



CAMPUS COATZACOALCOS

UNIVERSIDAD VILLA RICA

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN

“TÉCNICAS DE CONTROL PARA OPTIMIZAR LA
APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL EN LAS EMPRESAS DEL
SECTOR INDUSTRIAL.”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN ADMINISTRACIÓN

PRESENTA:

CLAUDIA JOVITA ORBE NAVARRO

DIRECTOR DE TESIS

REVISOR DE TESIS

MTRA. Ma. Del Rosario López de los Santos

L.A.E. Violeta Infanzón Vázquez

Coatzacoalcos, Ver.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A DIOS:

Agradezco infinitamente por la oportunidad que me dio de tener lo más preciado de la vida la salud y mi familia, además de permitirme ser una profesionalista estando conmigo en todo momento dándome fortaleza y amor.

A MIS PADRES MARTHA Y DÀMASO:

Son y serán la parte más importante en mi vida, los quiero mucho y nunca terminare de agradecerles todo lo que me han dado, desde lo material hasta lo más fundamental que me brindaron, su apoyo y amor. Los quiero mucho papas y adelante con una nueva etapa en nuestra familia.

A MI HERMANO DÀMASO:

Gracias por el cariño y consejos que me dio en todo momento, por compartir conmigo la simple idea de luchar en mi vida por ser una persona feliz, y el terminar como profesionalista es solo una parte de mi felicidad. ¡Gracias Te quiero mucho hermano!.

A MI MTRA MARIA DEL ROSARIO:

Quien fue mi dirección en este proyecto, motivando e impulsando mi esfuerzo a lograr mi objetivo, muchas gracias maestra Rosario por que proporcionándome sus consejos, conocimientos y paciencia este trabajo fue posible. Dios la bendiga y siempre estaré agradecida.

ÍNDICE

Introducción.....	2
Capítulo I: Metodología de la Investigación	5
1.1 Planteamiento del problema.....	6
1.2 Justificación.....	8
1.3 Objetivos	8
1.3.1 General	9
1.3.2 Específicos.....	9
1.4 Hipótesis	10
1.4.1 Hipótesis de trabajo.....	10
1.4.2 Hipótesis nula.....	10
1.5 Variables	10
1.5.1 Variable independiente.....	10
1.5.2 Variable dependiente	10
1.6 Definición de variables	11
1.6.1 Definición real	11
1.7 Tipo de estudio.....	11
1.8 Diseño	12
1.9 Población y muestra.....	12
1.10 Instrumentos de medición	14
1.11 Recopilación de datos	15
1.12 Proceso.....	16
1.13 Procedimiento	16

1.14	Análisis de datos	18
1.15	Importancia del estudio	18
1.16	Limitaciones del estudio	19
Capítulo II: Marco teórico		21
2.1	Producción	22
2.2	Manufactura esbelta.....	23
2.2.1	Definición de Manufactura esbelta	25
2.2.2	Objetivos de la Manufactura esbelta	27
2.2.3	Herramientas de la Manufactura esbelta.....	28
2.3	Mantenimiento productivo total	59
2.3.1	Generalidades o descripción del MPT.....	60
2.3.2	Pasos para la implantación de MPT	70
2.3.3	Guía para aumentar la eficiencia operacional del MPT	79
2.3.4	El MPT en la manufactura esbelta	85
2.3.5	Problemas en la optimización del MPT.....	86
2.3.6	Ahorro de las empresas con las mejoras implementadas del MPT	87
2.3.7	Casos de empresas que han aplicado el MPT	91
2.4	Control.....	97
2.4.1	Principios	97
2.4.2	Técnicas de control.....	98
2.4.3	Control de producción.....	102
Capítulo III: Resultados		104

3.1	Procesamiento y análisis estadístico de los datos	105
3.2	Interpretación de resultados.....	118
3.3	Técnicas de control para optimizar la aplicación del MPT	125
Capitulo IV: Conclusiones		135
4.1	Conclusión	136
4.2	Sugerencias	138
Anexos		140
Bibliografía		146

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Indicadores de productividad	24
2.2	Tipos de desperdicios	38
2.3	Tipos de inventarios	39
2.4	Células de manufactura	45
2.5	Tipos de errores	58
2.6	Papel y responsabilidades del personal operativo en MPT	61
3.1	Tabla de variables de control de las 10 empresas industriales	105
3.2	Tabla de respuestas por cada pregunta del cuestionario.....	106

INDICE DE FIGURAS

2.1	Manufactura esbelta y sus principios	27
2.2	Sistema Justo a tiempo	35
2.3	Sistema de planeación justo a tiempo.....	41
2.4	Distribución física de las terminales de almacenamiento (PEMEX)	42
2.5	Instalación a flujo continuo del proceso de carga.....	43
2.6	Costo de la mala calidad	56
2.7	Técnicas de Poka-Yoke	57
2.8	Diagrama de las reglas de oro del Poka-Yoke	58
2.9	Indicadores de MPT	77
2.10	Esquema del MPT.....	81
3.1	Trabajadores que tienen conocimiento acerca del MPT	109
3.2	Empresas que aplican el MPT	110
3.3	Aplicación de un sistema de eliminación de defectos	111
3.4	Estrategia de mejora en el MPT.....	111
3.5	Técnicas de control usadas en la aplicación del MPT.....	112
3.6	Efectividad de la estrategia en aplicación del MPT	113
3.7	Relación entre el mantenimiento y pérdidas empresariales	114
3.8	Fase de la implementación del MPT con mas errores	115
3.9	Obstáculos para poder desarrollar el MPT.....	116
3.10	Aceptación de las técnicas de control para optimizar el MPT	117
3.11	Beneficios que ofrece la forma de aplicación actual del MPT	117
3.12	Relación de los departamentos de una industria con el MPT	134

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Uno de los temas actuales que causa cierta ocupación en las empresas industriales es el cumplir con la calidad en sus procesos y procedimientos que finalizarán en la presentación de un producto seguro y confiable, y que a fin de cuentas se prevé que este mismo cumpla con estándares de calidad.

La idea para llevar a cabo esta investigación, es la de mostrar y comprobar que al lograr la optimización del mantenimiento productivo total o conocido por sus siglas como MPT, se estará ejecutando la aplicación correcta de una de las filosofías japonesas mas importantes en base a la eliminación de perdidas en procesos de producción industrial.

La importancia que tiene el MPT para la mayoría de las empresas es vital puesto que para ellas es motivo de seguridad, crecimiento y estabilidad, el que sus procesos y equipos estén siendo revisados y vigilados en el desarrollo de los mismos, por esa razón todos sus esfuerzos están enfocados al control y evaluación por medio de esta filosofía.

La presente tesis esta constituida por cuatro capítulos, en el primer capítulo, llamado metodología de la investigación, es donde principalmente se plantea y justifica el problema, dando así la fundamentación por la cual se llevó a cabo este estudio.

Al igual en este capítulo se desarrollaron los objetivos generales y específicos, planteándose una meta a alcanzar en el desarrollo de este trabajo, y es así como se establecen dos tipos de hipótesis, la de trabajo y nula, esperando

que después de las investigaciones de campo apropiadas se compruebe la hipótesis de trabajo.

La investigación, tiene la hipótesis en donde se plantea, que la clave de una correcta aplicación del MPT es la cobertura total de todas las etapas pertenecientes al mismo y con ello la utilización de las normas y medios necesarios para ejecutarlo, lo cual nos traerá como beneficio su optimización.

En el segundo capítulo, se encontrará el marco teórico acerca del mantenimiento productivo total, en donde se le otorga al lector, información precisa y de interés acerca de conceptos relacionados con el MPT, así como todas las herramientas que se utilizan en su aplicación, sin dejar de mencionar los beneficios que este traerá a las industrias que realmente lo aprovechen, también se hace mención de otras herramientas de calidad que junto con el MPT, pueden prevenir errores y defectos así como los 4 tipos de mantenimientos industriales que existen.

Resultados es el nombre del capítulo III, y es uno de los mas reveladores de este trabajo, puesto que éste esta conformado por los subcapítulos llamados procesamiento y análisis estadístico de los datos, interpretación de resultados y técnicas de control para optimizar la aplicación del mantenimiento productivo total.

El motivo de que este capítulo sea de los más interesantes se debe a que se agruparon datos obtenidos de un instrumento de medición aplicados a la muestra de empresas industriales en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, lo que permitirá conocer la percepción de las industrias. Además en este capítulo se encontrarán las técnicas de control que se proponen para que al momento de la aplicación del MPT, no se detecten fallas o errores.

Finalizando la presente tesis se presenta el cuarto capítulo denominado conclusiones, en donde se describe la conclusión general y sugerencias, es imprescindible este capítulo, puesto que es aquí donde se dice si se aprueban o no las hipótesis planteadas en el inicio. Es decir, después de haber efectuado toda la investigación, se conocerá si el trabajo es aceptado y apto para fungir como una guía a las empresas del sector industrial que implementen el mantenimiento productivo total, y de esa manera mostrar al lector las técnicas de control que permitan la optimización del mismo.

CAPÍTULO I
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Planteamiento del problema.

La eficaz y eficiente utilización de las máquinas y equipos hace necesaria tanto la planificación como la capacitación del personal, pero para ello es fundamental que antes, los directivos tomen conciencia de todo lo que está en juego atrás de la correcta funcionalidad de un sistema de mantenimiento.

Es ahí donde se define al mantenimiento productivo total (MPT) que es un sistema preventivo y correctivo para lograr la eficiencia en base, a la cual es factible alcanzar la alta competitividad; este sistema es originario de Japón y se enfoca en la eliminación de pérdidas en los procesos de producción.

Ya sea a nivel industrial o de servicios, los costos, la productividad, la calidad, la seguridad, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de plazos dependen en gran medida de un correcto funcionamiento de los equipos y de un acertado resultado que de ellos pueda obtenerse.

A pesar de la notable importancia que tiene el MPT, todavía hay una cantidad de medianas y grandes empresas del sector industrial que no han sabido

tomar en debida consideración el significado que tiene para el logro de sus resultados económicos la implementación de sistemas destinados a mejorar el mantenimiento de los equipos, el cambio rápido de herramientas, la reducción de los tiempos de preparación, el correcto layout o esquema de distribución en plantas y oficinas, el incremento en los niveles de calidad, el control y reducción en el consumo de energía, la mayor participación de los empleados mediante vías de control de calidad, círculos de incremento de productividad y sistemas de sugerencias entre otros. Son numerosas las armas de las cuales pueden disponer las medianas y grandes empresas, y notables los resultados que de ellas pueden obtener, sin embargo la mayoría de estas no las emplean por distintos motivos tanto económicos, técnicos o profesionales.

Un correcto mantenimiento implica no sólo reducir los costes de reparaciones y los costes por improductividades debidos a tiempos ociosos, sino también elimina la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y terminados destinados a servir de “colchón” ante las averías producidas.

El proporcionar un buen servicio a los clientes y consumidores ya existentes evita el costo para tratar de atraer nuevamente a los mismos, facilitando las ventas de bienes y servicios con carácter repetitivo. Por supuesto que un óptimo mantenimiento alarga la vida útil del equipo, como así también permite un sobresaliente precio de reventa. El destacable funcionamiento de las máquinas no sólo evita la generación de productos con fallas que provocan una alza en costos de producción sino que también evita la polución ambiental, elimina los riesgos de accidentes y con ellos disminuye los costes del seguro, reduce o elimina los niveles de contaminación y las consecuentes multas, y con ello se logra el incremento en los niveles de productividad. Todos estos son motivos más que suficientes para considerar muy seriamente su implantación.

En las empresas industriales que no desarrollen un control adecuado para la aplicación del MPT, existe una alta probabilidad que se ocasione ineficiencia en

el proceso de producción en cuanto a incumplimiento de pedidos, paros en el proceso y porqué no, un incremento en el costo de la producción, así como también desinterés por parte de quienes hacen posible el proceso productivo.

Es así como surge la siguiente pregunta, ¿Cómo debe ser la correcta aplicación del mantenimiento productivo total en los procesos de las empresas industriales, para optimizarlos?

1.2 Justificación.

Realizar esta investigación es trascendente por que se busca obtener un mejoramiento y beneficio para las empresas del sector industrial, mediante la optimización de uno de los más brillantes sistemas japoneses de productividad.

Si las industrias aplican el MPT y a su vez optimizan la aplicación de este, se generará una mejora de los procesos fabriles teniendo como consecuencia mayores ingresos por ventas, y al llevarse esto a cabo se constituye una organización prospera, que generará expansión trayendo consigo más oportunidades de trabajo en la zona a la que pertenezca.

La finalidad es que este mejoramiento se alcance mediante la gestión de la utilización de técnicas de control para la optimización del MPT, aplicables tanto a procesos y equipos que tendrán como resultado su prevención, corrección y mantenimiento en su funcionamiento o en su desarrollo en el caso de los procesos.

1.3 Objetivos.

Los objetivos del presente estudio fueron:

1.3.1 Objetivo General.

Proponer las técnicas de control adecuadas que permitan la optimización en la aplicación del sistema de mantenimiento productivo total (MPT) en empresas industriales.

1.3.2. Objetivos específicos.

1. Describir las técnicas de control que contribuyan a la optimización del MPT en su aplicación, con el fin de colaborar en la inspección y mantenimiento del funcionamiento de equipos y procesos.
2. Explicar en la presente investigación los resultados benéficos que arroja una óptima implementación del mantenimiento productivo total en las organizaciones.
3. Evaluar las metodologías de aplicación del mantenimiento productivo total en las empresas del sector industrial, y con ello detectar aquellas anomalías que impidan la optimización en los resultados del sistema MPT.
4. Recopilar, registrar y listar en donde se detecta el mayor índice de errores en la aplicación del MPT en la industria, para proporcionar una posible visión a las empresas de cuales serían las fases que pueden estar presentando un mayor índice de problemas, que estén bloqueando la optimización del sistema.
5. Relacionar y analizar el impacto generado por una ineficiente aplicación del mantenimiento productivo total en los procesos, con las pérdidas que se generan en la organización, para identificar las fases del MPT a corregir en

el funcionamiento del sistema lo cual forma parte de obtener una optima implementación.

6. Describir y ordenar con precisión una estructura funcional del mantenimiento productivo total aplicable en las empresas del sector industrial, evitando retrocesos y resistencias en los procesos productivos propios de la organización con el fin de una mejora sustancial.

1.4 Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis de trabajo.

La clave de una correcta aplicación del MPT es la cobertura total de todas las etapas pertenecientes al mismo y con ello la utilización de las técnicas de control necesarias que permitan su optimización.

1.4.2. Hipótesis nula.

Es inexistente que la clave de una correcta y óptima aplicación del MPT sea la cobertura total de sus etapas así como la utilización de las técnicas de control adecuadas.

1.5 Variables.

1.5.1. Variable independiente.

Cobertura total de las etapas del MPT.

Técnicas de control.

1.5.2. Variable dependiente.

Correcta aplicación del MPT.

Optimización del MPT.

1.6. Definición de variables.

1.6.1. Definición real.

Cobertura total de las etapas del MPT: Consiste en el cumplimiento y desarrollo adecuado de cada una de las etapas y procedimientos que forman parte del MPT, y con ello la utilización de sus medios y herramientas que sean necesarias para alcanzar el mejor resultado esperado.

Técnicas de control: Son procedimientos que representan información de la organización y así permitir desarrollar e implementar una estrategia adecuada señalando los puntos fuertes y débiles.

Correcta aplicación del MPT: Es la estricta, completa y adecuada ejecución del MPT, cumpliendo con la normativa que este mismo impone.

Optimización del MPT: Es el aprovechamiento máximo del MPT, mejorando su ejecución y con ello alcanzar el mayor resultado y rendimiento.

1.7 Tipo de estudio.

El tipo de estudio que se ocupó en la presente investigación fue descriptivo por que se basó en la observación de los procesos a los cuales se les aplica el MPT, con el objetivo de tener un mayor conocimiento acerca de las metodologías de implementación del mismo y con ello describir los beneficios que se obtendrían.

Otra clasificación de los tipos de estudio al que se recurrió fue documental, puesto que se analizó información proporcionada por el JIPM ("Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta"), que brinda información documentada existente acerca de la filosofía japonesa enfocada a la eliminación, refiriéndonos al MPT.

A su vez también se utilizó el estudio de tipo confirmatorio, en donde este sirvió para conocer si las empresas utilizan los distintos tipos de mantenimiento en sus equipos y procesos, sin embargo muchas veces no cuentan con una guía de optimización del MPT, por lo que se desconoce si los mantenimientos están siendo aplicados correctamente.

1.8 Diseño.

La presente investigación de campo fue de tipo observacional y el investigador no forma parte de la población observada, por dicha razón, se considera como no participante, ya que se efectuaron mediciones de datos basadas en información obtenida directamente de la realidad y a través de la técnica de encuesta personal.

1.9 Población y muestra.

Se determinó que el número de población de la investigación está conformado por 20 empresas de gran tamaño en donde cada una de ellas están dedicadas a diversas actividades del sector industrial en el municipio de Coatzacoalcos, Veracruz, dicha información fue obtenida de las siguientes instituciones:

- Asociación de industriales del Estado de Veracruz, A.C. (AIEVAC Delegación Zona Sur).
- Sistema de Información empresarial mexicano (SIEM).

En donde se considera que la población, es finita ya que está integrada por un número conocido de elementos.

Para determinar el valor de la muestra (n) se realizó el cálculo sobre el 50% del valor de N que es equivalente a 20, por lo tanto n es igual a 10. El muestreo que se utilizó para determinar las 10 empresas industriales a visitar, fue probabilístico de tipo estratificado en relación al ramo de las mismas, además de la utilización del muestreo simple.

A continuación se presenta el método de cálculo proporcional para seleccionar los elementos de la muestra por estratos:

Muestreo probabilístico estratificado según el ramo industrial de la empresa.				
Ramo Industrial.	Producción y elaboración de alimentos.	Producción de químicos y petroquímicos.	Construcción y obra civil en general.	Total.
No. de empresas por cada estrato.	3	13	4	N=20.
% De empresas.	15%	65%	20%	100%
No. de elementos por cada estrato.	1	7	2	n=10.

Empresas que conforman la muestra, n=10.

1. Bachoco, S.A. de C.V.
2. Oxiteno, S.A. de C.V.
3. Grupo Celanese, S. de R. L. de C.V.
4. Industria Química del Istmo, S.A. de C.V.
5. Sales del Istmo, S.A. de C.V.
6. Praxair, S. de R.L. de C.V.

7. Petroquímica Morelos, S.A. de C.V.
8. Petroquímica Pajaritos, S.A. de C.V.
9. OPC Ingeniería y construcción, S.A. de C.V.
10. Copesa Ingeniería y Construcción S.A. de C.V.

1.10 Instrumentos de medición.

Los instrumentos que se aplicaron en el estudio fueron:

A) Observación.

La observación de formatos de producción y registros propios utilizados en las empresas industriales, y que en los mismos se reflejan los niveles de producción. Ver anexo 1.

En especial se enfocó la atención en la operatividad de las áreas de producción y procesos de manufactura puntualizando en lo siguiente:

- Medios para determinar la calidad de los productos.
- Controles estadísticos de procesos o gráficas.
- Proceso de selección de equipos y maquinarias a utilizarse
- Pruebas de producción.
- Pruebas de funcionamiento de equipos.
- Registro de actividades del sistema de mantenimiento productivo que utilicen en la empresa.
- Observar los planes para el mantenimiento de máquinas, equipos e instalaciones.
- Funcionamiento de actividades y tareas del personal en el proceso de producción.

La observación efectuada fue del tipo personal utilizando una cámara digital fotográfica como herramienta de apoyo y sin ocultamiento en las áreas de producción y operaciones que se visitaron.

B) Cuestionario.

Otro instrumento de medición utilizado fue un cuestionario desarrollado por el investigador, en donde se plantearon preguntas que están relacionadas a la aplicación del MPT, y así mismo a obtener información de las organizaciones. Cabe mencionar que dichas preguntas proporcionaron información para alcanzar los objetivos establecidos inicialmente en el estudio. El cuestionario estuvo compuesto por las baterías; I que se trató de opciones afirmativas y negativas, la batería II se trató de una escala valorativa, y la característica de la batería III es que se utilizó una herramienta del cuestionario llamada escalas de alta intensidad o de apreciación en donde estructuran las opiniones bajo formas de respuesta en abanico, según la evolución o grados de actitud. Ver Anexo 2.

1.11 Recopilación de datos.

El proceso de recopilación de datos en esta investigación, fue desarrollado bajo una periodicidad de tiempo, en la que el investigador dispuso de la misma para recolección de datos, dicho periodo comprendió del día y fecha, Lunes 17 de Octubre de 2011 al Lunes 31 de Octubre de 2011, las acciones que se efectuaron en este periodo se programaron los días lunes, miércoles y viernes en horario de 8:00 am a 4:00 pm, y se realizaron las visitas en instalaciones y departamentos de cada una de las 10 empresas industriales seleccionadas en la muestra. Cabe mencionar que en la recolección de los 10 cuestionarios aplicados en las organizaciones, se encontró que fueron respondidos al 100%.

1.12 Proceso

Para efectuar la investigación acerca de la optimización en la aplicación del MPT en las empresas de sector industrial, se desarrollaron los siguientes pasos:

1. Ubicación de las empresas industriales que aplican a sus procesos el sistema de MPT.
2. Autorización de las empresas industriales para la obtención de información.
3. Revisión documental respecto a procesos en los que se aplica el MPT.
4. Observar la operación de la aplicación con MPT en los procesos de la empresa industrial.
5. Aplicar el cuestionario que se determinó como instrumento de medición a un trabajador correspondiente del área de producción de cada empresa.
6. Proponer la correcta aplicación de cada uno de los pasos del sistema de MPT.

1.13 Procedimiento

1. Ubicación de las empresas industriales que aplican a sus procesos el sistema de MPT.
 - Obtención de un directorio industrial o de un listado de relación industrial proporcionado por el gobierno de la ciudad.
 - Investigar datos acerca de las empresas del sector industrial que aplican el MPT en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz.
 - Elegir las empresas a las cuales se visitará.
2. Autorización de las empresas industriales para la obtención de información.
 - Redactar un oficio para permitir el acceso a instalaciones.

- Dar a conocer el tema de investigación y la relevancia de efectuar un estudio acerca de la correcta aplicación del MPT.
 - Obtención de la autorización por parte de la gerencia o departamento correspondiente.
3. Revisión documental respecto a procesos en los que se aplica el MPT.
- Solicitar permiso para observar y/o revisar reportes de procesos y procedimientos susceptibles a aplicarles el MPT.
 - Analizar documentación respecto a procesos, procedimientos, herramientas, registros, base de datos y todo esto en relación al MPT.
 - Efectuar anotaciones respecto a documentos observados anteriormente.
4. Observar la operación de la aplicación del MPT en los procesos de la empresa industrial.
- Lograr una autorización para realizar la observación, en áreas donde se lleven acabo los procesos.
 - Definir los puntos a observar.
 - Elaborar anotaciones de los procesos con MPT que resulten de la observación.
 - Analizar el funcionamiento de los procesos con aplicación de MPT.
 - Detectar fallas y errores en la aplicación del MPT.
5. Aplicar el cuestionario que se determinó como instrumento de medición a un trabajador correspondiente del área de producción de cada empresa.
- Elaboración y diseño del cuestionario.
 - Presentación con el personal y encargados del área de producción.

- Mostrar el cuestionario al trabajador correspondiente.
 - Explicar las instrucciones al trabajador acerca del llenado del cuestionario que se le iba a aplicar.
 - Recopilación de los datos e información obtenida del instrumento de medición.
 - Interpretación de la información recabada.
6. Proponer la correcta aplicación de cada uno de los pasos del sistema de MPT.
- Plantear la eliminación de las seis grandes pérdidas de equipos y desperdicios.
 - Como lograr la eficiencia relacionada con el funcionamiento de equipos.

1.14 Análisis de datos.

Se procedió a organizar los datos en relación a las respuestas obtenidas de los cuestionarios que se aplicaron a las empresas que fueron contempladas dentro del número de muestra.

Se ordenó y acumuló la información, realizándose así dos tabulaciones, en donde la primera de ellas constaba de la relación de las variables de control obtenidas del cuestionario y la empresa a la que pertenecían, la siguiente tabla que se presentó, organizó el acumulado de respuestas según la pregunta correspondiente.

1.15 Importancia del estudio.

La importancia de llevar a cabo esta investigación fue la de proponer una optima aplicación del mantenimiento productivo total, por medio de técnicas de

control a procesos de producción y equipos de las empresas industriales, lo cual puede llevar a una empresa a ser excelente empresarialmente hablando y lo anterior basándose en la cobertura total de las fases y de la utilización de herramientas propias de la aplicación del MPT, con la finalidad de gestionar la calidad, permitiendo con esto que se eviten anomalías y desperdicios en los funcionamientos productivos. Realizando este estudio también se logró determinar la diferencia en los resultados que se esperan de aquellas empresas que optimizan o no la implementación de su MPT, y con ello detectar los beneficios que se obtienen al adoptar un correcto modelo de aplicación.

1.16 Limitaciones del estudio.

Durante la investigación estuvieron latentes distintas barreras y obstáculos que complicaron el desarrollo de la presente tesis, aquí las siguientes:

1.- Disposición de tiempo.

Para efectuar la investigación en las empresas del sector industrial, se enfrentaron diversas limitaciones y una de ellas fue la disposición del tiempo, puesto que para realizar observaciones en las áreas operativas con equipos o maquinaria por seguridad se requiere que un elemento del personal acompañe al observador, sin embargo dicho personal que podría supervisar la visita del investigador, tenía un tiempo limitado, generando que no se hagan las anotaciones detalladas y específicas como se pretendía inicialmente.

2.- Resistencia al cambio.

Algunas de las empresas del sector industrial es posible que no se apegaron a la optimización y modernización de los sistemas de acuerdo a que quizá la falta de aspiraciones organizacionales que se observó en sus instalaciones, motivan a continuar sus operaciones con un MPT deficientemente aplicado o con falta de factores de modernización del mismo, ahí la limitante para desarrollar la investigación ya que dichas empresas y sus empleados son

resistentes al cambio, no aceptaron de cierta manera que el investigador estuviera en sus áreas realizando observaciones de sus funciones o actividades, e incluso no se logró observar las actitudes naturales de los mismos, en cuanto al desarrollo de sus tareas.

3.-Veracidad de la Información.

La certeza de la información definitivamente es otra limitante del estudio, puesto que en ocasiones la persona encargada que nos proporcionó información o documentos, pudo no mostrarlos completos, ya sea por situaciones cortas de tiempo-trabajo, quizás por cierto temor a evidenciar operaciones de la empresa o la falta de autorización por parte de un funcionario superior a mostrar dichos elementos, otro impedimento para obtener información veraz es que a los empleados que intervienen en los procesos de producción cuando se les aplicó el cuestionario para recabar información, se corrió el riesgo de que estos no respondieran verazmente por temor a perder su empleo u otras situaciones.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Producción.

La creación de una organización o industria es generalmente con la importante finalidad de proporcionar y suministrar, un bien o un servicio obtenidos mediante un proceso producción y operaciones, a lo cual la economía de un país responderá favorablemente ya que dependiendo de su capacidad productiva será su estabilidad como nación.

Producción es definida por los autores Richard Chase, Nicholas Aquilano y Robert Jacobs como “la elaboración de productos (bienes y servicios) a partir de los factores de producción (tierra, trabajo y capital) por parte de las empresas, con la finalidad de que sean adquiridos para satisfacer necesidades presentes”¹. Los conceptos de industria y empresa pueden confundirse, la industria es una unidad técnica, una unidad de producción; la empresa es una entidad económica. La

¹ Aquilano, Nicholas J., et al., *Administración de producción y operaciones, manufactura y servicios*, 8va ed., México, D.F., editorial Mc Graw Hill, 2000, p.9.

finalidad de las unidades de producción o explotación es simplemente producir; la empresa se caracteriza porque produce para satisfacer necesidades ajenas. El concepto de industria, en la práctica, ha de ir necesariamente asociado al de empresa, dando origen a la empresa industrial, en la que pueden fusionarse los dos factores que las integran y ser estudiada desde un punto de vista técnico y otro económico.

La orientación de la producción debe basarse en una correcta composición de los costos. Los costos deben considerarse como gastos cuantificados en bienes y servicios, con el objeto de producir productos. Por lo tanto es aquí en donde entra la administración junto con la industria para que la dirección general de la empresa y su equipo se concreten en técnicas de producción, donde prevalezcan altos volúmenes de productos (productividad) y una eficaz política de costos, como el uso de elementos de mantenimiento de calidad que logre diferenciarles con sus competidores.

2.2 Manufactura esbelta.

El pensamiento esbelto, es la parte fundamental en el proceso de implementación de una estrategia esbelta, que esta enfocada principalmente al personal, ya que muchas veces implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor. Lo que los japoneses se dieron cuenta y aportaron es que más que una técnica, se trata de un buen régimen de relaciones humanas. George Bohlander y Scott Snell consideran que en una organización es necesario tomar en cuenta a los indicadores de productividad que se muestran en la tabla 2.1, y plasmaron en su obra que “La productividad del empleado es el resultado de una combinación de

sus habilidades y su nivel de motivación, del ambiente de trabajo y de la tecnología con la que tiene que trabajar”.²

TABLA 2.1 Indicadores de productividad.

Indicadores del medio ambiente	$I = \text{Materia reutilizable} / \text{tiempo de operación}$ $I = \text{Venta de productos} / \text{compra de productos}$
Indicadores de administración	$I = \text{Gastos de administración} / \text{Costo de los artículos vendidos}$ $I = \text{Ventas netas} / \text{Número de trabajadores}$ $I = \text{Unidades producidas} / \text{Horas hombre}$
Indicadores de calidad	$I = \text{Unidades producidas} / \# \text{ de unidades defectuosas}$ $I = \# \text{ de unidades vendidas} / \# \text{ de unidades devueltas}$
Indicadores de sistemas de información e informática	$I = \text{total de ventas cerradas por web} / \text{Inversión en página web}$
Indicador de recursos humanos	$I = \# \text{ de empleados contratados} / \# \text{ de empleados dados de baja}$ $I = \text{utilidad total} / \text{Total de empleados}$
Indicadores de finanzas	$I = \text{utilidad neta} / \text{inversión total}$ $I = \text{ventas netas} / \text{Costo de producción}$
Indicadores de servicios	$I = \# \text{ de clientes que regresan} / \# \text{ de clientes totales}$ $I = \# \text{ de clientes nuevos} / \# \text{ total de clientes}$
Indicadores de procesos y productos	$I = \text{Unidades producidas} / \text{Unidades defectuosas}$ $I = \text{costo de lo producido} / \text{insumos}$ $I = \text{Unidades producidas} / \text{Horas hombre empleadas}$

² Bohlander, George y Snell, Scott, *Administración de recursos humano*, 14va ed., trad. de María Jesús Herrera Díaz, México, D.F., Cengage Learning, 2008, p.22.

Es por ello que se necesita empezar desde ahora a adquirir una cultura para la calidad y productividad en México siendo competitivo con otros países, involucrando a todas las áreas de la compañía para lograr que la empresa sea la número uno. Por tal motivo el autor Salvador Mercado menciona:

“Se logrará ser la número uno cuando:

- Nuestra calidad sea la mejor.
- Nuestros métodos de producción sean los mejores.
- Nuestros precios sean bajos.
- Nuestras entregas sean oportunas.

Es decir, cuando alcancemos la CALIDAD-PRODUCTIVIDAD.”³

En el pasado se utilizaba mucho el régimen autoritario, en el que únicamente el que podía aportar ideas, era el que tenía mayor rango, desperdiciando la creatividad del trabajador, verlo simplemente como un objeto. El concepto de Manufactura Esbelta implica la anulación de los mandos y su reemplazo por el liderazgo.

2.2.1 Definición de Manufactura esbelta.

Manufactura Esbelta son varias herramientas que le ayudará a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. La manufactura esbelta nació en Japón y fue

³ Mercado H., Salvador, *Administración y calidad, crecer para producir*, 4a ed., México, D.F., Publicaciones administrativas contables jurídicas S.A. de C.V., 2007, p. 5.

concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos.

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador: Kaizen.
- La mejora consistente de productividad y calidad.

W. Edwards Deming afirma que “la mayor calidad conduce a mayor productividad, la cual a su vez lleva fortaleza competitiva a largo plazo, generándose así la teoría reacción en cadena:

- Se mejora la calidad.
- Los costos disminuyen debido a menor reproceso, menores errores, demoras y mejor uso de tiempo y materiales.
- Mejora la productividad.
- Se captura al mercado con mejor calidad y menor precio.
- Se permanece en el negocio.
- Se ofrecen más empleos.”⁴

Los 5 principios de la manufactura esbelta.

Para llevar a cabo la manufactura esbelta se deben seguir ciertos principios que permitan su correcto desarrollo, los cuales se muestran en la figura 2.1.

Se pueden resumir los 5 principios de la siguiente manera:

⁴ *Ibidem*, p. 109.

1. Definir el valor desde el punto de vista del cliente: La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.
2. Identificar la corriente de valor: Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.

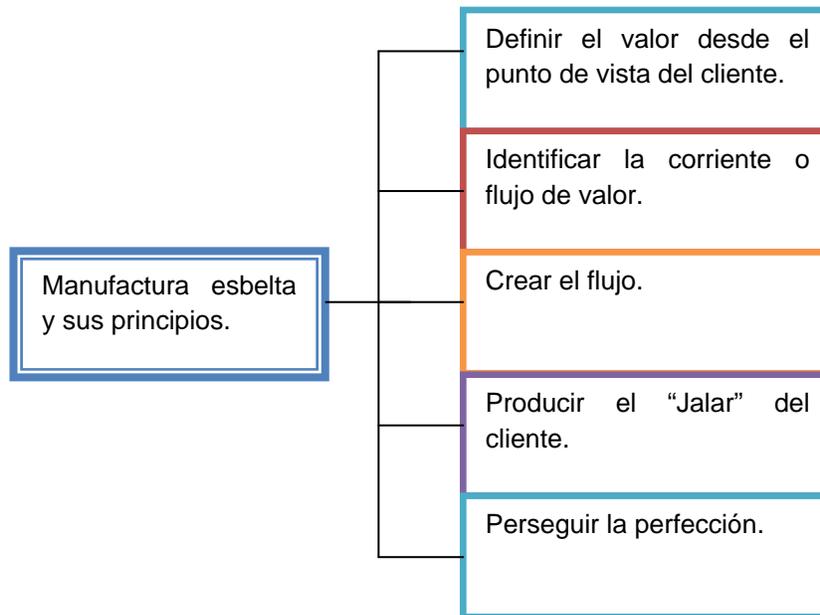


FIGURA 2.1 Manufactura esbelta y sus principios.

3. Crear flujo: Haz que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
4. Producir el “Jalar” del cliente: Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
5. Perseguir la perfección: Cuando una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

2.2.2 Objetivos de la Manufactura esbelta.

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Según John S. Oakland “es necesario desarrollar generaciones de gerentes que estén dedicados a la búsqueda de una mejoría sin fin al satisfacer las necesidades externas e internas del cliente”.⁵

Manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Específicamente, Manufactura Esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reduce el inventario y el espacio en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más robustos.
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

2.2.3 Herramientas de la manufactura esbelta.

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle

⁵ Oakland, John S., *Administración por calidad total*, trad. de Julio Coro Pando, México, D.F., Grupo editorial patria, 2001, p. 349.

mayor "calidad de vida" al trabajo. Para llevarse acabo este mantenimiento se recurre a la implementación de las siguientes herramientas:

- 5`S.
- Justo a tiempo.
- Sistema de jalar.
- Células de manufactura.
- Control visual.
- Kanban.
- Mantenimiento productivo total.
- Producción nivelada (Heijunka).
- Verificación de proceso (Jidoka).
- Kaizen.
- Poka-Yoke.

5`S

Esta herramienta proviene de términos japoneses que diariamente se pone en práctica en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena a otras, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tienen tendencia a practicar o han practicado las 5'S, aunque no se den cuenta.

Las 5'S son:

- Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente: Seiri.
- Ordenar: Seiton.
- Limpieza: Seiso
- Estandarizar: Seiketsu.
- Disciplina: Shitsuke.

Beneficios de las 5'S.

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados.
- Mayor calidad.
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Genera cultura organizacional.
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.

Definición de las 5'S.

Clasificar (Seiri).

Clasificar consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamado "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas

rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

Clasificar permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos.
- Mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos; por ejemplo, material de empaque, etiquetas, envases plásticos, cajas de cartón y otros.
- Facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

Ordenar (Seiton).

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales. Algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o

gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc., es decir, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar." El ordenar permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción.

Limpieza (Seiso).

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del MPT implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de defecto. Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.

Para aplicar la limpieza se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "La limpieza es inspección".
- Se debe abolir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación.
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Estandarizar (Seiketsu).

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo. La estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.

- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de como se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado.

Disciplina (Shitsuke).

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás mejor calidad de vida laboral, además:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás

Justo a Tiempo.

Justo a Tiempo es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio (actividades que no agregan valor) es decir todo lo que implique sub-

utilización en un sistema desde compras hasta producción. Existen muchas formas de reducir el desperdicio que se pueden aplicar, pero el Justo a Tiempo se apoya en el control físico del material, por ese motivo como ejemplo en México la empresa líder Ternium productora de aceros planos y largos, hace utilización de esta herramienta para ubicar el desperdicio y finalmente forzar su eliminación.



Proceso de Manufactura de Ternium utilizando el Just in Time en sus procesos integrados.

La idea básica del Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura, así mismo podemos observar el sistema JIT en la figura 2.2.

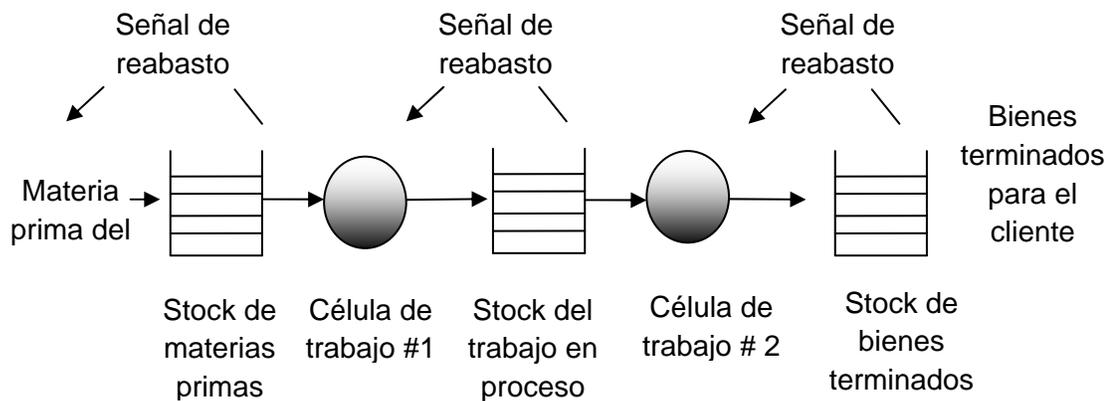


FIGURA 2.2 Sistema Justo a tiempo.

Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las células de trabajo.

La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando un stock (inventario) se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo en la operación subsecuente. Además, el material no se puede entregar a la línea de producción o la célula de trabajo a menos que se deje en la línea una cantidad igual.

Esta señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta Kanban, o cualquier otra señal visible de reabastecimiento, todas las cuales indican que se han consumido un artículo y se necesita reabastecerlo.

En resumen, como lo mencionan los autores en la obra dirección de operaciones: “El JIT acomete todo proceso de fabricación con dos estrategias básicas, las cuales son:

1.- Eliminar toda actividad innecesaria o fuente de despilfarro, por lo que intenta desarrollar el proceso de producción utilizando un mínimo de personal, materiales, espacio y tiempo.

2.- Fabricar lo que se necesite, en el momento en que se necesite y con la máxima calidad posible.”⁶

Los 7 pilares de Justo a Tiempo.

⁶ Domínguez Machuca, José Antonio *et al.*, *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios.*, 5a. ed., Madrid España, Mc Graw Hill, 2002, p.202.

1. Igualar la oferta y la demanda.

No importa con que características lo pida el cliente es vital producirlo como se requiera, con un tiempo de entrega cercano a cero, es decir:

$$\text{TEC} = \text{TET}$$

donde:

TEC: Tiempo de Entrega Cliente

TET: Tiempo de Entrega Total = TEM + TEA

TEM: Tiempo de Entrega Manufactura

TEA: Tiempo de Entrega Agregado

Si el TET es mayor al TEC, será necesario empujar las materias primas o componentes, reduciendo el TEM y el TEA.

2. El peor enemigo: el desperdicio.

Para eliminar los tipos desperdicios que se muestran en la tabla 2.2, desde su causa raíz se realiza un análisis de la célula de trabajo.

Algunas de las causas de desperdicios son:

- Desbalanceo entre trabajadores-proceso.
- Problemas de calidad.
- Mantenimiento preventivo Insuficiente.
- Retrabajos, reprocesos.
- Sobreproducción, sobrecompras.
- Gente de más, gente de menos.

TABLA 2.2 Tipos de desperdicios.

Desperdicio	Forma de eliminarlos
Sobreproducción	<ul style="list-style-type: none"> – Reducir los tiempos de preparación, sincronizando cantidades y tiempos entre procesos, haciendo solo lo necesario.
Espera	<ul style="list-style-type: none"> – Sincronizar flujos. – Balancear cargas de trabajo. – Trabajador flexible.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Distribuir las localizaciones para hacer innecesario el manejo / transporte.
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar si todas las operaciones deben de realizarse o pueden eliminarse algunas sin afectar la calidad en el producto / servicio.
Inventarios	<ul style="list-style-type: none"> • Acortar los tiempos de preparación, de respuesta y sincronizarlos.
Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar los movimientos para buscar economía y conciencia. Primero mejorar y luego automatizar.
Productos defectuosos	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar el proyecto para prevenir defectos, en cada proceso ni hace ni aceptar defectos.

3. El proceso debe ser continuo no por lotes.

Esto significa que se debe producir solo las unidades necesarias en las cantidades necesarias, en el tiempo necesario. Para lograrlo se tiene dos tácticas:

a) Tener los tiempos de entrega muy cortos.

Es decir, que la velocidad de producción sea igual a la velocidad de consumo y que se tenga flexibilidad en la línea de producción para cambiar de un modelo a otro rápidamente.

b) Eliminar los inventarios innecesarios.

Para eliminar los tipos inventarios que se presentan en la tabla 2.3, se requiere reducirlos poco a poco.

TABLA 2.3 Tipos de Inventarios.

Tipo de inventario	Forma de reducción
Trabajo en proceso	Reducir el tamaño del lote. Eliminar las colas.
Materias primas	Recibos directos, pequeños y frecuentes al lugar de trabajo.
Producto terminado	Producir lo que vende. Embarcar frecuentemente y en cantidades menores.
A la función.	<ul style="list-style-type: none"> • De ciclo Disminuir el tiempo de preparación. <ul style="list-style-type: none"> • De seguridad Reducir la incertidumbre sobre la calidad y cantidad de material. <ul style="list-style-type: none"> • Buffer Eliminar colas, dar fluidez. <ul style="list-style-type: none"> • En tránsito Programar, coordinar, anticipar. <ul style="list-style-type: none"> • Anticipación Programación nivelada.

4. Mejora Continua

La importancia de incorporar la voz del cliente por medio del despliegue de la función de calidad, la cual permite a los proveedores establecer las características de calidad de los insumos necesarios y contar con los elementos básicos para diseñar un proceso que tenga la capacidad de reducir las especificaciones del producto. Los círculos de calidad y, posteriormente, la mejora continua son conceptos de gestión ya asentados que han contribuido al dinámico crecimiento industrial en Japón y el autor Simón L. Dolan dijo “con el tiempo, basándose en las enseñanzas de Deming sobre control de calidad y mejora continua de la producción, Japón paso de ser el país que fabricaba los productos de peor calidad del mundo a ser el líder mundial en excelencia de calidad”.⁷

⁷ Dolan, Simón L. et al., *La gestión de los recursos humanos. Como atraer, retener y desarrollar con éxito el capital humano en tiempos de transformación*, 3ra. ed., Madrid, España, Mc Graw Hill, 2007, p.355.

El mejoramiento continuo ha sido un pilar fundamental en el desarrollo y evolución de lo que se conoce como calidad total, y así mismo menciona el autor Humberto Cantú “el origen del mejoramiento continuo se podría ubicar en que se orientaba hacia la reducción constante de la variabilidad de los procesos, ya que se consideraba a este factor como el principal causante de los problemas relacionados con la falta de calidad en aquellos tiempos en que la estandarización comenzaba a ser la plataforma para el despegue de la industria.”⁸

Por otro lado Cantú Delgado, dijo “los japoneses dieron un gran impulso al concepto de mejoramiento continuo a través del kaizen, que significa mejoramiento continuo, el cual se debe concretar no solo en los procesos productivos sino en todas las operaciones de la empresa, siempre con una orientación hacia la satisfacción del cliente.”⁹

5. Es primero el ser humano

La gente es el activo más importante. Justo a Tiempo considera que el hombre es la persona que está con los equipos, por lo que son claves sus decisiones y logran llevar a cabo los objetivos de la empresa.

6. La sobreproducción = ineficiencia.

Eliminar el “por si acaso” utilizando otros principios como son la calidad total, el Mantenimiento Productivo Total (MPT), cambio rápido de modelo (SMED), involucramiento de la gente, organización del lugar de trabajo, simplificar comunicaciones, etc.

⁸ Cantú Delgado, Humberto, *Desarrollo de una cultura de calidad*, 3a. ed., México, D.F., Mc Graw Hill / Interamericana editores S.A. de C.V., 2006, p. 262.

⁹ *Ibidem*, p. 263.

7. No vender el futuro.

Las metas actuales tienden a ser a corto plazo, hay que reevaluar los sistemas de medición, de desempeño, etc. Para realizar estas evaluaciones se tiene que tomar en cuenta el sistema de planeación justo a tiempo, el cual consiste en un modelo pentagonal mostrado en la figura 2.3, donde cada una de las aristas representa un elemento del sistema.

Distribución Física:

Formado por celdas y tecnología de grupos, nos dice cómo manejar y distribuir los recursos físicos con que contamos. En vez de contar con departamentos especializados en una operación, se busca trabajar con todas las operaciones en un solo lugar, formando mini-fabriquetas completas y controlables, o incluso la red de industrias que se pueden encontrar a lo largo de una región, ubicadas estratégicamente. Se muestra un ejemplo en la figura 2.4.

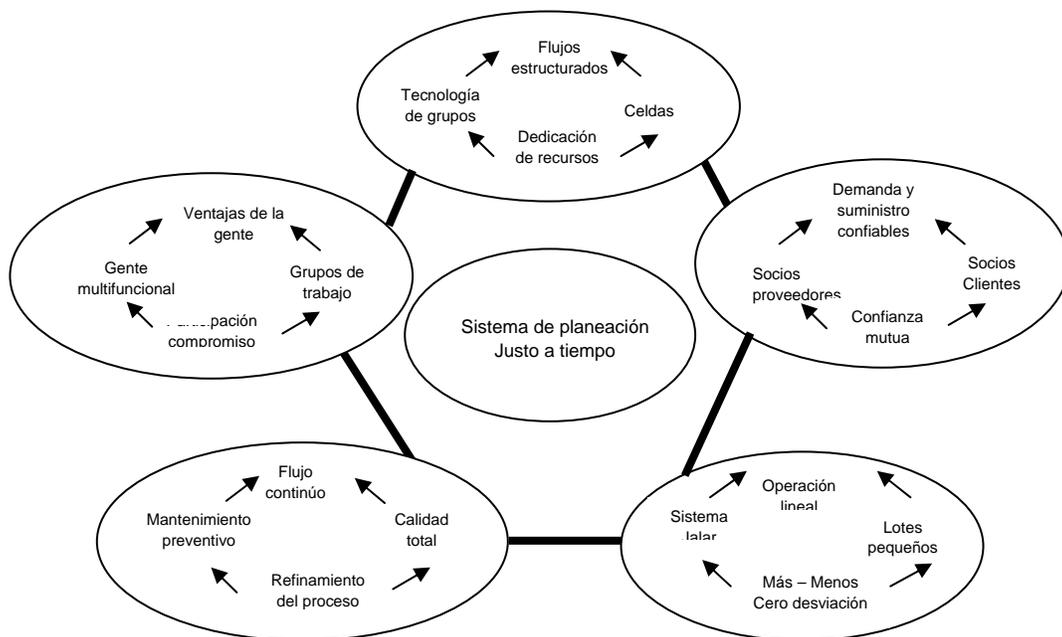


FIGURA 2.3 Sistema de planeación justo a tiempo.



FIGURA 2.4 Distribución física de las terminales de almacenamiento (PEMEX), en el país.

Ventaja de la Gente:

El trabajo en equipo para solucionar problemas, así como la cercanía de las diversas máquinas en una celda propiciando la multifuncionalidad de la gente.

Flujo continuo:

Se requiere de alta calidad para evitar los paros por defectos, y mantenimiento preventivo para evitar paros no programados de equipo. Un ejemplo de ello es el proceso de carga en continuo que es solo una característica beneficiosa de las instalaciones a flujo continuo. Las piezas entran a una velocidad y tiempo de permanencia que puede ser variada en función a la medida y sensibilidad de la pieza como se muestra en la figura 2.5 En consecuencia, esta tecnología se integra bien en entornos de procesos automatizados. Nuestra atención innovadora al detalle ha sido importante para nuestro éxito de desarrollo continuado.

Operación Lineal:

La forma de desplazar el producto será de uno en uno, ya que de otra manera los tiempos de entrega son altos (hay que esperar en cada paso a que se

termine con todo un lote para pasarlo adelante) y los desperdicios se ocultarían en el inventario del bulto.



FIGURA 2.5 Instalacion a flujo continuo del proceso de carga.

Sistema de jalar

Es un sistema de producción donde cada operación estira el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es: mover el material entre operaciones de uno por uno, en la orientación "pull" o de jalar, las referencias de producción provienen del precedente centro de trabajo. Entonces la precedente estación de trabajo dispone de la exacta cantidad para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido.

El sistema de jalar permite:

- Reducir inventario, y por lo tanto, poner al descubierto los problemas
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control

- Minimiza el inventario en proceso
- Maximiza la velocidad de retroalimentación
- Minimiza el tiempo de entrega
- Reduce el espacio

Células de manufactura.

Las células de manufactura son la agrupación de una serie de máquinas distintas con el objeto de simular un flujo de producción.

Cuando se habla de operaciones de manufactura la integración de todas las actividades de apoyo y el enfoque de facilitar la ejecución a régimen de flujo establecido, se traduce en perfección para todos los aspectos de las operaciones, como ejemplo en la siguiente fotografía se muestra la distribución de una de ellas, que traen como beneficio la integración de las funciones del proceso.



Célula de manufactura estilo kaizen.

Es por ello que los autores Bell y Burnham hacen hincapié en el siguiente razonamiento, “en el mejoramiento de las operaciones, el análisis, el involucramiento de la fuerza de trabajo y la concentración en la administración y

planeación de la manufactura, realmente reditúan”¹⁰. Y en la vida real, es así como funcionan las operaciones de manufactura en una organización, en la tabla 2.4 se puede apreciar los requisitos y características de una célula de manufactura.

TABLA 2.4 Células de manufactura.

Prerrequisitos	Características
Tiempos de montaje o preparación bajos.	Mas dependiente de la gente que de las maquinas.
Volumen suficiente.	Operaciones se balancean con base en tiempo de ciclo.
Habilidad de solución rápida de problemas en línea.	Equipo flexible en vez de supermaquinas.
Agrupación por familias de producto.	Mover pequeñas cantidades. Distancias cortas.
Entrenamiento multifuncional a operadores.	Distribucion compacta.

Control visual.

Para que el proceso de control sea eficaz debe sujetarse a los criterios siguientes que establece el autor Idalberto Chiavenato:

- “1.- El proceso debe controlar las actividades correctas.
- 2.- El proceso debe ser oportuno.
- 3.- El proceso de control debe incluir una relación favorable de costo-beneficio.
- 4.- El control debe ser exacto.
- 5.- El control debe ser aceptado.”¹¹

¹⁰ Bell, Robert R. y Burnham, John M., *Administración, productividad y cambio*, trad. de Francisco Gutiérrez Noriega, México, D.F., Editorial Cecsca, 1996, p.63.

¹¹ Chiavenato, Idalberto, *Administración de Recursos Humanos, el capital Humano de las organizaciones*, 8va ed., trad. de Pilar Mascaró Sacristán y María del Carmen Hano Roa, México, D.F., Mc Graw Hill, 2007, p.445.

Se debe estar consiente dentro de una organización que el control y la clasificación de estos son fundamentales en cualquier sistema de mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo y el de producción total, ya que como indica la fuente bibliográfica administración de recursos humanos de Chiavenato:

“El control debe atender las actividades que realmente deben y necesitan controlarse. Cuando las personas reconocen que ciertas actividades son vigiladas y comparadas contra alguna norma o estándar, probablemente canalizaran su comportamiento para alcanzar las normas fijadas”.¹²

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

Kanban.

Kanban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo tal y como se observa en la fotografía continua, esa su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante que medios, y como transportarlo.

¹² ídem.



Ejemplo de la implementación de un tablero y etiquetas Kanban.

Funciones de Kanban.

Son dos las funciones principales de Kanban:

- Control de la producción
- Mejora de los procesos

De tal manera el JIT, cae dentro de uno de los criterios del control que dice “El control se debe efectuar en el momento adecuado para que muestre las desviaciones necesarias en tiempo real y permita hacer las correcciones debidas. Se debe contar con información oportuna en la hora, el día, la semana o la ocasión correspondiente. Cuanta mas información realista y puntual tenga la administración, tanto más fácil y velozmente podrá rectificar las probables variaciones o desviaciones del camino.”¹³

Implantación de Kanban en 4 fases.

Fase 1. Entrenar a todo el personal en los principios de Kanban, y los beneficios de usar Kanban.

¹³ ídem

Fase 2. Implantar Kanban en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos.

Fase 3. Implantar Kanban en el resto de los componentes, esto no debe ser problema ya que para esto los operadores ya han visto las ventajas de Kanban.

Fase 4. Esta fase consiste de la revisión del sistema Kanban, los puntos y niveles de reorden.

Ejecución y control del Kanban.

De acuerdo a los autores de la dirección de operaciones “Cuando se trabaja con MRP, el plan de materiales es comunicado a todos los centros de trabajo, actuando este como orden y autorización de fabricación. A partir de ese momento, cualquier centro de trabajo comienza sus labores de producción, suministrando la fabricación obtenida al siguiente puesto en el proceso productivo, que debe recibirla en el momento adecuado, si no aparecen problemas inesperados.”¹⁴

Mantenimiento productivo total.

Para Roland Blake en su obra seguridad industrial establece al mantenimiento como “La conservación adecuada de una fabrica o equipo, es esencial para que haya continuidad en la producción. Un resultado satisfactorio de la operación depende no solo de contar con los locales, equipo, maquinaria, herramientas portátiles, dispositivos de seguridad, etc., en buen estado de trabajo, sino también de que estén conservados de modo que se pueda depender de ellos

¹⁴ Domínguez Machuca, José Antonio, *et al, op cit.*, nota 4, p.211.

para no demorar la producción o que se haga necesario detener el trabajo para ejecutar reparaciones.”¹⁵

En una concepción clásica de la fabricación, donde se utilizan inventarios de seguridad para eliminar inestabilidades y problemas imprevistos, la avería de una maquina puede ser solucionada con relativa facilidad antes de que provoque grandes inconvenientes al resto del proceso. Domínguez Machuca uno de los autores del libro dirección de operaciones considera que “el nacimiento del concepto del mantenimiento productivo total (MPT), donde todos los trabajadores participan en las labores de prevención, detección y corrección de las anomalías de diseño o funcionamiento de las máquinas”.¹⁶

Mantenimiento productivo total es una filosofía originaria de Japón que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Las siglas MPT fueron registradas por el JIPM ("Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta").

La sucesiva aparición de nuevos sistemas de gestión que con sus técnicas han permitido una eficiencia progresiva de los sistemas productivos, y que han culminado precisamente con la incorporación de la gestión de los equipos y medios de producción orientada a la obtención de la máxima eficiencia, a través del MPT o Mantenimiento Productivo Total.

Así mismo la gestión TQM (Total Quality Management) conduce a la implantación de procesos productivos que generen productos sin defectos, y que lo hagan a la primera, en aras de mantener la óptima eficiencia del sistema

¹⁵ Blake, Roland P., *Seguridad Industrial.*, 10ª ed., trad. de Mario Bracamonte, México, D.F., Editorial Diana, 2004, p. 185.

¹⁶ Domínguez Machuca, José Antonio, *et al, óp. cit.*, nota 4, p.243.

productivo. Los sistemas que en la actualidad consiguen optimizar conjuntamente la eficiencia productiva de los procesos y la calidad de los productos resultantes son considerados como altamente competitivos. Las organizaciones evitarían los problemas de “programas de cambio” si se concentran en la “alineación del proceso”, reconociendo que los papeles y responsabilidades de las personas tienen que estar relacionados con los procesos en que trabajan.

“La alineación del proceso mediante siete pasos recomendados que desarrollan un ciclo autorreforzador, de compromiso, comunicación y cambio de cultura, los cuales son:

1. Obtener el compromiso con el cambio a través de la organización del equipo de alta dirección.
2. Desarrollar una “misión” o visión compartida de la empresa o de cuales cambios se requieren.
3. Definir los objetivos medibles, que tienen que ser acordados por el equipo, como indicadores cuantificables del éxito, en términos de la misión.
4. Desarrollar la misión en sus factores de éxito críticos (FEC) para forzarla y moverla hacia adelante.
5. Dividir los factores de éxito críticos en el proceso clave o crítico y obtener la propiedad del proceso.
6. Dividir los procesos críticos en subprocesos, actividades, tareas y crear equipos de mejoría alrededor de estos.
7. Supervisar y ajustar la alineación del proceso como respuesta a dificultades en el proceso de cambio.”¹⁷

El MPT surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema para el control de equipos en las plantas

¹⁷ Oakland, John S., *op. cit.*, nota 3, p.341-349.

con un nivel de automatización importante. En Japón, de donde es pues originario el MPT, antiguamente los operarios llevaban a cabo tareas de mantenimiento y producción simultáneamente; sin embargo, a medida que los equipos productivos se fueron haciendo progresivamente más complicados, se derivó hacia el sistema norteamericano de confiar el mantenimiento a los departamentos correspondientes (filosofía de la división del trabajo); sin embargo, la llegada de los sistemas cuyo objetivo básico es la eficiencia en aras de la competitividad ha posibilitado la aparición del MPT, que en cierta medida supone un regreso al pasado, aunque con sistemas de gestión mucho más sofisticados.

Es decir: “Yo opero, tu reparas”, da paso a “Yo soy responsable de mi equipo”. En contra del enfoque tradicional del mantenimiento, en el que unas personas se encargan de "producir" y otras de "reparar" cuando hay averías, el MPT aboga por la implicación continua de toda la plantilla en el cuidado, limpieza y mantenimiento preventivos, logrando de esta forma que no se lleguen a producir averías, accidentes o defectos.

Producción Nivelada (Heijunka).

Heijunka, o Producción Nivelada es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La palabra japonesa Heijunka significa literalmente "haga llano y nivelado". La demanda del cliente debe cumplirse con la entrega requerida del cliente, pero la demanda del cliente es fluctuante, mientras las fábricas prefieren que ésta esté “nivelada” o estable. Un fabricante necesita nivelar estas demandas de la producción, por ello como se observa en la fotografía siguiente se lleva un control mediante la caja heijunka.

La herramienta principal para la producción suavizadora es el cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada. En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes

pequeños de muchos modelos en periodo cortos de tiempo. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia.



Fotografía de la caja Heijunka

Verificación de proceso (Jidoka)

La palabra "Jidoka" significa verificación en el proceso, cuando en el proceso de producción se instalan sistemas Jidoka se refiere a la verificación de calidad integrada al proceso. La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, el sistema Jidoka compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una situación inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos, los procesos Jidoka son sistemas comparativos de lo "ideal" o "estándar" contra los resultados actuales en producción.

Existen diferentes tipos de sistemas Jidoka: visión, fuerza, longitud, peso, volumen, etc. depende del producto es el tipo o diseño del sistema Jidoka que se

debe implantar, como todo sistema, la información que se alimenta como "ideal" o "estándar" debe ser el punto óptimo de calidad del producto.

Kaizen

Considerado un sistema para la mejora continua del trabajo implicando mejoras graduales incrementales usando una estrategia perfecta para desarrollar el hábito de la mejora en todo el personal, y la toma de conciencia del valor económico de las cosas.

Mejoramiento

El mensaje de esta filosofía para una empresa es, que no debe pasar un solo día sin que exista una mejora en alguna parte ó cosa de la misma. Comprender que la mejora continua no es para que se resuelvan algunos problemas por algunos grupos ó equipos de mejora, sino para desarrollar el hábito de la mejora en todo el personal.

Como menciona Richard J. Schonberger en su obra "Se requiere hábito de mejora continua al nivel de toda la organización y comprometerse a alcanzar la calidad total al nivel de toda la institución o empresa".¹⁸

La aplicación del kaizen consiste básicamente de cuatro pasos que conforman un proceso estructurado, a saber:

- Verificación de la misión: planeamiento estratégico
- Diagnostico de la causa raíz: identificación y diagnóstico de problemas

¹⁸ Schonberger, Richard J., *Técnicas de fabricación japonesas: nueve enseñanzas ocultas en la simplicidad*, 8va ed., trad. de Lorenzo Jiménez Arcosa, México, D.F., UNAM, 2002, p.211.

- Solución de la causa raíz
- Mantenimiento de resultados

Poka Yoke

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores".

Algunos autores manejan el Poka-Yoke como un sistema que garantiza la seguridad de los usuarios de cualquier maquinaria, proceso o procedimiento, donde se encuentren relacionados, evitando accidentes de cualquier tipo, que originarían piezas mal fabricadas si siguieran en proceso con el consiguiente costo. El sistema Poka-yoke, es el método para prevenir errores humanos que se convierten en defectos del producto final. El concepto es simple: si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el retrabajo poco.

Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos de mala calidad al mismo tiempo. El costo de mala calidad es definido por Frank M. Gryna junto con otros autores del Método Juran, análisis y planeación de la calidad como "la pérdida anual monetaria de los productos y procesos que no logran sus objetivos de calidad".¹⁹

"El costo de la mala calidad (COPQ, por sus siglas en ingles) recibe, apropiadamente, el nuevo nombre de costo por los procesos de mal desempeño (o COP3, por sus siglas en ingles y que se lee como COP al cubo). Esto es para enfatizar el hecho de que el costo de la mala calidad no se limita solo a está, sino

¹⁹ Gryna, Frank M. *et al*, *Método Juran, Análisis y planeación de la calidad*, 5ta ed., trad. de María Jesús Herrero y Magali Amieva Lavigne, México, D.F., Mc Graw Hill Companies Inc., 2007, p. 28.

que es esencialmente el costo del incumplimiento aunado al mal desempeño de los procesos.”²⁰

Petróleos Mexicanos busca evitar los costos por mala calidad y por esa razón se efectúan supervisiones preservando la calidad en sus instalaciones, como se muestra en la siguiente fotografía.

Las empresas estiman el costo de la mala calidad por diferentes razones en la figura 2.6 se presenta un esquema simplificado, Frank Gryna y otros autores establecieron que las razones son:



Sector ductos Poza Rica de Pemex Refinación celebra cuatro años sin accidentes, evitando la mala calidad.

“1.- Cuantificar la envergadura del problema de la calidad en lenguaje monetario mejora la comunicación entre los mandos medios y los superiores.

2.- Pueden identificarse las oportunidades principales para la reducción de costos.

3.- Se pueden identificar las oportunidades para reducir el descontento de los clientes y las amenazas asociadas a la posibilidad de venta del producto.

²⁰ Ídem

4.- Medir este costo proporciona un medio de evaluación del progreso de las actividades de mejora de la calidad y descubre los obstáculos a las mejoras.

5.- Conocer el costo de la mala calidad lleva al desarrollo de un plan estratégico de calidad que sea consistente con la organización general de los objetivos.”²¹

Aunque con anterioridad ya existían Poka-Yokes, no fue hasta su introducción en Toyota cuando se convirtieron en una técnica, hoy común, de calidad. Existe la posibilidad que la causa de los errores esté en los trabajadores (razón la cual se le atribuía al outsourcing en algunas ocasiones) y los defectos en las piezas fabricadas se producían por no corregir aquéllos.

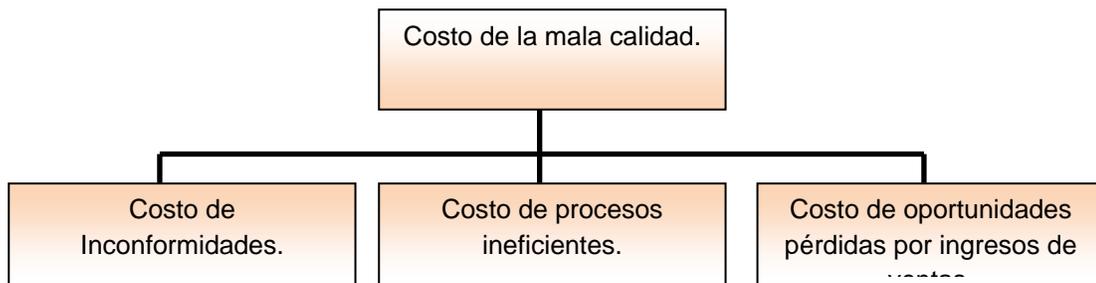


FIGURA 2.6 Costo de la mala calidad.

El outsourcing es definido en el libro Administración de servicios como “la contratación y vínculos con los trabajadores de una empresa, sin ser el personal filial a la misma.”²²

Técnicas de Poka-Yoke.

Las Técnicas Poka-Yoke pretenden eliminar los defectos en dos posibles estados:

²¹ Ibídem, p.29.

²² Lovelock, Christopher *et al.*, *Administración de servicios. Estrategias de marketing, operaciones y recursos humanos*, trad. de Miguel Ángel Sánchez Carrión y Pilar Mascaró Sacristán, México, D.F., Editorial Pearson, 2004, p.474.

1. Antes de que ocurran (Predicción): Se trata de diseñar mecanismos que avisen al operario cuándo se va a cometer un error para que lo evite (Alarma), que paren la cadena cuando se ha hecho algo mal (Parada) o que simplemente incorporen nuevos elementos al puesto de trabajo que hagan imposible o difícil un determinado error (Control).
2. Una vez ocurridos (Detección): Se trata de diseñar mecanismos que avisen cuando se ha fabricado un producto defectuoso (Alarma), que paren la cadena si esto ocurre (Parada) o que simplemente eviten que ese producto defectuoso pase al siguiente proceso (Control).

Muchas de estas técnicas mostradas en la figura 2.7 hacen posible la inspección al 100% incorporando mecanismos económicos.

Por lo tanto, estas técnicas evitan que se cometan errores humanos en dos ámbitos de trabajo: las actividades de producción (Predicen y evitan errores de producción) y las actividades de supervisión de la producción (evitan errores de Detección).

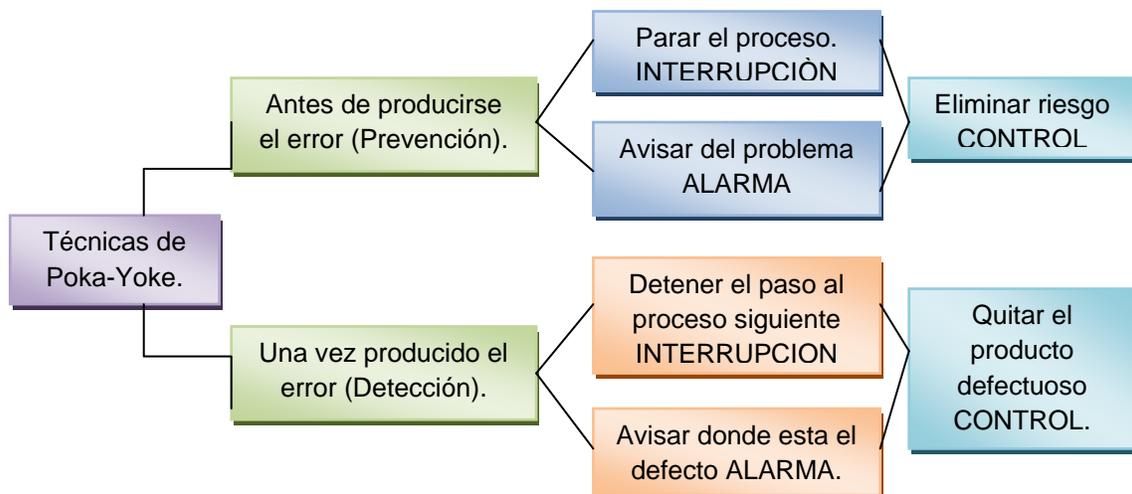


FIGURA 2.7 Técnicas de Poka-Yoke.

Tipos de errores.

Como se menciona anteriormente el sistema Poka-yoke, tiene como finalidad el prevenir los diferentes tipos errores que se pueden observar en la tabla 2.5 que a largo plazo se convertirán en defectos del producto final, y al mismo tiempo rigiéndose bajo las reglas de oro presentadas en la figura 2.8.

TABLA 2.5 Tipos de Errores.

Errores	Ejemplos
Errores por olvido.	Un trabajador puede olvidar ensamblar una pieza o cambiar de herramienta.
Errores por desconocimiento o inexperiencia.	Se puede utilizar mal una maquina o herramienta por desconocimiento o inexperiencia.
Errores de Identificación.	Se puede montar una pieza incorrecta por que no se ha visto bien o por que no es fácil distinguirla de otras.
Errores Voluntarios.	El operario puede ignorar reglas o procedimientos pensando que no pasara nada.
Errores por inadvertencias.	El operario puede distraerse y confundir distintas piezas o herramientas con las que trabaja.
Errores por lentitud.	El operador puede tardar demasiado en realizar determinadas tareas y hace que los productos se deterioren (sacar a tiempo un producto de un torno).
Errores debido a la falta de estándares.	No esta claro que hay que hacer en cada caso y determinadas medidas o tareas se realizan según el propio juicio del operario.
Errores por sorpresa.	A veces una maquina puede funcionar defectuosamente sin dar muestras de anomalías.
Errores intencionales.	Algunos operarios pueden cometer errores deliberadamente (sabotaje).

Tres reglas de oro del Poka-Yoke.

Un sistema a prueba de errores debe considerar lo siguiente:

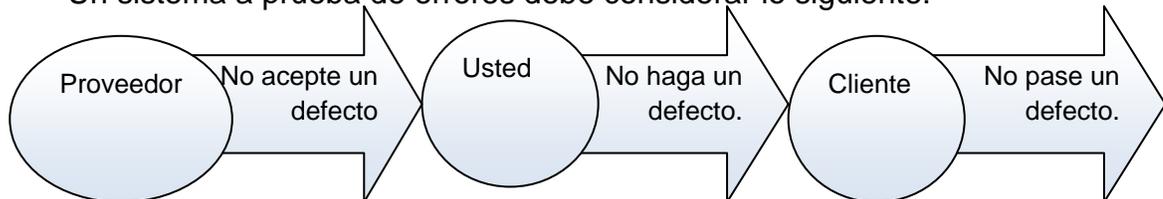


FIGURA 2.8 Diagrama de las reglas de oro del Poka-yoke.

2.3 Mantenimiento productivo total.

Un proceso debe mantenerse lo suficientemente para retener su habilidad inherente. J.M. Juran decía “Sin el mantenimiento adecuado, el equipo se descompone y requiere ajustes frecuentes, muchas veces con un incremento tanto en los defectos como en la variabilidad alrededor del valor nominal.”²³

Por ello la relación de la producción a otros departamentos funcionales dentro de la organización – mercadotecnia, finanzas, contabilidad, abastecimiento, personal, investigación y desarrollo e ingeniería industrial – como explica entonces Hopeman en su obra. “La interacción efectiva es fundamental para el éxito en la producción y gerencia de operaciones.”²⁴

Los autores Juran y Gryna establecieron que “Es evidente que el mantenimiento que se necesita debe de ser preventivo y correctivo, y es cuando la importancia del mantenimiento le ha dado lugar al concepto de mantenimiento productivo total.”²⁵

El MPT se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la

²³ Juran, J. M. y Gryna, F. M., *Análisis y planeación de la calidad del desarrollo del producto al uso.*, 8a. ed., México, D.F., Mc Graw Hill, 2003, p. 359.

²⁴ Hopeman, Richard J., *Administración de producción y operaciones. Planeación, análisis y control*, 5a. ed., México, D.F., Grupo editorial patria, 2007, p. 15.

²⁵ Juran, J. M. y Gryna, F. M., *op cit.*, nota 10, p.359.

empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

Nigel Slack menciona que el MPT “intenta eliminar la variabilidad en los procesos de la operación causada por descomposturas no planeadas”.²⁶

2.3.1 Generalidades o descripción del MPT.

El MPT permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. En concreto el mantenimiento productivo total es definido por Slack como “el mantenimiento productivo realizado por todos los empleados a través de un pequeño conjunto de actividades.”²⁷

Donde mantenimiento productivo es:

La administración del mantenimiento que organiza la importancia de la confiabilidad, el mantenimiento y la eficiencia económica del diseño de la planta.

“Los cinco objetivos del MPT.

El MPT intenta establecer una buena práctica de mantenimiento en las operaciones mediante el logro de cinco objetivos:

1.- Mejorar la efectividad del equipo. Examina como contribuyen las instalaciones a la efectividad de la operación estudiando las pérdidas ocurridas.

²⁶ Slack, Nigel, *et al.*, *Administración de operaciones*, 4a ed., trad. Marcia González Osuna, México, D.F., CECSA Compañía editorial continental S.A. de C.V., 2001, p. 558.

²⁷ *Ibidem*, p.744.

Las pérdidas de efectividad se pueden deber a pérdidas por descomposturas, rapidez o defectos.

2.- Lograr un mantenimiento autónomo. Permite al personal que opera o usa el equipo de responsabilizarse de al menos parte del mantenimiento. También promueve que el personal de mantenimiento sea responsable de mejorar el desempeño del mantenimiento. Murata y Harrison, basados en el trabajo de baterías Yuasa, propone tres niveles de responsabilidad del personal:

- Nivel de reparación: el personal sigue instrucciones pero no predice el futuro, sólo reacciona a los problemas.
- Nivel preventivo: el personal predice el futuro y realiza acciones correctivas.
- Nivel de mejoras: el personal anticipa problemas para predecir el futuro; realiza acciones correctivas y propone mejoras para prevenir la recurrencia.

3.- Planear el mantenimiento. Es un enfoque trazado para todas las actividades de mantenimiento. Debe incluir el nivel de mantenimiento preventivo que requiere cada equipo, los estándares del mantenimiento según su condición y las responsabilidades respectivas del personal de operación y mantenimiento, como se muestra en la tabla 2.6.

TABLA 2.6 Papel y responsabilidades del personal operativo en MPT.

	Personal de mantenimiento.	Personal de Operación.
Papel	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar... • Acciones preventivas. • Servicio de reparación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar... • Propiedad de instalaciones. • Cuidado de instalaciones.
Responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar operadores • Diseñar prácticas de mantenimiento. • Resolver problemas. • Evaluar prácticas de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Corregir operación. • Mantenimiento preventivo rutinario. • Mantenimiento según condición rutinaria. • Detección de problemas.

4.- Capacitar a todo el personal en habilidades relevantes de mantenimiento. Las responsabilidades enumeradas en la tabla 2.5 requieren que el personal tanto de mantenimiento como de operación tenga las habilidades necesarias. MPT hace hincapié en la capacitación adecuada y continua. En las siguientes fotografías se muestra una de las actividades de mantenimiento preventivo ejecutada por el jefe de operaciones de la empresa Concretos de Alta Tecnología, S.A. de C.V. en Altamira, Tamaulipas.

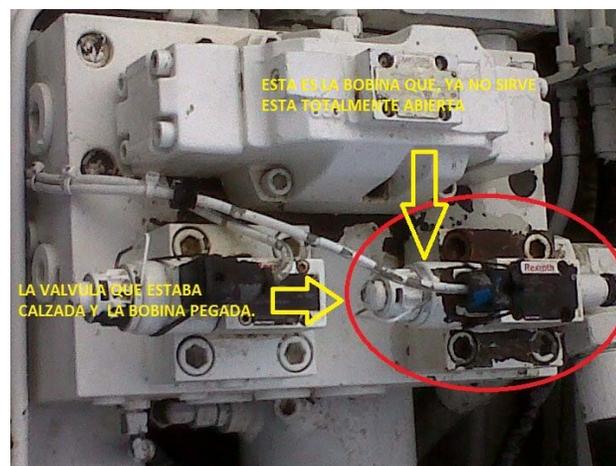


Diagrama preventivo del estado de una electroválvula del sistema de bombeo de un camión bomba para concreto.



Señalamiento en la caja de control de bombeo externo, de la bomba pluma.

5.- Lograr la administración del equipo. Esta meta va dirigida a evitar de alguna manera todo el mantenimiento mediante la prevención del mantenimiento. Nigel comenta su obra que “Éste incluye estudiar las causas de las fallas y los aspectos del mantenimiento del equipo durante su diseño, manufactura, instalación y operación.” ²⁸

MPT busca:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de MPT.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el MPT a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.
- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.

De acuerdo a su obra, el autor Francisco Rey establece los siguientes objetivos del MPT:

“Objetivos estratégicos.

El proceso MPT ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad

²⁸ Ídem.

de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

Objetivos operativos.

El MPT tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

Objetivos organizativos.

El MPT busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.”²⁹

Características del MPT:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Amplia participación de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a mejorar la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

²⁹ Rey Sacristán, Francisco, *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*, Madrid, España, FC Editorial, 2001, p.58.

Beneficios del MPT.

Organizativos.

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
- Redes de comunicación eficaces.

Seguridad.

- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Entender el por qué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

Petróleos mexicanos es una de las empresas en el país que es líder en seguridad industrial y como se muestra en la siguiente fotografía, personal de Pemex de la refinería en el estado de Nuevo León, poniendo en práctica y mostrando a estudiantes alemanes la normatividad en seguridad de la planta.



Personal de Pemex de la refinería en el estado de Nuevo León poniendo en práctica la normatividad de seguridad en sus instalaciones.

Productividad.

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por cambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica

Pilares del MPT.

Los pilares o procesos fundamentales del MPT sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del MPT en una organización son los que se indican a continuación:

Pilar 1: Mejoras Enfocadas (Kaizen)

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global del equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

Los objetivos fundamentales del mantenimiento autónomo son:

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.
- Mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares se evite el deterioro del equipo.
- Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador.
- Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno.
- Mejorar la seguridad en el trabajo.
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.
- Mejora de la moral en el trabajo.

Pilar 3: Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen).

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial. El mantenimiento planificado que se practica en numerosas empresas presenta entre otras las siguientes limitaciones:

- No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo. Los tiempos son establecidos de acuerdo a la experiencia, recomendaciones de fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico y sin el apoyo en datos e información histórica sobre el comportamiento pasado.

- Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado. Este deterioro afecta la dispersión de la distribución (estadística) de fallos, imposibilitando la identificación de un comportamiento regular del fallo y con el que se debería establecer el plan de mantenimiento preventivo.

- A los equipos y sistemas se les da un tratamiento similar desde el punto de vista de la definición de las rutinas de preventivo, sin importan su criticidad, riesgo, efecto en la calidad, grado de dificultad para conseguir el recambio o repuesto, etc.

- Es poco frecuente que los departamentos de mantenimiento cuenten con estándares especializados para la realizar su trabajo técnico. La práctica habitual consiste en imprimir la orden de trabajo con algunas asignaciones que no indican el detalle del tipo de acción a realizar.

Pilar 4: Educación y formación.

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares MPT y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

Pilar 5: Mantenimiento temprano.

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, la manufactura versátil, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos, son factores extremadamente críticos.

Pilar 6: Mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen).

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

Mantenimiento de calidad es...

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentra dentro de los estándares técnicos.
- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anomalía potencial.

- Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

Pilar 7: Mantenimiento en áreas administrativas.

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

Pilar 9: Especiales (Monotsukuri).

Este pilar tiene como propósito mejorar la flexibilidad de la planta, implantar tecnología de aplazamiento, nivelar flujo, aplicar Justo a Tiempo y otras tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

2.3.2 Pasos para la implantación de MPT.

La clave del éxito de todo sistema de mantenimiento productivo es su implantación puesto que junto a otros factores, se cubre la necesidad de contar con sólidos sistemas de producción. El autor William Hodson plasma en su obra los siguientes pasos:

Paso 1: Comunicar el compromiso de la alta gerencia para introducir el MPT. Se debe hacer una declaración del ejecutivo de más alto rango en la cual exprese que se tomo la resolución de implantar MPT en la empresa.

Paso 2: Campaña educacional introductoria para el MPT. Para esto se requiere de la impartición de varios cursos de MPT en los diversos niveles de la empresa.

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

Paso 4: Fijar políticas básicas y objetivos. Las metas deben ser por escrito en documentos que mencionen que el MPT será implantado como un medio para alcanzar las metas. Primero se debe decidir sobre el año en el que la empresa se someterá a auditoria interna o externa. Fijar una meta numérica que debe ser alcanzada para cada categoría en ese año.

Paso 5: Diseñar el plan maestro de MPT. La mejor forma es de una manera lenta y permanente Se tiene que planear desde la implantación hasta alcanzar la certificación (Premio a la excelencia de MPT).

*Paso 6: Lanzamiento introductorio .*Involucra personalmente a las personas de nivel alto y medio, quienes trabajan en establecer los ajustes para el lanzamiento, ya que este día es cuando será lanzado MPT con la participación de todo el personal.

Paso 7: Mejoramiento de la efectividad del equipo. En este paso se eliminaran las 6 grandes pérdidas consideradas por el MPT como son:

1. Pérdidas por fallas: Son causadas por defectos en los equipos que requieren de alguna clase de reparación. Estas pérdidas consisten de

tiempos muertos y los costos de las partes y mano de obra requerida para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto causado.

2. Pérdidas de cambio de modelo y de ajuste: Son causadas por cambios en las condiciones de operación, como el empezar una corrida de producción, el empezar un nuevo turno de trabajadores. Estas pérdidas consisten de tiempo muerto, cambio de moldes o herramientas, calentamiento y ajustes de las máquinas. Su magnitud también se mide por el tiempo muerto.
3. Pérdidas debido a paros menores: Son causadas por interrupciones a las máquinas, atoramientos o tiempo de espera.
4. Pérdidas de velocidad: Son causadas por reducción de la velocidad de operación, debido que a velocidades más altas, ocurren defectos de calidad y paros menores frecuentemente.
5. Pérdidas de defectos de calidad y retrabajos: Son productos que están fuera de las especificaciones o defectuosos, producidos durante operaciones normales, estos productos, tienen que ser retrabajados o eliminados. Las pérdidas consisten en el trabajo requerido para componer el defecto o el costo del material desperdiciado.
6. Pérdidas de rendimiento: Son causadas por materiales desperdiciados o sin utilizar y son ejemplificadas por la cantidad de materiales regresados, tirados o de desecho.

Paso 8: *Establecimiento de un programa autónomo para los operadores.* El mantenimiento autónomo requiere que los operadores entiendan o conozcan su equipo, por lo que se requiere de 3 habilidades:

- Un claro entendimiento del criterio para juzgar condiciones normales y anormales.
- Un estricto esfuerzo para mantener las condiciones del equipo.
- Una rápida respuesta a las anomalías (habilidad para reparar y restaurar las condiciones del equipo).

Paso 9: *Preparación de un calendario para el programa de mantenimiento.* El propósito del programa es mejorar las funciones de: conservación, prevención, predicción, corrección y mejoramiento tecnológico

Paso 10: *Dirigir el entrenamiento para mejorar la operación y las habilidades del mantenimiento.* El entrenamiento consiste en los siguientes temas:

- Técnicas de diagnóstico en general.
- Técnicas de diagnóstico para equipo básico.
- Teoría de vibración.
- Reglas de inspección general.
- Lubricación.

Paso 11: *Desarrollo de un programa inicial para la administración del equipo.* El cual tendrá como objetivos:

- Garantizar al 100% la calidad del producto.
- Garantizar el costo previsto inicial y de operación.
- Garantizar operatividad y eficiencia planeada del equipo.

Paso 12: *Implantar completamente y apoyar los objetivos.* Empleando las siguientes fases de implantación:

- Planeación y reparación de la implantación de MPT.
- Instalación piloto.

- Instalación a toda la planta.³⁰

Concepto de productividad total efectiva de los equipos (PTEE).

La PTEE es una medida de la productividad real de los equipos. Esta medida se obtiene multiplicando los siguientes indicadores:

$$\text{PTEE} = \text{AE} \times \text{OEE}$$

AE-Aprovechamiento del equipo.

Se trata de una medida que indica la cantidad del tiempo calendario utilizado por los equipos. El AE está más relacionado con decisiones directivas sobre uso del tiempo calendario disponible que con el funcionamiento en sí del equipo. Esta medida es sensible al tiempo que habría podido funcionar el equipo, pero por diversos motivos los equipos no se programaron para producir el 100 % del tiempo.

Para calcular el AE se pueden aplicar los pasos que se detallan a continuación.

1. Establecer el tiempo base de cálculo o tiempo calendario (TC). Es frecuente en empresas de manufactura tomar la base de cálculo 1440 minutos o 24 horas. Para empresas de procesos continuos que realizan inspección de planta anual, consideran el tiempo calendario como (365 días * 24 horas).

³⁰ K. Hodson, William., *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. 4ta ed., México, D.F., editorial Mac Graw Hill, 2001, t.I, p. 105.

2. Obtener el tiempo total no programado. Si una empresa trabaja únicamente dos turnos (16 horas), el tiempo de funcionamiento no programado en un mes será de 240 horas.
3. Obtener el tiempo de paros planeados. Se suma el tiempo utilizado para realizar acciones preventivas de mantenimiento, descansos, reuniones programadas con operarios, reuniones de mejora continua, etc.
4. Calcular el tiempo de funcionamiento (TF). Es el total de tiempo que se espera que el equipo o planta opere. Se obtiene restando del TC, el tiempo destinado a mantenimiento planificado y tiempo total no programado.

TF= Tiempo calendario – (Tiempo total no programado + Tiempo de paros planeados).

$$AE = (TF/TC) \times 100.$$

Y representa el porcentaje del tiempo calendario que realmente se utiliza para producir y se expresa en porcentaje.

OEE- Efectividad Global del Equipo (Overall Equipment Effectiveness).

Esta medida evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. La OEE está fuertemente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando.

Este indicador muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo, posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Cabe recalcar que estos indicadores se manejan de forma diaria, por lo que los datos de paros planeados y los paros no

programados varían con los utilizados en el AE y está compuesto por los siguientes tres factores:

- Disponibilidad: Mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros no programados.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo neto disponible}}$$

En donde:

Tiempo neto disponible = Tiempo extra + Tiempo total programado + Tiempo de paro permitido.

Tiempo operativo = Tiempo neto disponible – Tiempo de paros de línea

- Eficiencia: Mide las pérdidas causadas por el mal funcionamiento del equipo, el no funcionamiento en velocidad y rendimiento original esta determinado por el fabricante y diseño del equipo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo tacto} \text{ (Piezas producidas)}}{\text{Tiempo operativo}}$$

En donde:

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Tiempo neto total diario}}{\text{Demanda total diaria}}$$

- Calidad a la primera (FTT): Estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde, ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos, no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

$$FTT = \frac{(\text{Partes producidas}) - (\text{Total de partes defectivas})}{\text{Partes producidas}}$$

En donde:

Total de partes defectivas: Piezas defectuosas + retrabajos o recuperaciones. En la figura 2.9 se muestra el esquema de los indicadores de MPT antes mencionados.

El cálculo de la OEE se obtiene multiplicando los anteriores tres términos expresados en porcentaje.

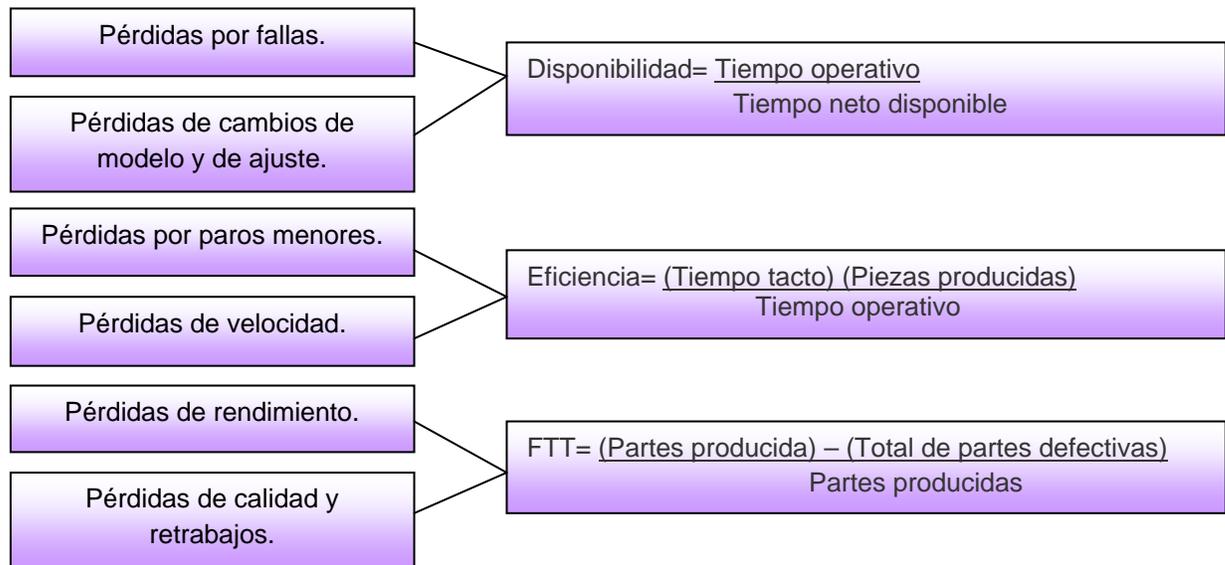
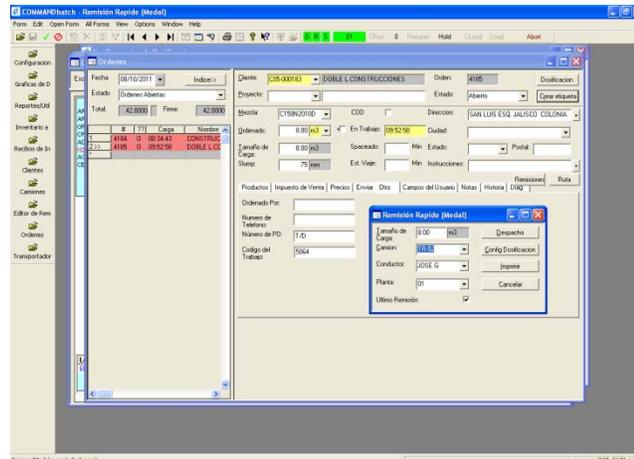


FIGURA 2.9 Indicadores de MPT.

Las fotografías que a continuación se presentan pertenecen a la industria concretera en específico a la planta del Grupo comercial CRUZ AZUL AMORI CONCRETOS, S.A. de C.V. y Concretos de Alta Tecnología, S.A. de C.V. en Altamira, Tamaulipas, mostrándose en ella el programa y gráficas de dosificación para el producto principal en cuanto a composición de valores de arena, grava, agua, etc.

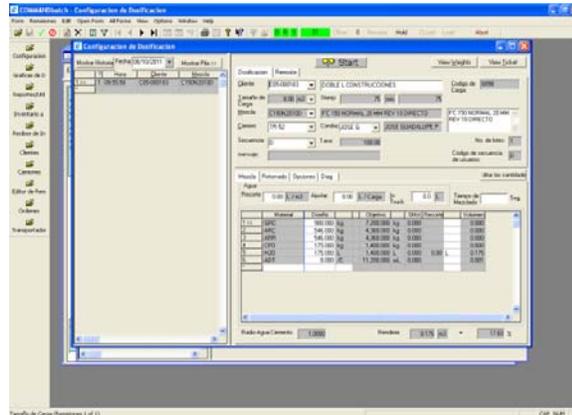
Es decir se muestra la implementación en la empresa de un sistema controlado y administrado con el objetivo de cumplir con los requisitos óptimos del concreto a las exigencias mercado, el sistema operativo que se utiliza es el COMMAND ALKON, este sistema cuenta entre otras cosas con una interfaz con un programa administrativo llamado SAP BUSSINES.



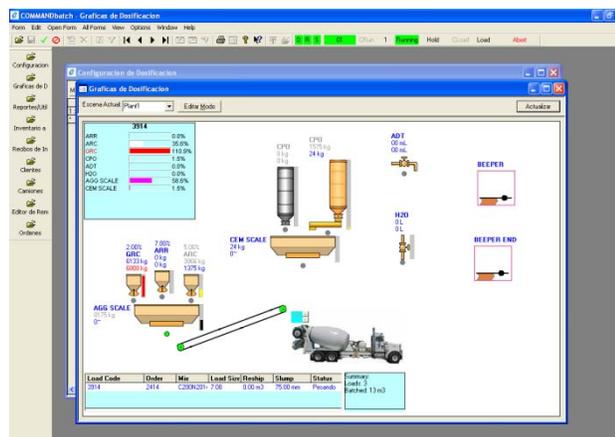
Configuración de una orden de concreto, establecida dentro del Command Alkon.

Operativamente este sistema permite optimizar y eliminar casi al 100% el error humano gracias a su automatización para la producción de concreto, esta función es sumamente sencilla; solamente se requiere una orden para dar de alta en el sistema se realiza una configuración automática y el sistema empieza el proceso desde la pesada de agregados, hasta finalizar la descarga en la olla revoladora.

En cuanto a el MPT, el sistema de automatización permite estar al tanto de kilometrajes como de horas recorridas y trabajadas respectivamente, y de la vigencia de las tarjetas de circulación y licencia de los operadores, los reportes que se obtienen del Command alkon son un pilar para la elaboración de los indicadores de operaciones.



Configuración de la dosificación de agregados que evitan el desperdicio y errores en proceso productivo.



Sistema grafico de dosificación que permite la visualización de la evolución del proceso,

2.3.3 Guía para aumentar la eficiencia operacional del MPT.

“Los siguientes puntos en la aplicación del MPT son:

- Poner en marcha un sistema de medición estricto y en tiempo real de la productividad en planta.

- Crear equipos en áreas piloto previamente seleccionadas, que trabajen en la eliminación o disminución de las causas de pérdida de productividad.
- Establecer un sistema de gestión del mantenimiento lo más eficaz y eficiente posible, y siempre con miras hacia la productividad.
- Aplicar las diferentes técnicas de mejora de la productividad (las 5 S, el SMED, la fabricación visual, los Poka-Yoke, etc). Siempre con un análisis previo del potencial de mejora ligado a cada técnica.
- El objetivo del MPT no busca demostrar que puntualmente se puede conseguir un determinado porcentaje de productividad, su objetivo es lograr productividades medias sostenidas, por lo cual se requiere de apoyo especializado.
- Por último solo queda dejar implementado en la empresa un sistema de gestión de la producción en la planta que sea eficaz y que facilite una mejora continua en el tiempo, tanto a corto como a largo plazo. ³¹

La técnica del MPT refleja en un único esquema mostrado en la figura 2.10, que el objetivo que persigue, es atacar los problemas existentes y las técnicas que utiliza.

³¹ Broda, Andres, *et al.*, *Organización y control de la producción, Envases plásticos para aceite*, Argentina, Universidad Autónoma del Rosario, Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura, 1997, p.6.

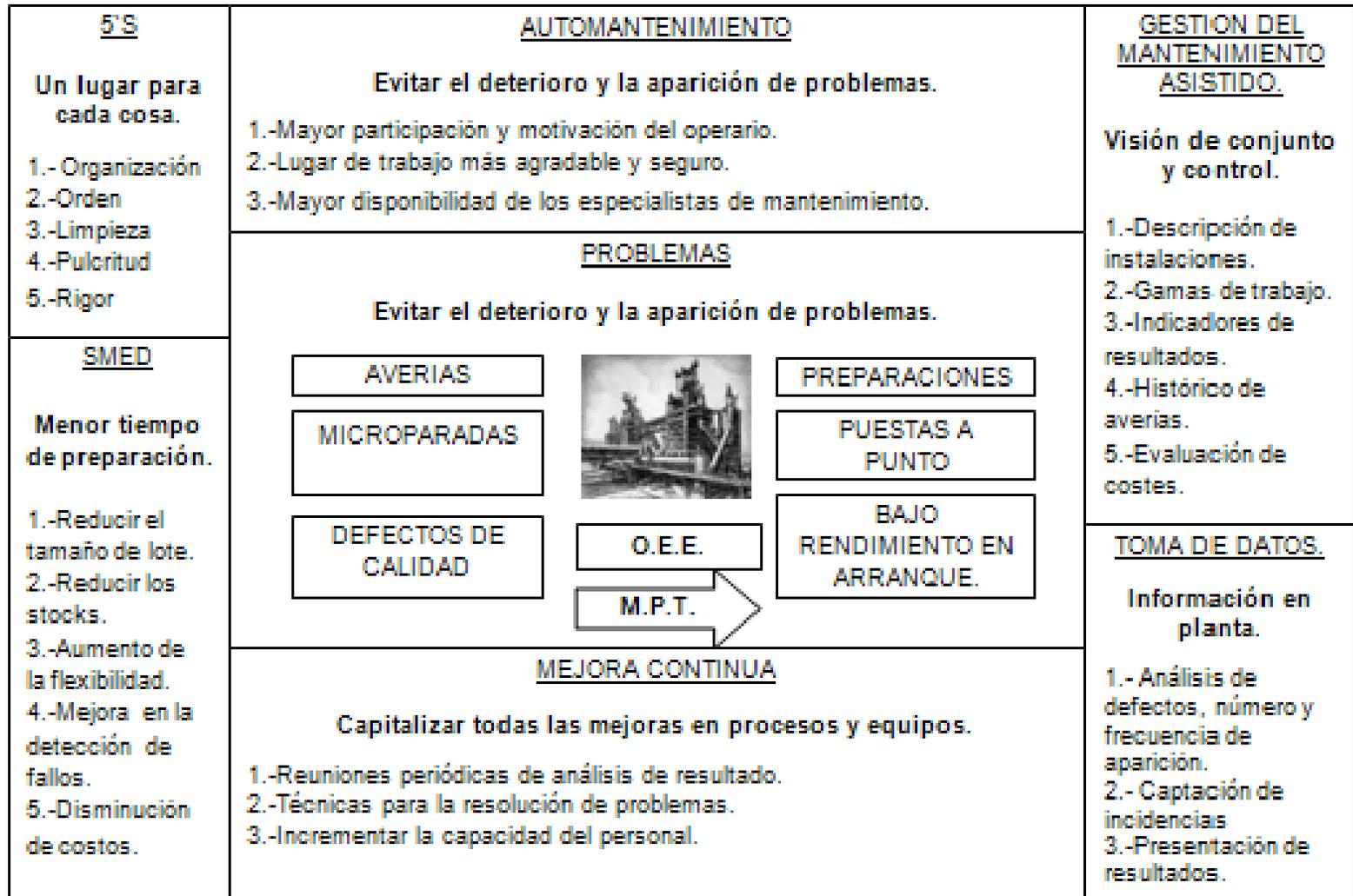


FIGURA 2.10 Esquema del MPT.

Una de las claves para la puesta en marcha del MPT en forma exitosa es que la dirección comunique el motivo del cambio estratégico que se inicia en los centros productivos con tanta claridad y en una forma que logre el interés en un principio y un compromiso total en todos los niveles para llevar a cabo esta estrategia. Se debe crear el suficiente entusiasmo para lograr que la puesta en práctica del MPT sea una verdadera cruzada contra todo lo que sea despilfarro en la organización. Sin embargo, no existe o es imposible contar con un menú de trayectorias para implantar con éxito la estrategia MPT en compañías occidentales. Los pasos sugeridos por el JIPM deben ser tomados como pautas concretas para abordar el trabajo. La implantación del MPT en empresas con carácter latino es la menos estudiada; la mejor evidencia de lo que se debe hacer o no se debe hacer proviene de las experiencias reportadas y de las lecciones aprendidas por los directivos y de las compañías.

A continuación no se busca establecer una lista de verificación, sino resumir algunos de los puntos que se deben tener en cuenta en la reflexión para el inicio de una estrategia como MPT.

Diseñar una organización con los componentes, capacidades y recursos para llevar a cabo la estrategia. El equipo directivo de un centro productivo forma el comité MPT. Cada directivo o pequeños grupos de directivos constituyen el equipo líder de cada pilar MPT. El objetivo consiste en involucrar a todos los directivos en la dirección de las acciones MPT. La coordinación de estos equipos la realiza la dirección superior del centro productivo. El segundo elemento organizativo es la coordinación. No es aconsejable asignar el proyecto a una sola persona de la empresa, especialmente con la interpretación de "responsable". Esta figura de un diseño organizativo deficiente puede conducir a dificultades en la realización de la estrategia MPT. Una tercera figura organizativa son los,

equipos de trabajo a nivel operativo. Estos equipos son los responsables de ejecutar numerosas acciones MPT.

- Asignar presupuestos para el desarrollo de la estrategia MPT. Implantar MPT implica realizar acciones que requieren inversiones. Es posible que la más significativa tiene que ver con la recuperación del deterioro acumulado de los equipos de las instalaciones industriales. Si se pretende mejorar el nivel de productividad de una planta, es necesario mejorar la gestión de los equipos, mejorar el mantenimiento preventivo y esto exige inversiones que se recuperarán posteriormente con los mejores niveles de productividad y utilización de los equipos. Otro factor es la formación técnica de los niveles operativos y la mejora de la capacidad de gestión de los mandos medios y encargados.
- Establecer políticas y procedimientos que respalden la implantación del MPT. Las acciones MPT requieren de un sistema de gestión que estimule la mejora continua y la responsabilidad de los integrantes de la organización por los procesos productivos. Es necesario establecer las "reglas del juego" como objetivos específicos, índices de gestión, sistemas de control de las rutinas y todo aquello que ayude a mejorar el management de las operaciones industriales.
- El modelo de control es fundamental. Es necesario implicar a toda la organización en las acciones de "autocontrol"; un buen diseño de sistemas de control de una estrategia MPT debe contemplar la utilización de mecanismos de gestión visual, auditorias de progreso por etapa en cada uno de los pilares y la aplicación permanente del Ciclo Deming como principio de las acciones de mejora permanente.

- Desarrollar sistemas de comunicación eficaces que permitan que el personal de la compañía pueda realizar su trabajo "alineado" a los objetivos de la empresa. El MPT se apoya en modelos de comunicación informales como encuentros, jornadas internas, comunicación visual entre otros, como medios para mantener el entusiasmo de los trabajadores con los objetivos establecidos. Un buen ejemplo son las reuniones de trabajadores en los empalmes de turnos en una fábrica para comentar logros, plan de trabajo de acciones MPT y problemas rutinarios. El sistema de dirección conocido como DPP (Dirección por políticas) será de gran ayuda para lograr una base excelente de comunicación funcional e interfuncional.
- Cerrar el ciclo de gestión con la evaluación del desempeño, reconocimiento y programas de motivación. Es necesario reconocer los logros, siguiendo los mecanismos actuales o nuevos diseñados específicamente para el MPT. Una buena ejecución de las acciones MPT deben tener un reconocimiento por parte de la dirección y de todos los integrantes de la empresa. Es necesario contar con un plan específico para este punto.
- Crear un ambiente de trabajo participativo y de capacidad para resolver problemas en forma autónoma. Una cultura de "creer en la capacidad del trabajador" ayudará a introducir acciones autónomas presentes en el MPT como en el mantenimiento autónomo. Esto exige que la dirección promueva la formación permanente del trabajador y la asignación gradual de responsabilidades mayores. El directivo debe mejorar su capacidad de asumir riesgo controlado, ya que la urgencia de controlar todas las acciones, ya sea por desconfianza o estilo de gestión, imposibilita el desarrollo de nuevas capacidades latentes en el trabajador. Otro aspecto a tener en cuenta en los factores culturales es la necesidad de ir eliminando progresivamente la interpretación existente en la empresa de la división del trabajo entre mantenimiento y producción. El viejo principio "yo opero y tu

reparas" es necesario erradicarlo de una empresa industrial. Esta es una responsabilidad de los líderes de las diferentes áreas funcionales.

Ejercer liderazgo para impulsar la puesta en práctica. La continúa comunicación personal de los líderes con los integrantes de los equipos, la energía permanente de valorar avances, las señales coherentes que se envían a los niveles operativos son fundamentales para mantener el entusiasmo en las personas. Es necesario comprender la existencia de la estrategia dual un directivo: debe dirigir, esto es, lograr los objetivos de la empresa y también, debe liderar o transformar la empresa simultáneamente. Existen numerosos directivos que logran resultados cada año, sin embargo, no logran renovar la capacidad competitiva de la empresa. Para el éxito del MPT se requiere una alta dosis de aplicación de esta estrategia dual de líder y directivo.

2.3.4 EI MPT en la manufactura esbelta.

MPT es una disciplina que comprende los ingredientes claves del Sistema Toyota de Producción, ahora conocido como Manufactura Esbelta, tales como:

- Participación Total.
- Dar poder a los trabajadores.
- Ambiente de liderazgo.
- Mejoramiento continuo.
- Desarrollo del sentido de propiedad.
- Confiabilidad aumentada.

Una vez que un buen programa de MPT Mantenimiento Productivo Total toma lugar, los beneficios comienzan a fluir hacia toda la organización. Es el momento en que toda la gente comienza a apoyar el sistema. Los participantes se

sienten animados y se acostumbran a compartir sus ideas, confiados en la nueva actitud de "disposición a escuchar" de todo el equipo de trabajo.

2.3.5 Problemas en la optimización del MPT.

El MPT es una de las filosofías de mejora de mantenimiento orientales más populares que podemos encontrar en la actualidad, puesto que los cambios que genera en una empresa que lo implementa de la forma adecuada, son muy profundos y conllevan constantemente a desarrollos y escalonamientos en mejora de procesos, de calidad, de tiempos de entrega, trabajo en equipo y productividad entre otras, además de rebajar sustancialmente los costos de mantenimiento, producción, inventarios, paros inesperados y muchos otros procesos más.

El MPT es un nuevo esquema de trabajo de mejoramiento productivo que se debe contemplar en su origen más profundo: el filosófico y cultural. Es verdad que el MPT en gran parte aplica las metodologías de calidad desarrolladas por el ejército estadounidense en el Japón de la posguerra, pero poco se sabe que la causa de su asombroso auge en la industria japonesa fue gracias a la fusión cultura-método que este tuvo en dicha sociedad.

Es por esta razón que uno de los principales objetivos a tener en cuenta en la implementación del MPT en una industria occidental, debe ser el enfoque en el cambio cultural del personal de la compañía, de manera que haciéndolos cada vez más participes del proceso tanto productivo como relacional se apersonen de su trabajo y puedan ser parte de la solución y no del problema. Con este tema dominado, lo que viene en adelante es fácilmente asimilado, mientras que en el caso contrario, es donde se comienzan a generar inconvenientes e inconformidades que pueden demorar y poner en riesgo el éxito en la implementación del MPT.

De igual manera, se pueden encontrar variados obstáculos para una buena implantación del MPT, entre los cuales se tienen:

- Falta de planeamiento y estrategias de desarrollo.
- Necesidad de resultados inmediatos, que pueden acarrear en pasar por alto pasos importantes.
- No tener una base firme en cuanto a metodologías de mejoramiento.
- Sindicatos fuertes y problemáticos.
- Plantas de producción separadas geográficamente.
- Sistemas de producción incompatibles.
- Inconformidad por el crecimiento de tareas del personal de producción, que antes hacía mantenimiento.

2.3.6 Ahorro de las empresas con las mejoras implementadas del MPT.

La paciencia y el compromiso para desarrollar un programa de MPT son banderas a seguir para tener éxito en su gestión, y por ende obtener beneficios como el ahorro empresarial gracias al sistema de mantenimiento, para esto es necesario no salirse de los presupuestos de producción

En la obra de economía para la toma de decisiones, el autor Héctor Viscencio habla acerca del presupuesto de producción mencionando que “Una implicación de este hecho es que las personas dedicadas a la producción necesitan disponer de un presupuesto para la adquisición de insumos. Las cantidades máximas de insumos que un productor puede adquirir dependen de los precios de los insumos y del presupuesto total que se dedique para el proceso de producción”³², lo que nos lleva a establecer que no se debe salirse del presupuesto de producción por causa del desperdicio o errores cometidos en procesos productivos.

³² Viscencio, Héctor, *Economía para la toma de decisiones*, México, D.F. Editorial Thomson, 2002, p.194.

Uno de los objetivos de las empresas es llegar al nivel máximo de rentabilidad, compitiendo a la par con empresas y proyectarse a nivel mundial y como señala el autor Samuelson Nordhaus, "El ingreso, el consumo y el ahorro se vinculan estrechamente, por eso se dice que el ahorro empresarial es la parte del ingreso disponible que no se consume; el ahorro es igual al ingreso menos el consumo"³³, por esa razón tomando en cuenta el ámbito del manteniendo de las organizaciones, ya que se puede aportar mucho siendo que un mejor mantenimiento implica no sólo reducir los costos de reparaciones y los costos por improductividades debido a tiempos ociosos, sino también elimina la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y terminados destinados a servir de "colchón" ante las averías producidas.

El MPT se debe argumentar con cifras, con reducción de costos y con mejoras visibles, es por esto que la organización debe entenderlo como una inversión reflejada en el ahorro y que ayudará a:

1. Mejorar su proceso productivo.
2. Los recursos económicos con la reducción en averías.
3. Optimización de las materias primas.
4. Seguridad para sus empleados.
5. Correcta gestión de equipos.

Por supuesto que un mejor mantenimiento alarga la vida útil del equipo, así que también permite un mejor precio de reventa, logrando obtener mas rentabilidad en el momento en que la empresa decida vender un equipo o maquinaria, ya que esta tendrá un buen valor en el mercado por que estará en

³³ Nordhaus, Samuelson, *Economía*, 8va. ed., trad. de María Guadalupe Cevallos Almada y Virgilio Hernández Pozo, México, D.F., Mc Graw Hill, 1999, p. 432.

óptimas condiciones gracias al mantenimiento que se le ofreció mientras estuvo dentro de la organización. Por estos motivos presentados, es más que suficiente para considerar muy seriamente su implantación:

- Por un lado se tienen las averías y tiempos de preparación que ocasionan tiempos muertos o de vacío.
- En segundo término tenemos a, el funcionamiento a velocidad reducida y los tiempos en vacío, todo lo cual genera pérdidas de velocidad del proceso.
- Y por último tenemos las pérdidas por productos y procesos defectuosos ocasionados por los defectos de calidad y repetición del trabajo.

Datos cuantitativos en ahorro del MPT.

Costo de implementar el MPT.

Con frecuencia se pregunta cuál será el costo típico de implementar MPT. Desde 1987 y en particular en consultorías de cientos de plantas desde 1991 indican que el costo inicial puede ser un aumento de 10 a 20% en términos de costo de capacitación y entrenamiento, y de 15% en el costo de mantenimiento durante los primeros dos años. Esto es considerando que la planta logre implementar 10% del total en el primer año y 20% en el segundo. Esta inversión disminuye considerablemente cuando sólo un par de máquinas o equipos se hacen como "proyectos piloto" cuando se persigue solamente cubrir dos o tres equipos y llevar un paso conservador de implementación. Los costos son mínimos y se pueden cubrir con reservas del presupuesto original.

Una de las formas de calcular el impacto, es tomando el equipo más crítico (puede ser entre el 25 y 30% del proceso) y llevarlo a un valor OEE de 85 a 90%. No es conveniente calcular OEE de la planta sino el de los equipos críticos (cuellos de botella). Una forma de calcular ese beneficio es cuando partimos de un

55% (que está dentro de parámetros normales) y lo llevamos as 85-90% y comparamos la capacidad adicional lograda.

Beneficio en las distintas monedas (Dólares, Soles, Pesos, Bolivares).

En ciertos casos no es costeable implementar en toda una planta el mantenimiento ya que el costo de la implementación puede no representar la posibilidad de recuperar lo invertido, dado que hay equipos críticos como por ejemplo aquellos que ya son inservibles u obsoletos. ¿Nos interesará invertir más de mil dólares en reparar el motor y en la pintura de un auto viejo que vale menos que eso aún recién pintado y con el motor reparado? Necesitamos convertir el OEE a dólares (pesos, colones, etc.)

Una manera de hacer esa conversión será analizar el OEE actual y determinar el monto de las pérdidas en las tres componentes: Disponibilidad por ejemplo, si se tiene al 60% y se puede incrementar al 90%, hay que calcular cuántas unidades extras se pueden producir en ese tiempo adicional de disponibilidad. Se toma el caso de que esa disponibilidad reducida en realidad está afectando la productividad y el aumentar la producción nos permite vender más. De no ser así se puede complicar este cálculo, pero es siempre posible.

Evitar gastos innecesarios

Otra forma de ahorro es evitando inversión. Es decir que gracias a la implementación de MPT, se logra extender por tres años la vida útil de las máquinas de fabricar. La inversión de reemplazar cada una de ellas sería de \$30,000 dólares. Se puede calcular el costo del capital que estamos evitando invertir, multiplicado por el tiempo que se esta pudiendo aplazar la compra. Se considera: capital, intereses y la pérdida de otras oportunidades de usar ese capital. Si se puede obtener más producción con nuestros recursos actuales, eso

hace que la utilidad por cada dólar invertido sea mayor y el costo de servicio del capital (intereses) ha disminuido

2.3.7 Casos de empresas que han aplicado el MPT.

Gracias a la evolución del mercado y a las nuevas exigencias en la calidad, productividad y optimización de los procesos, las industrias actualmente necesitan expandir sus negocios, creando mayores fuentes de ingresos y regulando sus gastos de producción, incrementando los estándares de calidad y generando ambientes y espacios de trabajo propicios para elevar la productividad, la competitividad y la calidad tanto de los productos como de las personas.

Procesos de información.

-El flujo de información entre las diversas áreas debe ser fluido, sin obstáculos, tan natural como compartir información dentro de la misma área. Esto garantizará que todas las áreas estén al corriente del estado de equipos en general, y no permitirá la consecución de malentendidos, que provoquen situaciones de inseguridad para el recurso humano, o para los mismos equipos.

Procesos de capacitación.

-El programa de mejoramiento continuo tiene dos grandes ventajas. Por un lado se encuentra el apoyo a la integralidad de la persona, a su educación, a su introducción en la empresa como un ser necesario, productivo, y que es parte esencial de los objetivos que son trazados al principio de cada ciclo (año, mes, trimestre, semestre). En el otro lado, se tendrán personas más capacitadas en la empresa, que afrontarán los problemas de una mejor manera, más eficientemente, y que promocionarán propuestas de mejoramiento tanto de procesos productivos y equipos, como de interrelación interpersonal.

Los grandes resultados del MPT para las empresas se hacen notables en la eliminación de desperdicios, tiempos paros y de cero averías; esto a la vez implica la alta calidad en los procesos y productos, la alta eficacia y alta producción en sus equipos y maquinas, muestra de ello son los siguientes ejemplos de empresas que han sido beneficiadas con la implementación del mantenimiento productivo:

- SKF/MRC Bearing. Esta empresa productora de motores y bombas industriales redujo su tiempo de mantenimiento correctivo no planeado en un 98% en un departamento y en otro alcanzó un 99% en un solo año con la implementación MPT.



SKF, Svenska Kullager Fabriken, operarios de SKF en la fabrica ubicada en el estado de puebla

- Harley- Davidson. Esta famosa empresa fabricante de motocicletas estima haber obtenido un ROI (Retorno de la inversión) de 10:1 sobre los costos de implementación de MPT.



Fabricación del modelo V-Rod de Harley-Davidson es el primero con un motor de inyección

- 3M. Esta empresa redujo su costo de mantenimiento en un 60% al implementar MPT en un periodo de tiempo de tres años.



Presentación del nuevo producto de 3M compañía multinacional dedicada a desarrollar tecnologías de seguridad.

- Texas Instruments. Esta empresa Norteamericana economizó más de seis millones de dólares (USD 6.000.000) en inversiones de capital en solo un año con la aplicación de MPT en su planta de producción.



Trabajador de Texas Instruments en la primera planta de fabricación de chips en China.

Caso práctico de mantenimiento de Mexichem Resinas Vinílicas, S.A. de C.V.

Un caso práctico es el de Mexichem Resinas Vinílicas S.A. de CV que es una de las compañías que componen el grupo químico Mexichem, grupo líder en el sector de químico y petroquímico con más de 50 años en el mercado mundial y 15 plantas alrededor del mundo y líder en la producción de resinas vinílicas a nivel Latino Americano con una producción anual de 750,000 toneladas de resinas de PVC.

La planta de Resinas Vinílicas es una de las 5 plantas que tiene el grupo en el complejo industrial de Altamira, Tamaulipas, México produciendo 290,000 toneladas de PVC anualmente.

El grupo de trabajo en el área de mantenimiento del complejo de Altamira lo integran 9 personas en el staff, y 57 que rotan cubriendo diferentes funciones en mantenimiento. A cargo del Ingeniero de Confiabilidad se encuentran los inspectores de vibraciones, análisis de aceites y termografía, así como 3 técnicos de lubricación y el laboratorio de análisis de aceites. El staff de Mantenimiento de la planta, con una clara visión de propósito para lograr la excelencia ha llevado al

lugar en el cual se encuentra hoy la empresa, con significativos ahorros en repuestos, lubricantes, una alta disponibilidad de los equipos y un equipo humano comprometido.

Al ejecutar los primeros pasos de mantenimiento se conto con un laboratorio interno de análisis de aceites que permitiera mantener un monitoreo permanente del estado funcional de los aceites. Se designo un técnico para hacer los análisis, se le dio el entrenamiento adecuado y se compro el instrumental necesario.



Trabajador de la empresa Mexichem haciendo pruebas de laboratorio para el mantenimiento funcional de aceites.

El análisis de los aceites permitió ir ajustando los periodos de cambio de aceites a sus tiempos óptimos y a identificar aquellos lubricantes que luego de filtrarlos puede continuar en servicio sin problema.

De los 3,300 puntos de lubricación 2,938 son lubricados con grasa, y ante la dificultad de poder analizarlos para ajustar los periodos de cambio y la cantidad se decidió implementar lubricación acústica utilizando equipos de ultrasonido. Los técnicos de lubricación cuentan cada uno con un detector ultrasónico con sus respectivos accesorios para lubricar acústicamente.



Equipo de mantenimiento haciendo ajustes de los periodos de cambio de aceites en tiempos óptimos.



Técnico de Mexichem utilizando un detector ultrasónico para lubricar acústicamente.

Cuando se inició el programa, se identificaron aquellos equipos que históricamente habían presentado problemas relacionados con la lubricación y se colocaron bajo un programa intensivo de análisis por medio de vibraciones y análisis de aceites.

Lograr todos los cambios anteriores no solamente requería invertir en equipos, también se necesitaba hacer un cambio cultural en los responsables a todo nivel de planear y ejecutar los cambios y Mexichem así lo entendió. Sabía que el cambio no se lograría sin un entrenamiento efectivo a todos los niveles y en todas las áreas, y así se integro el entrenamiento como una practica rutinaria.



Aplicación del programa intensivo de análisis por medio de vibraciones y análisis de aceites.

2.4 Control.

El control es una etapa primordial en la administración pues aunque una industria cuente con magníficos planes, una estructura organizacional adecuada y una dirección eficiente, no se podrá conocer la situación real de la organización si no existe un mecanismo que cerciore e informe si los hechos van de acuerdo a los objetivos. Los autores Munch y García definen el control de la siguiente manera: “es la evaluación y medición de la ejecución de los planes, con el fin de detectar y prever desviaciones, para establecer las medidas correctivas necesarias”³⁴.

2.4.1 Principios del control.

La importancia del control radica es que es vital establecer medidas para corregir las actividades, de tal forma que se alcancen los planes exitosamente. Es por ello que la aplicación del mismo se sostiene en los siguientes principios que se encuentran en la obra fundamentos de administración de Munch y García:

³⁴ Munch Galindo, Lourdes y García Martínez, José, *Fundamentos de Administración*, 7a ed., México, D.F., Editorial Trillas, 2006, p.183.

“Equilibrio: A cada grupo debe proporcionársele el grado de control correspondiente. De la misma manera que la autoridad se delega y la responsabilidad se comparte.

De los estándares: Ningún control será válido si no se fundamenta en un estándar a seguir, por tanto es imprescindible establecer modelos, medidas específicas que sirvan de patrón para evaluar.

De la oportunidad: El control para que sea eficaz debe ser oportuno, es decir su aplicación antes del error para ejercer medidas correctivas.

De las desviaciones: Analizar detalladamente aquellas variaciones en relación a los planes para así conocer las causas de origen.

Costeabilidad: Justificación del costo en relación al tiempo y dinero con los resultados esperados.

De excepción: Delimitar adecuadamente las actividades que requieren control.

De la función controlada: La función controladora no debe comprender la función controlada.”³⁵

2.4.2 Técnicas de control.

Una técnica de control es una herramienta de las que se auxilia para efectuar procesos de control o mantenimiento del mismo, se busca que estas brinden información por medio de datos e informes en relación al funcionamiento de un proceso o maquinaria. Munch y García en su libro fundamentos de administración mencionan, “las técnicas de control son los sistemas de información, las gráficas y diagramas, los estudios de métodos, métodos cuantitativos y el control interno”³⁶

³⁵ Ídem

³⁶ Ibídem, p.210.

Las Técnicas de control son las siguientes:

- Sistemas de información.

Son medios para la obtención de datos e informes relativos al funcionamiento de cada una de las actividades de la empresa. Como ejemplo de esta técnica de control se encuentra la contabilidad, auditorías y presupuestos enfocados mayormente a áreas económicas sin embargo los reportes e informes, formas y archivos también optimizan al MPT, brindando un control directo de operaciones y que a continuación se detallan:

A. Informes del control corrientes: Para señalar las desviaciones de la realización planeada según ocurra, de manera que pueda actuarse con prontitud para detener las pérdidas.

B. Formas: Son elementos impresos indispensables para registro de datos en relación a las actividades de producción en este caso, un ejemplo de ello lo podremos ver en Anexo 1, que son formatos de producción y para optimizar el MPT, no se debe de pasar por alto la utilización de un formato en la industria.

- Gráficas y Diagramas.

En la obra del autor Velázquez Mastretta hace la siguiente mención acerca del tema “Las gráficas de control se usan desde 1924, para controlar el rendimiento de la producción, cuando esta este bajo o saliéndose de control”³⁷. Se consideran 3 posibilidades cuando ocurre algo fuera de lo normal: a) La herramienta esta muy desgastada, b) El material es defectuoso y c) Los operarios están trabajando mal. Se llegará a esta conclusión por que la alteración productiva es demasiado grande.

³⁷ Velázquez Mastretta, Gustavo, *Administración de los sistemas de producción*, 6ta ed., México, D.F., Editorial Limusa, 2010, p 252.

Por lo tanto “Las alteraciones que se presentan al azar, las comunes o las mas grandes se determinan en las gráficas mediante limites de control”³⁸.

Las gráficas y diagramas de control son los siguientes:

- A. Diagrama de pareto. Ilustración gráfica de datos mostrando problemas que suceden con mayor frecuencia. El método identifica un 20% de los problemas que causan un 80% de las dificultades.
- B. Diagrama de causa y efecto. Gráfico que muestra las causas de un problema específico, y en un proceso de producción las subcausas que convergen en relación a las personas y otras a la interactividad con las cosas (Maquinaria, materiales, métodos y fuerza laboral).
- C. Histograma. Representación gráfica de barras para resumir e ilustrar variaciones de frecuencia y magnitud de problemas, sirven para investigar la mejora de un proceso.
- D. Diagrama en dispersión. Método de localización de defectos anotando faltas, colocando puntos en donde se producen sobre una imagen del producto. Las agrupaciones densas señalan el área principal del problema.
- E. Grafica de control. Se gráfica la verificación del desempeño de un proceso de producción, tomando muestra de un área y se comprueba para si caen dentro de limites de tolerancia.
- F. Gráfica de Gantt. Gráfico que muestra el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado del proceso de producción.

³⁸ Ibídem, p.253.

G. Diagrama hombre – máquina. Representación gráfica de la secuencia de los tiempos que emplean el hombre y la maquina, con esto se puede determinar la eficiencia de cada uno y maximizarlos.

H. Diagrama bimanual: Muestra todos los movimientos realizados por la mano izquierda y la mano derecha, principalmente estudia operaciones repetitivas y así lograr determinar la relación para que abarquen más detalles.

- Estudio de métodos.

Consiste en el registro, análisis y examen crítico sistemático de los modelos actuales y propuestos de llevar a cabo una tarea, con la finalidad de tratar de encontrar métodos más sencillos y eficaces. Un ejemplo de estos pueden ser:

A. Ingeniería de métodos. Aplicable a cualquier organización con el fin de aumentar la productividad por esa razón cuenta con 3 variantes: diseño de un nuevo centro de trabajo, mejora en un centro de trabajo y buscar el ahorro dentro de la organización.

B. Tiempos y movimientos. Técnica que establece un estándar de tiempo aceptable para realizar una actividad, con base en la medición del contenido del trabajo y consideración de retrasos inevitables.

- Método Cuantitativo.

Técnicas que generalmente se basan en el uso de modelos matemáticos y estadística con el objetivo de tomar optimas decisiones, mediante el registro de datos manipulados y transformados en información.

A. Control estadístico de la calidad. Es un sistema de inspección, análisis y acción aplicado a un proceso, es decir se estudia una parte del producto

manufacturado y se analizan los datos de sus características y así determinar una acción para conservar la calidad.

- B. Muestreo de aceptación por variables o atributos. A través de curvas se puede aceptar o rechazar las características medibles de un producto como sus diámetros, resistencias, composiciones químicas, etc. todo esto dentro de un límite inferior y uno superior.
- C. Curvas características de operación. Es un plan de muestreo que tiene el número de muestra y el número asociado de defectos el cual no puede ser excedido por cada lote producido, la aceptación o no de un lote es revelada por su curva de operación.
- D. Redes de ruta crítica. La planeación de redes es la elaboración de una gráfica de los elementos, las actividades y el tiempo que constituyen un proyecto mostrando las secuencias e interrelaciones necesarias.

- Control interno.

Se refiere a la aplicación de los principios de control a todo el funcionamiento de la industria, sus propósitos básicos son citados de la obra de Munch y García: "a) la obtención de información correcta y segura, b) la protección de los activos de la industria y c) la promoción de la eficiencia en la operación."³⁹

Aplicándolo se busca optimizar el manejo de todos los recursos a través de la disminución de desperdicios, aprovechamiento del tiempo y de establecimiento de políticas de operación adecuadas, comprobación de la información, establecimiento de sistemas de protección contra pérdidas, etc.

2.4.3 Control de producción.

³⁹ Munch Galindo, Lourdes y García Martínez, José, *op cit.*, nota 34, p.213.

Velázquez Mastretta define el control de producción como “la toma de decisiones y acciones que son necesarias para corregir el desarrollo de un proceso de modo que se apegue a un plan trazado”⁴⁰.

El control de producción es sin lugar a dudas una de las armas para mantener optimizado el MPT en su aplicación, ya que al lograr efectuar esto la calidad de producción referida a características de un producto corresponderán realmente a las necesarias para conseguir los resultados esperados. Es bien sabido que la palabra control envuelve las funciones de ver que las normas y planes se lleven a cabo, incluyendo la supervisión, evaluación de resultados y actividades reguladoras dentro de una planta industrial, es por ello que MPT, hace uso del control para confirmar si se esta llevando acabo o no dichas funciones. Así mismo el departamento de control tiene autoridad en ocasiones, para suspender el proceso de producción, y a veces se le confiere autoridad para dictar medidas correctivas.

⁴⁰ Velázquez Mastretta, Gustavo, *op cit.*, nota 37, p. 215.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

3.1 Procesamiento y análisis estadístico de los datos.

En este apartado de la investigación, se presenta la tabulación 3.1 y 3.2 de la variable de control que es el puesto de la persona encuestada y respuestas por pregunta individual del cuestionario, el uso de estas tablas es con el fin de proporcionar un análisis de la información, brindando una visión de la situación actual en las empresas muestreadas.

TABLA 3.1. Tabla de variables de control de las 10 empresas industriales.

Organización de datos por empresa.	
Empresa	Puesto
1.- Bachoco, S.A. de C.V. 	Responsable del Dx. de laboratorio Aviar.
2.- Oxiteno, S.A. de C.V. 	Jefe de almacén y embarque.
3.- Grupo Celanese, S. de R.L. de C.V. 	Operador de planta de aminas.

Continúa tabla 3.1

4.- Industria Química del Istmo, S.A. de C.V. 	Supervisor de producción.
5.- Sales del Istmo, S.A. de C.V. 	Operador de Máquinas.
6.- Praxair, S. de R.L. de C.V. 	Ing. Instrumentista y control
7.- Petroquímica Morelos, S.A. de C.V. 	Especialista técnico en polímeros.
8.- Petroquímica Pajaritos, S.A. de C.V. 	Analista de procesos industriales.
9.- OPC Ingeniería y construcción, S.A. de C.V. 	Superintendente de mantenimiento.
10.- Compañía Peña Sánchez, S.A. de C.V. 	Gerente de tecnologías de la información.

TABLA 3.2. Tabla de respuestas recopiladas por cada pregunta del cuestionario.

<p>1. ¿Tiene conocimiento acerca del sistema aplicable a la industria llamado Mantenimiento productivo total (MPT)?</p> <p>Si : 10 No: 0</p>
<p>2. ¿En su organización se aplica el MPT, al sistema general de producción de la empresa incluyendo equipos, procesos o herramientas de la empresa?</p> <p>Si : 7 No:3</p>
<p>3. ¿Aplican algún otro sistema que busque eliminar las causas de defectos de producción?</p> <p>Si : 10 No: 0</p>

Continúa tabla 3.2

<p>4. En la empresa, se utiliza alguna estrategia de mejora o metodología específica para lograr una aplicación correcta del MPT en los equipos y procesos? Si: 7 No :3</p>
<p>5. Para optimizar la aplicación del MPT, en la empresa, ¿Utilizan alguna técnica de control en procesos y equipos? Si: 6 No:4</p>
<p>6. ¿En que porcentaje considera usted, que tan efectiva es la estrategia o metodología que sigue la empresa, para una correcta aplicación del MPT y así impedir anomalías en el sistema de producción evitando perdidas de tiempo, velocidad y calidad?</p> <p>0 a 40% de efectividad : 2 41 a 70% de efectividad: 3 71 a 100% de efectividad: 5</p>
<p>7. ¿Considera que el no seguir un sistema de mantenimiento de producción adecuadamente en los procesos y procedimientos de la empresa, esta relacionado con algún tipo de perdidas en la organización?</p> <p>Definitivamente si existe una relación : 10 En algunos casos puede o no existir relación : 0 No hay relación alguna : 0</p>
<p>8. ¿En que fase de la implementación del MPT, cree que haya mayor grado o incidencia de errores al ejecutarla?</p> <p>En la preparación del MPT : 2 En la Implantación del MPT : 8 En la evaluación del MPT : 0 En la estandarización : 0</p>
<p>9. ¿Cuál considera que puede llegar a ser un obstáculo en su organización, para poder desarrollar la implementación optima del MPT?.</p> <p>Falta de planeación y estrategias de desarrollo : 4 Necesidad de resultados inmediatos, que pueden acarrear en pasar por alto pasos importantes : 2 No tener una base en cuanto a metodologías de mejoramiento : 1 Sindicatos fuertes y problemáticos : 1 Plantas de producción separadas geográficamente : 0</p>

Continúa tabla 3.2

<p>Sistemas de producción incompatibles : 0 Inconformidad por el crecimiento de tareas del personal de producción, que antes hacia mantenimiento : 1 Otra opinión personal : 1</p>
<p>10. "Se considera que se necesita utilizar técnicas de control para optimizar la aplicación del MPT en procesos y equipos de la organización".</p> <p>De las 10 empresas encuestadas: Respondieron que nada de acuerdo : 1 Algo en desacuerdo : 0 Ni acuerdo, ni desacuerdo : 0 Algo de acuerdo : 5 Completo acuerdo : 4</p>
<p>11. "La forma de aplicar el MPT actualmente en la empresa, sí esta otorgando beneficios o resultados esperados".</p> <p>De las 10 empresas encuestadas: 1 Respondieron que nada de acuerdo. 0 : Algo en desacuerdo. 0 : Ni acuerdo, ni desacuerdo. 5 : Algo de acuerdo. 4 : Completo acuerdo.</p>

El siguiente procesamiento y análisis de datos, para esta trabajo de tesis es una referencia básica y fundamental, puesto que es aquí en donde se puede apreciar gráficamente los datos reales referentes a las empresas medianas y grandes del ramo industrial, en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz.

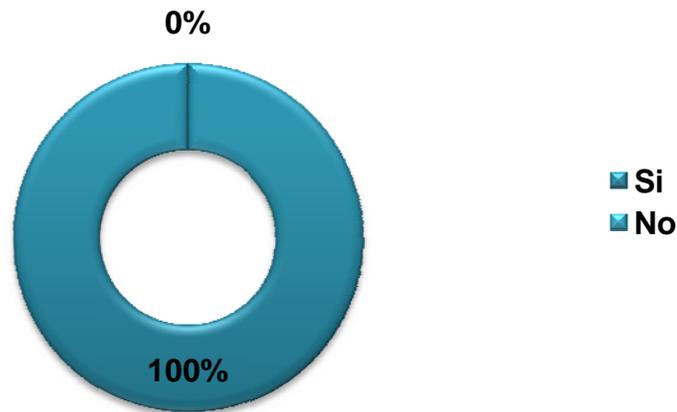


FIGURA 3.1 Trabajadores que tienen conocimiento acerca del MPT.

El primer cuestionamiento que se hizo a los operadores de las 10 empresas seleccionadas, consistía en saber si efectivamente tenían conocimiento acerca del término MPT y a que se refería este mismo. A lo cual como se observa en la figura 3.1 fue importante descubrir que el 100% de las empresas que conformaron la muestra, tuvieron una respuesta positiva, afirmando que tienen conocimiento acerca del mantenimiento antes mencionado.

Con estos resultados se proyecta que las industrias instaladas en Coatzacoalcos, Ver, efectivamente están teniendo un énfasis en la cultura de calidad y mantenimiento en sus trabajadores, lo que los lleva a tener conocimiento acerca de los diferentes tipos de mantenimiento que buscan llegar al objetivo de una producción total.

En definitiva es un buen resultado para la investigación ya que el tema de central de la misma, es optimizar la aplicación del MPT, mas no dar a conocer o proponer dicho sistema.

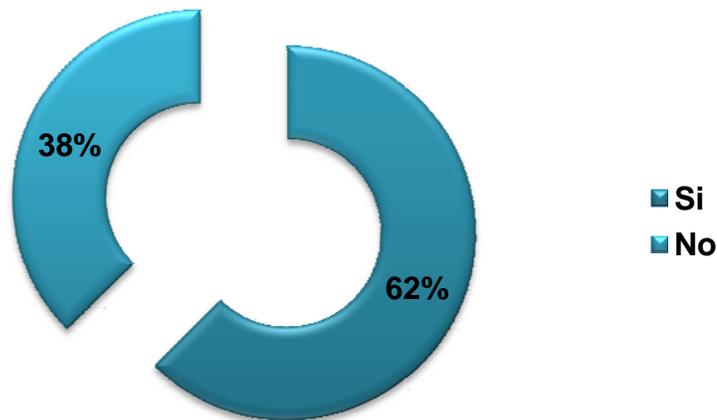


FIGURA 3.2 Empresas que aplican el MPT.

El ser humano ha tenido a lo largo de su evolución y hasta los tiempos actuales ese conjunto de acciones y medidas innatas, para la conservación y funcionamiento de un proceso u objeto, mismas que en la actualidad se les denomina mantenimiento, por ello la siguiente condición fue conocer que organizaciones aplican el MPT a su sistema general de producción.

En la figura 3.2, se observa la gráfica, indicando que el 38% descarta su utilización, mientras que la tendencia marca que el 62% de las empresas efectivamente están aplicando el MPT.

Al entrevistar de manera personal a los operadores de las plantas se determina que siguiendo un camino lógico-racional en el reconocimiento de la importancia del mantenimiento en el proceso productivo, y la preservación de maquinaria bajo control y supervisión, las organizaciones optan por la implementación de distintos tipos de mantenimiento, ya sea individuales o en conjunto en las plantas industriales, por tal motivo la manera de implementación es distinta, muchas veces siendo parcial y no total como debería.

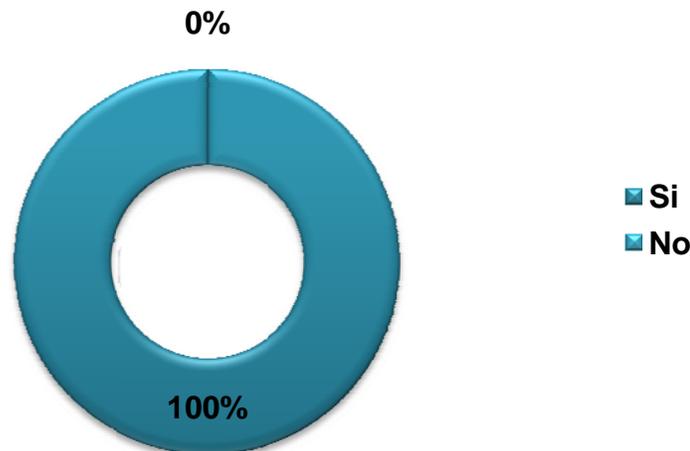


FIGURA 3.3 Aplicación de un sistema de eliminación de defectos.

Las industrias entran en competencia con otras, así que deben de tomar medidas y alternativas para sobresalir, y no hay mejor alternativa que la de calidad. Ejemplo de ello son los corporativos seleccionados en la muestra de estudio, y que están instalados en una de las ciudades más importantes industrialmente hablando como lo es Coatzacoalcos.

Razón por la que era importante saber si las empresas del ramo industrial aplicaban algún sistema de eliminación de defectos en procesos productivos, y en la figura 3.3 se puede interpretar que todas las industrias tienen por lo menos un sistema de eliminación de fallas en producción.

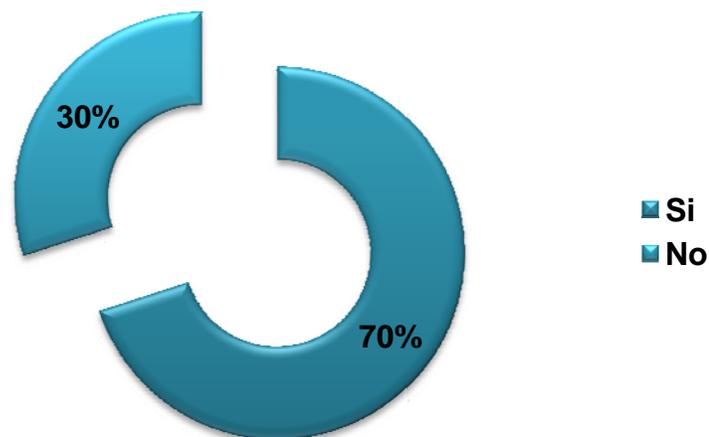


FIGURA 3.4 Estrategia de mejora en el MPT.

La figura 3.4 muestra la gráfica que refleja el porcentaje de industrias que siguen alguna estrategia de mejora para conservar el MPT óptimamente, el 70% de las empresas efectivamente aplican dichas estrategias con el objetivo de prevenir y corregir errores, siendo así que el 30% solamente llevan a cabo programas de mantenimiento productivos. Ejemplo de ello, encontramos que el seguir la normatividad federal en el caso de las industrias alimenticias es esencial, también detectándose que en la industria química los programas de mantenimiento anual, proyectos de mejora, etc. son implementados continuamente.

Cada vez mas las industrias en México buscan posicionarse en el mercado gracias a la alta calidad de sus herramientas, procesos, procedimientos y productos. Es por ello que en nuestro instrumento de medición fue importante cuestionar acerca de la aplicación de alguna otra estrategia que busque perfeccionar las operaciones en plantas.

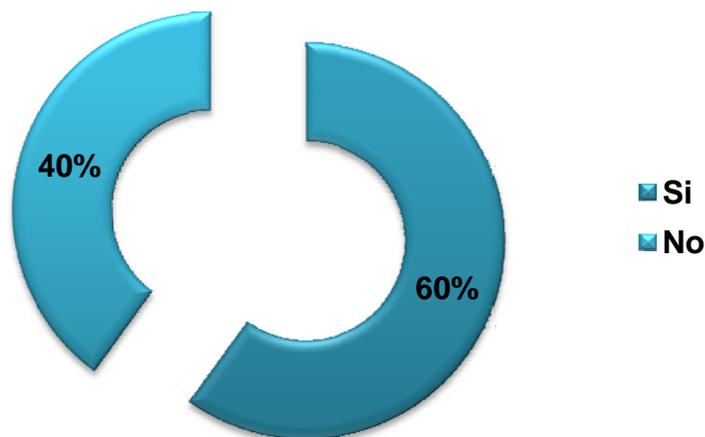


FIGURA 3.5 Técnicas de control usadas en la aplicación del MPT.

Las técnicas de control, de acuerdo a la figura 3.5 pudimos observar que efectivamente un 60% de las industrias pertenecientes a la muestra si aplican al

menos una técnica de control en su mantenimiento, puesto que consideran que una forma de lograr la optimización de un sistema después de implantarlo, se logra mediante su control y supervisión. Sin embargo también se percato que un 40% no utiliza las técnicas de control para monitorear sus mantenimientos y no tienen una manera de preservarlos.

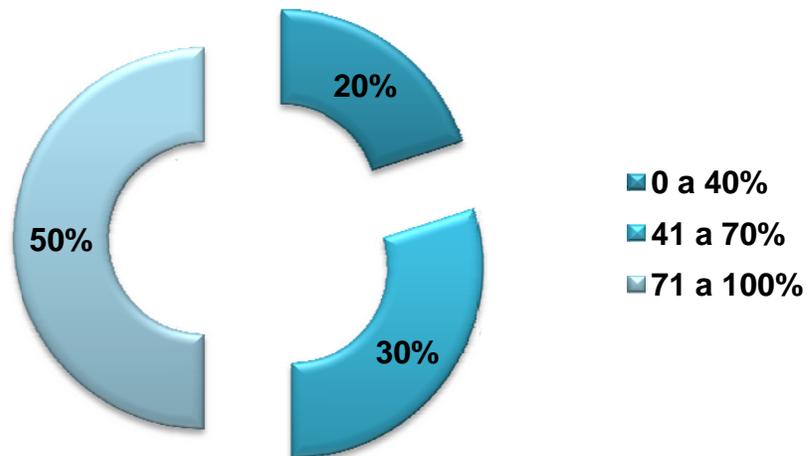


FIGURA 3.6 Efectividad de la estrategia en aplicación del MPT.

Cada organización tiene sus metodologías, estrategias y normas de mantenimiento que a su vez, saben en que periodicidad deben de aplicarlas, sin embargo estas estrategias no siempre arrojan los resultados proyectados, y es cuando los resultados reales no alcanzan los porcentajes de eficiencia que la empresa estaba esperando.

La información obtenida arrojó 3 vertientes, dejando ver que tan solo el 20% de las industrias en la ciudad, consideran que la estrategia seguida por su empresa ofrece solamente un rango del 0 al 40% de efectividad, el otro 30% encuestado opino que obtienen una efectividad del 41 al 70%, mientras que el 50% restante y representando a la mayor tendencia, dijeron que en sus organizaciones la efectividad de sus estrategias es de un 71 a 100%, la explicación antes dada esta representada por la figura 3.6.

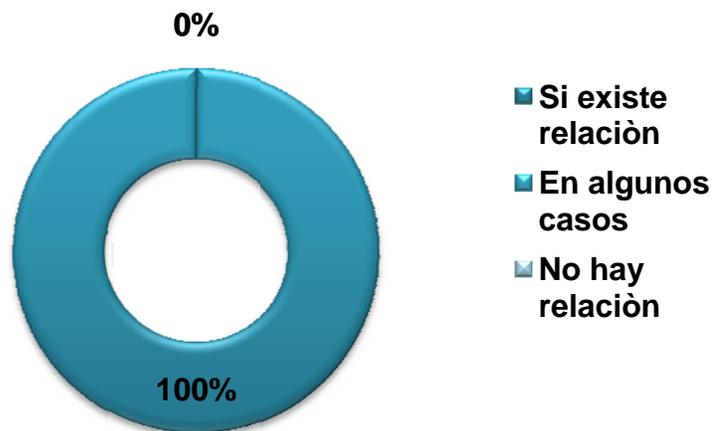


FIGURA 3.7 Relación entre el mantenimiento y pérdidas empresariales.

El personal operativo en las industrias es el recurso más valioso dentro de ellas, y la importancia en la capacitación que a estos se les brinda radica en las necesidades de la mejora continua en seguridad y producción. Cuando se refiere a productividad es por ejemplo la reducción de pérdidas, defectos y errores que ocasionan el incremento de algún costo. Para que la empresa no sufra por averías o errores debe de invertir en el mantenimiento y de esa manera comprender la relación mantenimiento-pérdida empresarial.

En la figura 3.7 se gráfica la opinión del personal de la empresa, respecto a la relación que anteriormente se le explico, descubriéndose así que el 100% de las industrias consideran que definitivamente existe una relación entre la falta de mantenimiento con algún tipo de perdida en la organización.

La implementación del mantenimiento productivo total consta de 4 fases, y fue necesario investigar en cual de estas, los operadores de las plantas industriales se percataban, que ocurrían más errores en el desarrollo del MPT. Los resultados observados en la figura 3.8 ofrecen los datos respecto a que un 20% considero que desde su preparación y el 80% opino que en la implantación.

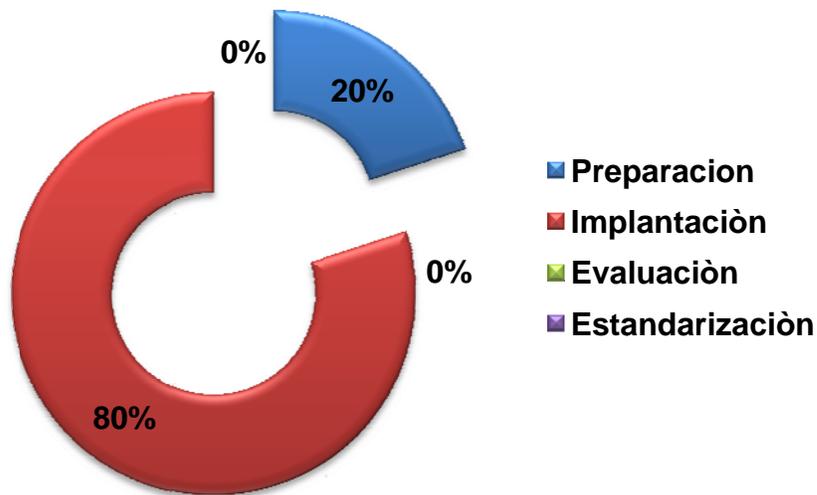


FIGURA 3.8 Fase de la implementación del MPT con mas errores.

Muchas empresas cuentan con metodologías, sistemas de calidad, programas de mantenimiento productivo total, etc., sin embargo día a día se deben de tratar de solucionar aquellos obstáculos que impidan el desarrollo de las estrategias productivas, y para conocer que tipo de obstáculos presentan mayormente las organizaciones se incluyo dicha interrogante en el cuestionario observándose los resultados graficados en la figura 3.9.

La falta de planeación fue considerado como el principal obstáculo para implementar óptimamente el MPT, con un 40%, seguido por los obstáculos del personal de producción inconforme, los sindicatos problemáticos y opiniones personales, estos anteriores obtuvieron 10% cada uno, mientras que la necesidad de resultados inmediatos y no tener las bases firmes de metodologías de mejoramiento representan el 10% individualmente.

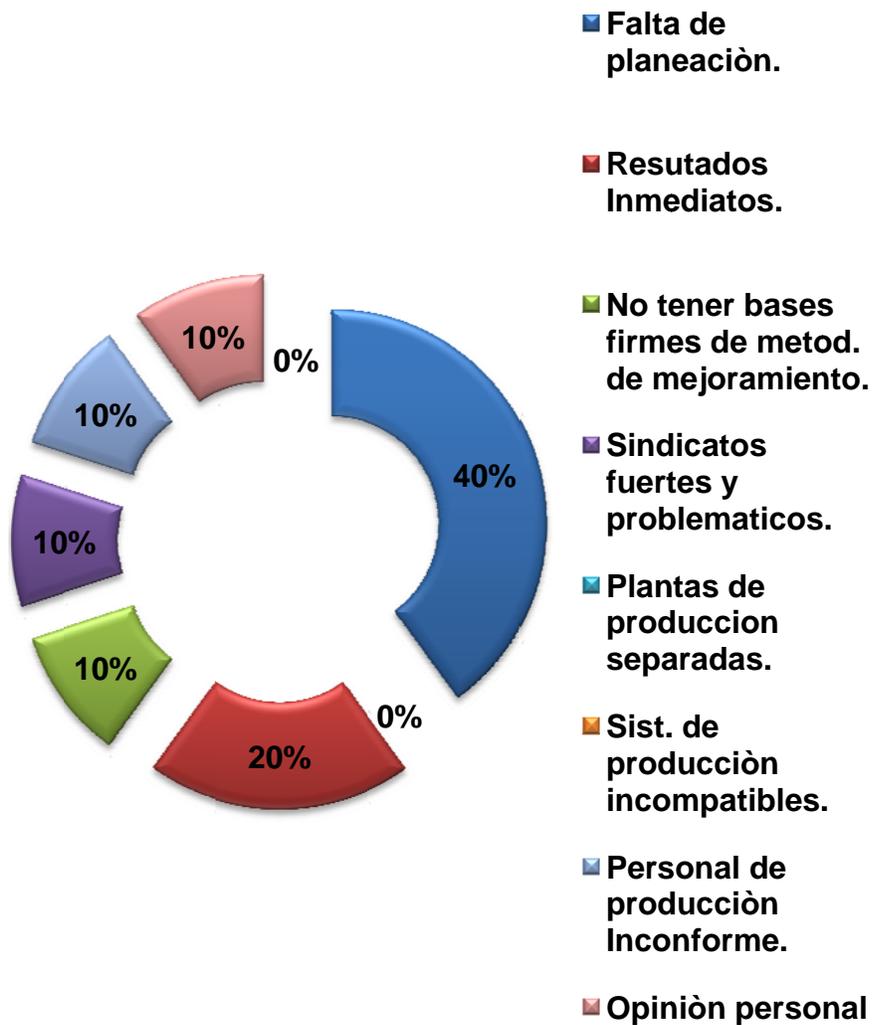


FIGURA 3.9 Obstáculos para poder desarrollar el MPT.

Como se puede apreciar en la figura 3.10 se buscó conocer la opinión por parte de las empresas en la necesidad de usar las técnicas de control para optimizar el MPT, y se descubrió que el 40% de las organizaciones están en completo de acuerdo en contar con ellas, un 50% respondió algo de acuerdo y el 10% restante dijo que no estaba de acuerdo con el uso de esas técnicas.

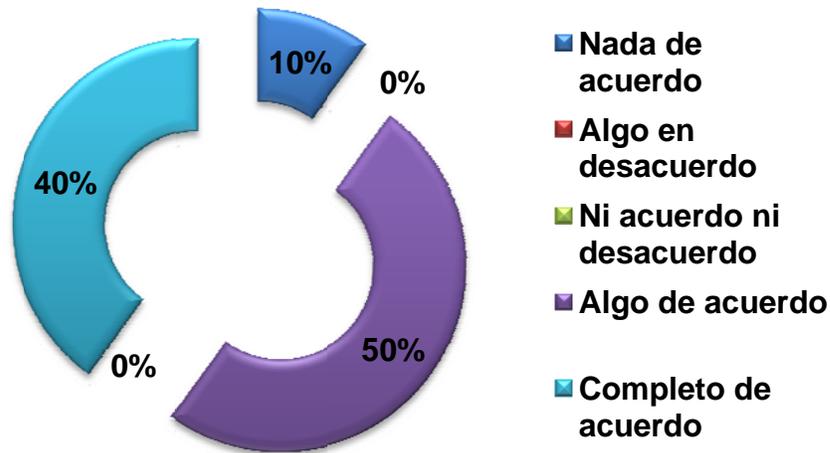


FIGURA 3.10 Aceptación de las técnicas de control para optimizar el MPT.

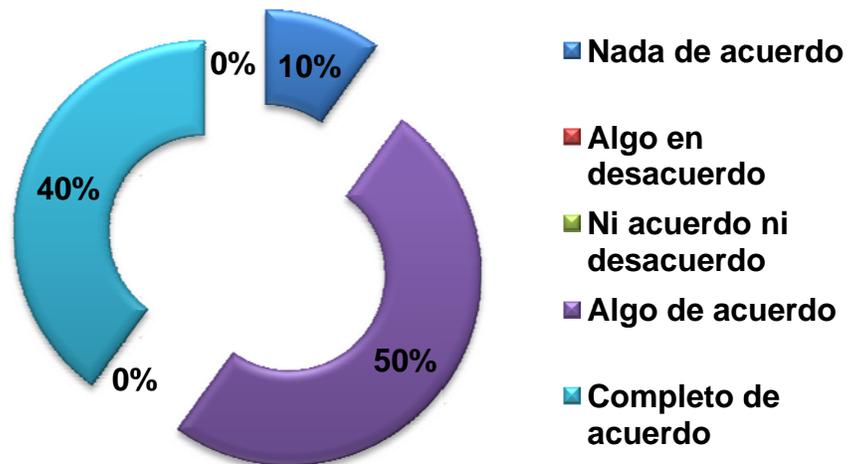


FIGURA 3.11 Beneficios que ofrece la forma de aplicación actual del MPT.

Es importante conocer, si en la actualidad la metodología que utiliza la empresa ofrece beneficios o resultados esperados, el 50% de las empresas respondieron que están algo de acuerdo, un 40% opinaron que están completamente de acuerdo con los beneficios y el 10% dijo que en definitiva, no están de acuerdo con los beneficios que ofrece la forma de aplicación del MPT, en su empresa. Los datos anteriores se encuentran graficados en la figura 3.11.

3.2 Interpretación de los resultados.

De acuerdo a la información anteriormente presentada, en este apartado se da al lector, una visión general de los datos en relación a empresas del ramo industrial en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz.

Respecto a los datos obtenidos del instrumento de medición, se descubrió un resultado óptimo, el cual señala que el 100% de las industrias que conformaron la muestra, efectivamente tienen conocimiento acerca del sistema aplicable a la industria llamado MPT. Lo cual es evidencia de que el personal que labora en las industrias de la ciudad cuenta con conocimientos profesionales de mantenimiento.

Sin embargo el hecho de tener conocimiento respecto al sistema MPT, no quiere decir que en la organización, se aplique exactamente bajo el esquema de mantenimiento productivo total, como es el caso del 38% de industrias que aplican diversos tipos de mantenimientos, pero no exactamente el que se mencionó. A diferencia de lo anterior encontramos que el 62% restante si supervisa sus procesos, equipos y procedimientos bajo el MPT.

Las empresas por diversas estrategias o metodologías, le dan mucha importancia a mantener el funcionamiento adecuado a sus plantas, y todo esto por que el detener el desarrollo productivo en una de éstas, implica pérdidas a grandes volúmenes. Por esa razón se supo que el 100% de las industrias en Coatzacoalcos aplican por lo menos un sistema de eliminación de defectos en su producción, mencionando los siguientes:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Mejora continua.

- SIGO (Sistema Integral de Gestión Operativa).
- Sistema de buenas practicas de manufactura (BPM`s).
- Sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP).
- Sistemas dinámicos.
- Sistemas estadísticos.
- Sistema de confiabilidad.
- Sistema de administración de cambios
- Sistema de calidad (SAC).
- Sistema de seguridad, salud, y protección ambiental (SSSPA).
- Metodología six sigma.
- Certificaciones en normas ISO:9000
- ITIL (Information Tecnologie Infrastructure Library).
- Herramientas como diagrama de pareto y espina de Ishikawa.

De los sistemas que las industrias aplican a sus procesos y equipos para mantener el funcionamiento y calidad, se les cuestionó si utilizan alguna estrategia de mejora para una aplicación correcta del MPT, a lo que el 30% negó la utilización de una de ellas, y el 70% aseguro hacer uso de otras normativas o instancias como estrategia, ejemplo de ello:

- Ley federal de sanidad animal (En el caso de industria alimenticia).
- Subcontratación de departamentos de investigación y desarrollo.
- Certificación de industria limpia por SEMARNAT.
- Programas de capacitación al personal.
- Controles estadísticos del proceso.
- Medición de variables a los equipos.
- Programas anuales del manual de procedimientos.
- Controles internos.

Como dato relevante la mayoría equivalente a un 60% de las empresas partícipes de la muestra comentaron que ellas aplican a sistemas de mantenimiento las técnicas de control e hicieron mención de ejemplos como los diagramas, sistemas de información y métodos cuantitativos, sin embargo algo que se percibió al aplicar el cuestionario fue que a pesar que si aplican las técnicas de control, no tienen el conocimiento acerca de todas y eso les quita la oportunidad de aprovechar al máximo las que existen.

La efectividad del uso de estrategias en las industrias se aplican con el fin de impedir anomalías en los sistemas de producción, pueden variar según la metodología y forma en que la empresa lo aplique, así que interpretando la información obtenida se puede decir que el 20% considera que se esta obteniendo solo del 0 al 40% de efectividad, siendo poco el porcentaje por diversas causas que impiden un mayor porcentaje, el otro 30% considera que obtienen para sus empresas del 41 al 70% efectivo en el funcionamiento de las estrategias, pero indudablemente el que obtiene un mayor rango del 50% de las industrias, es la efectividad del 71 al 100% que ofrece la aplicación de las estrategias, evitando pérdidas de tiempo, velocidad y calidad. A su vez, a los trabajadores de las empresas, se les cuestionó si consideraban que existía una relación entre la ausencia de un mantenimiento productivo con algún tipo de pérdidas en la organización, y el 100% opinó que definitivamente existe una relación entre los factores causa y efecto.

Cuando en una organización se implementa el mantenimiento productivo total, es vital desarrollar adecuadamente cada una de sus fases es decir en su preparación, implantación, evaluación y estandarización, ya que como todo sistema es necesario el correcto funcionamiento de cada una de sus partes, respecto a esto, se descubrió que el 20% de las empresas consideran que en su preparación es donde se ubica el mayor grado de incidencia de errores, mientras

que el 80% mencionan que es en su implantación, señalando que se debe al obstáculo del personal operativo en su capacitación, motivación y actitud.

En lo que respecta al uso óptimo del MPT, en toda organización van a existir diversos impedimentos que retrasan la obtención de beneficios y resultados esperados, para ello se descubrieron cuales pueden ser esos obstáculos; el no tener bases firmes de metodologías de mejoramiento considera el 10% que es un gran obstáculo puesto que simplemente no hay capacitación e información para llevar acabo el mantenimiento; otro 10% opina que los sindicatos fuertes y problemáticos, ya que generalmente intervienen en paros de labores o movimientos que retrasan operaciones de mantenimiento y supervisión de procedimientos y equipos; el personal de producción inconforme puede ser otro obstáculo emitido por 10% de las empresas ya que si los trabajadores se encuentran desmotivados y renuentes no se efectuarán correctamente las medidas de mantenimiento; la falta de planeación es el que mayormente seleccionaron 40% de las organizaciones, el 20% asegura que la presión por resultados inmediatos por parte de la gerencia puede llevar a ejecutar a prisa y mal los pasos del sistema MPT y por ultimo una compañía que representa al 10% restante, emitió que la falta de aprobación por parte de la dirección en cuanto a la aplicación de un sistema de mantenimiento es un obstáculo primordial.

En la actualidad 40% de las organizaciones industriales, están completamente de acuerdo en que es necesaria la utilización de técnicas de control para optimizar el MPT, 50% emite que esta algo de acuerdo y, solamente un 10% no esta de acuerdo en que sea necesaria el uso de estas. Se les cuestionó a las organizaciones si la manera de aplicar el MPT actualmente en la empresa esta otorgando los beneficios o resultados esperados, y se obtuvo que el 50% esta parcialmente de acuerdo, el 40% completamente de acuerdo y un 10% no esta conforme con los resultados.

Lo que se pudo obtener en la observación al acudir a las instalaciones de las empresas que conforman nuestra muestra, es que en cada una de ellas, cuentan con formatos de registros y checklist que de cierta manera contribuyen al control y revisión del mantenimiento en los equipos y procesos, además de servir como controlador interno, otro punto que se observó es que todas toman en cuenta el mantenimiento de la calidad de sus productos puesto que la mayoría esta ya certificada por lineamientos ISO:9000, o están en busca de su primera certificación , lo que habla de que cada vez mas empresas mexicanas buscan mantener la calidad, por medio de estándares protegidos por el MPT.

De acuerdo a la observación que se realizó durante la aplicación de los instrumentos de control, se logró obtener imágenes acerca de la determinación de la calidad de un equipo, producto o proceso, tal es el caso de Petróleos Mexicanos que realizó actividades de mantenimiento al equipo PM5627 pozo rodador 43 mostrándose en la siguiente ilustración la revisión de la calidad de balatas del malacate, el cual es una máquina que se utiliza para levantar o mover una carga con una gran ventaja mecánica que lleva dos o más poleas incorporadas para minimizar el esfuerzo y estas a su vez unas balatas necesarias para su frenado.

Cuando se trata de controles estadísticos de procesos, se observó que la mayoría de las empresas utilizan un software que se puede encontrar en estas bajo distintas denominaciones, pero que tienen el objetivo final de proyectar los grandes puntos productivos en la vida de la industria.

Y si se hace referencia a puntos productivos es por que se está tratando de ejecutar procesos de calidad, y eso tiene estrecha relación con la selección de equipos y maquinarias a utilizarse, los operadores levantan un reporte acerca donde se muestra la razón por la cual eligieron determinada pieza.



Revisión de la calidad de balatas del malacate.



Dos de los pernos de los seguros de los candados del mástil 2da. Sección, cuando se inspeccionaron presentaron ligera deflexión.

Se maquinaron nuevos pernos de las mismas características y se sustituyeron.

Es necesario que las industrias efectúen pruebas de funcionamiento de equipos, es por ello que en el siguiente diagrama Pemex muestra las condiciones antes del mantenimiento, de los platos bases del embrague del malacate, de un equipo PM-9108 torre de perforación, y una vez ya efectuado dichas actividades pasa por la prueba de funcionamiento y después a su instalación.

Cada organización tiene sus propios planes de mantenimiento para equipos e instalaciones, en el cual es necesario que se lleve a cabo un registro de actividades y tareas del personal dentro del proceso de producción, sin embargo las organizaciones mantienen reservados sus programas tanto de mantenimiento como de producción.



Pruebas de funcionamiento de plato base del campo rodador.

Actividades y tareas del personal en el proceso de producción.



Programa de mantenimiento cambio de piso de trabajo, barandales y elementos dañados de subestructura Pozo otates 2D.



Instalación de neumáticos, alineación del tren del remolque e instalación del sistema eléctrico del remolque.



Soldador del equipo instala sistema antirrobo con llave hechiza en su caseta.

3.3 Técnicas de control para optimizar la aplicación del mantenimiento productivo total.

La optimización del mantenimiento productivo total tiene la finalidad de que las empresas apliquen correctamente el sistema MPT por medio de técnicas de control, y con ello reduzcan errores, pérdidas de tiempo y recursos económicos.

Y para ello es necesario realizar los siguientes puntos:

1. Compromiso de la alta gerencia y personal.

Personal encargado del área de operaciones de la planta debe tener conciencia de la importancia del mantenimiento en sus instalaciones, equipos y procesos para mayor seguridad de si mismos, la alta gerencia también debe estar plenamente identificada con la idea de la aplicación puesto que ellos tienen el poder de autorizar.

2. Entrenamiento.

Dar acceso a capacitación y actualización a los empleados del área de producción y departamentos en la organización debido a que existe una correlación entre ellos, y eso es a lo que se le llama optimizar en lugar de sólo aplicarlo y que cada quien se encargue de su departamento.

3. Diagnóstico.

Efectuar un análisis del estado actual del mantenimiento y producción en todas las herramientas, equipos, maquinarias y procesos así como recurrir a la contratación de alguna empresa que se dedique a la asesoría de MPT, es decisión de cada industria, sin embargo se considera que es una muy buena opción o esa inversión se puede hacer en la capacitación de los trabajadores de operaciones y que lo implanten en la planta.

4. Evaluación

Al evaluar el resultado del diagnóstico y estado real de la planta se permite escatimar la inversión que se hará por parte de la gerencia, y estando en contacto con el área de operaciones se tomarán decisiones factibles para la empresa, como por ejemplo la selección de un proveedor, reemplazo de maquinaria, etc.

5. Aplicación correcta y óptima del MPT mediante las técnicas de control.

Una vez que ya se cuenta con capacitación y asesoría externa, se realizará un plan de implementación en toda la empresa que se deberá cubrir al 100%, compartiendo con todos los empleados la filosofía del mantenimiento, para que cada uno en sus áreas correspondientes lo ejecuten. Es necesario tener un parámetro para comprobar los resultados que se está teniendo, comparando los meses en que se ha aplicado la utilización de las herramientas necesarias, así como el cumplimiento de todas las normas y reglamentos a los que se tienen que apegar la industria mexicana.

El mantenimiento productivo total tiene dentro de su aplicación obstáculos que impiden que haya optimización y cero defectos, estos se mencionan a continuación explicando el por que de su origen además de proponer la utilización de técnicas de control como estrategias para reducirlos y optimizarlo.

Errores en el funcionamiento de equipos: Se debe al desconocimiento por parte del operador y por ende su uso inadecuado, el principal motivo es la falta de capacitación del funcionamiento del equipo, que en ocasiones lleva a suponer que opera incorrectamente.

**Solución:* Afiliar al empleado a la filosofía de optimización acerca del MPT, y con ello proporcionar capacitación acerca del uso de los equipos.

***Técnica de control a usar: Sistemas de información.** Se aplican para conocer la frecuencia y eficiencia de la capacitación al personal, para ello se propone un SIC (Sistema de información de capacitación) aplicado a la industria que comunica de manera profesional y lógica, los programas de capacitación en desarrollo de procesos, maquinaria, equipos y las actividades específicas que se deseen.

Error en ubicación y distribución: En este punto se agrupan todos aquellos problemas relacionados con el diseño y la implementación de la primera unidad o prototipo.

**Solución:* Estructurar de manera adecuada la distribución-espacio de los equipos de tal manera que no afecte el funcionamiento del mismo y de otros.

**Técnicas de control a usar: Sistema de información, diagramas y métodos cuantitativos.* Para iniciar con una correcta distribución en planta es necesario contar con un sistema de información como un software o formas que respondan a preguntas como ¿Qué centros de almacenaje o producción, etc. se incluirán?, ¿Cuánto espacio y capacidad necesita cada centro?, ¿Cómo será la configuración de cada centro? por ejemplo la colocación de una maquina, etc. y ¿Dónde debe localizarse el centro? es decir la interacción con otras áreas que eviten la perdida de tiempo etc. Los diagramas de pareto y métodos cuantitativos también son útiles para detectar dos variables, los problemas en la planta y las causas que lo originan como puede ser la mala distribución, al emplear un método cuantitativo es usada la estadística y probabilística que están determina por limites de aceptación al ser esto así indicara que tan factible es la distribución que se esta efectuando.

Fallas en el abastecimiento de corriente: Esta falla se debe a que proviene de la fuente de potencia. Es decir se manejan corrientes y voltaje apreciables, además de temperaturas elevadas. Cuando la fuente de potencia esta averiada, el equipo deja de operar por completo y la el paro de una planta industrial representa perdidas millonarias causadas por el falla de la fuente de energía.

**Solución:* Supervisión y mantenimiento constante en los reguladores de voltaje defectuosos, como filtros dañados o transformadores defectuosos.

***Técnicas de control a usar: Control interno y sistemas de información.**

En esta situación es aplicable el control interno mediante dos condiciones el establecimiento de políticas de operación adecuadas respecto al manejo de seguridad en instalaciones eléctricas y el establecimiento de sistemas de protección contra pérdidas que con lleven revisión y mantenimiento frecuente por parte de departamentos encargados reportando sus actividades.

Temporización y programación: La correcta temporización, los retrasos de propagación y otras pueden afectar la correcta operación de los equipos digitales.

**Solución:* Utilización de algún soporte informático que logre programar todas las actividades de manufactura al mismo tiempo.

***Técnicas de control a usar: Redes de ruta crítica y métodos cuantitativos.** La red de ruta crítica es útil en este caso por que permite de manera gráfica establecer la programación de actividades y tiempos en las que se iniciaran operaciones en un equipo, mientras que los métodos cuantitativos ayudan a determinar el número de piezas creadas en determinado tiempo y así programar la automatización de acuerdo a la demanda productiva.

Condiciones ambientales: Hace referencia al medio en el que opera el equipo, se puede considerar como toda situación diferente establecida por los límites permisibles del fabricante, incluso podría ser la acumulación de residuos del material con el que se opera como por ejemplo grasa, polvo, químico etc.

**Solución:* Limpieza y protección en cada uno de los equipos aunque sean considerados como de uso rudimentario.

***Técnica de control a usar: Ingeniería de métodos orden y limpieza.** Esta ingeniería de métodos estipula que se deben eliminar 10 materiales y productos

innecesarios: 10s que no se utilicen se deben tirar y 10s que no se ocupen frecuentemente almacenarlos. Otras reglas son mantener las herramientas y equipos ordenados, corredores y pasadizos despejados de igual modo la marcación de zonas y depósitos de almacenamiento, limpieza constante de suelos, bancos de trabajo y maquinaria, en lo que respecta a trabajadores disponer de vestuarios para mantener ropa de trabajo limpia y ordenada.

Problemas mecánicos: Principalmente considerados aquellos desperfectos en componentes mecánicos como ejemplo: interruptores, conectores, relevos y otros.

**Solución*: Establecimiento de un lapso de tiempo para revisión de componentes mecánicos, en caso de estar averiado, sustituir y si no proporcionarle mantenimiento.

**Técnica de control a usar: Control interno*. Es necesario establecer las actividades de los departamentos especializados en mecánica, ya que al hacerlo se genera una línea de acción que consistirá en el reporte de averías por parte de algún departamento y el personal de mantenimiento acudirá y reportará las correcciones efectuadas.

Ajustes: Cuando se realice algún ajuste, comprobación y puesta a punto de una cadena de fabricación, no se puede realizar la labor de forma aislada para cada componente sino que se debe analizar cuáles son las interacciones del dispositivo en cuestión con el resto de la cadena.

**Solución*: Lo más recomendable en estas situaciones es que sea programado el puesta a punto con una buena anticipación y de esa manera, darlo a conocer a los departamentos o áreas de producción, para que estas de una manera no paren la producción pero si contemplen la utilización de sus áreas de trabajo.

***Técnica de control a usar: Tiempos y movimientos.** Recordando que esta técnica establece un estándar de tiempo aceptable para realizar cualquier actividad, hay que tomar en cuenta que al hacer un ajuste es necesario seguir adecuadamente este estudio ya que se programara una fecha para la inspección y un lapso de tiempo en que se ejecutara y no se puede exceder, en lo que respecta a movimientos consiste en tener todos los elementos como herramientas, equipos, etc. inmediatamente para efectuar los movimientos precisos.

Paros menores: Estos paros menores, pueden tener muchos factores que los originen, desde el faltante de una herramienta, hasta la salida de un trabajador en su horario de comida, ya que estos tienden a prolongarse o incluso el cambio de alguna pieza.

***Solución y técnica de control a usar. Control Interno.** La aplicación de un método de control interno con lapsos de tiempo establecidos por parte de supervisores, es una herramienta para evitar que dichos paros se prolonguen y proporcionar todas aquellas piezas que vayan a ser reemplazadas además de obtenerlas con anticipación.

Disminución de la velocidad en los departamentos de producción: Disminuir la velocidad en producción resulta desalentador para los empresarios puesto que reducir el ritmo, los llevará posiblemente a ubicarse detrás de su competencia, hay muchas razones por las que puede suceder desde la falta de recursos económicos (Falta de actualización de maquinaria, falta de presupuesto para adquisición de piezas), hasta la inasistencia de trabajadores o defectos de calidad,

***Solución:** De acuerdo a la definición del concepto anterior a lo que se puede recurrir es a la programación de todos aquellos eventos que pueden ser causa de una desaceleración productiva, si empieza a reducirse el capital, buscar financiamiento.

***Técnica de control a usar. Contabilidad, presupuestos y auditoría.** Es correcto mencionar que la producción se puede ver afectada por falta de recursos económicos, para prever esta situación la empresa debe de llevar su contabilidad ya sea manual o incluso a través de softwares que la faciliten. Hacer el presupuesto de reemplazo y modernización de maquinaria o herramienta es necesario para evitar que la producción disminuya, también por medio de las auditorías podemos controlar al factor humano además de recursos contables ya que por medio de ello la asistencia del personal se califica.

Defectos en procesos de producción por equipos y maquinarias. Un proceso de producción defectuoso, tendrá como resultado un producto de mala calidad, y generalmente las razones que los originan pueden ser falta de conocimiento, equipos y maquinaria obsoleta, desfase en ciclos y secuencia productiva o así mismo la herramienta utilizada.

**Solución:* Lo más recomendable en este punto es que la empresa cuente con un proveedor de equipo y maquinaria de muy buena calidad, la adquisición o renovación de tecnología moderna que sustituya a la maquinaria

***Técnica de control a usar. Control estadístico de la calidad y muestreo de aceptación por variables o atributos y el diagrama de dispersión.** Estas tres técnicas de control se pueden utilizar entre sí primero implementando el diagrama de dispersión para poder detectar en que parte del producto se encuentran las fallas y la maquinaria que esta creando esa pieza, para después pasar por un control estadístico de calidad inspeccionando el producto para determinar acciones manteniendo la calidad mientras que el muestreo determinara si cumple o no con las especificaciones.

Reducción de rendimiento: Dentro de los límites de la capacidad productiva, una empresa puede variar el nivel de producción, ya sea limitándola utilizando

menos espacio físico, reduciendo el tiempo de operaciones, el número de unidades de trabajo.

**Solución:* Para que el rendimiento de los factores en relación al número de unidades por cada peso que se invierte en un factor sea favorable, es necesario evitar a toda costa defectos en el proceso que pueden generar que el rendimiento por peso comience a ser menor.

****Técnica de control a usar: Curvas características de operación.*** Para tener monitoreado el rendimiento en el proceso de manufactura es importante acudir a las curvas características de operación, puesto que esta tiene el número de muestra y el número asociado de defectos que no puede ser excedido por cada lote producido, revelando así la aceptación o no de un lote lo que permitirá la toma de decisiones para obtener rendimientos por peso invertido.

6. Seguimiento.

El seguimiento se podrá realizar mediante la mejora continua, ya que la clave de todo es preservarla, y hacerla parte de una actividad de supervisión diaria, a la implementación del MPT, trayéndonos como beneficio no descuidar el funcionamiento de los equipos y procesos. Para llevar a cabo un correcto seguimiento es necesario conocer la relación de los departamentos de la organización con el mantenimiento tal y como se muestra en la figura 3.11.

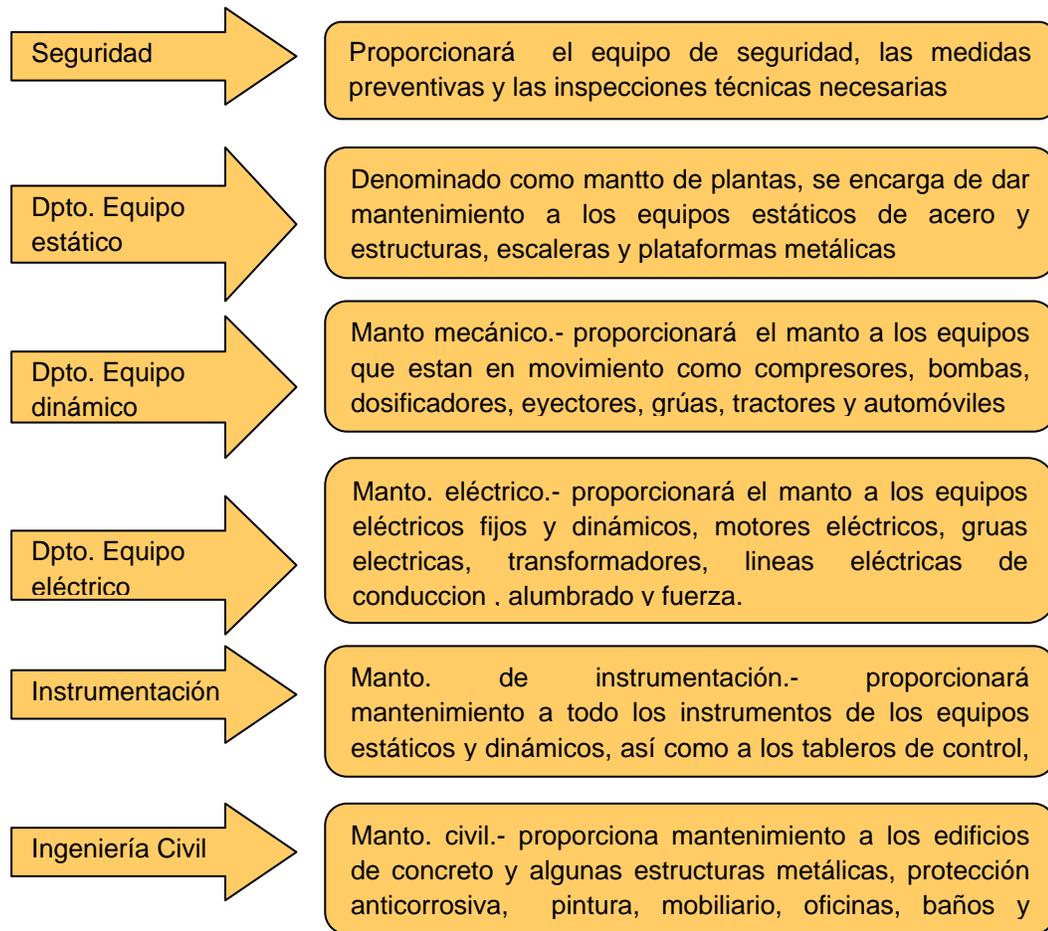


FIGURA 3.12 Relación de los departamentos de una industria con el MPT.

CAPITULO IV
CONCLUSIONES

4.1 Conclusión

La utilización de técnicas de control para lograr optimizar el proceso de aplicación del mantenimiento productivo total en las empresas del sector industrial, específicamente en sus áreas de sistemas productivos, tiene un alto impacto y una gran aceptación por los directivos de esas corporaciones, ya que el personal de dichas áreas mostraron una positiva respuesta en cuanto a la integración de las técnicas de control que ofrecen la clave de optimización del MPT, además estas técnicas están diseñadas para ofrecer información que le brinde beneficios, y esperando que ninguno de los factores externos logren desviar los objetivos primordiales de producción.

Lograr optimizar la aplicación del MPT es una de las herramientas que la industria aprovecharía para tener beneficios y resultados en cuanto a que sus procesos estarían garantizados ya que el mantenimiento de equipos, infraestructuras, herramientas, maquinaria, etc. representa una inversión que a mediano y largo plazo traerá ganancias no sólo para el empresario puesto que tendrá mejoras en su producción además del ahorro que representa tener un índice de trabajadores que no resulten lesionados en la operación de algún proceso.

Como se mencionó en un principio, la hipótesis de nuestro trabajo describe que la clave de una correcta aplicación del MPT es la cobertura total de todas las etapas pertenecientes al mismo y con ello la utilización de las técnicas de control para ejecutarlo, lo cual nos traerá como beneficio su optimización.

Una vez realizada y analizada la investigación se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula y es aceptada la hipótesis de trabajo, ya que efectivamente es necesario utilizar las técnicas de control para la optimización del MPT en su aplicación. Al realizar las visitas de campo apropiadas, en la que estuvieron presentes como muestra, 10 empresas industriales de Coatzacoalcos, Veracruz, fue posible organizar y analizar datos de relevancia para la investigación en donde se encontró, que efectivamente aplican sistemas de mantenimiento, sin embargo estas empresas no están obteniendo los resultados esperados y consideran que no se optimiza el MPT en su aplicación, ya que en este proceso se detectan fases viciadas por factores tanto internos como externos. En este estudio se presenta la manera correcta de su aplicación y de esa manera poder optimizarlo con la cobertura total de la fases, utilizando herramientas y técnicas de control.

Las empresas deben integrar los sistemas de mantenimiento de calidad además de considerarlos como vitales y necesarios, debido a ello se tiene que involucrar en la ejecución del control y sus técnicas, contemplando la actualización y disciplina llevándolas a una mejora continúa.

Esencialmente se buscará integrar a cada uno de los empleados de las áreas de operación y producción correspondiente para que así las mejoras logren ser progresivas en todos los niveles.

Por todo lo planteado se dice que los objetivos que persigue la presente tesis, son alcanzados ya que se propone por medio de la presente investigación,

cuales son las técnicas de control, metodologías y herramientas correctas que permiten lograr un óptimo desarrollo en la aplicación del sistema de mantenimiento productivo total en empresas industriales.

Por medio de la muestra y de los instrumentos de medición se conoció y analizó el impacto generado por una ineficiente introducción del mantenimiento productivo total en los procesos,

Se lograron identificar los beneficios que se alcanzaron y los objetivos que tendrían como consecuencia la optimización en la implementación de un mantenimiento productivo total, los cuales son:

- a) Reducción de paros;
- b) Ahorro en los costos de mantenimiento;
- c) Alargamiento de vida de los equipos;
- d) Reducción de daños provocados por averías;
- e) Reducción en el número de accidentes;
- f) Más eficiencia y calidad en el funcionamiento de la planta;
- g) Mejoras de relaciones con los clientes, al disminuir o eliminar los retrasos.

4.2. Sugerencias

La correcta aplicación del MPT, representa un mejoramiento en la calidad de las actividades dentro del sistema productivo industrial, por esa razón cada etapa del MPT es de gran importancia, para poder tener resultados óptimos.

- Maquinaria y equipos de producción.

Como se mencionó a lo largo del estudio, es de vital importancia el estado de aquellas herramientas necesarias para tener capacidad productiva en una

planta industrial, es por ello que se sugiere efectuar diagnósticos y evaluaciones de maquinarias, equipos y piezas de los mismos en determinados lapsos en un rango de seis meses para confirmar si es necesario invertir en esa maquinaria o si sería mejor el reemplazo de la misma, todo con la finalidad de reducir los costos.

- Capacitación en técnicas de control.

La capacitación es importante por que al mantener al personal como los mismos emprendedores capacitados en las técnicas de control industrial, pueden apoyarse en ello como ventaja competitiva sobre el desarrollo productivo. La definición específica de las áreas y los temas en que se requiere actualizar, mejorar o implementar es una clave para considerar la capacitación como una inversión, evitando gastos y desperdicios.

- Implantación del SMED.

Es de relevancia el papel que tiene la velocidad en una planta industrial así como también las grandes pérdidas millonarias que se generan al detener el funcionamiento de la misma, por esa razón se opta por la aplicación del SMED, ya que esta gestión en producción introduce la idea de que desde la ultima pieza producida de una serie solo se tienen 10 minutos que dentro de ellos se debe de hacer el cambio o reparación de una pieza de la planta y la reanudación el proceso productivo para generar la primera pieza de la siguiente serie.

- Introducción de las 9`S en las plantas industriales.

Las 9`S es otra muy buena opción para complementar el buen funcionamiento, puesto que uno de sus objetivos es mejorar la limpieza y organización, medida necesaria para que los equipos productivos con los que se trabaja no se averíen, por mencionar un ejemplo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. AQUILANO, Nicholas J., *et al.*, *Administración de producción y operaciones, manufactura y servicios*, 8va ed., México, D.F., editorial Mc Graw Hill, 2000.
2. BESTERFIELD, Dale, *Control de calidad*, 4ta ed., México D.F., editorial Prentice Hall, 2009.
3. BRODA, Andres, *et al.*, *Organización y control de la producción, Envases plásticos para aceite*, Argentina, Universidad Autónoma del Rosario, Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura, 1997.
4. DUFFUAA, Salih. Et al., *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*, 2da ed., México, D.F., editorial Limusa Wiley,2002.
5. FOGARTY, Donald W. Et al. , *Administración de la producción e Inventarios*, 6ta ed., México, D.F., editorial CECSA, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 2004.
6. GONZÁLEZ Heber, Raimundo, *Mantenimiento industrial. organización, gestión y control*, 12va ed., Buenos Aires, Argentina, editorial Alsina, 2000.
7. GRYNA, Frank M. *et al*, *Método Juran, Análisis y planeación de la calidad*, 5ta ed., trad. de María Jesús Herrero y Magali Amieva Lavigne, México, D.F., Mc Graw Hill Companies Inc., 2007.
8. HERNÁNDEZ, Arnaldo, *Justo a Tiempo. Un Enfoque Práctico*. 4ta ed., México, D.F., editorial Continental, S.A. de C.V.,1999.

9. HILLIER, Fredericks S. Et al., *Métodos cuantitativos para administración*, México, D.F., editorial Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2002.
10. HOPPERMAN, Richard J., *Administración de producción y operaciones*, Bogotá, Colombia, editorial CECSA Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 2008.
11. K. HODSON, William., *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. 4ta ed., México, D.F., editorial Mc Graw Hill, 2001, t.I.
12. LIEBERMAN, Hillier, *Introducción a la investigación de operaciones*, México, D.F., editorial Mc Graw Hill, 2008.
13. MUNCH Galindo, Lourdes y García Martínez, José, *Fundamentos de Administración*, 7a ed., México, D.F., Editorial Trillas, 2006, p.183.
14. NAHMIAS, Steven, *Análisis de la producción y las operaciones*, 1ra ed. en español, México, D.F., editorial CECSA Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1999.
15. NAKAJIMA, Seiichi, *Mantenimiento Productivo Total*, traducción de Cuesta Álvarez, Antonio, 13va ed., México, D.F., editorial Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A, 2008.
16. NIGEL, Slack, *Administración de operaciones*, 2da ed., México, D.F., editorial CECSA Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 2007.

17. REY SACRISTÁN, Francisco, *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*, Madrid, España, FC Editorial, 2001.
18. THIERAUF, Robert J., *Toma de decisiones por medio de la investigación de operaciones*, México, D.F., editorial Limusa Noriega, 2007.
19. VELÁZQUEZ Mastretta, Gustavo, *Administración de los sistemas de producción*, 6ta ed., México, D.F., Editorial Limusa, 2010.