equipos	88
4.6.1.1. Diagnóstico por vibraciones en maquinaria rotativa	89
4.7. Las tecnologías más empleadas en el Mantenimiento Predictivo	92
4.7.1. Análisis de vibraciones	92

BIBLIOGRAFIA	95
---------------------	-----------

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

INTRODUCCIÓN

Actualmente la necesidad de las empresas por tener una Certificación en Calidad es muy grande, porque las coloca dentro de un nivel de competencia aceptable ante las empresas que ya se han certificado, ya sea totalmente para competencia directa con otras empresas del mismo rubro, o porque son proveedoras de otra empresa que ya se haya certificado y demande de sus subcontratistas, que también estén certificados ya que las necesidades de calidad de sus productos demandan partes con calidad certificada.

Ante esta necesidad; la norma de calidad ISO, ha llegado a ser de las normas que mayor prestigio y respaldo ofrecen a todas estas empresas.

Todos los procesos de certificación en ISO, amparan a la empresa como aquella que cumple con todos los requisitos de calidad en el proceso, para ofrecer un producto de calidad, y calificado para ofrecer una muy buena competencia con el resto de productos que se hallen en el mercado.

En su mayoría; los procesos de certificación son difíciles y de mucha labor en la mejora de los aspectos de trabajo, ya que involucran cambios en todas las áreas de la empresa; por lo que han surgido distintas filosofías que ayudan a mejorar los procesos de una manera constante (mejora continua), firme; es decir con buenas bases, y que en un tiempo recomendable corto, permita apreciar los cambios realizados para la mejora de la empresa.

El respaldo y prestigio que ampara una certificación siempre se deseará en el menor tiempo posible.

Dentro de todas las filosofías que surgen para proponer formas en la mejora de las empresas; no hace mucho tiempo, surge una que proyecta a la empresa, la visión de la mejora en la calidad desde el punto de vista del mantenimiento; planteando que no es solo "un mal necesario", sino que aplicándolo de una manera correcta y profunda es una filosofía que se vuelve incluyente a todas las áreas; a raíz de sus logros en el beneficio de la empresa, a esta teoría filosofía se le ha denominado TPM (Total Productive Maintenance, por sus siglas en ingles); es decir Mantenimiento Productivo Total.

Dentro de las empresas industriales, las funciones de mantenimiento se han entendido tradicionalmente como un mal necesario. Sin embargo, la función que desempeña el mantenimiento es primordial ya que de esto depende garantizar la capacidad de una empresa.

Para la planeación y control de las actividades de producción, se han escrito libros que muestran las teorías de técnicas y sistemas de un buen nivel; sin embargo, aún cuando el personal tiene conocimiento de estas técnicas, la realidad no concuerda con la teoría. No es raro que en las industrias no se cumpla con los planes de producción y que las entregas a los clientes; muchas veces, estén retrasadas. El resultado de esta falta de congruencia entre planeación y ejecución nos lleva a lo que algunos autores definen como los sistemas de ineficiencia en la industria, que además tiene un impacto fuerte en la rentabilidad, en el ámbito de la alta gerencia.

Existen muchos esfuerzos en implantar técnicas que puedan garantizar el nivel de capacidad de una industria, pero la mayoría de las veces son esfuerzos individuales que tienen un resultado global mínimo. A consecuencia de lo anterior, las personas que observan la aplicación de herramientas y apoyos en piso se desmoralizan y decepcionan de tales intentos.

Es por lo anterior que el Mantenimiento Productivo Total tiene una gran importancia en la manera sistemática para lograr que la capacidad de las empresas sea empatada entre la teoría y la práctica. Afortunadamente las empresas se están convenciendo de la importancia que tienen los sistemas de calidad, ya que el Mantenimiento Productivo Total es en un cien por ciento parte y apoyo de la calidad.

Otro de los retos a enfrentar es lograr el cambio en la forma de operar cotidianamente, ya que es realmente difícil convencer a las personas para que trabajen en equipo con el objetivo de lograr las metas de la empresa. Se puede generar una polémica del porque de esta deficiencia, pero más que buscar las causas se deben combinar los esfuerzos para romper con formas tradicionales de trabajo que bloquean la eficiencia de las empresas. Es bastante claro que se generan incertidumbres que se traducen en una resistencia natural al cambio, y este último será la constante y no la excepción. Esta claro para todos; que sino buscamos el cambio para mejorar, estaremos amenazados para ser eliminados del mercado con las consecuencias conocidas.

También es cierto que tenemos que cambiar y aplicar nuevas formas de trabajo pero sin parar los sistemas productivos actuales, lo que generalmente implica un esfuerzo extra por parte de todas las personas de la empresa; dicho esfuerzo debe tener gratificaciones aunque la forma de otorgar reconocimientos varía de empresa a empresa. En otras palabras el éxito o fracaso de la aplicación y operación del Mantenimiento Productivo Total depende de las personas.

Otra realidad de la implantación del Mantenimiento Productivo Total es el tiempo de madurez, donde en términos generales, los beneficios son observados en un lapso de 3 a 4 años.

CAPITULO I

1. HISTORIA Y CONCEPTOS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total es un sistema japonés creado en 1971 que esta basado en las técnicas Norteamericanas del Mantenimiento Preventivo o Mantenimiento Productivo.

Inicialmente se enfocó al área de producción y con el paso de los años la técnica fue mejorando, expandiéndose a las áreas administrativas gerenciales. La primera aplicación de este sistema se dio en la empresa Nippondenso Co., LTD.; reconocida por la fabricación de partes automotrices (perteneciente al grupo Toyota).

Cabe mencionar las diferencias claras que existen entre el mantenimiento preventivo y el sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en ingles "Total Productive Maintenance").

El Mantenimiento Productivo Total esta basado en las técnicas y tecnología del Mantenimiento Productivo norteamericano, sin embargo existen diferencias importantes como se analizan a continuación.

La primer diferencia es que El Mantenimiento Productivo Total está diseñado para perseguir el mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de producción en el mayor grado posible. La mayoría de los sistemas de producción están basados en un contexto de hombre y máquinas. Aunque los sistemas automatizados son cada día mas requeridos, también es cierto que se reportan mas fallas graves que los sistemas hombre máquina.

La eficiencia de producción es maximizada mediante la mejora de los métodos de manufactura, y el mantenimiento del equipo, es muy difícil lograr planes de producción cuando no se tiene la certeza de la capacidad disponible en la planta y, en muchas ocasiones, los responsables del análisis de la capacidad reportan hasta un 50% real de un cien por ciento teórico.

La disminución de la capacidad teórica se debe a paros en las líneas de producción debido a fallas y ajustes, pérdidas en velocidad provocadas por paros menores y disminución de velocidad, y defectos en los productos debido a defectos en los procesos (como en el arranque de corridas y las bajas en producción).

El Mantenimiento Productivo Total está diseñado para prevenir la ocurrencia de los efectos antes mencionados y su propósito es maximizar la eficiencia de los sistemas de producción de una forma total.

La segunda diferencia del Mantenimiento Productivo Total es que los operadores deben proteger sus equipos, a esto se le llama "Jishu-Hozen". Este criterio consiste en una analogía con el ser humano, donde cada persona es responsable de su salud conociendo su estado actual. Periódicamente se realizan chequeos con ayuda de profesionales, en este caso los médicos.

La forma de prevenir defectos y fallas, que provocan tiempos muertos en los equipos, es mediante rutinas sencillas de mantenimiento; el mantenimiento de rutina (limpieza, lubricación, ajuste, etc.); idealmente deberán ser la norma y no la excepción, lo anterior es complementar con las acciones del equipo de mantenimiento de la planta que funcionan como "los médicos especializados en los equipos" para verificar el funcionamiento y llevar a cabo reparaciones tempranas (tratamiento).

Desde el punto de vista tradicional (el estilo Norteamericano), las funciones de los operadores son estrictamente producción y todas las rutinas de mantenimiento corresponden al departamento dedicado a esto. El reto es mayor con el avance y progreso de las industrias, donde la automatización de equipos, procesos y fábricas va aumentando. Es importante recordar que el cuidado de la salud de una planta depende del mantenimiento de la planta.

La tercer diferencia es que el Mantenimiento Productivo Total representa actividades de grupos pequeños en los cuales todos los miembros participan. La idea de la operación de estos grupos de trabajo es muy similar a los círculos de calidad, aunque en estos últimos se promueve mediante la participación voluntaria. En contraste, en el Mantenimiento Productivo Total se conduce a los empleados quienes, basados en la autodisciplina, en conjunto trabajan con la operación formal. De esta forma empatan las actividades individuales y de equipo con el criterio Jishu-Hozen.

Una de las grandes ventajas de este tipo de forma de trabajo es que todos los integrantes son proactivos, sugiriendo mejoras en los procesos, además de que no se debe de invertir mucho tiempo cuidando el proceso una vez que ha sido formalizado. El trabajo de los equipos deberá ser apoyado por toda la organización. En el ambiente de trabajo tradicional esta forma de trabajo no es implantada.

En el estilo tradicional, no existe la implementación de tales actividades de grupos pequeños en las que deben participar todos los miembros.

1.1. Definición de Mantenimiento Productivo Total

La primer definición del Mantenimiento Productivo Total fue determinada en 1971. En esa época se pensaba en la aplicación estricta para los departamentos de producción, pero con el paso del tiempo dicha aplicación se expande a toda la empresa lo que obliga a modificar la definición inicial. Para evitar confusiones, a la definición original se le denomina "La definición del Mantenimiento Productivo Total para el sector de producción. Con el paso de los años se ha observado que el impacto de las mejoras en las empresas es mucho mayor cuando toda la organización contribuye para apoyar el sistema de mantenimiento. La idea es aplicar los conceptos a todos los departamentos y niveles de la empresa, por ejemplo ventas, compras, desarrollo, investigación y todas las áreas administrativas. Es por lo anterior que una nueva definición se ha adoptado (en 1989) para reflejar ese esfuerzo de toda la empresa, y se denomina "La definición del Mantenimiento Productivo Total para la empresa".

1.1.1. Mantenimiento Productivo Total (para el sector producción)

- El Mantenimiento Productivo Total busca maximizar la eficiencia de los equipos (mejora de toda la eficiencia)
- El Mantenimiento Productivo Total busca el establecer un sistema total de Mantenimiento Productivo, diseñado para la vida completa del equipo
- El Mantenimiento Productivo Total opera en todas las áreas involucradas con los equipos, incluyendo la planeación, utilización y el área de mantenimiento.
- El Mantenimiento Productivo Total esta basado en la participación de todos los miembros, desde la alta gerencia hasta el personal de piso
- El Mantenimiento Productivo Total lleva a cabo el Mantenimiento Productivo mediante la motivación gerencial como son las actividades de pequeños grupos de trabajo

1.1.2. Mantenimiento Productivo Total (para toda la empresa)

- El Mantenimiento Productivo Total busca crear un sistema corporativo que maximice la eficiencia del sistema de producción (mejora de toda la eficiencia)
- El Mantenimiento Productivo Total esta basado en la participación de toda la gente, tomando desde la alta gerencia hasta los empleados en piso de los departamentos de producción, desarrollo y administrativos.
- El Mantenimiento Productivo Total crea sistemas para prevenir la ocurrencia de todas las pérdidas de piso y se enfoca al producto final. Esto incluye sistemas para lograr "cero accidentes, cero defectos y cero fallas" para todo el ciclo de vida del sistema de producción.
- El Mantenimiento Productivo Total logra cero pérdidas mediante las actividades de grupos pequeños.

1.2. Conceptos básicos comunes entre JIT y mantenimiento productivo total

Existe una relación importante entre el sistema Justo a tiempo (JIT por sus siglas en inglés "Just In Time") y el Mantenimiento Productivo Total. El requerimiento de JIT para la producción, se basa en los siguientes criterios:

- ✓ Producir el volumen necesario de piezas
- ✓ Producir en el tiempo necesario y correcto

En la actualidad, existe un avance muy fuerte en la automatización de procesos industriales, hasta llegar a la automatización de gráficas (concepto de manufactura integrada por computadora), por lo que se vuelve imprescindible el reducir las fallas esporádicas, paradas menores de máquinas y equipos, producir sin defectos y minimizar los tiempos de ajustes de puesta en marcha para garantizar la fabricación de varios productos en lotes pequeños. Se puede decir que el Mantenimiento Productivo Total genera las condiciones deseables necesarias, así como de un buen soporte, para complementar los esfuerzos de JIT. Las plantas que han decidido adoptar el JIT se favorecen (a un nivel muy alto) con la implantación del Mantenimiento Productivo Total, comparadas con aquellas que no lo han hecho.

A continuación se presentan algunos conceptos básicos comunes a JIT y Mantenimiento Productivo Total:

- ✓ Tecnología de Manufactura de toda la compañía ligada directamente con la administración
 - Ingeniería Industrial para generar ganancias
- ✓ Eliminación Completa de desperdicios
 - Desperdicios resultantes por producción excesiva
 - Desperdicio resultante por almacenamiento
 - Desperdicio resultante por transporte
 - Desperdicio resultante por la manufactura
 - Desperdicio resultante por inventario
 - Desperdicio resultante por movimiento
 - Desperdicio resultante por defectos de producción
- ✓ Anticiparse teniendo una Prevención de Disfuncionalidades
 - "Poka - Yoke" (A prueba de errores del usuario)
 - Preferible prevenir a reparar.
- ✓ Enfoque de los bienes actuales en el lugar
 - Kanban
 - Control Visual = Andon
 - Capacidad Multi - procesos.
 - Participación en la construcción de un sistema de producción.
 - Sentido de propósito en el trabajo

- ✓ Gerencia participativa / respeto por las personas
 - Capacidad Multi - procesos.
 - Participación en la construcción de un sistema de producción.
 - Sentido de propósito en el trabajo

1.2.1. Comparación del Mantenimiento Productivo Total y el Control de Calidad Total (TQC por sus siglas en ingles)

Actualmente el Control de Calidad Total se está adoptando por muchas empresas y debido a que el enfoque actual del Mantenimiento Productivo Total es sobre toda la empresa, una pregunta común es sobre las diferencias entre éstos.

Un punto importante que tienen en común es:

- ✓ Mejoramiento estructural de las empresas.
 - Mejoramiento de los logros en los negocios
 - La creación de un ambiente placentero de trabajo

Los objetivos de la administración difieren. La naturaleza del Control de la Calidad Total guía para la calidad (énfasis en los resultados y las salidas), mientras que el Mantenimiento Productivo Total se aplica característicamente a los equipos (énfasis en las causas y las entradas).

Para el desarrollo del personal, el control de la Calidad Total hace énfasis sobre la Tecnología de Control (métodos de Control de Calidad), mientras que el Mantenimiento Productivo Total trata con la tecnología inherente (tecnología de los equipos, habilidades para el mantenimiento), intenta promover todas las habilidades de la gente para el equipo.

En lo que respecta a las actividades de grupos pequeños, el Control de Calidad Total requiere de la formación de un círculo de actividades, pero voluntariamente; mientras que el Mantenimiento Productivo Total toma las actividades unificadas de una organización formal con las actividades de los pequeños grupos de trabajo. En otras palabras, una organización formal traslapando las actividades de los grupos pequeños como una parte integral del trabajo, en el cual todos lo integrantes (desde la persona de mayor rango hasta el personal en piso) participan.

En términos de objetivos, el Control de Calidad Total se esfuerza en conseguir calidad en el orden de partes por millón (número de defectos por cada millón de piezas), mientras que el Mantenimiento Productivo Total busca completar la eliminación de desperdicio y pérdidas, de tal forma que pueda ser descrito como una tendencia a cero desperdicio y cero fallas.

1.2.2. Los efectos del Mantenimiento Productivo Total

Establecer Mantenimiento Productivo Total significa perseguir la máxima eficacia del sistema de producción y conseguir el estado de cero pérdidas.

Con el fin de evaluar con precisión un sistema de producción en su totalidad, el Mantenimiento Productivo Total se enfoca y analiza seis elementos: productividad, calidad, costos, entregas; estos son elementos esenciales que van de la mano de la producción, pero con una característica importante del Mantenimiento Productivo Total es que también se enfoca en mejorar la dimensión humana; seguridad y moral.

En resumen estos seis elementos son:

- Productividad
- Calidad
- Costo
- Entrega
- Seguridad
- Moral

Algunos efectos reales obtenidos por una compañía que se hizo acreedora al Premio de la Excelencia en Mantenimiento Productivo Total son los siguientes:

Desde el punto de vista de la producción, la relación del valor agregado se ha duplicado. El número de fallos ocurridos ha descendido a una cincuentava parte. La eficiencia total del equipo ha alcanzado el 90%. En términos de calidad, la tasa de defectos del proceso ha bajado a un décimo y las reclamaciones de los clientes se han reducido a un cuarto. Los costos de manufactura se han reducido en un 30%. Los retrasos en entrega han bajado a cero. Los inventarios se han reducido a la mitad. El impacto en la seguridad se ha traducido en que tanto los accidentes que provocan paros de producción como los que producen contaminación se han eliminado. Las sugerencias para introducir mejoras se han multiplicado por diez, y la motivación ha mejorado en forma evidente.

Tales resultados parecen increíbles, pero son la norma en todos aquellos centros de trabajo que ganan el Premio a la Excelencia en Mantenimiento Productivo Total.

En muchos casos, el Mantenimiento Productivo Total solo puede obtener tales resultados después de tres años o más de actividad continua. Además el enfoque abarca a toda la compañía, desde los altos directivos hasta los operadores de piso, como resultado, el propósito resulta definitivamente costoso. Pero, si el resultado es de seis a diez veces lo invertido, esto se traduce en beneficio.

Efectos intangibles del Mantenimiento Productivo Total

Antes de la introducción del Mantenimiento Productivo Total, el panorama tradicional dentro de una planta es de virutas y aceite por todas partes, sobre el equipo y en el piso. Es típico ver botes debajo de la maquinaria, debido a las continuas fugas de aceite. Con la introducción del Mantenimiento Productivo Total, las fugas de aceite desaparecen completamente y con ello miles de esos clásicos botes.

El Mantenimiento Casual no puede conseguir lo anterior, así que se vuelve un deber el mantenimiento profundo en forma diaria. Como esto resultaría prácticamente imposible para el personal de mantenimiento, se hace necesario el mantenimiento autónomo del operador.

En el Mantenimiento Productivo Total, la mayor parte de la inspección y mantenimiento del equipo (limpieza lubricación, reajustes, etc.), es llevado a cabo personalmente por el mismo operador. Siempre existe una resistencia a esto, pero si el paso es dado, los resultados se vuelven evidentes y la tarea llega a convertirse en una rutina literalmente autónoma. Y no tiene porque ser una actividad complicada, puede ponerse en práctica simplemente: si el equipo es tratado con cuidado, entonces las fallas y defectos decrecerán gradualmente.

Las plantas que antes se encontraban sucias, con virutas y aceite, llegan a estar irreconociblemente limpias y esto conduce a una mejor actitud hacia el trabajo. Asimismo, la integración del equipo de mantenimiento y la reducción en los inventarios crean un espacio extra, disponible para ser usado en instalaciones de bienestar tales como salas recreativas.

Esta es una de las principales características del Mantenimiento Productivo Total. Conforme el equipo cambia, la gente también crece y cambia. No es una exageración decir que la ventaja más grande del Mantenimiento Productivo Total es este efecto intangible.

1.2.3. Aproximaciones del Mantenimiento Productivo Total

El concepto de Mantenimiento Productivo Total incluye eliminar las pérdidas y elevar el equipo a su máxima eficiencia.

Siempre existen las pérdidas, desde las debidas a descomposturas, cambios y reparaciones, hasta pérdidas por defectos, administración y ajustes. Hay siempre variaciones dependiendo de la naturaleza y tipo de industria, pero el Mantenimiento Productivo Total generaliza estas pérdidas y se refiere a ellas como "Las 16 Grandes Pérdidas":

1. Pérdidas por descompostura
2. Pérdidas por preparación y ajustes
3. Pérdidas por desgaste herramental
4. Pérdidas por arranques
5. Pérdidas por paros menores
6. Pérdidas por velocidad

7. Pérdidas por defectos y retrabajos
8. Pérdidas por paradas
9. Pérdidas por administrativas
10. Pérdidas por movimientos
11. Pérdidas por organización de la línea
12. Pérdidas por manejo de materiales
13. Pérdidas por monitoreo y ajuste
14. Pérdidas por rendimientos
15. Pérdidas por energía
16. Pérdidas por dados y herramientas

La actividad de producción vista en forma macroscópica, esta formada por elementos tales como equipo de producción, la gente que lo opera, energía, materiales, etc., y para cada uno de estos sectores hay pérdidas características.

En el caso del proceso o trabajo de ensamble, existen siete pérdidas mayores en el equipo, que son cruciales (por ejemplo, pérdidas por descomposturas). Los eventos repentinos son fáciles de detectar y relativamente fáciles de enfrentar. El problema está en las fallas crónicas que ocurren con frecuencia. Algunas cosas siempre son hechas a un lado debido a que no son fácilmente reparables cuando es requerido. Las pérdidas por descomposturas constituyen la mayor proporción del total por pérdidas.

La primera tarea, por lo tanto, es mejorar la confiabilidad del equipo.

1. Mejorar la confiabilidad del equipo
2. Reducir el tiempo del proceso

También se debe buscar la forma de reducir al mínimo el tiempo de recuperación después de que ocurre un fallo.

3. Asegurar que las descomposturas no ocurrirán

Este enfoque preventivo es la esencia del Mantenimiento Productivo Total

En el Mantenimiento Productivo Total; el tiempo de preparación y ajuste, son contabilizados también como pérdidas. Hay pérdidas ocasionadas con los cambios. Lo más efectivo para hacer frente a tales pérdidas es incorporar un sistema en el cual los productos terminados son producidos al primer intento; esto es llamado establecimiento de "preparaciones para productos de calidad a un solo arranque".

La reducción de la velocidad de una máquina es también una gran pérdida. Esto llega a ser un problema cuando la velocidad de operación de un equipo se encuentra por debajo de la velocidad máxima histórica. Esto es, cuando el equipo no opera a la velocidad que originalmente se esperaba. Las pérdidas crónicas tienen un impacto masivo en la eficiencia, pero casi nunca son tomadas en consideración.

Hay otras siete pérdidas, tales como pérdidas de arranque, paros menores, y pérdidas por defectos y retrabajos, que en el Mantenimiento Productivo Total son vistas como causas del deterioro de la eficiencia total del equipo.

Hasta este momento se han mencionado únicamente operaciones de procesamiento y ensamble. Pero en las industrias de proceso, las pérdidas se definen de una manera diferente. Estas industrias se caracterizan por tener una operación continua, tales como la química o la cementera.

En este caso, se tienen pérdidas por paradas, que resultan del propio trabajo o de los ajustes regulares presupuestados en el plan anual de mantenimiento y por las cuales el equipo debe ser detenido.

Existen también pérdidas por fallas del proceso. Estas resultan del manejo de soluciones sin diluir y otras materias primas, desde goteos o atascos hasta errores operativos. Existen luego las pérdidas normales relativas a la producción derivadas del arranque y paro de plantas. Estas son las ocho mayores pérdidas del diseño de plantas.

Lo que es vital al introducir el Mantenimiento Productivo Total es definir las pérdidas claramente, y tener un apropiado entendimiento individual de cuantas de ellas hay. La gente a menudo presume de que las tasas de eficiencia en su compañía son del 90% o más, pero no hay duda de que lo afirman debido a cierto orgullo local.

El Mantenimiento Productivo Total presenta una aproximación de lo que puede ser la eficiencia total real del equipo:

Primeramente, el tiempo que se supone que el equipo estará operando es tratado como horas de carga. Las pérdidas, por ejemplo, de descomposturas, cambios, preparaciones, desgaste herramental y cambio, y arranques, son totalizadas y clasificadas como pérdidas por paro y por tanto, reducidas.

Lo que queda son las horas operativas del equipo, pero las perdidas debidas, por ejemplo, a paros menores, baja la velocidad de operación y pérdidas de desempeño, aún tienen que ser reducidas antes de que las horas de producción verdaderas salgan a relucir.

Solamente después de reducir las pérdidas por defectos y retrabajo, obtenemos las horas fundamentales de operación, las horas reales de generación de valor. La tasa de operación, calculada de esta forma, es la eficiencia total del equipo, y nos indica si el Mantenimiento Productivo Total está trabajando.

Generalmente las tasas de operación del equipo son tan altas como estas pérdidas lo permiten. Así que ese supuesto 90% o mejor, difícilmente es realista. En casi todos los lugares de trabajo la eficiencia total del equipo previa a la introducción del Mantenimiento Productivo Total, va de un 40 a un 60% (en el mejor de los casos), esto significa que el equipo esta siendo utilizado efectivamente sólo la mitad del tiempo. Esta es la realidad.

El Mantenimiento Productivo Total puede mejorar esta eficiencia total del equipo a un 85% o mejor. Esto es, que la productividad del equipo existente puede ser simplemente doblada.

1.2.4. Como progresar con Mantenimiento Productivo Total

Se dice que la gente causa las fallas. Ciertamente, a menudo son causadas por errores humanos. Dicho de otra forma, las fallas ocurren debido a que la manera en que es llevado a cabo el mantenimiento y usado el equipo son malos, y porque el equipo este mal hecho.

El Mantenimiento Productivo Total afirma que el modo de pensar es la base de todo. Si es necesario, habrá que reconstruir el equipo. Solamente a este nivel de profundidad, el Mantenimiento Productivo Total será probablemente exitoso.

Existe entonces un plan maestro que la compañía en su totalidad deberá cumplir para lograr el éxito, y una meticulosa preparación es necesaria para implementarlo.

El programa de introducción del Mantenimiento Productivo Total esta dividido en 12 pasos, diseñados para proceder de una manera lógica, por etapas. Es de gran importancia el basarse en un meticoloso trabajo de preparación para la etapa de introducción. Esta rutinariamente toma seis meses o más.

Paso 1: *Comunicar el compromiso de la alta gerencia para introducir un Mantenimiento Productivo Total*

El Mantenimiento Productivo Total no tendría éxito sin el compromiso y el liderazgo fuerte de la alta gerencia.

Paso 2: *Educación para la introducción del Mantenimiento Productivo Total y la campaña interna*

Todos los empleados, desde la alta gerencia hasta los trabajadores de piso, deben tener la misma comprensión de lo que es Mantenimiento Productivo Total y poseer el deseo de enfrentar el reto.

Paso 3: *Establecimiento de una organización promocional y un modelo de mantenimiento de máquinas mediante una organización formal*

Desarrollar una promoción interna y grupos de soporte a la gerencia, esto significa instalar oficinas promocionales en cada planta y vincularlas en toda la compañía. También es de vital importancia designar personal de tiempo completo para implementar el proyecto.

Una vez que la organización ha sido establecida, se selecciona un prototipo del equipo. Los ejecutivos (Jefes de sección y departamentos) son el núcleo, y desempeñan mantenimiento autónomo y mejoramiento individual, demostrando en la práctica los resultados de cero pérdidas.

Paso 4: *Fijar políticas básicas y objetivos*

Mantenimiento Productivo Total es un medio de cubrir las necesidades y políticas de la empresa y alcanzar las metas.

Paso 5: Diseñar el plan maestro

En el plan maestro, se calendariza todo para preparar la introducción de Mantenimiento Productivo Total y alcanzar el Premio a la Excelencia de Mantenimiento Productivo Total.

La mejor forma de implementación es de manera lenta y permanente. Si una compañía trata de hacerlo apresuradamente, se pueden obtener resultados superficiales. Sin embargo, si la organización en sí misma no ha mejorado, las mejoras en las instalaciones no serán obtenidas, y se regresará a las condiciones iniciales.

Paso 6: *Arranque*

Desde el día del arranque, cada grupo pequeño en todos los niveles de la compañía comenzará las actividades de Mantenimiento Productivo Total en completa participación.

En una ceremonia de arranque, todos expresan su determinación para alcanzar la excelencia en Mantenimiento Productivo Total. Se toma conciencia total dentro y fuera de la compañía.

Fase de introducción e implementación

Con respecto a los pasos 7 – 11, es necesario indicar primero, que el paso 7 se subdivide en 4 etapas, que junto con los restantes pasos (8 – 11) se denominan "Los Ocho Pilares del Mantenimiento Productivo Total", es decir:

Paso 7:

- 7.1 Mejoramiento individual
- 7.2 Mantenimiento autónomo
- 7.3 Mantenimiento planeado
- 7.4 Aumento de habilidades de operación y mantenimiento

Paso 8: *Establecimiento de un sistema de la fase inicial de control de los productos nuevos y equipo*

Paso 9: *Establecimiento de un sistema para mantenimiento de calidad*

Paso 10: *Establecimiento de sistemas para personal y administración más eficientes*

Paso 11: *Establecimiento de sistemas administrativos para la seguridad, saneamiento y ambiente.*

Estos ocho pilares no son separables. Su efectividad puede verse solamente cuando interactúan en forma cercana como un todo.

Paso 7.1: *Mejoramiento individual*

La meta es descubrir y eliminar las pérdidas en cada pieza del equipo. Se comienza por un esfuerzo por parte de los gerentes y personal técnico para mejorar el prototipo del equipo.

Finalmente, las mejoras en marcha continuarán llevándose a cabo por las actividades de los grupos pequeños en piso.

Paso 7.2: *Mantenimiento autónomo*

Los operadores mantienen su propio equipo. No se espera que el mantenimiento autónomo sea viable desde el principio. La aproximación paso a paso del Mantenimiento Productivo Total permite resolver todos esos problemas.

Paso 7.3: *Mantenimiento planeado*

Los especialistas del departamento de mantenimiento están encargados de diagnosticar los componentes que se han deteriorado, y restaurarlos y mejorarlos. En el mantenimiento planeado, ellos también valoran de nuevo el sistema regular de mantenimiento. Esto cubre el ciclo de vida completo del equipo, desde el diseño y producción hasta la operación y mantenimiento.

Paso 7.4: *Aumento de las habilidades de operación y mantenimiento*

El mejoramiento individual y el mantenimiento autónomo son, sobre todo, habilidad de operación y mantenimiento del equipo. Con instalaciones para entrenamiento, el Mantenimiento Productivo Total desarrollará personas que conocen realmente su equipo.

Paso 8: *Establecimiento de un sistema de la fase inicial de control de los productos nuevos y equipo*

La misión del sistema de la fase inicial de control es hacer que los nuevos productos sean más fáciles de producir, desde la etapa de desarrollo y diseño. También funciona para el desarrollo de equipo de producción que sea más fácil de hacer y usar.

Este esquema también acorta el tiempo de desarrollo del producto, permitiendo usar ingeniería concurrente, donde el desarrollo y producción proceden en paralelo.

Paso 9: *Establecimiento de un sistema para mantenimiento de calidad*

Además de fabricar equipo que no genere defectos, se definen condiciones bajo las cuales los defectos no ocurren desarrollando un sistema de mantenimiento de calidad.

Para poder mantener los niveles de calidad desarrollados, cada vez mas compañías se abocan a implantar sistemas de calidad que califican para la certificación de las series ISO-9000.

Paso 10: *Establecimiento de sistemas para personal y administración más eficientes*

En la búsqueda de cero pérdidas en todos lados, los departamentos tales como desarrollo, mercadotecnia y administración deben implementar mantenimiento productivo total y establecer sistemas eficientes como los departamentos de producción, esto debe observarse desde tres puntos de vista:

Establecimiento de sistemas para personal y administración más eficientes

1. Ayudar a lograr mayor eficiencia en los departamentos de producción
2. Lograr mayor eficiencia en su propio departamento
3. Lograr mayor eficiencia con el equipo bajo el cuidado propio

Incidentalmente, los métodos de Mantenimiento Productivo Total juegan un papel crucial en donde la manufactura integrada por computadora (CIM por sus siglas en inglés) es configurada.

En la configuración de la manufactura integrada por computadora, el Mantenimiento Productivo Total es usado primeramente para establecer sistemas de producción libres de fallas y defectos. Con esta base es posible construir sistemas de manufactura integrados por computadora balanceados de mayor eficiencia.

Por supuesto, lo importante es lograr cero fallas y cero defectos, cuidando de no sacrificar a las personas por eficiencia.

Paso 11: *Establecimiento de sistemas administrativos para la seguridad, saneamiento y ambiente*

Se establecen sistemas en los cuales no solo se alcancen cero defectos, sino también al mismo tiempo no se provoquen accidentes. Los accidentes solo se pueden eliminar implantando y administrando condiciones de manera tal que no den lugar a accidentes.

El concepto básico de Mantenimiento Productivo Total es lograr mayor eficiencia con respecto al factor humano.

La etapa de implementación para producir Mantenimiento Productivo Total ha reforzado las instalaciones y las personas, y por medio de esto la organización en si misma, lo cual pone a la organización lista para la inspección del premio de Excelencia en Mantenimiento Productivo Total. Sin embargo, el Mantenimiento Productivo Total no termina aquí.

La Etapa de consolidación

El paso posterior a recibir el Premio a la Excelencia en Mantenimiento Productivo Total envuelve – mantener una estructura corporativa que persiga las metas más altas y planear un reforzamiento posterior de la compañía.

Paso 12: *Consiste en la implementación completa del Mantenimiento Productivo Total, y más allá*

Este no es el punto final del Mantenimiento Productivo Total.

1.2.5. Actividades del Mantenimiento Productivo Total

La meta principal del Mantenimiento Productivo Total es; en efecto, "reforzar tanto a las instalaciones como a la gente; y a través de ello, a la organización en sí misma".

Sin embargo, el elemento más importante después de reforzar a la gente es implementar mantenimiento autónomo.

Pasos para la implementación del mantenimiento autónomo

1. Limpieza en la fase inicial
2. Tomar medidas para erradicar las causas de los problemas
3. Establecimiento de estándares tentativos para el mantenimiento autónomo
4. Inspección general
5. Inspección autónoma
6. Estandarización
7. Implementación completa de una administración autónoma

El mantenimiento autónomo será desarrollado a través de estos siete pasos. Estos siete pasos son parte de las principales características del Mantenimiento Productivo Total.

Mantenimiento Autónomo Paso 1: Limpieza en la fase inicial

Limpieza en Mantenimiento Productivo Total no sólo significa remover suciedad superficial, significa limpiar debajo de los paneles y dentro de la maquinaria. La limpieza debe alcanzar realmente todos los puntos y puede revelar áreas problemáticas donde hay pérdidas, golpeteos o grietas.

Mantenimiento Autónomo Paso 2: Tomar medidas para erradicar las causas de los problemas

Este caso presiona a la fase inicial de limpieza para que se logre una limpieza extensiva y se busquen contramedidas para atacar las causas de los problemas, es decir, las áreas difíciles de limpiar y lubricar.

Debido a que en el diseño de la mayoría del equipo no se toma en cuenta el mantenimiento, se tienen que tomar medidas como por ejemplo extraer de las carcasas el sistema a mantener, sin afectar el funcionamiento de la máquina.

Mantenimiento Autónomo Paso 3: Establecimiento de estándares tentativos para el mantenimiento autónomo

Aunque la limpieza y la inspección han producido algunos resultados importantes, estos resultados son poco significativos si no son sostenidos de manera constante. El paso tres involucra el establecimiento de estándares tentativos para el mantenimiento autónomo.

“Los estándares tentativos para el mantenimiento autónomo” son estándares para una limpieza e inspección sostenida y consistente, formulados por los operadores, quienes serán los encargados de su observación.

De este modo, los objetivos alcanzables están ubicados en etapas, de tal forma que se obtiene una sensación de logro y los individuos desarrollan el deseo de hacerlo mejor. Esta es la virtud de la implementación por pasos.

Mantenimiento Autónomo Paso 4: Inspección general

Los operadores deben estudiar y entender la estructura, las funciones y los principios del equipo, así como sus condiciones deseables; inspeccionar las partes y mecanismos principales de que se compone el equipo, completamente y sin omisiones desde la perspectiva de los operadores altamente calificados. Revelar defectos potenciales; y reconstruir a sus condiciones originales.

Mantenimiento Autónomo Paso 5: Inspección autónoma

Basándose en la experiencia de los primeros cuatro pasos, los miembros del círculo deben revisar los estándares actuales sobre limpieza, lubricación e inspección general desde los siguientes puntos de vista:

- ✓ Cero defectos y cero fallas
- ✓ Mejoramiento en la eficiencia de la inspección
- ✓ Balance de la carga de trabajo para la inspección
- ✓ Control visual

Mantenimiento Autónomo Paso 6: Estandarización

La estandarización involucra la actividad característica del Mantenimiento Productivo Total, que es el “control visual”. Por ejemplo, utilizamos el control visual para controlar herramientas e instrumentos, repuestos y estándares de operación. Lo mismo aplica al equipo.

De este modo una de las técnicas cruciales en el Mantenimiento Productivo Total es el diseño que promueve “la fácil inspección” y “la fácil detección de anomalías” y lo extiende a “ver y entender”.

Muchas actividades son usadas en el Mantenimiento Productivo Total como métodos para aplicar los pasos. Pero la implementación debe ser cuidadosamente ajustada para que encaje con el tipo y naturaleza de la industria.

Mantenimiento Autónomo Paso 7: Implementación completa de una administración autónoma

Para administrar la organización en el Mantenimiento Productivo Total se adoptan métodos especiales, tales como “la actividad de grupos pequeños traslapados”. A continuación, se describe un método sugerido para estructurar estos grupos pequeños.

Primero, los líderes de los círculos de más bajo nivel son reunidos en un grupo. De este grupo se toma un líder, el cuál va a formar parte de otro grupo de líderes, y así sucesivamente.

Hasta ahora he presentado, en el ámbito informativo el panorama general de lo que significa e implica el Mantenimiento Productivo Total.

Las ventajas que se pueden obtener, a través de una implantación seria, robusta y sostenida, son:

- Mejora en productividad
- Mejora en la Calidad
- Reducción en Costos
- Mejora en los tiempos de entrega
- Mejores ambientes de trabajo (Seguros y agradables)
- Aumento en la moral

Cabe mencionar que una ventaja adicional es la reducción de inventarios.

Un aspecto muy importante (a resaltar) para el éxito de un programa de Mantenimiento Productivo Total es que el compromiso sea de todos, esto es, desde la alta gerencia hasta el personal en piso. Lo cual requiere entender a la capacitación como una inversión y no como un gasto.

Además es necesario que se reflexione sobre el Mantenimiento Productivo Total como un programa o proyecto necesariamente a mediano y largo plazo; para lo cual se requiere que el personal esté bien informado de los objetivos de la empresa y se valore su esfuerzo "para que no se pierda el entusiasmo".

1.3. Pasos para la implantación del Mantenimiento Productivo Total

Organización de la Implantación del TPM

- La primera etapa es la de introducción y preparación (Pasos del 1 al 5; de la introducción)
- El inicio "Kick off": (Paso 6)
- Etapa de introducción y ejecución: (Pasos 7 al 11)
- Etapa de estabilidad (Paso 12)

Los 12 pasos para la implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) son:

1. La declaración por parte del jefe de la empresa, sobre la resolución de introducir el Mantenimiento Productivo Total
2. La campaña educacional introductoria para el Mantenimiento Productivo Total
3. Creación de una organización promocional y modelos de organización formales para el Mantenimiento Productivo Total
4. Establecer las políticas básicas y las metas
5. Obtener un plan maestro
6. Lanzamiento introductorio (Kick off)
7. Mejorando la efectividad del equipo
8. Establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo para los operadores
9. Preparación de un calendario para el programa de mantenimiento
10. Dirigir el mantenimiento para mejorar la operación y las habilidades de mantenimiento
11. Desarrollo de un programa inicial para la administración del equipo (PIAE)
12. Implantación completa y apoyo para objetivos más altos

Cuando la etapa de introducción y preparación esta lo suficientemente elaborada se realiza la "**Ceremonia de Lanzamiento**"

Las empresas que realmente deciden implantar "TPM" lo desarrollan en promedio:

- De 3 a 5 meses de preparación (pasos del 1 al 5)
- De 2.5 años a 5 años de ejecución (dependiendo del tamaño)(pasos del 6 al 11)

En nuestro país, el tiempo de implantación es:

- De 9 a 14 Meses de preparación
- Casi siempre este tiempo es por el tiempo que tarde en decidir el corporativo (no de forma local)
- No se continúa con la sistematización
- Falta de disciplina

La etapa de ejecución es soportada por los 5 pilares que son:

1. Kobetsu – kaizen para aumentar la eficiencia del equipo
2. Establecer un sistema de Jishu – Hozen
3. Establecer un sistema de Mantenimiento Planeado (Responsables: el Departamento de Mantenimiento)
4. Desarrollar las habilidades para la operación y mantenimiento
5. Establecer un sistema de administración del equipo
 - En fase inicial

Bajo el criterio "Total" se agregan tres pilares

6. Establecer un sistema de Mantenimiento de calidad
7. Establecer sistemas que mejoren la eficiencia en:
 - Departamentos de Supervisión
 - Departamentos Administrativos
8. Establecer sistemas para:
 - Seguridad e Higiene (ISO 18000)
 - Medio Ambiente (ISO 14000)

Para apoyar las funciones en la empresa, los japoneses crean:

- El Instituto Japonés de Ingenieros de Planta (JIPE por sus siglas en ingles)
Esto es en la década de los 60's

El JIPE es el antecedente del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM por sus siglas en ingles), a finales de los 60's.

Es importante comunicarle al personal si va por buen camino o no, dentro de un contexto de justicia, por lo que JIPM retoma "El Premio PM" (Maintenance Plants) para evaluar las industrias considerando los siguientes puntos:

- Establecer un sistema para mejorar la eficiencia
- Efectos tangibles
 - En Productividad
 - Productividad que agrega el valor:
INCREMENTO de 1.5 a 2 veces
 - Número de fallas esporádicas:
REDUCCIÓN de 1/10 a 1/250
 - Eficiencia total del equipo:
INCREMENTO de 1.5 a 2 veces
 - En calidad
 - Defectos en el proceso:
REDUCCIÓN de 1/10
 - Número de quejas:
REDUCCIÓN a 1 /4
 - En costo
 - Costo de Manufactura
REDUCCIÓN de un 30%
 - Tiempo de entrega
 - Inventarios de productos terminados y productos en proceso:
REDUCCIÓN de un 50%
 - En seguridad
 - Cero accidentes
 - Cero contaminación
 - Moral en los trabajadores
 - Sugerencias de mejora
INCREMENTO de 5 a 10 veces

Además es necesario establecer mas pilares diferentes a los del sistema de mejora de la eficiencia del Sector Productivo así como reconocer las debilidades para mejorar desde la alta gerencia hasta el personal en piso.

Etapa de preparación

Es importante no considerar la implantación como algo que se desarrollará en un corto plazo; para dejar claro el tiempo a considerar, se puede utilizar la siguiente analogía con un equipo de fútbol

- El lanzamiento del Mantenimiento Productivo Total equivale a que el partido está por iniciar

- Pero:
 - Si los jugadores no conocen las reglas del juego
 - Si los jugadores no entrenaronEl juego no puede ser jugado

Por lo tanto hablando en términos del Mantenimiento Productivo Total:

- Se debe implantar el Jishu-Hozen
- Se debe implantar el Kobetsu-Kaizen
- Crear condiciones adecuadas
- Conocimiento por parte de todo el personal
- Generar un plan de actividades

Jishu-Hozen

- Son las actividades del operador
 - Limpieza
 - Lubricación
 - Ajustes
 - Inspección
- Prevenir el deterioro
- Actividades para eliminar:
 - Fallas
 - Paros menores
 - Defectos
 - Otras pérdidas
- Es el propio trabajo del operador
 - en forma sistemática -
- Restaurar el equipo a un estado deseable
- Es mediante las actividades de grupos pequeños

Para su desarrollo, la primera actividad recomendada es limpiar, muchas personas consideran al mantenimiento como un mal necesario, algo que se tiene que hacer cuando no se puede evitar; esta actitud pasiva lleva a trabajar con presiones y frustraciones debido a los paros no planeados. Una actitud más positiva, es entender la función de mantenimiento como la medicina preventiva, en la que la limpieza es un componente crucial de cualquier programa de mantenimiento, frecuentemente se confunde la limpieza como una actividad que proporciona buen aspecto en las superficies, pero de entre las ventajas que ofrece la limpieza está la eliminación de fallas en una máquina, ya que se ha comprobado que provoca una mejora de hasta un 65%. El significado de la limpieza debe ser considerado tanto en las superficies como en las áreas ocultas, debe ser ejecutada activa y atentamente, no es vanidad y sirve para detectar y prevenir problemas en los procesos productivos.

Puede ser que las reacciones al cambio no sean siempre aceptadas por lo que podemos esperar las siguientes respuestas por parte del:

Personal de piso:

- El Mantenimiento Productivo Total es limpiar
- No por lavar el automóvil ya no fallará
- Las máquinas siempre están sucias y se descomponen; así es la naturaleza, no se puede evitar
- Entonces para qué queremos al personal de limpieza
- Es una fábrica, no un hospital

Personal de los departamentos administrativos

- No hay dinero
- Queremos soluciones a corto plazo
- Los operadores deben producir, no limpiar
- No tenemos tiempo para eso
- Es prácticamente imposible trabajar en equipo
- No se puede disciplinar a la gente

Por esto, la fase inicial de comunicación con la gente de piso, es aclarar cual es el concepto real; para en Mantenimiento Productivo Total, de limpiar.

- Limpiar esta directamente ligado a eficiencia
- Crear un piso (área de trabajo) brillante, es necesario para eliminar tiempos de paro
- La acumulación de mugre y suciedad cubren los problemas, como:
 - Pernos perdidos
 - Goteos de Aceite
 - Etc.
- Se debe actuar sobre una sola máquina, de forma sistemática
- Se apoya la operación mediante etiquetas
 - Un problema detectado = Una etiqueta colocada en el lugar del problema
- Quitar la etiqueta hasta que desaparezca el problema
- La limpieza no puede ser simplemente un trabajo superficial
- Se debe asegurar que el interior del equipo esté limpio

Se debe definir también que limpiar minuciosamente significa verificar la condición del equipo y realizar reparación y ajustes cuando sea necesario. Es el primer paso para alcanzar:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero descomposturas

El punto es que la limpieza permita encontrar y eliminar las causas de la suciedad y con ello recortar significativamente la tasa de descomposturas.

Kobetsu–Kaizen

Es la superación individual para la mejora en la eficiencia de los sistemas de producción, son los esfuerzos para seleccionar la máquina o equipo modelo a través de la dirección de actividades en dichos equipos; realiza actividades mediante equipos de trabajo integrados por:

- Personal de la gerencia
- Grupos pequeños en piso

Se considera aquí a la gerencia como parte del Kobetsu–Kaizen para apoyar a los individuos.

El éxito o fracaso de Mantenimiento Productivo Total depende enormemente de la determinación de la alta gerencia; idealmente la alta gerencia decidirá introducir el Mantenimiento Productivo Total después que:

- El personal haya escuchado del Mantenimiento Productivo Total por parte de la empresa o alguna otra compañía que la haya implantado
- Se haya observado interés en piso
- Se hayan averiguado sus defectos

La resolución de introducir Mantenimiento Productivo Total debe ser entendido como una resolución que tiene requerimientos financieros y de fuerza de trabajo. Lo anterior no debe ser la mayor preocupación pues los efectos positivos pueden ser de 3 a 10 veces mayor que el costo. Sin excepción, en toda la alta gerencia deben estar decididos a promover el proyecto hasta su ejecución.

CAPITULO II

2. FILOSOFIA DE LAS 5S's

Para entender objetivamente las grandes ventajas que ofrece el llevar a cabo satisfactoriamente la filosofía de las 5S's en el Mantenimiento Productivo Total TPM, primero hay que saber que son las 5S's del equipo; cualquiera puede integrarse a una operación de 5S's y puede obtener de ello una gran satisfacción. Conforme progresa la formación, las quejas iniciales se transformarán en optimismo y orgullo.

2.1. ¿Qué son las 5S's del equipo?

SEIRI	→ Retirar los objetos innecesarios
SEITON	→ Eliminar las búsquedas; orden, preparación, eficiencia
SEISO	→ Sacar a la luz y mejorar deficiencias y anomalías del equipo, Útiles y herramientas
SEIKETSU	→ Crear un lugar de trabajo limpio, seguro y digno
SHITSUKE	→ Obedecer siempre las reglas

Lo que sí se debe tener siempre muy claro es que las 5S's son formación que maneja distintas reglas para su implantación que son:

- Ordenar las cosas en líneas rectas, ángulos rectos, verticalmente o paralelo
- No colocar herramientas u otros medios directamente sobre el suelo
- Asignar direcciones a áreas de almacenaje
- Eliminar polvo, óxido y dispersión de partículas
- Mantener las partes que contactan con el producto
- Hacer legibles las comunicaciones escritas
- No crear "cajas negras"

2.2. Objetivos y metas de las 5S's

Cuando se introducen las 5S's por primera vez, es muy difícil asegurar que cada empleado las entienda adecuadamente. A pesar de los cursos introductorios, lo habitual es que gran parte del personal trabaje en dirección errónea.

Al desarrollar las 5S's, es muy importante la insistencia en que todos estudien sus objetivos, los escriban y se aseguren que los entiendan. Y esto lleva tiempo. Si se comienza las 5S's con un espíritu festivo, pronto el programa tendrá un final poco feliz. Por ello en el programa 5S's es muy importante crear un plan de promoción y organización para convencer al personal de que se trata de una actividad en la que todos deben participar.

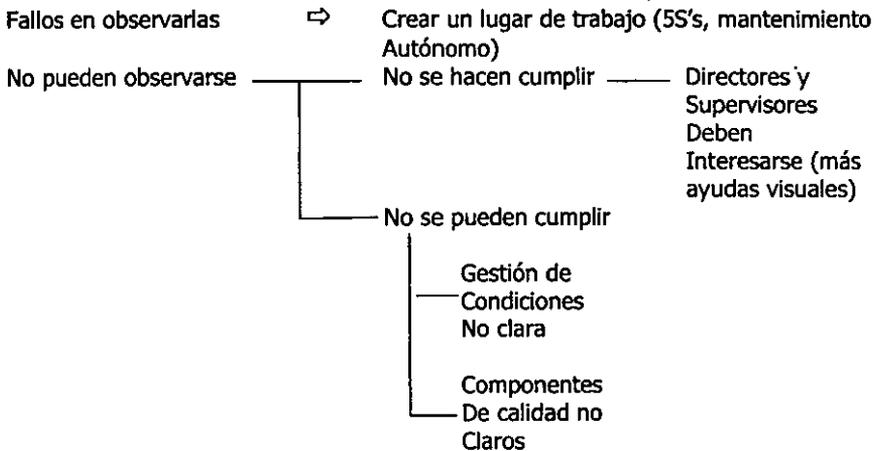
También son útiles las discusiones sobre los mejores modos de asegurar que todas las actividades se pongan en práctica y tengan éxito.

Algunas de las metas de las 5S's son:

Crear un lugar de trabajo disciplinado

Crear un lugar de trabajo disciplinado en el que cada uno observe escrupulosamente las reglas, es un fundamento esencial de la gestión de talleres. Practicar las 5S's es el modo más eficaz de lograr ese objetivo. La idea es que, si las personas no pueden cooperar haciendo tareas simples como poner las cosas en orden, es poco probable que sean capaces de seguir procedimientos estándares de trabajo y otras reglas. Un modo de asegurar que cada uno entienda esto es empezar haciendo que decidan por sí mismos sus funciones particulares en la tercera de las 5S's, Seiso (inspección a través de la limpieza). A menos que las personas acepten asignarse sus propias tareas, el trabajo a realizar siempre estará dirigido desde arriba.

¿Por qué no se observan las condiciones de operación?



Empleo de la limpieza, para verificar el funcionamiento deficiente y las deficiencias menores

Seiso no es solamente limpieza. Significa usar la limpieza para descubrir y sacar a la luz las disfunciones, anomalías y deficiencias menores que presagian las averías y defectos. También significa encontrar las fuentes de estos problemas y hacer visibles los puntos usualmente difíciles de inspeccionar. Durante la limpieza e inspección, los trabajadores descubren a menudo pequeñas anomalías que con el tiempo llegan a materializarse en problemas más importantes. Estos descubrimientos requieren la atención de los superiores.

Establecer controles visuales

La inspección se simplifica haciendo más accesibles los puntos difíciles de inspección y limpieza, y facilitando controles visuales tales como marcas de calibración y ajustes que permitan a cualquiera captar la situación de un solo vistazo. Esto ayuda a crear áreas de trabajo que exhiben su propia condición, y mejora la eficiencia de la inspección. Además

facilita que todos (desde los directores de división hacia abajo) participen en la verificación y la mejora. El fundamento de la calidad se crea a partir de la observación "visual" y las mediciones.

Desarrollo de trabajadores competentes en equipos

Las 5S's y el mantenimiento autónomo son medios para conseguir que tantas personas como sea posible se interesen en cuidar su equipo. Los conocimientos y habilidades que obtienen a través de esta formación ayudan a mejorar su capacidad de diagnóstico y su "expertise" en la mejora continua.

Acción preventiva

Otra meta es cambiar las actitudes de las personas y hacerlas percibir la importancia de las acciones preventivas precautorias. Esto se hace empezando con las actividades de las 5S's como un primer paso hacia el ataque de problemas que requieren la cooperación de todos.

Mejorar la estandarización y las preparaciones externas

Seiri, (clasificar/separar) consiste en separar lo necesario de lo no necesario; colocar de forma cercana y a la mano los elementos que se usan regularmente; los elementos usados ocasionalmente colocarlos en puntos intermedios y a distancia los elementos raramente usados.

Seiton (ordenación eficiente) consiste en organizar los medios de modo que las que se necesitan puedan encontrarse rápidamente en el momento oportuno, en la cantidad correcta y en buenas condiciones. El procedimiento consiste en estandarizar y disponer por anticipado los troqueles, herramientas, plantillas, materiales y accesorios necesarios para la operación de preparación en la posición requerida y en la condición especificada. Esto es por lo que Seiri y Seiton son sinónimos de eficiencia y son las condiciones previas para un cambio rápido.

Promover las ventas

Las 5S's son el medio eficaz de elevar el nivel de control de una empresa y de aumentar la moral de los trabajadores. Esto facilita que pueda mostrarse la empresa a los clientes potenciales como un medio para convencerles de que pueden confiar en la calidad de los productos. Esta es una forma inmejorable de promover las ventas; se basa en la noción de que el interior de la planta y el nivel de gestión en sí mismos son un producto vendible.

2.3. Promoción y puesta en práctica de las 5S's

Al promover las 5S's, es importante que cada uno las examine cuidadosamente para clarificar sus metas y objetivos, entienda la teoría y principios que las sustentan, y aprecie las condiciones ideales que las hace posibles. La implantación del concepto de las 5S's debe ajustarse a las características de la empresa o lugar de trabajo en particular, y debe

de ponerse en práctica sin perder el tiempo en preguntas tales como: ¿Serán rentables? Si se pone en práctica con convicción y persistencia, sus beneficios serán pronto evidentes.

➤ **Manuales y calendarios para las 5S's**

Para mantener y mejorar después de la limpieza inicial, se requiere una práctica diaria de las 5S's. Se utilizan manuales 5S's y calendarios que se centran en una zona diferente cada día.

➤ **Asignación de responsabilidades**

Decidir cómo se compartirá el trabajo en cada grupo o equipo 5S's. En algunas empresas hacen obvias las responsabilidades adhiriendo una tarjeta a cada máquina, con un eslogan tal como "Soy responsable de esta máquina" y el nombre de la persona. Cada uno puede encontrar alguna excusa para no hacer algo en particular de modo que lo importante es obligar a las personas a realizar las 5S's asignando claramente la responsabilidad.

Las 5S's a su límite

Para inculcar una profunda disciplina en los lugares de trabajo, es habitual introducir la práctica "Los cinco minutos 5S's. Para ello, cada trabajador selecciona para sí mismo algún elemento al que aplicar las 5S's además de los elementos previstos en el calendario 5S's y determina lo que hay que preparar y lo que puede hacerse y verificar en cinco minutos.

2.4. Panorama de las 5S's

2.4.1. Limpieza general mayor

Una vez que se ha logrado que todos en la empresa estén de acuerdo en que la mugre y polvo son un gran problema para el proceso de producción, se debe proceder a quitarlas y entrar a un programa de implantación de las 5S's. Empezando con esta operación de limpieza mayor, el resultado será la creación de un lugar más placentero y eficiente, productos más confiables y mayor satisfacción por el trabajo.

Pero el proceso no sólo se limita a mantener la empresa limpia. Se pueden crear lugares con ornamentos dentro de la planta, que funcionen como lugares de descanso.

2.4.2. El programa de las 5S's y la Seguridad

Una característica común de todas las empresas del mundo es el número de letreros y anuncios sobre seguridad, puestos por todos lados. El único problema es que la mayor parte del tiempo nadie les pone atención. Pero la seguridad debería ser la principal preocupación en cualquier lugar. Las medidas de seguridad incluyen el uso de cascos, calzado de trabajo adecuado, mantener los ojos abiertos todo el tiempo por daños potenciales, etc. Existen muchas cosas a ser consideradas, y el lugar de trabajo donde se aplica el programa de las 5S's apropiadamente, no solamente tiene pocos accidentes, también menos necesidad de colocar letreros sobre seguridad.

La seguridad depende del cuidado propio y de la buena organización.

2.4.3. El programa de las 5S's y la Eficiencia

Se puede llevar el programa de las 5S's mediante reuniones diarias de no más de 5 minutos. Esto se logra mediante compartir los mismos propósitos y trabajar en conjunto.

2.4.4. El programa de las 5S's y la Calidad

El programa de las 5S's puede ayudar también a este tipo de problemas, como son: Limpiar "rebabas" y basura que dejan las máquinas.

Sólo dando un pequeño esfuerzo extra, en cada parte del trabajo, se puede hacer la gran diferencia.

En estos días todos demandan la más alta calidad y eso se puede lograr aplicando el programa de las 5S's.

2.4.5. El programa de las 5S's y la Eliminación de Paros

¿Cómo puede ayudar este programa a eliminar paros?

El primer punto aquí es que pueden existir desastres por presionar interruptores o botones equivocados. Por eso, una parte integral de este programa lo constituyen el mantenimiento preventivo y el etiquetar claramente.

El segundo punto son los paros debido a la acumulación de basura, que se cree que por este hecho nunca ocurrirán.

2.5. Poniendo en acción el programa de las 5S's

El programa de las 5S's es un sistema que necesita de constante atención. Involucra tareas importantes y similares, cuyo resultado es mejoras continuas.

Pero para ser efectivos en lo que se tiene que realizar, se deben identificar hasta las áreas pequeñas problemáticas y asegurarse que se toman las acciones correctas. Esto significa una planeación, discusión sistemática y la implantación de mejoras. Teniendo en mente que las mejoras se alcanzan en plazos determinados y que no se pueden lograr cambios de la noche a la mañana.

Se tienen cuatro puntos importantes para recordar en las actividades de las 5S's.

Fijar las reglas y seguirlas. Por ejemplo, diseñar cómo realizar las operaciones de limpieza, identificar las cosas innecesarias y ejecutar las actividades como en las reuniones de los 5 minutos de las 5S's.

Un lugar para todos y todos en su lugar. Esto incluye el uso de paneles especiales visuales y almacenaje apropiado de las herramientas. También se utilizan marcas y etiquetas de forma adecuada.

Si no se hace nada, nada será mejorado. Esto significa la búsqueda de buenas soluciones a los problemas del lugar de trabajo. Por ejemplo, un lugar donde las rebabas están en el canal vibrador para acumular todos los desechos metálicos en un solo lugar.

Si no se puede hacer, pide ayuda. Si se tiene un problema, por supuesto se intenta buscar la solución por un mismo (en primera instancia), pero si no se puede hacer algo al respecto, no se debe perder el tiempo y se pide ayuda a alguien de una sección similar.

Se debe tener presente que el programa de las 5S's simplemente se basa en lo obvio. De muchas maneras esto es cierto, pero se debe preguntar el procedimiento a detalle de cada paso. Se espera que se tengan cambios extraordinarios mediante aplicar con sentido común el programa de las 5S's y con el cuidado, por parte de la organización, para aplicarlo continuamente.

2.5.1. Seleccionar (Paso 1)

El primero, y tal vez el más importante de los pasos en el programa de las 5S's es seleccionar. Lo que realmente se hace aquí es seleccionar lo que es necesario (de lo que no lo es), y decidir cómo reorganizar el área de trabajo de acuerdo a esa selección.

Si se observa cuidadosamente cualquier área de trabajo, se pueden identificar muchos objetos que están rotos, que no se usan o que ocasionalmente se usan.

Una vez que se ha tomado la decisión de limpiar el área de trabajo, el primer paso es decidir qué se va a hacer con las cosas innecesarias. La forma de realizar adecuadamente este trabajo, es involucrando la operación de limpieza mayor y fijar las políticas para los artículos rotos o que no se usan.

La eliminación del desperdicio puede ser hecha mediante la clasificación o la propia acción de ir a la fuente del problema.

Eliminación del desperdicio 1 Clasificación

Si se piensa en la manera en que se utilizan las herramientas, debe ser sencillo decidir cuáles son de uso constante y cuáles no. La frecuencia de uso se puede aplicar a datos, dispositivos de sujeción y cualquier clase de equipo. A este proceso se le denomina clasificación.

Una vez que todos los dispositivos han sido clasificados, es posible decidir qué hacer con cada categoría. Por ejemplo, se pueden almacenar las herramientas en algún área de la empresa para un acceso fácil cuando se necesiten (por su verdadero uso).

La siguiente tabla muestra cómo clasificar las herramientas por la frecuencia de uso.

PRIORIDAD	FRECUENCIA DE USO	CÓMO ALMACENARLAS
BAJA	<ul style="list-style-type: none"> • Menos de una vez al año • Una vez al año o más 	<ul style="list-style-type: none"> • Tirarlas • Almacenarlas lejos
PROMEDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez cada 2-8 meses • Una vez al mes • Una vez a la semana 	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenarlas juntas en algún lugar de la fábrica
ALTA	<ul style="list-style-type: none"> • Una vez al día • Una vez por hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenerlas o mantenerlas en cada lugar de trabajo individual

Se pueden tener muchas cosas innecesarias así como algunos lugares donde tienden a acumularse. La lista es casi interminable, está incluye paredes, esquinas, fuera de la empresa, etc.

Los anaqueles y los casilleros son los lugares más obvios para dejar cosas, especialmente en la parte superior y a los lados. También en los pasillos, detrás de las máquinas y almacenes.

Eliminación del desperdicio 2 Acción en la fuente

Si existe algo que realmente necesita ser eliminado del área de trabajo son los goteos y la mugre. No solamente provocan que el área de trabajo no sea placentera, también añaden gastos innecesarios.

Procedimiento para enfrentar los goteos

1. Determinar el grado de goteos y mugre
2. Realizar la limpieza mayor
3. Investigar las razones del goteo y la mugre
4. Determinar las peores ubicaciones
5. Listar las causas del problema en detalle
6. Considerar una política de acción

Aquí se tienen dos aproximaciones dependiendo de la naturaleza del problema

- a) Acción sobre la fuente. En la medida de lo posible intentar ir a la raíz del problema, y eliminarlo completamente o al menos minimizar sus efectos
- b) Lugares difíciles de limpiar. Acumulación de desperdicio

No siempre es posible ir directamente a la fuente del problema, pero se pueden localizar los efectos mediante la recolección del desperdicio en un lugar de tal forma que puede ser tirado fácilmente.

7. Implantar el plan después de fijar el calendario y el presupuesto.

Nuevamente aquí, es importante generar una gráfica donde se digan las responsabilidades los avances, para evitar confusiones o evitar esfuerzos duplicados.

La selección es el primer paso del programa de las 5S's. Involucra el análisis de lo que realmente es necesario de lo que no lo es y encuentra las formas de eliminar el desperdicio.

Se debe conducir una operación de limpieza mayor y decidir sobre una política para manejar artículos dañados y basura, para lograr la efectividad de este paso.

En la siguiente tabla se presentan algunos puntos para verificar el paso 1

SELECCIONAR Puntos de Verificación para el lugar de Trabajo	
•	¿Pueden encontrar cualquier cosa innecesaria desordenando su lugar de trabajo?
•	¿Existen cables o tuberías innecesarios dejados como están?
•	¿Existen herramientas o materiales dejados en el suelo?
•	¿Están todos los artículos clasificados, seleccionados, almacenados y etiquetados?
•	¿Están todas las herramientas y escantillones propiamente clasificados y almacenados?

2.5.2. Organizar (paso 2)

Almacenaje funcional

El punto básico para la organización del lugar de trabajo es fijar la disposición de las herramientas y del equipo de tal forma que todos estén listos y disponibles cuando se les necesite. Se pierde demasiado tiempo en la mayoría de los lugares de trabajo buscando algo que se necesita en anaqueles muy mal organizados. Así que, ¿cómo podemos estar organizados? A continuación se muestran algunos casos prácticos.

Organizando 1

Analizar la situación actual

Teniendo que fabricar muchos productos diferentes en lotes pequeños, la logística se puede convertir en un dolor de cabeza si el espacio de trabajo no está bien organizado.

Se puede hacer un análisis diario del flujo de movimiento de partes, dispositivos de sujeción y herramientas dentro de la planta. Puede resultar que los empleados caminen el equivalente a 180 km. Por día cargando cosas. Reorganizando de tal forma que los artículos más utilizados estén al alcance en el área de trabajo ahorra mucho sudor y lágrimas de los empleados e incrementa la eficiencia en el contrario.

El poder generar una gráfica para listar en detalle las actividades involucradas y los problemas encontrados puede llevar a una gran mejora en la eficiencia y bajar la frustración. En este caso, los problemas y las actividades están en la siguiente tabla:

ACTIVIDADES	PROBLEMAS
1. Estar seguro del nombre del artículo	1. No está claro el lugar de almacenaje
2. Ir a tomarlo	2. Distancias muy grandes
3. Ir a buscarlo	3. Mover de aquí para allá
4. Obtenerlo	4. Repetición
5. Regresarlo	

Se puede notar que estos problemas no requieren de un sistema de ingeniería para resolverse. Mediante visualizar qué es lo que cada persona tiene que hacer para cumplir su tarea, registrando los problemas e indicándolos en una tabla o en una gráfica, el problema y su solución resultan estar claros.

Organizando 2

Decidir dónde se van a almacenar las cosas

Esto no conduce a las preguntas para determinar los lugares para almacenar efectivamente las herramientas y el equipo. Existen algunos puntos a tomarse en cuenta cuando se piensa en buscar el espacio para almacenaje.

TRES REGLAS PARA EL ESPACIO DE ALMACENAJE

1. Deshacerse de todos los artículos innecesarios
2. Decidir sobre la clasificación y disposición correcta para almacenar
3. Estandarizar los nombres

La idea es mantener el inventario lo más bajo posible sin causar retrasos o paros. No habrá tiempo perdido en la búsqueda de los artículos si están clasificados y ordenados de una forma que todo el mundo entienda. Es mucho más importante el nombrarlos de lo que uno puede creer, resultará en confusiones a menos que todos se refieran a un artículo con el mismo nombre.

Organizando 3

Decidir cómo almacenar las cosas

Una vez que se ha decidido dónde almacenar las cosas se tiene que fijar una política en cómo serán clasificados y ordenados. Los puntos básicos a tener en cuenta, cuando se está decidiendo sobre la manera de almacenar las cosas, son:

1. Seleccionar un método apropiado de almacenaje
2. Mostrar claramente los nombre y lugares de los artículos y su lugar de almacenaje
3. El tomar y dejar un artículo debe ser fácil

El método más apropiado es aquel que minimiza el desperdicio de esfuerzo y tiempo, y al mismo tiempo maximiza la eficiencia, calidad y seguridad. Cualquier método que se elija (por función de la herramienta o por tipo de proceso de trabajo), necesitará ser muy claro

sobre los nombres y lugares de manera que todos conozcan dónde está qué cosa. También si se decide almacenar las herramientas por su naturaleza funcional, por ejemplo todas las brocas juntas, todos los escantillones juntos, etc., o fijar las herramientas necesarias para un trabajo en particular, debería de generarse el obtenerlas fácilmente.

Organizando 4 **Mantener las reglas**

Todos los procedimientos que hemos comentado hasta ahora serán inútiles a menos que todos sigan las reglas del almacenaje que han sido adoptados, mejorándolos cuando se pueda.

Aquí están algunos de los puntos principales a tomar en cuenta:

Monitoreando el Sistema de Almacenamiento

1. Control diario de almacén y prevención de fallas
2. Refinamiento constante de los procedimientos
3. Entrenamiento y medición de la eficiencia del sistema

Para evitar una falla lo mejor es decidir sobre los niveles mínimos a ser mantenidos en el almacén. Si se diera una falla debería hacer una notificación de que los reemplazos han sido ordenados, dando el número y fechas.

Si un artículo está en uso, debería haber una indicación de quién lo está utilizando y cuándo lo regresará. Si los artículos son almacenados por su forma, por ejemplo, o existe alguna indicación del número que debería estar ahí, será obvio con un solo vistazo cuando algún artículo está perdido.

Conforme el número de herramientas y equipo se incrementen se deberá proyectar formas de orden para rastrear las requisiciones de equipos. Para el equipo de uso constante sería mejor almacenarlo en el lugar de trabajo.

Es importante entrenar al personal de tal forma que conozcan los procedimientos y estar motivados para continuar con ellos. El desempeño no solamente se incrementará con la repetición, sino el mantener un registro provee de unas bases para la comparación cuando se sugieren mejoras.

Se recomienda comentar estas ideas en su ambiente de trabajo y preguntar si hay sugerencias para que se consiga más orden mediante la aplicación de estos principios. Nadie se debe frustrar si alguien ofrece sugerencias absurdas, ya que otros pueden modificarlas de forma constructiva rápidamente. Detrás de algunas sugerencias absurdas existe un camino para hacerlas útiles si son consideradas cuidadosamente.

La siguiente tabla muestra algunos de los puntos de verificación finales en este paso del programa de las 5S's.

ORGANIZANDO	
Puntos de Verificación en el lugar de Trabajo	
•	¿Están claramente marcadas las posiciones de los pasillos principales, pasos y lugares de almacenaje?
•	¿Están divididas las herramientas en artículos regulares y de uso especializado?
•	¿Las tarimas siempre son almacenadas a la altura apropiada?
•	¿Existe algo almacenado junto a los extinguidores?

2.5.3. Limpieza (Paso 3)

Creando un lugar sin manchas

El tercer paso del programa de las 5S's suena demasiado sencillo, pero en realidad involucra una serie de actividades. Por "limpiar" se refiere a quitar cualquier cosa del área de trabajo que en realidad no debería estar allí y mantener todo en las mejores condiciones posibles, mediante el cuidado y verificación constantes. Entonces finalmente, "limpiar es verificar con cuidado".

El punto que debe ser reforzado es que cualquier tipo de desperdicio o mugre puede ser la fuente de una ineficiencia, un producto defectuoso; o incluso, de accidentes.

Para mantener en la mejor forma a la empresa son necesarias la limpieza regular, la atención cuidadosa y las medidas preventivas bien diseñadas. Si se va a iniciar un programa de limpieza es mejor iniciar con una limpieza total para que se pueda iniciar con las manos limpias.

En algunos casos se encuentra que la cantidad de mugre removida es asombrosa (a veces hasta una tonelada tan solo de la línea de producción principal).

Por supuesto, esto es solamente el principio debido a que se tiene que pensar en preservar la limpieza que ha costado tanto trabajo obtener. Ahora bien, las actividades de limpieza pueden ser pensadas dentro de 3 etapas diferentes:

Situación total	Operaciones de limpieza mayor y un plan para encontrar las fuentes de mugre
↓	↓
Situación individual	Limpieza de todo el equipo y el lugar de trabajo
Detalles	Prevenir defectos mediante la limpieza y verificación de máquinas, dispositivos de sujeción y herramientas (5S's para el equipo)

Acabamos de ver un buen ejemplo de la operación de limpieza mayor, ahora veamos más de cerca la segunda y tercera etapa del proceso.

Limpieza 1

Limpiando todo el equipo y el lugar de trabajo

Cuando bajamos al nivel de lugares de trabajo particulares, se puede tener la pregunta de quién toma la responsabilidad para limpiar las máquinas utilizadas por varias personas y áreas comunes en piso. Generalmente nadie lo hace, con el resultado de un rápido crecimiento de polvo y mugre.

Limpiando el lugar de trabajo –fase 1

Dividiendo zonas y decidiendo las funciones

Aquí, como en muchos otros casos, una tabla ayudará para indicar las funciones de cada persona y el área exacta de responsabilidad.

Limpiando el lugar de trabajo –fase 2

Implantando la limpieza por área y por equipo

Limpieza sistemática y cuidadosa de áreas particulares y piezas de equipo, lo cual ayudará a ver problemas potenciales antes de que se conviertan en problemas muy serios.

Limpiando el lugar de trabajo – fase 3

Implantando mejoras

Se intenta pensar constantemente en formas de acelerar el proceso de limpieza o de llegar a lugares que son difíciles de alcanzar.

Limpiando el lugar de trabajo – fase 4

Reglas para el Mantenimiento

Aquí está otra función el grupo que trabaja bajo el sistema de 5 minutos para las 5S's. Un esfuerzo de grupo concertado como éste, puede cubrir completamente un pedazo en un corto tiempo, si lo hacen sobre bases regulares, preferiblemente diario. Aparte de la limpieza actual que está hecha, hace que los integrantes del equipo piensen más sobre la seguridad y la calidad del producto.

Limpieza 2

Prevención de defectos y verificación de máquinas, dispositivos de sujeción y herramientas (5S's para el equipo)

Uno de los beneficios más positivos de la limpieza regular y aplicada es la localización de los defectos o puntos de conflicto menores que de otra forma no podrían ser vistos. Las 5S's para el equipo, o la inspección y limpieza regular del equipo, es una parte integral del programa del las 5S's.

A continuación se presentan un ejemplo de un procedimiento que puede ser útil:

- Elegir el objeto
- Analizar los problemas

- Estudio de limpieza y verificación de operaciones
- Encontrar defectos y puntos de problemas menores
- Llenar la hoja de verificación
- Discutir y analizar las razones
- Planear y actuar

Nuevamente, puede ser muy útil el tener una tabla para registrar los resultados de las operaciones de limpieza regular, sobre el equipo. Se debe notar que en esta actividad el propósito no es sólo limpiar la máquina. El punto es utilizar esto como una oportunidad para verificar si existen problemas. Es importante compartir los hallazgos con otros integrantes del personal y a nivel gerencial de tal forma que puedan ser implantadas las mejoras.

A continuación se presentan algunos de los puntos de verificación para este paso.

LIMPIEZA
Puntos de Verificación en el lugar de trabajo
<ul style="list-style-type: none"> • Mirar cuidadosamente al piso, a los pasillos y alrededor de las máquinas • ¿Qué tanto aceite, mugre, polvo y virutas pueden encontrar? • ¿Existe cualquier parte de las máquinas sucias con aceite y fragmentos de metal? • ¿Existen tuberías o líneas de abastecimiento aceitosas, sucias o difíciles? • ¿Existen salidas de aceite obstaculizadas con mugre? • ¿Están sucios los reflectores, resguardos o lámparas?

2.5.4. Estandarización (Paso 4)

Manteniendo un buen ambiente

La estandarización es el cuarto paso del programa de las 5S's, involucrando el desarrollo de un sistema claro para mantener los resultados alcanzados por la aplicación constante de los tres primeros pasos. Esto significa proveer un estándar uniforme para etiquetar y las indicaciones de las condiciones de operación y la semejanza. Uno de los elementos más importantes es entregar advertencias de fácil entendimiento.

Control visual

Revela malos funcionamientos mediante la estandarización de las actividades de las 5S's.

Básicamente la idea es que es muy importante que cualquiera en el piso, no sólo el operador actual, esté capacitado para determinar fácilmente cuando una máquina o alguna otra pieza del equipo esté funcionando mal. No se puede esperar que todos sean expertos en todas las máquinas, pero se pueden utilizar etiquetas y letreros para mostrar, aún a alguien que no es experto, cuál es la situación.

Estandarizando 1

Localizar los malos funcionamientos

El control visual ayuda a localizar los malos funcionamientos. Se presenta una lista con los puntos principales a ser considerados para un buen sistema de control visual.

Control Visual

1. ¿Cuáles son los puntos de verificación cruciales?
2. ¿Qué es lo que cuenta como un mal funcionamiento?
3. ¿Pueden ser notados los malos funcionamientos?
4. ¿Qué tipo de acciones se necesitan?

Para tener la seguridad de que todos saben que hacer en situaciones de emergencia y como proceder con las etiquetas, es importante tener un manual con las instrucciones y los estándares de forma detallada.

Puede haber varias maneras de marcar el equipo, así que la inspección y la observación pueden ser conducidas uniforme y fácilmente.

Estandarizando 2

Observación

Formas de realizar la observación de las condiciones y estado del equipo, de forma sencilla y precisa.

PUNTOS DE CONTROL PARA LA OBSERVACIÓN

- Etiquetas
- Indicadores límite
- Incremento de la visibilidad

La mayoría de los cambios no requieren de grandes cambios o preparaciones elaboradas. La diferencia puede realizarse con la cooperación de todos los involucrados y mediante esfuerzos en pequeños segmentos.

La estandarización es la clave para la eficiencia y da un mejor ambiente de trabajo. A continuación se presentan algunos puntos de verificación:

ESTANDARIZACIÓN
Puntos de Verificación en el Lugar de Trabajo
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se está utilizando ropa sucia o peligrosa? • ¿El lugar de trabajo tiene adecuada iluminación y abastecimiento de energía? • ¿Se tienen problemas por ruido, vibraciones o calor? • ¿Gotea el techo? • ¿Se cuenta con áreas para comer y fumar?

2.5.5. Entrenamiento y disciplina (Paso 5)

Siguiendo las reglas

El último paso del programa de las 5S's es el que tiene que ver con los métodos para el desarrollo de hábitos de eficiencia y seguridad, y mantenerlos una vez que se han adquirido. Entonces, de lo que se esta hablando es: Desarrollo y conservación de hábitos.

La instrucción es una de las formas de entrenar a la gente pero ciertamente no es la única. Una herramienta muy efectiva es el tener un dibujo de lo que se hace y lo que no se hace con un interruptor de cuchillas. La ejecución visual es la clave para el desarrollo de buenos hábitos.

Las listas de verificación son una herramienta muy importante para las 5S's, pero no se debe permitir que se vuelvan muy complicadas de tal suerte que la verificación se convierta en un proyecto por sí mismo. Para construir el hábito de la verificación, la clave es tener procedimientos concretos y claros. La siguiente tabla es un ejemplo:

QUE HACER		
PASO	DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN	OFICINA
3 de 5S's	Verificar la ropa, etc.	Limpiar el escritorio, etc.
5 de 5S's	Organizar el almacenaje de artículos innecesarios, etc.	Limpiar los cajones, etc.
10 de 5S's	Limpiar el piso, etc.	Verificar los archivos para artículos perdidos, etc.

Se puede pensar en toda clase de maneras de proveer recordatorios visuales de las responsabilidades de limpieza y verificación. Debe ser simple entender y trabajar en la consulta con todos los interesados.

La entrevista introduce un número de estos dispositivos y exaltan los beneficios de tener un programa regular de sesiones de las 5S's

- Calendario de las 5S's
- Marcar la verificación diariamente
- Hoja de verificación de la responsabilidad

Los puntos más importantes a tomar en cuenta para el paso 5 son:

1. El desarrollo del control visual
2. Involucrar a los trabajadores en la producción de hojas de verificación y documentos estándar

Ambos puntos son cruciales para la implantación exitosa de un programa de 5S's. También es importante que la gente más experimentada se tome un tiempo para entrenar a las de nuevo ingreso. No se intentará darles sólo una explicación y decirles que lean el manual. Se debe mostrarles mediante ejemplos y después observarlos cuando lo intenten ellos mismos. La clave del éxito es la repetición, y el contar con documentos estandarizados ayudará a que el proceso sea más suave.

Una empresa ha adoptado un sistema de tarjetas de "Mis Responsabilidades PM" así que cada trabajador puede declarar sus propias metas. Esto le da oportunidad a todos de ver cuáles son las metas de los demás, dándole más significado al planteamiento de metas personales.

El corazón del programa 5S's es obtener:

- De cada quien sus propios objetivos
- El desarrollo de hábitos que no se olviden

Una empresa ha desarrollado lo que llamaron "El sistema estrella" para enfocar las metas individuales dentro de una fuerza positiva para mejorar. Los grupos que alcanzan o exceden las altas metas que ellos mismos se fijaron se designan de forma oficial como "Equipos Estrella". El orgullo de tener este reconocimiento es una fuerza de motivación fuerte para ese grupo y todos los demás.

El orgullo en el trabajo de alguien es un incentivo poderoso y debería ser motivado de cualquier forma posible.

Un buen entrenamiento es esencial para mantener una fuerza de trabajo eficiente, y esto es verdad para el área de mantenimiento y cualquier otra. No solamente ayuda a aumentar las habilidades, también para dar seguridad y un sentido de orgullo.

Aisin A. W. Ha creado áreas de estudio en su planta para motivar a sus empleados a recibir entrenamiento sobre el piso actual. Le han denominado "terakoya". La idea es tener una instrucción estructurada en una atmósfera que es más amigable, casual y relevante para los estudiantes que los de un salón de clases formal.

El concepto básico del sistema "terakoya" es un sistema de educación flexible caracterizado por:

- Materiales de educación para casa
- Instrucción individualizada y lecciones por etapas

El esquema de entrenamiento tiene dos divisiones principales:

Curso de Tecnología General	Curso para Especialistas
<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de Mantenimiento Individual • Técnicas de Ensamble (velocidad-3, velocidad-4) • Entrenamiento básico para nuevos empleados • Técnicas de ensamble (AW596) 	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de Mantenimiento Experto • Técnicas avanzadas (soldadura) • Técnicas avanzadas (procesos de maquinado). • T/F - M/C (Máquinas de Transferencia)

Una característica de este programa es que mientras el entrenamiento es llevado al día, los trabajadores pueden unirse en cuanto tengan tiempo, aunque no durante su horario de trabajo. A todos los trabajadores se les da reconocimientos por completar los cursos y se aprecia una gran satisfacción por parte de ellos.

En la siguiente tabla se muestran los puntos de verificación de esta sección

ENTRENAMIENTO Y DISCIPLINA	
Puntos de Verificación para el Lugar de Trabajo	
•	¿Se cuenta con rutina de Inspección diaria?
•	¿Se ejecutan apropiadamente los reportes de orden de trabajo y en el tiempo correcto?
•	¿Se utiliza el equipo correcto de protección?
•	¿El grupo siempre ensambla como se planeó?

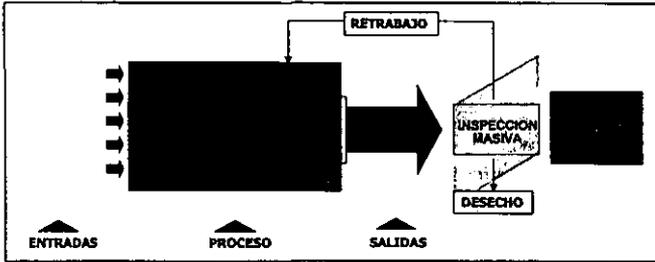
Es muy fácil para el ser humano preparar un programa para mejorar y después de un corto periodo descuidarse. El paso 5 (Entrenamiento y Disciplina) del programa de las 5S's esta diseñado para motivar la formación de buenos hábitos y un ambiente en el cual todos se sienten libres para comentar sobre el trabajo de unos y otros y cuando sea necesario sugerir correcciones. Con esa atmósfera libre y relajada, y todos cooperando para alcanzar los mismos objetivos, la planta no solamente será más productiva, sino un gran lugar para trabajar.

CAPÍTULO III

3. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN

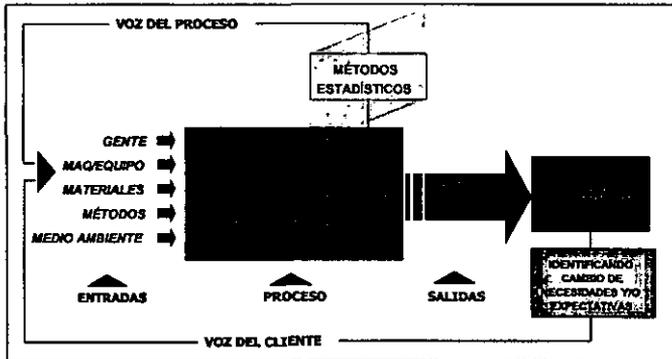
3.1. Enfoque de detección

- Énfasis en la inspección masiva
- Se propicia el desperdicio



3.2. Enfoque de prevención

- Énfasis en el proceso



3.3. Causas de variación

Causas comunes de variación

Se refieren a todos los factores que afectan un proceso que se considera estable con una distribución normal, éste es llamado "proceso en control estadístico".

Este tipo de causas se comportan como un sistema, si sólo existieran éstas y no cambiaran, el resultado del proceso sería predecible.

Causas especiales de variación

Estas causas se refieren a todos los factores que causan variación, pero que no siempre están actuando sobre el proceso. Es decir, que cuando se presentan, la distribución del proceso cambia y a menos que se identifiquen y se actúe sobre ellas, seguirán afectando el resultado del proceso en forma impredecible.

Acciones locales

Son requeridas usualmente para eliminar causas especiales de variación. Usualmente pueden ser tomadas por gente cercana al proceso (operador, supervisor). Corrigen generalmente cerca del 15% de los problemas del proceso.

Acciones sobre el sistema

Se requieren usualmente para reducir la variación debida a causas comunes. Casi siempre requieren involucramiento de la dirección o alta gerencia. Son necesarias para corregir aproximadamente el 85% de los problemas del proceso.

3.4. Conceptos estadísticos básicos

3.4.1. Estadística

Es una ciencia que permite, a través de la recopilación de datos y su ordenamiento, presentación, análisis e interpretación, diagnosticar, pronosticar y prevenir cambios.

3.4.2. Población, universo o lote

Es el conjunto de todos los elementos u objetos del mismo tipo y que tiene una característica común.

3.4.3. Muestra

Es una parte de un universo o lote.

3.4.4. Muestra aleatoria

Es aquella en la que todos los elementos que la componen tuvieron la misma oportunidad de ser escogidos.

3.4.5. Medidas de tendencia central

Nos indican cuál es el "centro" (no la mitad necesariamente), de un grupo de datos:

➤ *Promedio*

Cálculo del promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

donde:

X = cada uno de los datos

\bar{X} = Promedio

n = número de datos

Un caso especial del promedio es el promedio de promedios o gran promedio.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{n}$$

donde:

$\bar{\bar{X}}$ = Promedio de promedios

\bar{X} = Cada uno de los promedios

n = Número de datos

➤ *Mediana*

Es el valor central o el promedio de dos valores centrales, de una serie de datos ordenados de forma ascendente o descendente.

$$\tilde{X} = \frac{X_{(n-1)} + X_{(n)}}{2}$$

➤ *Moda*

Nos indica cuál es el dato que más se repite. Puede no existir moda o no ser la única.
Se representa M

3.4.6. Medidas de dispersión

Nos indican qué tanto se encuentran de separados los datos:

> *Rango*

Es la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de una serie de datos (también se le llama recorrido). Este dato estadístico es el medio para expresar el valor de la variación que existe en la serie de datos.

$$R = VM - Vm$$

> *Desviación estándar*

Es un concepto estadístico más preciso que el rango.

“La desviación estándar es la media cuadrática de las desviaciones de los valores de una distribución con respecto a su media aritmética, constituye una forma especial de desviación promedio de la media aritmética”.

Es más significativa que el recorrido, ya que tiene en cuenta, el efecto de todos los valores individuales en una serie de datos y no solo los dos valores extremos empleados en la determinación del recorrido.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

3.5. Clasificación de datos

3.5.1. Datos por medición (variables)

En este grupo se incluyen todos aquellos valores que puedan obtenerse por comparación con un patrón de medición

- | | |
|----------------------|----------------|
| > <i>Longitud</i> | <i>Dureza</i> |
| > <i>Espesor</i> | <i>Presión</i> |
| > <i>Temperatura</i> | <i>pH</i> |

También los datos que se obtienen en dividir valores de medición se consideran variables:

- Cantidad de producto / Cantidad de materia prima X 100*
- % de contenido de carbono en acero (w carbono / w acero X 100)*

3.5.2. Datos por atributos

Dentro de este grupo están incluidos todos aquellos datos que no se pueden comparar con un patrón de medición. Estos datos sólo se pueden expresar en forma de porcentaje defectuoso, cantidad de defectos o defectos por unidad.

- *Número de rayas en una lámina*
- *No. de veces que un motor falla*
- *No. de burbujas en una superficie pintada*

También pueden calcularse porcentajes de defectos:

- *Cantidad defectuosa / Cantidad inspeccionada X 100*
- *Número de personas ausentes / Número total de personas X 100*

3.6. Sistemas de medición

3.6.1. Definición

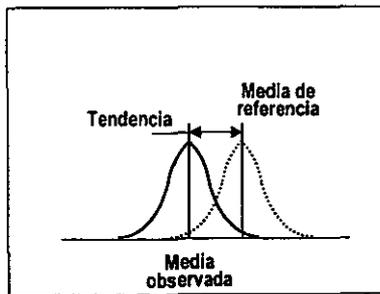
Es el conjunto de operaciones, procedimientos, instrumentos, equipos, paquetes y personal usados para asignar un número a la característica que está siendo medida; es el proceso completo usado para hacer mediciones.

3.7. Tipos de error

3.7.1. Tendencia (exactitud)

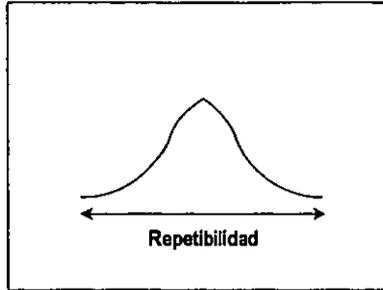
La diferencia entre la media observada en las mediciones efectuadas con el dispositivo en evaluación y el valor de referencia o media real de las medidas.

El promedio real se determina usando un equipo de mayor exactitud.



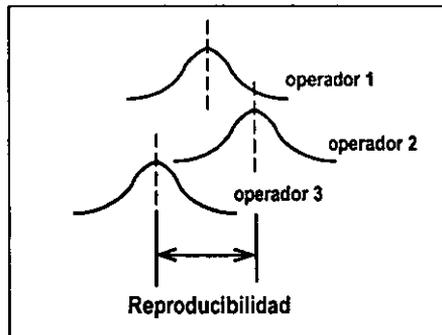
3.7.2. Repetibilidad

La variación de las mediciones obtenidas con un dispositivo cuando lo usa varias veces el mismo operador, para medir la misma característica, en las mismas partes.



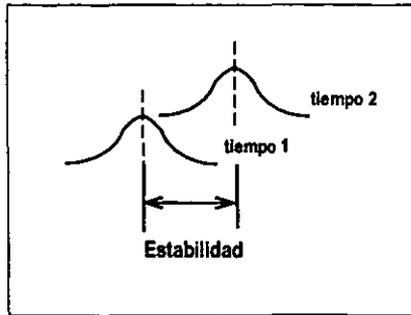
3.7.3. Reproducibilidad

Es la variación en el promedio de las mediciones hechas por diferentes operadores usando el mismo instrumento de medición cuando se está midiendo la misma característica en las mismas partes.



3.7.4. Estabilidad

Es la variación total en las mediciones obtenidas usando un patrón o las mismas piezas cuando se mide una característica por un periodo de tiempo largo.



3.8. Evaluación de sistemas de medición

1. Establecer la necesidad de la evaluación
 2. Establecer correctamente el enfoque del estudio
 3. Determinar el número de operadores, de muestras y de lecturas a tomar
 4. Preferentemente escoger a los operadores que usan el dispositivo
 5. Las partes a medir deben seleccionarse del proceso y representar la variación total
 6. Usar la graduación correcta para el instrumento (que realice lecturas de por lo menos un décimo de la variación esperada del proceso)
 7. Asegurarse de que se esté midiendo la característica correcta y siguiendo el procedimiento establecido
-
- Las mediciones deben ser efectuadas en un orden aleatorio
 - Las lecturas del equipo deben ser estimadas con la mayor aproximación
 - La evaluación debe ser observada y coordinada por una persona que conozca la importancia de las precauciones
 - Cada operador debe usar el mismo procedimiento para obtener las lecturas
 - Se requiere entrenar a los operadores en la forma de usar y leer los dispositivos
 - No olvidar la curva de aprendizaje
 - Los operadores necesitan tiempo para aprender a operar el equipo
 - Antes de un estudio formal dar tiempo al operador para practicar
 - Entrenar, estandarizar, practicar
 - La colocación y sujeción de la parte necesitan mejora
 - Un dispositivo de algún tipo puede ser necesario para ayudar al operador a utilizar el instrumento más consistentemente
 - El dispositivo necesita ser rediseñado para que sea más rígido
 - Existe excesiva variación dentro de la parte
 - Considerar las condiciones ambientales bajo las que se realiza la medición
 - Automatizar el sistema de medición

3.9. Hojas de registro

Es un formato preimpreso en el cual aparecen los items que se van a registrar, de tal manera que los datos puedan recogerse fácil y concisamente.

Objetivos:

- Facilitar la recolección de datos
- Organizar automáticamente los datos de manera que puedan usarse con facilidad más adelante

Pueden usarse para el registro de:

La distribución de un proceso

- *Los artículos defectuosos*
- *Las causas de los defectos*
- *La comprobación de la realización de una inspección o trabajo*

3.10. Diagrama de Pareto

Nos ayuda a visualizar rápidamente qué factores o causas de una situación o problema, son los más importantes y por lo tanto los que debemos atender con mayor prontitud.

ELABORACIÓN:

Paso 1

- Decida qué problemas se van a investigar
- Decida qué datos se van a necesitar y cómo clasificarlos
- Defina el método y el período de duración de la recolección de los datos
- Decida la fecha en que se elaborará otro Pareto para evaluar la mejora

Paso 2

Diseñe una tabla para conteo de datos con espacio para los totales.

Paso 3

Elabore una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de los factores, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.

Tipo de defecto	Número de defectos	Total acumulado	Composición porcentual	Porcentaje acumulado
Total				

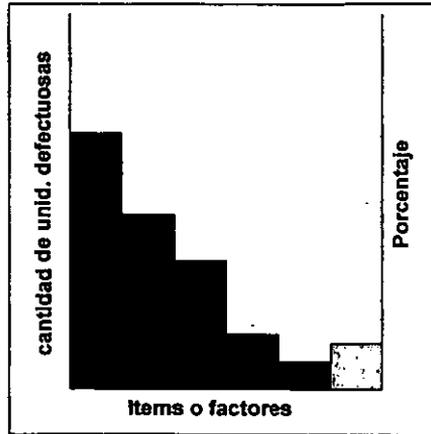
Paso 4

Dibuje dos ejes verticales y uno horizontal

Vertical izquierdo: De 0 hasta total global

Vertical derecho: De 0 a 100%

Horizontal: Intervalos = número de factores



Paso 5

Construya un diagrama de barras.

Paso 6

Dibuje la curva acumulada

Paso 7

Escriba en el diagrama cualquier información necesaria.

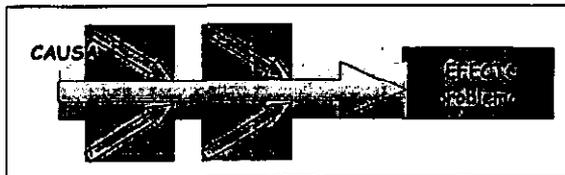
3.11. Diagrama de causa - efecto

Es una herramienta para la solución de problemas, que nos permite, a través de una tormenta de ideas identificar los factores que pueden estar causando un problema o un mejoramiento inesperado.

Los diagramas de Causa-Efecto se basan en que cada "efecto" es el resultado de una "causa".



Las causas posibles pueden estratificarse en categorías



3.11.1. Tormenta de ideas

Es una forma de estimular a un grupo de personas para utilizar creativamente el poder del pensamiento colectivo.

3.11.2. Métodos

Asociación libre

Ventajas

- método espontáneo y abierto
- alienta la creatividad
- alienta la participación

Desventajas

- unos pocos pueden dominar la sesión
- los tímidos pueden no participar
- confusión si todos hablan a la vez

Secuencia

Ventajas

- nadie domina la sesión
- todos participan

Desventajas

- ansiedad mientras esperan su turno
- se pueden olvidar las ideas

Tarjetas

Ventajas

- las ideas son anónimas
- se puede expresar libremente
- se pueden tocar temas sin represalias

Desventajas

- no se escuchan las ideas de los demás
- no se puede construir sobre otras ideas
- limitada a la creatividad individual

3.11.3. Reglas para la tormenta de ideas

- toda crítica se descarta
- el manejo libre es aceptado
- se requiere una gran cantidad de ideas
- se busca el estímulo, combinación y mejoramiento de las ideas

ELABORACIÓN:

Paso 1

Describa el efecto o atributo de calidad.

Paso 2

Escoja una característica de calidad y escríbala en el cuadro del "efecto".

Paso 3

Escriba las causas primarias que afectan a la característica de calidad.

Paso 4

Escriba las causas secundarias que afectan a las causas primarias y escriba las causas terciarias que afectan a las causas secundarias.

Paso 5

Marque los factores que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.

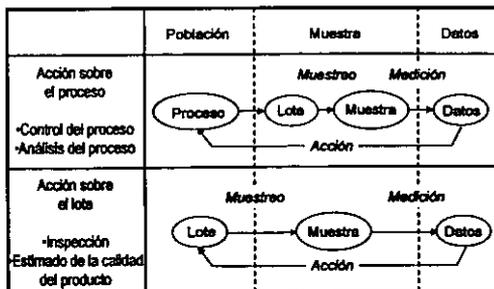
Paso 6

Registre cualquier información que pueda ser de utilidad.

3.11.4. Sugerencias de uso

- Hacer la descripción de la característica lo más específica posible
- Para asegurarse que todos los factores aparezcan preguntarse repetitivamente ¿por qué?
- Para la adecuada formulación del diagrama es indispensable conocer con profundidad el proceso o defecto del que se habla
- Hacer un diagrama para cada característica
- Escoja una característica y unos factores medibles
- Descubra factores sobre los cuales sea posible actuar

3.12. Histogramas



3.12.1. Aplicaciones del histograma

Conocer el comportamiento general de una característica de calidad en el proceso (promedio, desviación estándar, simetría, porcentajes).

Investigar fuentes de variación.

Identificar cuándo existen problemas de calidad.

3.12.2. Ejemplo

En una industria química se obtuvieron registros de la densidad en gms/cm² de una sustancia. Se desea saber:

¿Cuántos datos fueron inferiores a 78.8 gms/cm²?

¿Cuántos estuvieron entre 75.1 y 78.8 gms/cm² ?

¿Cuántos al menos fueron de 93.7 gms/cm² ?

¿Qué porcentajes representan las respuestas anteriores?

Si la especificación es de 76 a 90 gms/cm² ¿Qué porcentaje de los datos estuvo dentro de especificaciones?

76.6	90.4	88.2	94.0	83.3	73.9	84.8	93.4
80.2	89.0	85.3	86.3	80.0	84.3	74.2	81.7
84.1	85.3	81.4	79.8	83.8	86.5	81.3	75.7
81.4	84.6	89.7	97.0	92.0	71.5	83.5	87.3
79.2	88.5	79.8	78.4	78.4	82.8	89.5	82.6

Primer paso. Calcule el rango

$$R = VM - Vm$$

Segundo paso. Determine el número de clases en que se clasificarán los datos (K)

Tamaño de la muestra	K
Menor a 50	5 a 7
Entre 50 y 99	6 a 10
Entre 100 y 249	7 a 12
250 o mayor	10 a 20

Tercer paso. Determinar la amplitud de las clases (A)

Cuarto paso. Obtener la frontera o límite inferior de la primera clase

u	Condición
1	Si todos los datos son enteros
.1	Si al menos hay un dato hasta décimas
.01	Si al menos hay un dato hasta centésimas
.001	Si al menos hay un dato hasta milésimas

Quinto paso. Determinar las fronteras inferiores (FI) y superiores (FS) para todas las clases

Sexto paso. Calcular la marca de clase o punto medio

Séptimo paso. Determinar por conteo la cantidad de datos que se ubican en cada clase, a éste número se le conoce como frecuencia absoluta f_i

Octavo paso. Agregar una columna con los porcentajes o frecuencias relativas h_i de cada clase respecto al total de los datos n

Noveno paso. Calcular las frecuencias absolutas acumuladas F_i

Décimo paso. Agregar una columna con los porcentajes o frecuencias relativas acumuladas H_i de cada clase respecto al total de datos n

$$H_i = F_i / n$$

Décimo primer paso. Calcular las frecuencias absolutas doble acumuladas G_i , que son los valores acumulados de F_i , para calcular el promedio y la desviación estándar de los datos

$$G_i = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_i = \Sigma F_i$$

Estimación del promedio de la población

$$\mu' = \Sigma (f_i X_i) / n$$

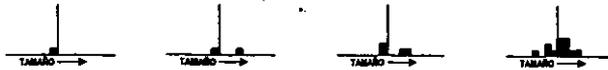
Estimación la desviación estándar de la población

$$\sigma' = A \sqrt{\frac{n}{n-1} [2c - b(b+1)]}$$

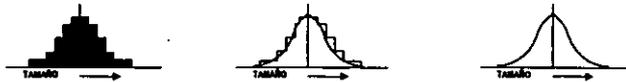
donde: $b = \Sigma F_i / n$ y $c = \Sigma G_i / n$

VARIACIÓN: CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ESPECIALES

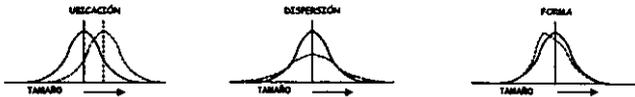
EXISTE VARIACIÓN ENTRE LAS PIEZAS



PERO, ENTRE ELAS FORMAN UN PATRÓN, QUE SI ES ESTABLE, SE PUEDE DESCRIBIR COMO UNA DISTRIBUCIÓN

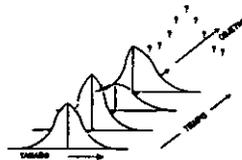
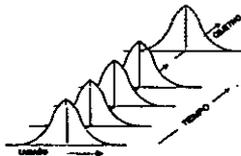


LAS DISTRIBUCIONES PUEDEN DEPENDER EN:



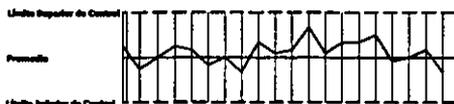
...O CUALQUIER COMBINACIÓN DE ELAS

SI SÓLO ESTÁN PRESENTES CAUSAS COMUNES DE VARIACIÓN, EL RESULTADO DE UN PROCESO FORMA UNA DISTRIBUCIÓN ESTABLE EN EL TIEMPO Y PREDECIBLE



SI EXISTEN CAUSAS ESPECIALES DE VARIACIÓN, EL RESULTADO NO ES ESTABLE EN EL TIEMPO.

GRAFICAS DE CONTROL



Recolección de datos
Cualitativos y graficarlos. Pueden ser variables y atributos.

Control
Calcular límites de control y límites
Comparar los datos para ver si la variación es estable
Si hay causas especiales, analizar el proceso y tomar acciones

Medidas y mejoras
Cuantificar la variación debida a causas comunes y tomar acciones para reducirla

3.13. Diagrama de dispersión

Los diagramas de dispersión nos sirven para estudiar la relación entre dos variables.

- Las dos variables pueden ser:
 - una característica de calidad y un factor que la afecta
 - dos características de calidad relacionadas o
 - dos factores relacionados con una sola característica de calidad

ELABORACIÓN

- a) Reúna pares de datos (x,y), cuyas relaciones quiera estudiar y organice esa información en una tabla. Es deseable al menos tener 30 pares de datos.
- b) Encuentre los valores mínimo y máximo para x y y. Decida las escalas de manera que las longitudes sean aproximadamente iguales. Cuando se trate de un factor y una característica use el eje horizontal para la característica y el vertical para el factor.
- c) Registre los datos en el gráfico, cuando se obtengan los mismos valores en diferentes observaciones, haga círculos concéntricos.
- d) Registre todos los datos que puedan ser de utilidad

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

Cálculo de los coeficientes de correlación:

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) \cdot S(yy)}}$$

Donde:

$$S(xx) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$S(yy) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

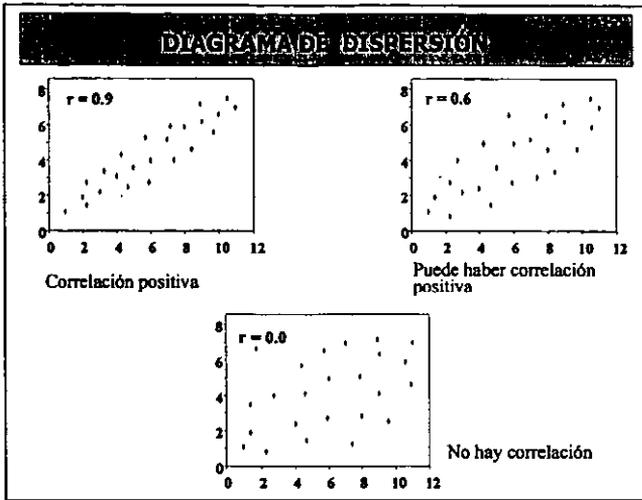
$$S(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

n = número de pares

Cuando r está cercano a +1
 ● correlación positiva fuerte

Cuando r está cercano a -1
 ● correlación negativa fuerte

Cuando r es cercano a 0
 ● ninguna correlación



3.14. Gráficas de control

Para el análisis

Dan evidencia acerca de si un proceso ha estado operando bajo control estadístico y señalan la presencia de causas especiales de variación.

Para controlar el proceso

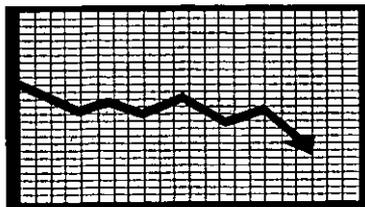
Permiten mantener el estado de control estadístico ya que pueden tomarse decisiones con base al comportamiento del proceso en el tiempo.

Beneficios de las gráficas de control

Son herramientas simples y efectivas. Dan información confiable sobre cuándo debieran tomarse acciones sobre el proceso y cuándo no.

Pueden anticipar las mejoras que se requieren, estas mejoras deberán:

- Incrementar el % de productos que satisfagan las expectativas del cliente
- Disminuir los productos que necesiten retrabajarse o desecharse
- Incrementar la cantidad total de productos aceptables a través del proceso
- Proporcionan un lenguaje común para comunicarse sobre el comportamiento de un proceso



- Indican cuándo un problema requiere acciones locales y cuándo se requiere la participación de todos los niveles.
- Tanto el cliente como el proveedor pueden contar con niveles consistentes de calidad y costos estables para lograrlos

3.14.1. Gráficas de control por variables (x - r)

- Establecer un ambiente propicio
- Definir el proceso
- Determinar las características a graficar, considerando:
 - Las necesidades del cliente
 - Áreas con problemas reales o potenciales
 - Posibles correlaciones entre características
- Definir el sistema de medición
- Minimizar la variación innecesaria

Elaboración de la gráfica (x - r)

- Colecte los datos
- Calcule el promedio (\bar{x}) y el rango (R) para cada subgrupo
- Calcule el rango promedio (R) y el promedio del proceso ($\bar{\bar{x}}$)
- Calcule los límites de control
- Colecte los datos
 - Seleccionar el tamaño, frecuencia y número de subgrupos
 - Establezca la forma en que se registrarán los datos
- Calcule el promedio (\bar{x}) y el rango (R) para cada subgrupo
 - Para el promedio

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_n}{n}$$

- Para el rango

$$\text{Rango} = X \text{ mayor} - X \text{ menor}$$

- Seleccione la gráfica para las gráficas
- Trace la gráfica de rangos y promedios

- Calcule el rango promedio (\bar{R}) y el promedio del proceso ($\bar{\bar{X}}$)
- Calcular:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

- Calcule los límites de control
- Calcular:

$$\text{LSC}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$\text{LIC}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$\text{LSC}_{\bar{R}} = D_4 \bar{R}$$

$$\text{LIC}_{\bar{R}} = D_3 \bar{R}$$

Interpretación del control del proceso

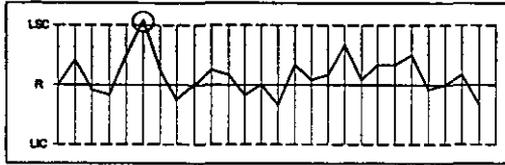
- Analice el conjunto de datos en la gráfica de rangos
- Analice el conjunto de datos en la gráfica de promedios
- Identifique y corrija las causas especiales
- Recalcule los límites de control

Interpretación de la habilidad del proceso

- Calcule la desviación estándar del proceso
- Calcule la habilidad del proceso
- Evalúe la habilidad del proceso
- Corrija la habilidad del proceso
- Grafique y analice el proceso modificado

Patrones de inestabilidad

Puntos fuera de los límites de control



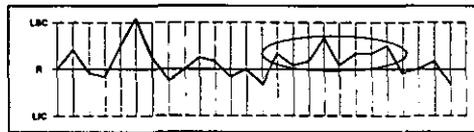
Un punto por arriba del límite de control es señal de:

- El límite de control o el punto han sido mal calculados o mal graficados
- La variación pieza a pieza o la dispersión de la distribución se ha incrementado
- El sistema de medición ha cambiado
- El sistema de medición carece de la resolución apropiada

Un punto por debajo de los límites de control es señal de:

- El límite de control o el punto son erróneos
- La dispersión de la distribución ha decrecido
- El sistema de medición ha cambiado

- Corridas

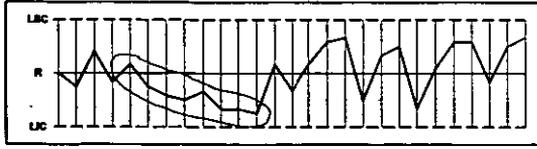


Una corrida por arriba o por debajo del promedio significa:

- Cambio significativo en la calidad del producto (μ del proceso)
- Cambio en el método de inspección
- Cambio en el método de producción (operador, lote de materia prima, etc.)
- Accidente en la máquina (rotura de una parte, vencimiento de algún componente, etc.)

La causa general que ocasiona una corrida en un proceso es un CAMBIO PUNTUAL

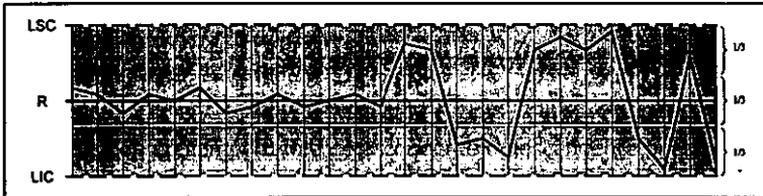
- Tendencias



Una serie de puntos con un comportamiento ascendente o descendente puede deberse a:

- Acumulación del producto (producto en proceso, rebaba o desecho)
- Cambio gradual en las condiciones del medio ambiente
- Desgaste de la herramienta en maquinados
- Fatiga del operario
- Curva de aprendizaje del operador
- Aumento gradual de parámetros de máquina (presión, temperatura)
- Ajustes graduales a la máquina

La razón general de una tendencia es un CAMBIO GRADUAL:

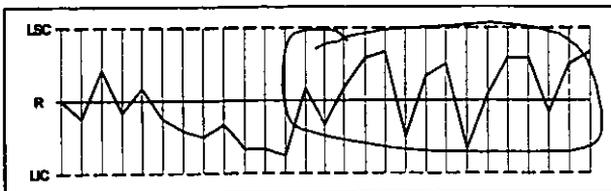


Si una cantidad substancialmente mayor a 2/3 de los puntos graficados caen en el tercio central investigue:

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados
- El proceso o el método de muestreo está estratificado.; cada subgrupo contiene datos de dos líneas diferentes
- Los datos han sido adulterados (los valores que se alejan mucho han sido eliminados o alterados)

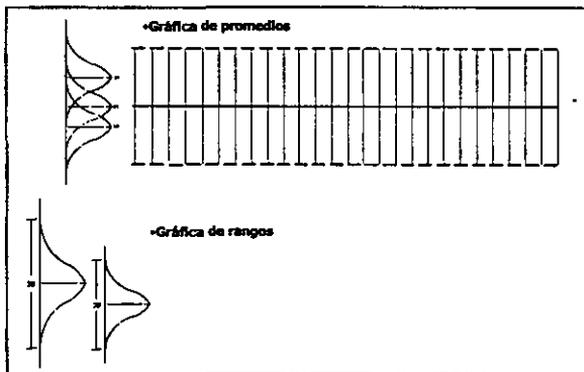
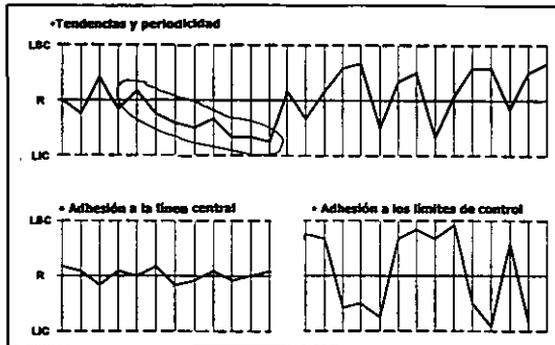
Si una cantidad sustancialmente mayor a 1/3 de los datos está dentro de los tercios exteriores:

- Los límites han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- El proceso o el método de muestreo es tal, que los subgrupos contienen datos de dos líneas diferentes



- Periodicidad

- Temperatura, humedad o algún otro elemento del medio ambiente que tenga cambios periódicos
- Fatiga del personal
- Diferencias en instrumentos de medición que se usan en secuencia
- Rotación de máquinas o personal
- Ciclos en los materiales de entrada
- Degradación de sustancias químicas o desgaste de piezas



Causas comunes de variación

Se refieren a todos los factores que afectan un proceso que se considera estable con una distribución normal, éste es llamado "proceso en control estadístico". Este tipo de causas se comportan como un sistema, si sólo existieran éstas y no cambiaran, el resultado del proceso sería predecible.

Causas especiales de variación

Estas causas se refieren a todos los factores, que causan variación, pero que no siempre están actuando sobre el proceso. Es decir, que cuando se presentan, la distribución del proceso cambia y a menos que se identifiquen y se actúe sobre ellas, seguirán afectando el resultado del proceso en forma impredecible.

3.14.2. Elaboración de la gráfica (\bar{x} - rm)

> Consideraciones

- No son tan sensibles a los cambios en el proceso como las X-R
- Deben ser interpretadas cuidadosamente si la distribución del proceso no es simétrica
- Los valores de \bar{x} y σ pueden tener una variabilidad sustancial hasta que el número de muestras rebasa 100

> Colecte los datos

- Las lecturas individuales (X) son registradas de izquierda a derecha en la gráfica
- Calcule el rango móvil entre individuos. (Es mejor registrar la diferencia entre cada par sucesivo de lecturas)

NOTA. El No. de lecturas agrupadas para formar el rango móvil es el que define el tamaño de muestra n

Calcule el promedio del proceso (\bar{X}) y el promedio del rango (\bar{R})

Calcular:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

Calcule los límites de control

Calcular:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + E_2 \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - E_2 \bar{R}$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

3.14.3. Elaboración de la gráfica (x - s)

Consideraciones

- La desviación estándar es un indicador más eficiente para subgrupos más grandes
- Es más difícil de calcular y menos sensible para detectar causas especiales que provocan sólo en uno de los datos un valor inusual
- Se usan cuando:
 - Los datos son registrados o graficados por una computadora en línea
 - Se cuenta con una calculadora de bolsillo
 - Se usan tamaños grandes de subgrupo y se necesita una medición más eficiente de la variación

Colecte los datos

Cuando los datos son voluminosos, se registran en una hoja por separado y sólo \bar{x} y s aparecen en la gráfica.

Calcule la desviación estándar para cada subgrupo con la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Calcule el promedio del proceso (\bar{X}) y el promedio la desviación estándar (\bar{s})

Calcular:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n}{n}$$

Calcule los límites de control

Calcular:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_3 \bar{s}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_3 \bar{s}$$

$$LSC_s = B_3 \bar{s}$$

$$LIC_s = B_3 \bar{s}$$

3.14.4. Elaboración de la gráfica (x - r)

Consideraciones

Aunque las medianas no son tan estadísticamente deseables como los promedios, producen conclusiones similares.

- Son fáciles de usar y no requieren muchos cálculos
- Desde que se grafican los valores individuales, la carta muestra la dispersión de la salida del proceso y da un panorama de la variación del proceso

Colecte los datos

- Generalmente se usan tamaños de subgrupo de 10 o menos. Son más convenientes los nones
- Grafique las mediciones individuales para cada subgrupo en línea vertical. Circule la mediana de cada subgrupo

Calcule el promedio del proceso (\bar{X}) y el promedio del rango del proceso (\bar{R})

✓ Calcular

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

Calcule los límites de control

✓ Calcular

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + \bar{A}_2 \bar{R}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - \bar{A}_2 \bar{R}$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

Importancia del uso de gráficas por atributos

- Los datos por atributos están disponibles en cualquier situación siempre que exista inspección, listados de reparaciones, material seleccionado o rechazado
- Cuando se requiere obtener datos, la información por atributos es generalmente rápida y barata de obtener y con medio simples (pasa/no pasa)
- Muchos de los datos presentados a la gerencia en forma de reportes es del tipo de atributos y se puede beneficiar con el análisis de gráficas de control. Por ejemplo índices de desecho o rechazos de material
- Al introducir las gráficas de control es necesario dar prioridad a las áreas con problemas. Las señales de problemas pueden venir del costo del sistema de control, quejas de clientes o cuellos de botella internos

Cuándo usar gráficas de control por atributos

- Cuando la característica de calidad es sensorial (aparición, olor, sabor, etc.) y una persona experta debe realizar la medición
- Cuando la característica es dimensional y su medición es muy complicada por lo que se usa un calibrador pasa-no pasa
- Cuando la variable es el resultado de un conteo visual
- Si la característica de calidad es una propiedad o función y se efectúa solo una prueba pasa-no pasa en el laboratorio
- Donde no hay facilidad de adquirir un equipo de medición y se fabrica un dispositivo de atributos para medir la variable (calibradores pasa-no pasa, gajes, escantillones, etc.).

3.14.5. Elaboración de la gráfica (p)

Para porcentaje de unidades defectuosas

Colecte los datos

- Seleccionar el tamaño, frecuencia y número de subgrupos (Es mejor que sean iguales o varíen máximo un $\pm 25\%$ del promedio para evitar cálculos)
- Establezca la forma en que se registrarán los datos

Calcule el porcentaje defectuoso (p) del subgrupo

- Para cada subgrupo

✓ Para cada subgrupo

$$p = \frac{np}{n}$$

donde:

n = número de partes inspeccionadas

np = número de partes defectuosas

- Seleccione las escalas para la gráfica de control
- Grafique los valores del porcentaje defectuoso de los subgrupos

Calcule el porcentaje defectuoso promedio del proceso (\bar{p})

✓ Calcular:

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + np_3 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Calcule los límites de control

$$LSC_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

Cuando el tamaño del subgrupo varía más del 25%

$$LSC_p \text{ ó } LIC_p = \bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

3.14.6. Elaboración de la Gráfica (np)

Para cantidad de unidades defectuosas

Colecte los datos

- Seleccionar el tamaño, frecuencia y número de subgrupos
 - Tienen que ser iguales
 - Tienen que ser grandes para permitir la aparición de varios defectos
- Registre y grafique el número de unidades defectuosas de cada subgrupo (np)

Calcule el promedio de unidades defectuosas (np) del proceso

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + np_3 + \dots + np_k}{k}$$

Calcule los límites de control

$$LSC_{np} = \bar{np} + 3\sqrt{\frac{\bar{np}(1-\frac{\bar{np}}{n})}{\bar{n}}}$$

$$LIC_{np} = \bar{np} - 3\sqrt{\frac{\bar{np}(1-\frac{\bar{np}}{n})}{\bar{n}}}$$

3.14.7. Elaboración de la Gráfica (c)

Para número de defectos

- Donde las discrepancias se distribuyen a través de un flujo más o menos continuo del producto
- Donde los defectos provenientes de diferentes fuentes puedan encontrarse en una unidad inspeccionada

Colecte los datos

- Los tamaños de muestra o de material inspeccionado deben ser constantes
- Registre y grafique el número de defectos de cada subgrupo (c)

Calcule el número de defectos promedio (c) del proceso

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_k}{k}$$

Calcule los límites de control

$$LSC_c = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$$

3.14.8. Elaboración de la Gráfica (u)

Para cantidad de defectos por unidad

Similar a la c pero se utiliza si:

- La muestra incluye más de una unidad
- El tamaño de muestra varía entre subgrupos

Colecte los datos

- Los tamaños de muestra pueden variar pero es mejor que sea máximo $\pm 25\%$
- Registre y grafique los defectos por unidad de cada subgrupo (u)

$$u = \frac{c}{n}$$

Calcule la cantidad de defectos promedio (u) por unidad del proceso

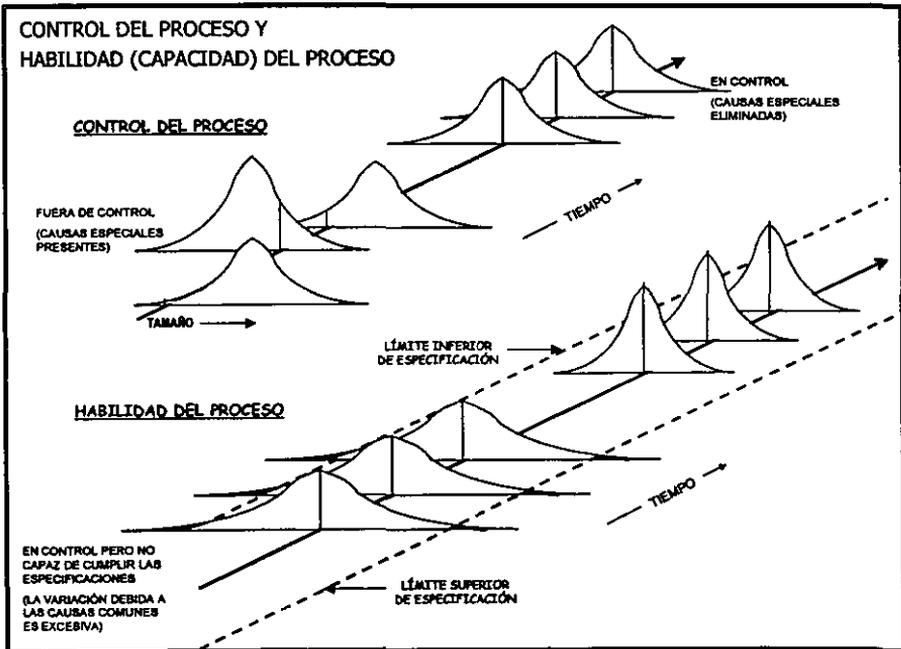
$$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}$$

Calcule los límites de control

$$LSC_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad LIC_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Cuando el tamaño del subgrupo varía más del 25%

$$LSC \text{ ó } LIC = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$



CAPITULO IV

4. HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS PARA UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM

4.1. Jishu-Hozen

4.1.1. Significado del Jishu-Hozen

Jishu-Hozen significa actividades del operador que utilizan mantenimiento para conducir personalmente las actividades del mismo, incluyendo limpieza, lubricación, e inspección, de este modo aumentar la eficiencia de la producción a su límite. Tales actividades que evitan el deterioro forzado del equipo. Por lo tanto, el Jishu-Hozen representa actividades para eliminar completamente las fallas, paros menores, defectos y otras pérdidas para restablecer el equipo a sus condiciones deseables, mantenerlo y mejorarlo, y al mismo tiempo, desarrollar personal altamente calificado en las operaciones y mejoras del equipo.

El Jishu-Hozen es el trabajo pequeño estrechamente unido con la estructura gerencial. Representa una característica principal del TPM.

El TPM está diseñado para buscar la eficiencia de los sistemas de producción a su límite tomando en cuenta la mejora estructural del corporativo basado en la mejora constitucional del personal y las instalaciones, y el Jishu-Hozen por sí mismo significa la mejora pensar y comportamiento del trabajador. Para lograr esto, primero se reemplaza el concepto de la división del trabajo entre operación y mantenimiento, representado por la visión de que "yo soy un operador, y tú, un empleado de mantenimiento: ¡arrégalo!" por el pensamiento de "proteger nuestros equipos por nosotros mismos". Para convertir este pensamiento en acción, el desarrollo del personal calificado en las operaciones y mejora del equipo es impulsado para, alentar al personal quien está versado en la estructura y función de las instalaciones; quien ha adquirido las habilidades de mantenimiento para aplicarlas en la mejora.

Para la reforma estructural del personal, es altamente efectivo traer la mejora de la estructura de equipos que están siendo actualmente utilizados. En el Jishu-Hozen, como primer paso para proteger el equipo por uno mismo, el trabajo debe iniciar con mejorar las condiciones básicas del equipo que está siendo utilizado (limpieza y lubricación).

Posteriormente, basados en el método de los pasos, la mejora estructural del equipo debe ser efectuada para que este en la forma como debería de estar. Como un resultado, la eficiencia total del equipo mejorara grandemente, y el operador experimentara personalmente el efecto de Jishu-Hozen, así que su estructura cambiara para proteger su propio equipo por el mismo. Por lo tanto, en el Jishu-Hozen, la mejora constitucional del personal y equipo proceden simultáneamente.

También, el Jishu-Hozen es una actividad de autoadministración por grupos pequeños en el área de trabajo. Las claves para la activación de los grupos pequeños son "moral, habilidades y lugares para acciones", El prerrequisito es la creación de los lugares para las

acciones, e introduciendo solamente el Jishu-Hozen probo ser inefectivo. Debe ser promocionado como uno de los ocho pilares del TPM.

Mediante el desarrollo del Jishu-Hozen, las habilidades y entusiasmo del operador se incrementan. Literalmente, estará habilitado para administrar su trabajo de forma autónoma. En el Jishu-Hozen, un grupo pequeño fija sus objetivos para alcanzar los objetivos corporativos; utiliza el equipo como su herramienta para alcanzar el objetivo; y toma las actividades de producción y mejora. Por lo tanto, sin precedentes, se pueden lograr resultados que resaltan, y resultara en la activación basada en la satisfacción del deseo para crecer y autorrealizarse. El Jishu-Hozen es la practica de participación en la administración y respeto para la humanidad.

4.1.2. La necesidad del Jishu-Hozen

Después de la Segunda Guerra Mundial, Japón introdujo el sistema americano del mantenimiento preventivo y el método de separar operación y mantenimiento en las actividades de producción. En este método el operador esta dedicado a manufactura, dejando el trabajo de mantenimiento al personal especializado. Como resultado, se fijo la división del trabajo.

Sin embargo, como ha progresado rápidamente la automatización de la producción por las computadoras y robots, y los equipos han sido actualizados, las líneas automáticas se detienen debido a fallas y paros menores, con un deterioro en la eficiencia de las plantas que han hecho enormes inversiones. Además, la variedad de productos, lotes pequeños de producción, para tratar con la diversificación, causa perdidas por tiempo muerto con muchos cambios frecuentes y ajuste, lo cual empeora la eficiencia.

Debido al alto crecimiento de Japón en la postguerra, los operadores y personal de mantenimiento fueron puestos en las áreas de producción sin haber sido entrenados suficientemente, tomando en cuenta las funciones y estructuras de los equipos o habilidades de mantenimiento. Aunado a esto, la reducción del personal se promovió por los sistemas de producción automatizados. El operador estaba dedicado a la producción, y si cualquier problema ocurría la preocupación se le dejaba a mantenimiento, pero más tarde sufrían por recortes en cantidad y calidad, lo cual declinaba aceleradamente de las líneas de producción automáticas avanzadas.

4.1.3. Método para el desarrollo del Jishu-Hozen

Una característica del TPM es ejecutar el Jishu-Hozen bajo la formula de los pasos. En términos generales, se ha esparcido el desarrollo basado en los siete pasos. Estos pasos son adecuados para la industria continua y de maquinado, y los pasos apropiados son vistos desde el punto de vista respectivo de la industria de ensamble y continua.

Paso 1: limpieza inicial (limpieza e inspección).

Mediante la eliminación total de la tierra, mugre, etc., desde el interior de las cubiertas y de todas las esquinas del equipo, se detecta y se corrige en los equipos los defectos latentes y no conformidades para restaurarlos, lubricarlos y mejorarlos mediante la limpieza, y motivar que se prevengan deterioros forzados.

Paso 2: Contramedidas para las fuentes de contaminación y las áreas de difícil acceso.
Detectar las fuentes de mugre y manchas, prevenir que se acumule la mugre y mejorar las áreas de difícil acceso para limpiarlas, lubricarlas o inspeccionarlas, y acortar el tiempo para estas actividades.

Paso 3: Preparación de los estándares tentativos para el Jishu-Hozen.
Preparar estándares de acción para ser observados por uno mismo, así que la limpieza, lubricación e inspección pueda ser realmente desempeñada en un periodo de tiempo corto.

Paso 4: Inspección general.
Para mejorar la eficiencia del equipo a su límite, entender la estructura, funciones y principios, y como debería de estar el equipo; inspeccionar el mecanismo principal y las partes que constituyen al equipo con los ojos de un operador calificado en operaciones y mejora del equipo sin excepción; detectar defectos latentes; y restaurar o mejorar el equipo a sus condiciones deseadas.

Paso 5: Inspección autónoma.
Revisar los estándares tentativos autónomos y de inspección general, recabar los estándares del Jishu-Hozen que ayudan a la eficiencia de la inspección y prevención de errores de inspección, y mantienen el equipo en sus condiciones deseables.

Paso 6: Estandarización.
Los artículos a ser controlados en las áreas de trabajo contemplan la materia prima y productos, herramientas, dados y dispositivos de sujeción, instrumentos de medición, salidas de inspección y limpieza y equipo de transporte, además de las instalaciones. También incluyen estándares escritos y registros. Se revisan y estandarizan, y se lucha para cero pérdidas.

Paso 7: Implantación completa de la autoadministración.
Con autoseguridad, basados en logros pasados mediante cambiar el equipo personal, talleres y conducir completamente la administración autónoma, por ejemplo, las actividades para mantener y mejorar el propio lugar de trabajo por un mismo.

4.1.4. Auditoria (diagnóstico) del Jishu-Hozen

Actuando como auditores para cada paso, los gerentes y los integrantes del personal deben juzgar si los grupos, las actividades del Jishu-Hozen son aceptables. Si se acredita la auditoria, se otorga un certificado al grupo pequeño en esa área de trabajo motivándolos para que continúen con el siguiente paso. La sensación que tienen de lograr concluir un paso ayuda a mantener su moral.

Tres elementos claves para el Jishu-Hozen.
Para la actividad del Jishu-Hozen se utilizan tableros con boletines de las actividades del TPM, lecciones de un punto y reuniones.

4.1.5. Actividades del Jishu-Hozen para departamentos de oficina

También es un punto clave en los departamentos indirectos la formación de los arreglos del Jishu-Hozen, así como lo es para el área de manufactura. Para manejar el trabajo de forma efectiva y suave, el personal que tiene oficinas debe de convertirse voluntariamente en personal calificado en el trabajo de oficina. La implantación de la fórmula de los pasos y las tres herramientas para la promoción (lecciones de un punto, reuniones y los tableros con los boletines de las actividades) son importantes para la promoción, teniendo los siguientes objetivos.

- Mejora, establecimiento y administración de las condiciones básicas para el trabajo de oficina.
- Desarrollo de personal calificado para el trabajo de oficina y la mejora.

Las actividades del Jishu-Hozen en el área de oficina consisten, de esfuerzos en los aspectos funcionales y ambientales. Significa esfuerzos para eliminar la no-conformidad del dispositivo y equipo de oficina, y realizar y mantener el estado en el cual la operación es correcta; también, busca realizar a las oficinas para que materialicen y mantengan una alta eficiencia y ambientes de trabajo creativos, mediante mejorar los alrededores y eliminar de la gente el estrés psicológico y fisiológico. Por esto estas actividades deben fomentar el desarrollo de personal calificado en este tipo de trabajo, con autodisciplina y capacidad de mejora.

4.2. Mantenimiento Autónomo

El propósito del mantenimiento autónomo es enseñar a los operadores como mantener su equipo realizando chequeos diarios, lubricación, reemplazo de partes, reparaciones, chequeos de precisión y otras tareas de mantenimiento, incluyendo la pronta detección de anomalías.

El mantenimiento autónomo requiere que los operadores entiendan su equipo. Esto depende de las siguientes tres habilidades:

1. Un claro entendimiento del criterio para juzgar condiciones normales y anormales (la habilidad para establecer las condiciones del equipo)
2. Un estricto esfuerzo hacia reglas de administración de condiciones (la habilidad de mantener las condiciones del equipo)
3. Una rápida respuesta a las anomalías (la habilidad para reparar y restaurar las condiciones del equipo)

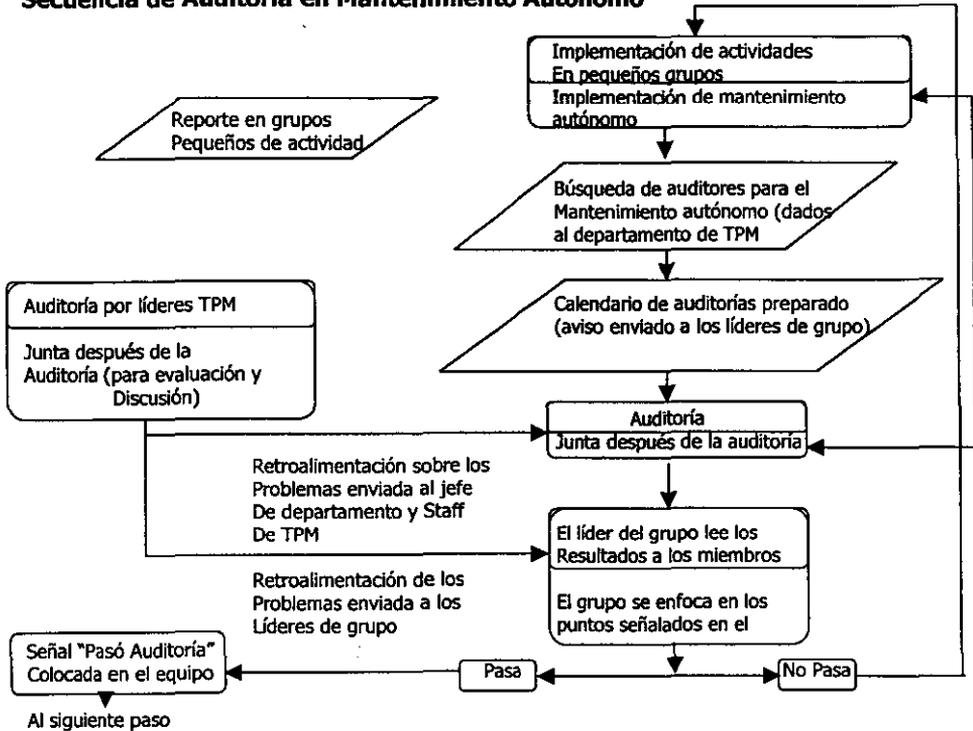
Que a su vez genera:

1. La habilidad para detectar anomalías del equipo y hacer mejoras
2. La habilidad para entender las funciones del equipo y mecanismos, y la habilidad para detectar la causa de anomalías
3. La habilidad para entender las relaciones entre equipo y calidad, y la habilidad para predecir problemas de claridad y detectar sus causas

4.2.1. Características del desarrollo del Mantenimiento Autónomo

Uso de Auditorías

Secuencia de Auditoría en Mantenimiento Autónomo



Actividades Dirigidas a la Organización

La palabra autónomo implica que grupos pequeños realizan estas actividades completamente bajo su propia autoridad. Son guiados por la organización TPM, operando bajo una cadena de autoridad en la cual el grupo líder es guiado por el supervisor, el supervisor por el líder de sección, éste a su vez por el gerente de departamento y así sucesivamente.

Uso de Tableros de Actividad

- Para describir las actividades realizadas
- Para describir la estrategia y orientación del grupo
- Para mostrar los resultados de las tendencias estadísticas para las seis grandes pérdidas
- Para registrar los problemas a ser revisados
- Para describir casos de estudio para mejora
- Para listar el número de anomalías encontradas

4.2.2. Pasos para el desarrollo del Mantenimiento Autónomo

Los siete pasos para implantar el mantenimiento autónomo son:

Paso 1: Limpieza inicial

Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y áreas inaccesibles.

Paso 3: Creación y mantenimiento de estándares de limpieza y lubricación.

Paso 4: Inspección general.

Paso 5: Inspección autónoma.

Paso 6: Organización del lugar de trabajo (administración y control del lugar de trabajo).

Paso 7: Implantación total del programa de mantenimiento autónomo.

Paso 1: Limpieza inicial

La limpieza inicial ayuda a descubrir anomalías.

Encontrar la fuente de contaminación.

Cuando sea posible, los operadores deberán corregir las anomalías por sí mismos.

Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y las áreas inaccesibles

Arreglar las fuentes de contaminación.

Mejorar las áreas que son inaccesibles para limpieza e inspección.

Énfasis en disfrutar la realización de mejoras.

- Haga el equipo más fácil de limpiar
- Minimice la tierra y el polvo
- Pare la contaminación y su fuente
- Minimice el esparcimiento de aceite de corte y viruta
- Agilice el flujo de aceite para corte para prevenir la acumulación de viruta
- Minimice al área a través de la cual el aceite de corte fluye
- Haga el equipo más fácil de inspeccionar
- Instale ventanas de inspección en el equipo

- Ajuste áreas flojas en el equipo
- Elimine la necesidad de contenedores de aceite
- Instale más medidores de aceite
- Cambie la localización de entradas de lubricante
- Cambie el método de lubricación
- Racionalice la distribución del cableado
- Cambie la distribución de la tubería
- Haga más fácil el reemplazo de las partes del equipo

Paso 3: Creación y mantenimiento de estándares (provisionales) para la limpieza y lubricación

Los miembros del grupo deberán tener sus propios estándares.

Puntos clave para crear estándares de lubricación.

Paso 4: Inspección general.

Lleve a cabo el paso 4 como se indica:

- Entrenamiento básico (clase para líderes)
- Proceda al entrenamiento (los líderes enseñan a los miembros del grupo)
- Los operadores ponen en práctica el entrenamiento para encontrar anomalías
- Promoción del control visual

Para facilitar el control visual se recomiendan:

Lubricación

- Marcas codificadas por color para indicar entradas de lubricante
- Etiquetas para indicar el nivel de lubricante y periodos de suministro
- Indicación de límites superior e inferior

Neumática

- Medidores de presión hidráulica
- Display para el nivel de lubricante
- Display para los límites inferior y superior de lubricante

Hidráulica

- Medidor de presión hidráulica
- Display para el nivel de lubricante
- Display para el tipo de aceite

Paso 5: Inspección Autónoma

En este paso se crean y refuerzan los estándares básicos al combinar los estándares provisionales creados en el paso 3 con los puntos de chequeo adicionales encontrados durante las inspecciones generales diarias.

4.3. Kobetsu-Kaizen

4.3.1. Introducción al Kobetsu-Kaizen

El Kobetsu-Kaizen se refiere a la mejora individual para profundizar en la eficiencia de los sistemas de producción. Esto significa esfuerzos para seleccionar un equipo o línea modelo y afrontar el reto de lograr el objetivo de cero pérdidas mediante las actividades de un equipo de proyecto de acuerdo a los temas de mejora.

El Kobetsu-Kaizen toma la forma de actividades mediante equipos de proyecto compuestos por integrantes del personal gerencial y grupos pequeños de piso.

Los procedimientos para la implantación del Kobetsu-Kaizen por integrantes del personal gerencial son como siguen:

1. Selección del equipo modelo. El equipo modelo o la línea modelo debe ser elegida
2. Organización de un equipo de proyecto. Se debe organizar un equipo de varios integrantes, con el gerente en línea a cargo del equipo modelo sirviendo como su líder
3. Tomar y confirmar las 16 grandes pérdidas
4. Decidir sobre el tema y preparar un programa de promoción
5. Proyectar las actividades del Kobetsu-Kaizen
6. Para estas actividades, los métodos del análisis de fallas y de ingeniería industrial deben ser utilizados
7. Para las pérdidas crónicas se debe aplicar el análisis PM
8. La estandarización y la evolución horizontal deben ser completadas para engrandecer la efectividad total del equipo

4.3.2. Pasos para el Kobetsu-Kaizen

Para promover eficiente y efectivamente el Kobetsu-Kaizen, en todas las divisiones y secciones establecen una línea modelo. A esto se le llaman los pasos.

Desarrollo del Kobetsu-Kaizen en 10 pasos:

PASO	CONTENIDO DE LA ACTIVIDAD
<p>Paso 1. Seleccionar la planta o línea o proceso de Producción modelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Factores de desarrollo lateral . Las actividades del Jishu-Hozen en el proceso de línea de la planta que preceden los pasos 1 y 3
<p>Paso 2. Organizar los equipos de proyectos</p>	<ul style="list-style-type: none"> . La cabeza de la división autorizada como líder (para un modelo dentro de un departamento, el jefe de departamento; para un modelo dentro de una división, el jefe de la división; Etc.) . Involucrar al personal de las áreas técnica manufactura y diseño. Deben soportar y compartir las pérdidas . Registro de los equipos de proyecto en un cuarto de operaciones, anuncios de los artículos
<p>Paso 3. Entender las pérdidas actuales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Entender y confirmar las pérdidas . Obtener datos de las pérdidas donde no se cuente con esta información
<p>Paso 4. Establecer un tema de mejora y las metas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Establecer un tema de mejora de los resultados de las inspecciones sobre las circunstancias existentes . Establecer los marcos de tiempo y los blancos de las actividades para cero pérdidas . Distribuir al personal para supervisar diferentes pérdidas
<p>Paso 5. Proponer planes de mejora</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Bosquejar los planes de operación para incluir los calendarios diarios y los procedimientos para el análisis, propuestas de políticas e implantar las mejoras . Llevar a cabo el diagnóstico de los altos ejecutivos
<p>Paso 6. Análisis de evaluación así como propuestas De las políticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Para el propósito de mejoras, demostrar el uso de todos los métodos técnicos y tecnologías existentes cubriendo el análisis, propuestas de políticas y experiencia. Exponerlos y evaluar las propuestas de mejora
	<ul style="list-style-type: none"> . Buscar las metas para sus logros . Promover la perfección y la participación total, vía el diagnóstico de los altos ejecutivos (un buen método es incorporar esto en un panel de anuncios)
<p>Paso 7. Implantar las mejoras</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Implantar las mejoras para presupuestar las distribuciones donde sean necesarias
<p>Paso 8 Confirmar resultados</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Verificar el efecto de las mejoras sobre los factores de las pérdidas siguiendo la implantación de las mejoras
<p>Paso 9 Límites y estándares</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Estandarizar donde sea necesario para Manufactura, operaciones, materiales y Mantenimiento. Aplicar límites . Realizar un manual de desarrollo lateral . Diagnóstico de los altos ejecutivos
<p>Paso 10 Desarrollo lateral</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Aplicar el desarrollo lateral a las mismas líneas procesos y planta . Desarrollo de modelos a más profundidad

4.3.3. Objetivos del Kobetsu-Kaizen

El Kobetsu-Kaizen involucra mejoras sobre la línea modelo y para los ciclos y equipos de proyecto trasplantados entre divisiones. Es necesario distribuir y promover objetivos para cada uno de estos. Cada objetivo tiene un valor absoluto y un valor relativo. Es necesario observar y fijar un estándar de valor absoluto (la tasa de eficiencia combinada de la planta del 85%) y una tasa de eficiencia relativa (tasa comparativa tal como 50% superior a...)

4.4. Conceptos de Mantenimiento

4.4.1. Mantenimiento planificado

El mantenimiento planificado o programado abarca tres formas de mantenimiento: el de averías, el Preventivo, y el predictivo.

La finalidad de realizar el mantenimiento preventivo y predictivo es eliminar las averías, pero incluso cuando se realizan prácticas de mantenimiento sistemáticas, siguen ocurriendo fallos inesperados. Tales fallos revelan elementos inapropiados en la oportunidad y contenido de los planes de mantenimiento y ponen a la luz que hay medidas ineficaces de prevención de fallos. En el TPM, las actividades de mantenimiento planificado resaltan la importancia de controlar los tiempos medios entre fallos (MTBF) y de usar ese análisis para especificar los intervalos de las tareas (calendarios de mantenimiento semanal, mensual, anual, etc.)

El mantenimiento planificado normalmente se establece para lograr dos objetivos: mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr la eficacia y la eficiencia en costos. Un programa de mantenimiento planificado es una actividad metódicamente estructurada para lograr estos dos objetivos.

Evidentemente, el tipo de industria determina mayormente las técnicas y tipo del mantenimiento a realizar, siendo un hecho que en la industria altamente mecanizada (a diferencia de la intensiva en mano de obra), la eficiencia global del mantenimiento tendrá un impacto mayor en los resultados de la empresa.

4.4.1.1. Gestión del equipo en las industrias mecanizadas

En una industria mecanizada, la gestión del equipo está profundamente influida por tres factores: las características especiales de sus equipos, la naturaleza de sus procesos y los fallos de las instalaciones, y la capacidad y funciones de su personal de mantenimiento.

Características del equipo

Las plantas de producción de las industrias de proceso consisten usualmente en equipos estáticos, tales como columnas, tanques e intercambiadores de calor, conectados mediante tubos a maquinarias rotativas (bombas, compresores, etc.) Los instrumentos de medida y mecanismos de control mantienen las condiciones constantes o las varían de acuerdo con un programa preestablecido, o bien controlan y supervisan de forma intermitente el proceso. Las unidades de equipo que se combinan e integran sistemáticamente someten los materiales a diversos cambios químicos, físicos y biológicos

conforme procede el proceso que los transforma en un producto final. Al final de cada proceso de producción, el equipo auxiliar recibe y almacena los materiales y productos, embala, guarda y entrega el producto final. Un uso pleno del sistema de producción requiere un control cuidadoso de todo este equipo.

Algunas unidades de equipo de las industrias mecanizadas son de gran tamaño, y su consumo de energía es considerable. Conforme el equipo giratorio aumenta su tamaño y velocidad, se fuerza a las plantas a operar en condiciones que ponen a los materiales estructurales en los límites de su resistencia. Por tanto, es esencial garantizar la fiabilidad operacional e intrínseca de los equipos en los más altos niveles, sin contrapartidas en material defectuoso o fallos en la instalación.

La mayoría de los equipos de las industrias mecanizadas se proyectan y fabrican en un lugar diferente a su punto de trabajo. Consecuentemente, es habitual que no se beneficien de un programa prolongado de refinamientos y mejoras. Las incorrecciones de proyecto y las debilidades de instalación a menudo, perjudican su funcionamiento. Además, en los últimos años muchas plantas se han dotado de sistemas de control digital distribuido y, a veces pequeños fallos del software o señales de control equivocadas causan problemas de proceso. Por tanto, es también importante mantener en condiciones óptimas los mecanismos de control y el software.

Fallos del equipo y problemas de proceso

Además de problemas con el equipo, estas industrias están plagadas de problemas de proceso tales como bloqueos, fugas, contaminación y derrames de polvo. Es crucial prevenir las paradas súbitas de la planta debidas a tales problemas.

Los problemas de proceso son a menudo crónicos, y provocados por una compleja combinación de causas. Por ejemplo, la forma externa o la construcción interna de un equipo puede crear deficiencias locales de uniformidad en la fluidez, dispersión temperatura, composición u otras propiedades de las sustancias procesadas, y esto a su vez puede producir cambios no deseables físicos o químicos.

Los fallos del equipo y pérdidas de proceso pueden clasificarse en cinco amplias categorías:

- Fallos del equipo o problemas de proceso que causan paradas
- Anormalidades de calidad
- Anormalidades referentes a consumos unitarios
- Reducciones de capacidad
- Problemas de seguridad y entorno

La mayoría de estos problemas son resultado de anormalidades o desórdenes del equipo. Una planta puede evitarlos si logra llevar los equipos y procesos hasta su estado ideal. La siguiente figura muestra estos problemas principales así como los desórdenes del equipo y los defectos ocultos que los crea.

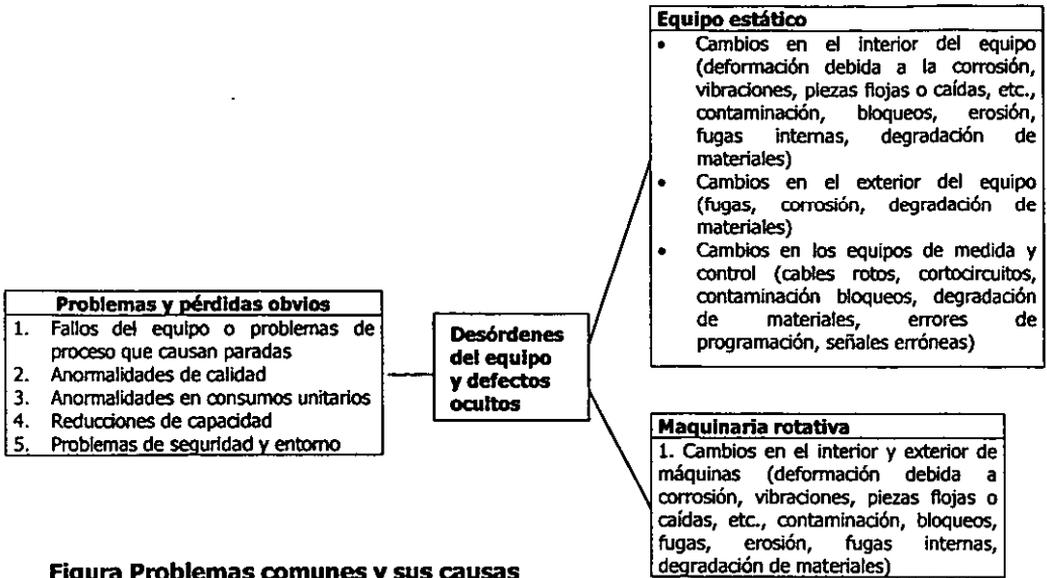


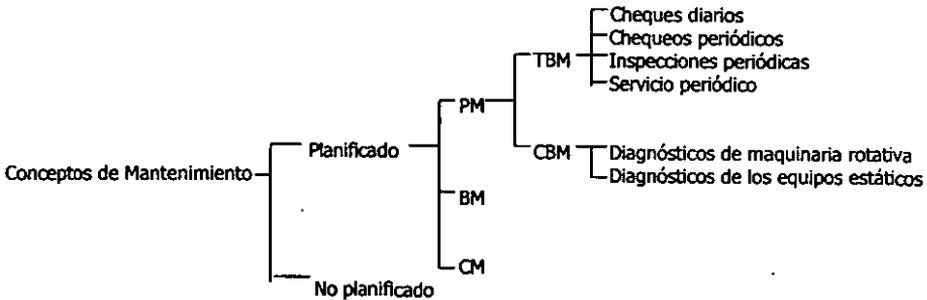
Figura Problemas comunes y sus causas

Personal de mantenimiento en las industrias mecanizadas

La proporción entre el número de profesionales de mantenimiento y el número de equipos es generalmente pequeña en las industrias mecanizadas, y la principal tarea del departamento de mantenimiento es planear y organizar. Su papel es principalmente administrativo, y los subcontratistas realizan la mayor parte del trabajo de reparaciones y mantenimiento. A menudo, el personal de mantenimiento de la empresa recibe una formación insuficiente para mejor su capacidad.

4.4.2. Mantenimiento Correctivo

El concepto de Mantenimiento Correctivo planteado en el TPM es radicalmente diferente al acostumbrado. La figura muestra los diferentes regímenes de mantenimiento para aclarar este concepto.



- PM: Mantenimiento preventivo
- TBM: Mantenimiento basado en tiempo
- CBM: Mantenimiento basado en condiciones
- BM: Mantenimiento de averías
- CM: Mantenimiento correctivo

Figura Tipos de mantenimiento

Mantenimiento basado en tiempo (TBM). El mantenimiento basado en el tiempo consiste en inspeccionar, servir, limpiar el equipo y reemplazar piezas periódicamente para evitar averías súbitas y problemas de proceso. Es un concepto que debe formar parte tanto del mantenimiento autónomo como del especializado.

Mantenimiento basado en condiciones (CBM). El mantenimiento basado en condiciones utiliza equipos de diagnóstico para supervisar y diagnosticar las condiciones de las máquinas móviles, de forma continua o intermitente durante la operación, en inspección durante la marcha (verificando la condición del equipo estático) y comprobando las señales de cambio con técnicas de inspección no destructivas. Como implica su nombre, el mantenimiento basado en condiciones se pone en marcha en función de las condiciones reales del equipo en vez de por el transcurso de un determinado lapso de tiempo.

Mantenimiento de averías (BM). Al contrario que en los dos sistemas precedentes, con este sistema se espera que el equipo falle para repararlo. Se utiliza el concepto de mantenimiento de averías cuando el fallo no afecta significativamente a las operaciones o a la producción o no genera otras pérdidas aparte de los costes de reparación.

Mantenimiento preventivo (PM). El mantenimiento preventivo combina los métodos TBM (base en tiempo) y CBM (base en condiciones) para mantener en funcionamiento el equipo, controlando componentes, ensambles, subensambles, accesorios, refacciones, etc. Se ocupa también de mantener el rendimiento de los materiales estructurales y de prevenir la corrosión, fatiga y otras formas de deterioro.

Mantenimiento correctivo (CM). El mantenimiento correctivo mejora el equipo y sus componentes de modo que pueda realizarse fiablemente el mantenimiento preventivo. Si el equipo tiene debilidades de diseño debe rediseñarse.

4.4.2.1. Función del mantenimiento en la gestión del equipo

La gestión del equipo asegura que el equipo funcione y rinda como se esperaba durante toda su vida, es decir desde la planificación fabricación, instalación y operación hasta su desecho. La vida útil del equipo ordinario no queda claramente especificada en la fase de diseño. A menudo queda determinada no por la amplitud de la vida física del equipo sino por el decrecimiento del rendimiento económico del proceso al que contribuye el equipo.

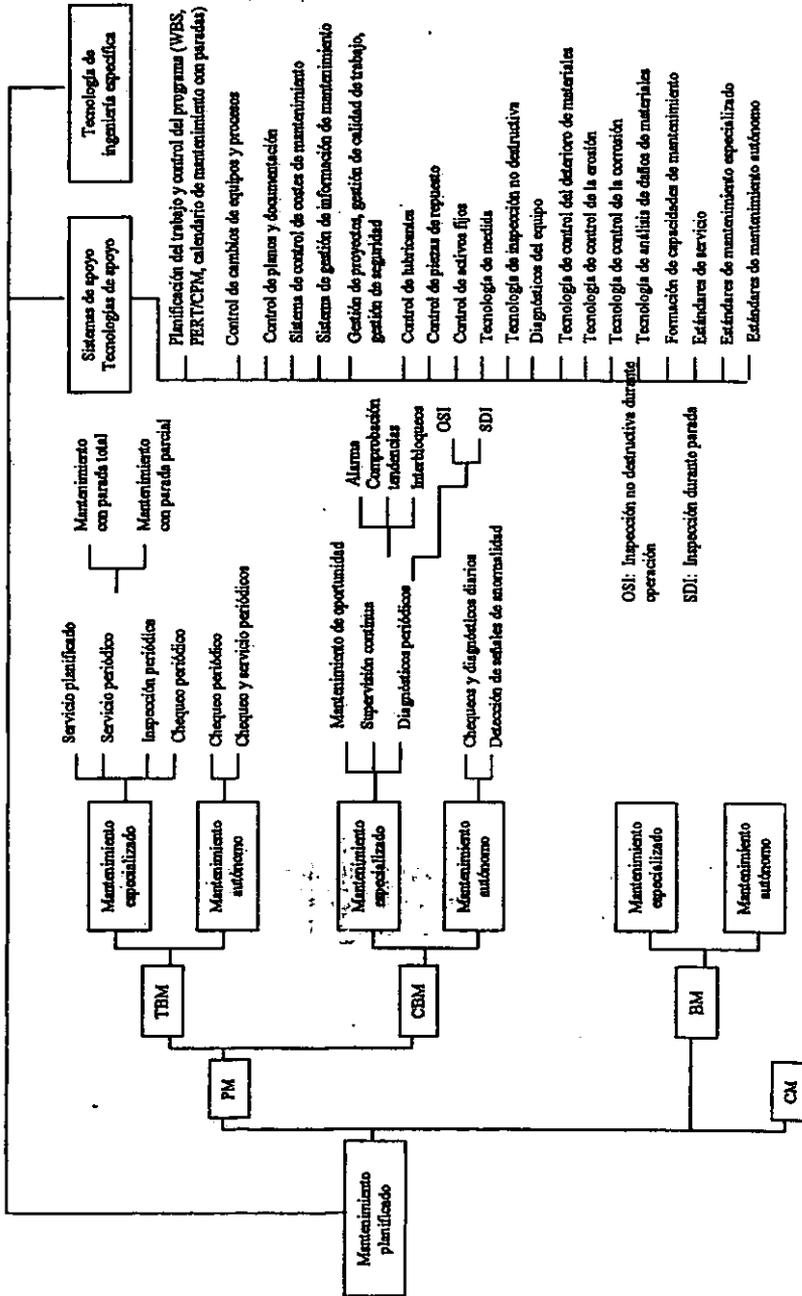
La vida útil de los equipos de medida y mecanismos de control puede también estar determinada por el tiempo en que aún se disponga de repuestos, una vez que los mecanismos mismos hayan dejado de fabricarse.

El mantenimiento planificado es extremadamente importante para la vida del equipo. A largo plazo, puede incluso determinar el éxito o fracaso de una línea entera de productos. Como en otros sectores industriales, los productos de las industrias mecanizadas cambian con el tiempo, y las plantas deben estar readaptándose continuamente de modo que puedan producir productos que satisfagan las necesidades de cada tiempo. Los cambios en las primeras materias o condiciones de proceso crean problemas inesperados de equipos y procesos que pueden conducir a reducciones de producción, menores rendimientos, o incluso serios accidentes. Por tanto, es esencial perfilar el mantenimiento planificado en función de las características de cada equipo y proceso.

En este entorno, un aspecto particularmente importante del mantenimiento planificado es asegurar que las mejoras logradas con el mantenimiento correctivo se incorporen a los siguientes proyectos. Para ello, se reúne información sobre la mantenibilidad y las mejoras de debilidades de diseño.

4.4.2.2. Regímenes de mantenimiento

La figura muestra los diferentes regímenes de mantenimiento mencionados anteriormente, integrados en un sistema de mantenimiento planificado. Se indican las responsabilidades de cada departamento y las tecnologías de mantenimiento y control que necesita la empresa para apoyar el sistema de mantenimiento planificado.



4.4.2.3. Objetivos del Mantenimiento Correctivo

Hasta que una planta establece el mantenimiento autónomo, el equipo que ha estado expuesto al deterioro acelerado durante muchos años, puede fallar de modo inesperado a intervalos irregulares.

A menudo, los departamentos de mantenimiento no tienen tiempo para realizar el mantenimiento planificado porque están demasiado atareados resolviendo esos fallos. En esta situación, es imposible forzar la implantación de un programa de mantenimiento planificado. Por tanto, el primer paso de un programa de mantenimiento planificado es apoyar las actividades de mantenimiento autónomo de los operarios restaurando el deterioro acelerado, corrigiendo las debilidades de diseño y restaurando el equipo hasta su condición óptima.

Para apoyar los pasos del 1 al 3 del programa de mantenimiento autónomo, hay que ayudar a los operarios a restaurar el deterioro. Al mismo tiempo, hay que corregir las debilidades y alargar la vida del equipo, prevenir la repetición de fallos y reducir los fallos de proceso. Cada una de estas actividades se describe con más detalle a continuación.

Ayudar a los operarios a restaurar el deterioro

Se ayuda de los siguientes modos a los operarios a comprender y superar los efectos del deterioro en sus equipos:

- Tratar inmediatamente cualquier deterioro o irregularidades que descubran los operarios y que no puedan resolver por sí mismos
- Preparar lecciones de "punto único" y enseñar a los operarios la estructura y funciones de sus equipos
- Adiestrar "in situ" a los operarios sobre inspección, restauración del equipo y la realización de pequeñas mejoras

Para abolir los entornos que causan deterioro acelerado:

- Aconsejar a los operarios sobre cómo tratar las fuentes de contaminación y los puntos difíciles de inspeccionar y lubricar
- Eliminar las fuentes principales de contaminación

Para establecer las condiciones básicas del equipo:

- Preparar estándares de controles visuales y ayudar a los operarios a implantarlos
- Ayudar a los operarios en la preparación de estándares provisionales de revisión diaria
- Enseñar a los operarios sobre lubricación y estandarizar los tipos de lubricantes

Corregir debilidades y alargar la vida de los equipos

Además del deterioro acelerado, el equipo puede sufrir también por debilidades inherentes generadas en su diseño, fabricación e instalación. Las debilidades pueden hacerse también patentes cuando el equipo funciona fuera de sus condiciones de diseño. Los equipos deben utilizar técnicas tales como el FMEA (análisis de efectos y modos de fallo) y el análisis P-M para estudiar los fallos debidos a tales debilidades, y a continuación corregirlas. De otro modo, los fallos inesperados anularán cualesquiera beneficios que puedan deducirse del mantenimiento planificado.

Evitar la repetición de fallos

Se emplea el análisis de fallos para tratar los fallos grandes e intermedios que hacen parar las líneas de producción. Hay que investigar también la posibilidad de fallos similares en otros equipos y adoptar pasos para evitarlos.

Reducir los fallos de proceso

Los fallos de proceso los causan usualmente combinaciones de factores de proceso y equipo tales como:

- Corrosión, fisuras, obstrucciones, fugas y la acumulación de materiales extraños en el equipo estático; vibraciones y obstrucciones en tubos; perforaciones en los tubos de intercambiadores de calor; etc.
- Cambios en las propiedades de las primeras materias y materiales subsidiarios, cortes de servicios, operación deficiente, deterioro de catalizadores, y otros desórdenes de proceso

Como las causas de los fallos de los procesos son combinaciones de factores, a menudo es difícil identificar dónde y cuándo empiezan. Las causas pueden haber desaparecido en el momento en el que alguien advierte el fallo. Entonces, solamente puede analizarse la parte obvia del fenómeno, y es difícil que se lleguen a identificar las medidas que evitarían la repetición del fallo.

Para minimizar las pérdidas de fallos de proceso, hay que restaurar tan pronto como sean posible las condiciones del proceso, una vez que se ha detectado las señales de un fallo inminente. Para facilitar la predicción de los fallos de proceso:

- Asegurar que el personal involucrado comprende con precisión el estado del proceso
- Calibrar cuidadosamente los instrumentos de medida y revisarlos regularmente para mantener su precisión.
- Desmontar y revisar los instrumentos de control y confirmar constantemente que funcionan con corrección.
- Estudiar los pasados fallos. Usar los resultados para formar a los operarios en la restauración de los procesos hasta su estado ideal tan pronto como sea posible.
- Para cada fallo de proceso que se produzca, preparar un informe detallado que describa las señales de anomalía, la naturaleza del fallo y la acción tomada.
- Analizar cada fallo usando el análisis PM u otras técnicas, y reconstruir el informe del fallo a la luz de los resultados.

Un enfoque básico para reducir los fallos de proceso es seleccionar el sistema de mantenimiento más apropiado para cada equipo o componente funcionalmente importante. Para determinar esto, usar el enfoque de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM), con base en los registros de fallos y principios físicos.

4.4.2.4. Creación un sistema de gestión de la información

En las industrias mecanizadas necesitan mantenimiento, una enorme variedad de equipos, y diferentes procesos requieren diferentes regímenes de mantenimiento. Gestionar manualmente esta colosal cantidad de información es imposible. Debe mostrarse un sistema de proceso de datos informatizado. Sobre este punto hay que considerar los siguientes puntos clave:

- Antes de decidir el tipo de sistema, evaluar y mejorar el sistema de mantenimiento existente y decidir cuáles son los datos necesarios.
- Determinar el grado de mecanización informática requerido.
- Diseñar métodos simples de entrada de datos para los responsables del mantenimiento.
- Empezar con ordenadores personales. Conforme aumente el nivel de la gestión de datos que se requieren, considerar el diseño de un sistema más amplio de gestión de datos centralizado en un gran ordenador.
- Un sistema de gestión del mantenimiento informatizado no puede funcionar eficazmente si persisten los fallos grandes e intermedios. Así es recomendable construir primero un sistema de gestión de datos de fallos. Solamente cuando ya no se producen fallos grandes e intermedios. Así es recomendable construir primero un sistema de gestión de datos de fallos. Solamente cuando ya no se producen fallos grandes e intermedios crear el sistema de gestión de mantenimiento de equipos.

Un sistema de gestión de datos de fallos debe incluir tipos de información, que faciliten a los operarios entrar a la base de datos. Tal información incluirá fechas y horarios; clasificación de los fallos (grandes, intermedios, pequeños); modelo de equipo; componente que ha fallado (eje, acoplamiento, cojinetes, etc.); naturaleza de fallo (vibración ruido anormal, sobrecalentamiento, corrosión, desgaste, etc.); causa; acción tomada; efecto sobre la producción; y tiempos y número de personas requeridas para la reparación.

El sistema debe ser capaz de generar informes para discusión de las reuniones de cada mañana. El grupo puede analizar en estas reuniones los pequeños fallos. En las reuniones de mantenimiento semanales, deben realizarse los fallos grandes e intermedios que se repararon temporalmente y considerar medidas para prevenir la repetición.

Estos datos deben hacerse disponibles y analizarse a intervalos regulares en forma de resúmenes periódicos de fallos y listas de fallos de equipos. Esto ayuda a los equipos a determinar la frecuencia de los fallos, los tiempos de paro, y otros datos para procesos individuales o tipos de equipos. La información ayuda también a ordenar por prioridad las mejoras y prevenir la repetición. Las listas de fallos de equipos facilitan también análisis más penetrantes de las causas de la mecánica y el proceso de los fallos para diferentes rangos de equipos y de fallos.

4.4.2.5. Crear un sistema para controlar la información técnica y los planos

Un sistema de gestión de tecnología debe controlar toda la información relacionada con el mantenimiento, incluyendo estándares de diseño, informes técnicos, literatura importante, estándares de revisión, programas de cálculo de diseño mecánico, criterios de diagnóstico de los equipos, y datos de análisis estructurales.

Hay que diseñar un sistema de control de planos para archivar y recuperar planos y esquemas de mantenimiento, planos de equipos, registros de equipos, planos detallados de piezas a inspeccionar, distribuciones de tuberías, diagramas de flujo, diagramas de cableado, listas de planos, catálogos, etc.

4.5. Degradación de componentes y predicción

El mantenimiento predictivo, también conocido como "mantenimiento basado en condiciones", utiliza equipos de diagnóstico para supervisar y diagnosticar las condiciones (estado, funciones y rendimiento) de los equipos productivos, de forma continua o intermitente durante la operación, en inspección durante la marcha y comprobando las señales de cambio con técnicas de inspección no destructivas. Como implica su nombre, el mantenimiento basado en condiciones se pone en marcha en función de las condiciones reales del equipo en vez de por el transcurso de un determinado lapso de tiempo.

A pesar de que los fallos inesperados se reducen considerablemente si se establece un buen mantenimiento preventivo, realmente no se eliminan del todo, además de que se produce una potencialmente grande pérdida de vida útil de los equipos mantenidos. El siguiente ejemplo demostrará este concepto.

El análisis de confiabilidad, según se realiza en el "Mechanical Reliability (CARTER, 2ª edición, Macmillan), se basa en las fórmulas descritas abajo.

Si:

R= Confiabilidad
F= falibilidad.
 λ = tasa de fallas.

Entonces de puede definir:

$$F = 1 - R$$
$$\lambda = (dF/dt)/R$$

Todos estos parámetros son funciones del tiempo.

En el caso de que no se cuente con ecuaciones para definir el parámetro F , entonces se pueden calcular los parámetros con diferencias finitas, obtenidas de experiencias prácticas (usualmente de ordenes de compra o salidas de almacén).

Tales datos se pueden emplear para predecir:

1. La proporción de sobrevivientes en el tiempo t de una población inicial grande, que falla en el siguiente período de tiempo, o
2. La proporción esperada de sobrevivientes de una muestra que fallarán durante el siguiente intervalo de tiempo, o
3. La probabilidad de que un componente individual que haya sobrevivido hasta el tiempo t , fallará en el siguiente intervalo de tiempo.

El mantenimiento preventivo (o "mantenimiento histórico") a ultranza es exageradamente costoso, aunque los costos se producen en rubros diferentes a los que se registran en el mantenimiento hasta la falla (o "mantenimiento histórico") que también es antieconómico.

El siguiente paso en la tecnología del mantenimiento es el mantenimiento predictivo. En la mayoría de las aplicaciones sería más adecuado llamarlo "mantenimiento basado en condición", ya que se basa en la determinación de las condiciones de la máquina en operación, basándose en el hecho de que la mayoría de las partes de la máquina darán un aviso antes de fallar. Para percibir los síntomas de los fallos, se requieren varias técnicas no destructivas.

Uno de los puntos del método de seis pasos para la implantación del Mantenimiento Planificado es la creación de un sistema de mantenimiento predictivo, lo cual será descrito en el apartado siguiente.

4.6. Creación un sistema de mantenimiento predictivo

A pesar de que los fallos inesperados se reducen considerablemente una vez que se ha establecido el mantenimiento periódico, realmente no se han eliminado del todo y se siguen produciendo y, a veces, los costes de mantenimiento pueden incrementarse. Esto es consecuencia de que el mantenimiento periódico se basa en el tiempo y asume una tasa hipotética de deterioro del equipo. Sin embargo, no pueden establecerse intervalos de servicio óptimos sin medir la extensión del deterioro real de las diferentes unidades del equipo. Esto requiere un enfoque basado en condiciones, en el que la oportunidad y la naturaleza del mantenimiento necesario se basa en el deterioro real confirmado a través de diagnósticos del equipo. Para poner en práctica el mantenimiento predictivo o basado en condiciones, debe ser posible medir las características que indican fiablemente el deterioro (conocidas como "características sustitutivas") Tales características pueden incluir la vibración, temperatura, presión, tasa de flujo, contaminación de lubricantes, reducción del espesor de paredes, crecimiento de defectos metalúrgicos, tasa de corrosión y resistencia eléctrica.

4.6.1. Diagnósticos de equipos

El mantenimiento predictivo incluye el uso de diagnósticos de los equipos. En este contexto, lo mejor es empezar con los diagnósticos basados en vibraciones, una técnica

desarrollada en las industrias del acero y química. Primero, se establece el sistema que sigue para el diagnóstico de la maquinaria rotativa, y la aplicación del método se extiende después al equipo estático.

4.6.1.1. Diagnóstico por vibraciones en maquinaria rotativa

Paso 1: Se establece un equipo como núcleo inicial entrenando a estas personas para hacer buenos diagnósticos a partir de vibraciones

Paso 2: Se designan ciertas unidades del equipo como modelos para practicar los diagnósticos de las vibraciones. Los miembros del equipo practican con estos equipos y enseñan a otras personas

Paso 3: Se designan ciertas unidades del equipo dentro de cada lugar de trabajo como modelo para realizar diagnósticos a partir de vibraciones. En las industrias de proceso, las bombas de alimentación o los compresores de gas son probablemente los tipos de equipos más apropiados para esto, puesto que sus condiciones de operación y las propiedades de los materiales que manejan son razonablemente estables. En las industrias mecanizadas en general, todas las máquinas rotativas (diferentes de las alternantes, como prensas, robots, telares, etc.), son adecuadas para el diagnóstico por vibraciones y solamente los criterios de costo del equipo y de relevancia para la producción, permitirán distinguir entre maquinaria que debe ser diagnosticada por vibraciones y la que puede ser diagnosticada por vibraciones

Paso 4: Se establecen provisionalmente períodos y criterios para medir las vibraciones del equipo modelo. Para empezar, establecer períodos de aproximadamente uno, dos o tres meses

Paso 5: Supervisar intensamente el equipo modelo durante el período establecido. Cuando se produce una gran dispersión en las mediciones, verificar el estado de la superficie en que se mide para determinar si se ha movido el punto de la medición o ha cambiado la presión de unión del instrumento de medida. Verificar también si ha cambiado la carga de la máquina, ha variado la tasa de rotación de la máquina, o si la máquina es resonante. Repetir después las mediciones

Paso 6: El equipo inicial debe reunirse para discutir las técnicas de diagnóstico y los resultados. Hay que preparar materiales de estudio de casos y usarlos para formación.

Paso 7: Después de formar de este modo a cierto número de personas, establecer un sistema amplio de diagnósticos realizar mediciones, analizar y coleccionar los resultados y difundir la técnica por toda la organización

4.6.1.2. Diagnósticos para el equipo estático

En las industrias de proceso, el equipo estático varía considerablemente de tamaño desde pequeños agitadores y separadores a grandes columnas y tanques. Si se ignoran, los pequeños defectos en materiales o soldaduras

En tales equipos pueden aumentar su magnitud y para la producción o dar origen a grandes desastres. Es por tanto vital usar equipos de diagnóstico para descubrir, diagnosticar y predecir el deterioro. La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de técnicas de diagnóstico para columnas/tanques y tuberías/intercambiadores de calor, mientras la tabla 18 muestra un ejemplo de técnicas de diagnóstico usadas durante la operación normal y el mantenimiento con parada en una planta química particular.

Estas mismas técnicas se pueden emplear para realizar el diagnóstico de muchos otros tipos de equipo estático de la industria mecanizada en general.

Técnicas de diagnóstico para equipo estático

ANOMALÍA	CAUSA	TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO	EQUIPO
COLUMNAS/TANQUES Fugas	Corrosión, fisuras, guarnición no estanca	Inspección visual, test de agua espumosa, detección de gas, medida de espesor de paredes	Líquidos coloreados o espumosos, detectores magnetoscópicos de grietas, indicadores ultrasónicos de espesores, detectores de gas
Vibraciones	Transmisión desde el exterior	Medición de vibraciones	Medidor de vibraciones
	Flujo normal de gas/líquido	Análisis de condiciones de operación	Analizador de frecuencia, registros de operación
Contaminación interna	Corrosión fluidos internos anormales	Chequear condiciones de operación, analizar descarga	radioscopio, registros de operación
Daños Internos	Alojamiento debido a Flujo anormal	Vibraciones, sonido	Medidor de vibraciones, Estetoscopio, radioscopio
TUBERIA Fugas	Corrosión, erosión, perforación	Inspección visual, detección de gas, test con líquido espumoso	Detector de gas, detectores de grietas magnetoscópicos, indicadores ultrasónicos de espesores
	Guarniciones y empaquetados no herméticos	Medición de espesores	
Obstrucciones	Válvulas obstruidas o bloqueadas, materias extrañas, grasa o desechos acumulados	Medida de caída de presión, radioscopia	Indicador de presión, radioscopio
Vibraciones	Resonancia con vibraciones de maquinaria rotativa	Medida de vibraciones	Medidor de vibraciones
	Flujo anormal de fluidos	Investigar condiciones de operación	Medidor de vibraciones
	Apoyos anormales	Inspección visual, medición de vibraciones	Medidor de vibraciones
Deformaciones Doblados	Suspensiones y apoyos anormales	Medición desplazamiento	Escala indicador de nivel, teodolito
	Fuerza externa anormal, tensión térmica	Chequeo de fuerzas externas y temperaturas	Registros de operación

Seminario del JIPM. Evaluación del estado del equipo.

4.7. Las tecnologías más empleadas en el Mantenimiento Predictivo

4.7.1. Análisis de vibraciones

La mecánica es, por definición, el estudio del movimiento.

Este estudio se divide en dos partes: el estudio del movimiento nulo (estática), y el movimiento efectivo (dinámica).

A su vez, la dinámica puede subdividirse en dos áreas: el estudio del movimiento per se (cinemática); y el estudio causa – efecto del movimiento (cinética).

El ser humano ha desarrollado objetos estáticos y dinámicos para su beneficio (y con demasiada frecuencia, también para su daño): objetos estáticos como una casa o un puente (que idealmente no deberían moverse nunca); y objetos dinámicos como u tocadiscos o un automóvil (que a pesar de nuestros mejores deseos, a veces no se mueven en absoluto).

Las estructuras (estáticas) y las máquinas (dinámicas), presentan siempre un tipo de movimiento para el cual rara vez han sido diseñadas: la vibración.

Las vibraciones son generalmente consideradas como indeseables y dañinas, aunque parte inevitable de un mundo en el que todo el elástico y tiene masa.

El espectro de aplicaciones industriales de la medición y análisis de vibraciones mecánicas

Se han desarrollado aplicaciones de las vibraciones (análisis, medición, evolución, generación, control, etc.), en muchas áreas del conocimiento científico y tecnológico: vibraciones para disolver cálculos renales (medicina); efecto de las vibraciones en el comportamiento animal (psicología); vibraciones de alta amplitud y baja frecuencia para simular terremotos (cinematografía); etc.

4.7.2. Aplicaciones en mantenimiento predictivo

Una de las aplicaciones de la medición análisis de vibraciones más ampliamente usada en la industria, es la de detección y análisis de falla son maquinaria rotativa.

El principio de esta aplicación es bastante sencillo: si una máquina rotativa fuese perfecta, no vibraría en absoluto; por lo tanto, la vibración es una medida de desviación de la perfección, es decir, de los defectos mecánicos presentes.

Medición de la amplitud de vibración

Además de la electrónica que ya se usa para crear las diversas presentaciones de la vibración en los dominios de tiempo y frecuencia, también se emplean otros medios electrónicos y programas de computación para convertir la amplitud desplegada en unidades de medidas de desplazamiento, velocidad y aceleración. La electrónica también realiza todas las conversiones necesarias para los valores de pico a pico, de pico y de valor eficaz (RMS).

El sistema ISO usa por lo general las amplitudes de valor eficaz de velocidad, en tanto que el sistema USCS han adoptado los valores de velocidad pico, no obstante que los instrumentos normalmente generan datos en valor eficaz (RMS), y luego los multiplican por el factor de conversión (1.414), para obtener la velocidad pico. Esto se debe principalmente a que en E.E.U.U. casi todas las tablas de severidad se han elaborado utilizando la velocidad pico.

Cuando usar el desplazamiento, la velocidad o la aceleración

Al tratar de analizar la vibración de una máquina es necesario contar con toda la información posible (número de modelo, medidas precisas de la velocidad de cada fecha, el número de dientes de los engranes, el número de aspas o paletas, etc.). Desconocer esta información puede afectar en mucho la exactitud del diagnóstico.

Las fuerzas de la máquina tanto internas como externas, provocan cierta vibración. En ocasiones la vibración es aceptable; en otras no lo es y provoca un efecto adverso en el buen estado de la máquina. Mediante la evaluación de la amplitud de vibración, la frecuencia y la fase, se puede determinar el estado de una máquina, tanto en el momento del reconocimiento original como durante el resto de su vida útil.

La amplitud (desplazamiento, velocidad o aceleración), es uno de los parámetros más usados en el análisis de vibración.

Las medidas de desplazamiento de pico a pico son por lo general las unidades de medida más empleadas en el sistema inglés, ya que están relacionadas con las medidas de los indicadores de carátula. Es común aceptar que el desplazamiento es más útil en los rangos de frecuencia menores a los 10 Hz, sin embargo, para evaluar la severidad de la vibración es necesario usar la frecuencia junto con el desplazamiento, por lo tanto, el desplazamiento como único dato no posibilita la evaluación de la severidad de la vibración a través de un rango de frecuencia desconocido.

Salvo por que favorece rangos de frecuencia más altos, la aceleración tienen desventajas semejantes al desplazamiento.

En términos de severidad o de criterios de daños la aceleración también depende de la frecuencia. El uso de la aceleración se recomienda en general cuando las fuentes de una máquina general frecuencias por encima de los 5 kHz.

Por otra parte la velocidad no depende tanto de las frecuencias y es generalmente empleada cuando las frecuencias de vibración están dentro del rango de los 5 a 5 kHz.

Las amplitudes de velocidad se relacionan con la condición de la máquina sin importar en que parte esté del rango de frecuencia de los 10 a 1,000 Hz, y en general se acepta que, por ejemplo, una máquina que funciona a velocidad de operación de 0.3 plg/s a 1,800 cpm, está sujeta a la misma severidad que otra máquina que trabaja a una velocidad 0.3 plg/s a 10,000 cpm.

Cuando es excesiva la vibración

El concepto generalizado de que la vibración es un indicio de falla suele ser correcto. En términos muy generales, mayor vibración significa que se tiene una falla más severa, y aunque se presentan casos donde esta afirmación es falsa, la mayoría de los mantenistas que emplean el análisis de vibraciones generalmente confían en criterios generales (regularmente en forma de tablas), para evaluar la severidad de la vibración.

Un verdadero estándar es la Internacional Standard ISO 2372 "Mechanical vibration of machines with operation speeds from 10 to 200 rev/s – Basis for specifying evaluation standards" (1944).

A pesar de la definitiva utilidad de las tablas mencionadas, en general no es adecuado confiar totalmente en dichos criterios generales, ya que las características estructurales y de respuesta en frecuencia de las máquinas es muy variable, inconcluso en equipos muy similares, lo que significa que las fuerzas resultantes en un nivel de vibración dado pueden variar de máquina a máquina.

Es muy recomendable usar un método estadístico para desarrollar otros niveles de alarma. El método estadístico es especialmente efectivo cuando se encuentra con varias máquinas similares que se han inspeccionado varias veces, por lo que sus niveles de vibración pueden compararse para establecer un nivel de vibración aceptable. Puede realizarse una comparación estadística siempre que las máquinas sean similares en cuanto a su construcción, configuración de manejo (acoplamiento directo, transmisión, etc.), velocidad de operación, carga y componentes internos (rodamientos, engranes, etc.).

Uso del análisis de la señal para la identificación de fallas

Quizá la mayor deficiencia de los actuales programas de mantenimiento tenga que ver con la posibilidad de diagnosticar problemas mecánicos y eléctricos dentro de una máquina, los que se evidencian en las señales de identificación (o firmas) de vibración cuando ésta excede los niveles de alarma preestablecidos. Por ejemplo, un creciente número de plantas tiene colectores de datos y software de PMP, y con buenos resultados elaboran enormes bases de datos y capturan mediciones en una gran cantidad de puntos. Sin embargo, las evaluaciones demuestran que solo el 15% de dichas plantas saben como establecer de manera adecuada los niveles de alarma total y de espectro.

Además, una minoría todavía más pequeña sabe como diagnosticar el conjunto de problemas potenciales provenientes de los espectros de vibración. En estos espectros de vibración hay una enorme cantidad de información relevante, pero solo es de utilidad si el analista es capaz de descubrir sus secretos.

BIBLIOGRAFIA

1. ANÁLISI PM
UN PASO AVANZADO EN LA IMPLANTACIÓN DEL TPM
Kunio Shirose, Yoshifumi Kimura, Mitsugu Kaneda
Productivity Press
2. COMO IMPLEMENTAR EL KAIZEN EN EL SITIO DE TRABAJO
Un sistema gerencial efectivo, a bajo costo y de sentido común
Masaaki Imai
Mc Graw Hill
3. CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS PROCESOS
IPN-UPIICSA
4. ELIMINACION DE PEQUEÑAS PARADAS EN MÁQUINAS
Y LINEAS AUTOMÁTICAS
Kikuo Suehiro
Productivity Press
5. ESTADISTICA
Richard C. Weimer
Universidad Estatal Frostburg
CECSA
6. INTRODUCCIÓN AL TPM
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
Sejichi Nakajima
Productivity Press
7. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO POR OPERARIOS
Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas
Productivity Press
8. PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA INGENIEROS
TERCERA EDICIÓN
Irwin Miller, John E. Freud
Prentice Hall
9. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL TPM
IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
Sejichi Nakajima
Productivity Press
10. PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL TPM
Métodos de Nachi-Fujikoshi
Productivity Press

11. TPM PARA DEPARTAMENTOS DE INGENIERÍA
Fumio Gotoh
Productivity Press
12. TPM EN INDUSTRIAS DE PROCESO
Tokutaro Suzuki
Productivity Press
13. TPM PARA MANDOS INTERMEDIOS DE FÁBRICA
Kunio Shirose
Productivity Press
14. TMP PARA OPERARIOS
Kunio Shirose
Productivity Press
15. 5S PARA TODOS
Grupo de Desarrollo de Productos
Productivity Press
16. 6σ STATISTICAL QUALITY METHODOLOGY
General Electric