

EL MANTENIMIENTO EN EL DESARROLLO DE LA GESTIÓN EMPRESARIAL. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

Ing. Aracelis Barrios.

Instituto Universitario del Estado Bolívar

aracelisbarrios5@hotmail.com

Dra. Maritza Ortiz.

Universidad de la Habana

Resumen

El presente artículo hace un recorrido por la evolución de la gestión de mantenimiento en el desarrollo de la actividad empresarial, caracterizando algunas técnicas organizativas como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado en confiabilidad (RCM), con la finalidad de evaluar el comportamiento del equipo de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operatividad, y de mantenimiento que se requiere para asegurar a la empresa su integridad y continuidad operacional. Las herramientas en cuestión generalmente están basadas en cálculo de probabilidades estadísticas y ponderaciones relativas de los elementos financieros, operacionales, históricos y de seguridad.

Palabras Claves: mantenimiento, gestión, evolución, empresarial, TPM, RCM.

Introducción

En los modelos tradicionales de Dirección de Empresas las estrategias para cumplir las metas de la empresa son formuladas por la directiva quienes son los que identifican oportunidades, asignan recursos, determinan metas y toman decisiones, mientras que la implementación de esas estrategias son ejecutadas por el personal que labora en la empresa.

Sin embargo, Marchant en su libro Actualizaciones para el Management y el desarrollo Organizacional afirma, que existen empresas exitosas donde los objetivos son compartidos por todos los miembros de la organización demostrando, que una gestión basada en valores, donde todas las personas que trabajan en ellas asumen el protagonismo de la cultura organizacional, a través del

compromiso, la lealtad, la motivación, la satisfacción y el buen servicio al cliente, permitiendo descentralizar, delegar, responsabilizar, dialogar y aprender en forma conjunta.

Por otra parte Arturo Canales y Pedro Pacheco afirman que en la actualidad son pocas las organizaciones que aplican un enfoque holístico y sistémico de la gestión de mantenimiento, asumiendo una Organización de Mantenimiento de Clase Mundial como el eje principal para la optimización de activos.

Por lo antes expuesto se hace necesario adoptar enfoques que sistematicen y coordinen los elementos involucrados en las actividades de mantenimiento, en tal sentido este artículo se orienta hacia el logro de una gestión que integre la implementación de la técnica del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que persigue el mejoramiento continuo de la productividad de la empresa con la participación integral de todo los trabajadores con la técnica del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), que busca mejorar la ejecución del mantenimiento basado en la confiabilidad operacional de los equipos, para mejorar la productividad de la organización teniendo en cuenta el estado real de los equipos y su historial de fallas.

El Mantenimiento y su evolución en el desarrollo de la actividad empresarial.

Los conceptos y prácticas de mantenimiento han evolucionado radicalmente desde principio del siglo XX, cuando la palabra mantenimiento y todo lo relacionado con ello era visto como un gasto de ahí que su tendencia fuera a su reducción o bien a la tercerización de la función del mantenimiento, sin valorar el impacto que éste pueda tener en la mejora continua de los procesos productivos aportando conocimiento y generando valor para la empresa.

Para el mejor entendimiento del procedimiento a desarrollar se considera necesario conceptualizar lo siguientes aspectos en su evolución en el tiempo:

Se entiende por Mantenimiento al conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios. Entendiéndose por *Acciones*: efectos de hacer algo; Las acciones más importantes de mantenimiento son: planificación programación, ejecución, supervisión y control;

por *Continuas*: que duran o se hacen sin interrupciones y *Permanentes*: que son de duración firme, constante, y perseverantes (Alcalá, 1998)

Otro concepto de Mantenimiento es el que lo relaciona con el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento (Santiago, 2003) o la combinación de actividades mediante un equipo o un sistemas para mantener o restablece, a un estado en el que puede realizar las funciones designadas (Duffua, Raouf, & Dixon, 2005)

Por su parte La NORMA Venezolana COVENIN, define al Mantenimiento como un conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un Sistema productivo a un estado específico, para cumplir un servicio determinado. (COVENIN)

Las definiciones anteriores destacan los siguientes elementos como rasgos distintivos del Mantenimiento: conjunto de actividades para restablecer o conservar, un equipo o sistema durante el mayor tiempo posible, con el objetivo de prever y asegurar el funcionamiento para realizar las funciones designadas.

La autora coincide con dichos elementos y define Mantenimiento como:

“El conjunto de actividades que se ejercen sobre equipos o sistemas, para restablecer o conservar un estado específico, para que los mismos cumplan con el servicio preestablecido, con el objetivo de, asegurar la competitividad de la empresa garantizando la disponibilidad y confiabilidad prevista, además de satisfacer todos los requerimientos de calidad, cumpliendo con las normas de seguridad y medio ambiente”

En la literatura especializada existen diferentes enfoques en cuanto a los términos de las actividades o tipos de mantenimiento, por lo que se considera necesario revisar algunas normas establecidas a nivel nacional e internacional, con la finalidad de determinar la que se utilizará en la investigación.

La NORMA Venezolana de Mantenimiento COVENIN (COVENIN-3049-93) aprobada en diciembre de 1993, define como tipos de mantenimiento los siguientes:

} Es el que comprende actividades como: lubricación, limpieza, calibración, ajuste, protección, entre otras

Mantenimiento Rutinario

Mantenimiento Programado	{ Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por el fabricante, diseñador, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclo de revisión de un sistema productivo a objeto de la carga de trabajo que es necesario programar.
Mantenimiento por avería o reparación	{ Es la atención de un sistema de producción cuando aparece una falla.
Mantenimiento Correctivo	{ Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo.
Mantenimiento Circunstancial	{ Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre el rutinario. programado. avería v correctivo
Mantenimiento Preventivo	{ Es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos para determinar las frecuencias de las inspecciones, revisiones y sustitución de piezas claves.

La NORMA Europea UNE-EN-13306 Terminología del Mantenimiento (González, 2005) que entró en vigencia en abril de 2001, manifiesta que los tipos de mantenimiento son:

Mantenimiento Preventivo	{ Mantenimiento Basado en la Condición (Predictivo) Mantenimiento Predeterminado (Preventivo)
Mantenimiento Correctivo	{ Mantenimiento Programable o diferido Mantenimiento Inmediato o Urgente

La NORMA Francesa AFNOR NFX 60-010 (González, 2005), manifiesta que los tipos de mantenimiento son:

Mantenimiento Predictivo	{ Instrucción de recomendaciones de mantenimiento en función de parámetros conocidos.
Mantenimiento Preventivo	{ Mantenimiento ejecutado según criterios predeterminados, para reducir la probabilidad de fallo de un bien a la degradación de un servicio prestado.

Mantenimiento Correctivo { Mantenimiento ejecutado después del fallo.

De lo anterior se puede concluir que la Norma Europea, recoge el contenido de las otras normas señaladas, por lo que la autora considera utilizar la NORMA Europea UNE-EN-13306 en la investigación

Para asegurar un buen desempeño de las funciones de los equipos es necesario medir de forma simple sus características esenciales a través de los parámetros de Fiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (González, 2005)

De ahí la necesidad de definir dichos parámetros:

González define *la Fiabilidad* como la probabilidad de que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el Tiempo Medio de Fallas (TMEF), es decir son lapsos de tiempos entre una falla y otra (González, 2005)

Por su parte Creus plantea que la Fiabilidad no es más que la probabilidad de que un dispositivo trabaje correctamente en un tiempo determinado, bajo condiciones de servicios establecidas. (Creus Sole, 2005)

Otros autores como Gómez de León plante que la *Confiabilidad*: “es la probabilidad de que un elemento, dispositivo, equipo o sistema desarrolle una determinada función, en unas condiciones correctas en un determinado tiempo” (Gómez de León, 1998- pag. 64)

Su expresión matemática es: $TMEF = \frac{hrOp}{\sum NTMC}$

(1.1)

Donde:

hrOp=Horas de Operación

NTMC= N° total de fallas detectadas en el periodo observado

Resulta interesante destacar que en la literatura especializada los términos confiabilidad y fiabilidad son utilizadas para definir la probabilidad de que un dispositivo funcione en un periodo de tiempo dado, por lo que en la investigación ambos términos se utilizaran indistintamente

El parámetro *Mantenibilidad* González lo identifica con la probabilidad de que un objeto o sistema sea reparado durante un periodo de tiempo establecido bajo condiciones procedimentales establecidas para ello, siendo su parámetro básico el Tiempo Promedio Fuera de Servicio (TMFS). (González, 2005)

Gómez de León plantea que *la Mantenibilidad*: es “La probabilidad de que un dispositivo, equipo o sistema sea restaurado completamente a su estado dentro de un periodo de tiempo dado, de acuerdo con sus criterios de funcionamiento de reparación preestablecidos” (Gómez de León, 1998, pag. 68).

Su expresión matemática es:

$$TMFS = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

(1.2)

HTMC= Tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla.
NTMC= N°total de fallas detectadas en el periodo observado

El parámetro *Disponibilidad* es entendido como la: “Probabilidad de estar en uso un dispositivo, equipo o sistema, en un instante de tiempo dado” (Gómez de León, 1998, pag.70)

Somerville, también indica que la *Disponibilidad* es Probabilidad de que un sistema, en cierto momento, este en funcionamiento y sea capaz de proporcionar los servicios solicitados (Somerville, 2005, pag.47)

Su expresión matemática es

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \times 100$$

(1.3)

Donde:
TMEF = Tiempo medio entre falla
TMPR =Tiempo medio para reparar

Este parámetro es tal vez el más importante dentro de un sistema productivo, ya que de él depende la planificación del resto de actividades de la organización al relacionarse con el tiempo que un objeto o sistema permanece funcionando dentro del sistema productivo bajo ciertas condiciones determinadas (González, 2005)

Como puede apreciarse los parámetros enunciados anteriormente relacionan la probabilidad de ocurrencia de un suceso durante un período de tiempo dado; en el caso de la confiabilidad se refiere al funcionamiento, en el caso de la mantenibilidad a la reparación y en el caso de la disponibilidad a su uso, todo ello bajo determinadas condiciones preestablecidas.

Dada la importancia del mantenimiento en la actividad empresarial es necesaria la sistematización de las actividades que implican dicho proceso, de ahí la necesidad de estudiar sus diferentes formas de gestión, especialmente hoy día, cuando está destinado a ser uno de los pilares fundamentales de toda empresa que se considere competitiva.

1.1.1 El mantenimiento como un sistema de gestión en la empresa.

El análisis de la organización como sistema abierto, tuvo su origen en los planteamientos realizados por el biólogo inglés Ludwing Von Bertalanffy, quien señaló que las misma estaban orientadas solo en los cumplimientos individuales de las tareas, técnicas, entre otros, y no en todo el conjunto de la organización. Esta teoría enunciada por Bertalanffy se conoce en la actualidad como La Teoría General de Sistemas, la cual representa la base para integrar y entender el conocimiento de una gran variedad de fenómenos dentro de las organizaciones.

El estudio desde el punto de vista sistémico, permite analizar y entender las diversas interrelaciones que se dan dentro de una organización. Por tanto las organizaciones empresariales, vistas como sistema, tienen entradas de su medio ambiente, en forma de personas, materiales, dinero e información; esto permite considerar a la organización como un sistema socio-técnico abierto, integrado por varios subsistemas, más aun, es la integración y estructuración de actividades humanas en torno a varios procesos tecnológicos.

El enfoque de sistemas para modelar la función mantenimiento, presenta las características básicas de un sistema abierto: entradas, procesos de transformación, salidas y retroalimentación; a tal efecto, Duffuaa, S., Raouf, A. y Campbell, J. (2000), señalan que el sistema de mantenimiento puede visualizarse como un modelo sencillo de entrada-salida, cuyas entradas son: mano de obra, administración, herramientas, repuestos, equipos, entre otros; y las salidas son:

equipos funcionando, confiables y bien configurados para lograr la operación de la planta, lo cual permite optimizar los recursos para aumentar al máximo las salidas del sistema de mantenimiento.

Atendiendo a dicho enfoque, se puede decir que el sistema de mantenimiento está constituido por: el subsistema tecnológico, el subsistema humano, el subsistema administrativo, el subsistema de apoyo, el medio externo, y objetivos y metas.

Subsistema tecnológico: Lo constituyen los equipos e instalaciones objetos del mantenimiento, el conocimiento, procedimientos, métodos, prácticas operativas, parámetros e indicadores.

Subsistema humano: Lo constituyen el sujeto de mantenimiento, la cultura, aptitudes y habilidades, filosofía del liderazgo, comunicaciones, normas de comportamiento.

Subsistema administrativo: Conformado por la estructura organizativa, las políticas, la toma de decisiones, los procedimientos administrativos, funciones, flujos de trabajo.

Subsistema de apoyo: Conformado por los instrumentos del mantenimiento, materiales, herramientas, equipos de prueba, repuestos, información técnica e información del desempeño.

Medio externo: Está constituido por las políticas de la empresa, el mercado laboral, la comunidad y el ambiente en general.

Objetivos y metas: Constituyen la razón de ser de la organización y las estrategias para lograrlo.

Puede entonces definirse como Sistema de Gestión al conjunto interrelacionado de elementos (procedimientos, instrucciones, fichas de proceso, registros y elementos similares), mediante los cuales la empresa planifica, organiza, ejecuta y controla, determinadas actividades relacionadas con los diferentes objetivos que la misma desea alcanzar. (Boloños, 2011)

Atendiendo a lo anterior un Sistema de Gestión de Mantenimiento (SGM) tiene como objetivo planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades necesarias para

obtener y conservar un costo económicamente razonable del ciclo de vida de los activos y unas ventajas competitivas adecuadas, tratando de asegurar la competitividad de la empresa para que logre sus objetivos.

Entre las definiciones de Gestión de Mantenimiento con la que se identifica la autora está la dada por la Asociación Española de Mantenimiento, donde expone que esta no es más que " *la actuaciones con las que la dirección de una organización de mantenimiento sigue una política determinada.*" (Beltran & Cols, 2006 pag. 37).

Cómo puede apreciarse esta definición implica que debe fijarse la política, pero además evidencia que debe existir una organización de mantenimiento que lleve a cabo las referidas actuaciones.

En la figura 1 que se muestra a continuación se visualiza los elementos relacionados con la gestión de mantenimiento.



Fuente: Raúl Prando

La planificación representa el punto de partida. Ella lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar las actividades probables que habrán de cumplirse para lograr los objetivos y resultados esperados, definiéndose de manera clara e inequívoca:

- ¿Qué se debe hacer?
- ¿Cuándo debe hacerse?

- ¿Cómo debe hacerse?
- ¿Quién debe hacerlo?

Las tareas básicas que se relacionan con dicho proceso son:

- Establecer objetivos y metas en cuanto a los objetos a mantener.
- Garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
- Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
- Inventario técnico.
- Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
- Determinar las acciones de mantenimiento (preventivo, predictivo, etc.) a realizar en los equipos e instalaciones.
- Establecer el balance de cargas de trabajo con las capacidades de medios y hombres para llevarlas a cabo.

La organización es la encargada de determinar la estructura de trabajo, las funciones dentro de la estructura, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación, así como la preparación de todos los recursos involucrados en el proceso, dígame materiales, humanos, tecnológicos, entre otros.

Durante la ejecución, se vinculan dos acciones administrativas de singular importancia como son la dirección y la coordinación de los esfuerzos para garantizar el cumplimiento de las actividades generadas en el proceso de planificación. En general la ejecución, el control y la evaluación, permiten que las actividades se realicen tal cual fueron planificadas, los resultados deben ser comparados con estándares y evaluados mediante indicadores, de forma tal que permita retroalimentar el proceso inicial.

Es importante señalar que antes de la implementación de un SGM la alta gerencia debe estar convencida de que el Mantenimiento:

- No es un costo.
- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, de instrumentación etc.
- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional.

1.1.2. Evolución de la gestión de mantenimiento

En la misma medida en que existió un desarrollo científico tecnológico y evolucionaron los enfoques de la gestión de las empresas, también la gestión de mantenimiento sufrió avances importantes.

El mantenimiento inicia su evolución a finales del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX durante la revolución industrial, en esta época se da inicio a los trabajos de reparación de equipos y se comienza aplicar los conceptos de competitividad de costos, además en las grandes empresas empiezan a preocuparse por las fallas de las maquinas y las paradas que se producían en la producción.

Luego en los años 1920 surgen las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación. Durante la Segunda Guerra Mundial, el mantenimiento tiene un progreso significativo debido a las aplicaciones militares. En esta época el mantenimiento se fundamentaba solo en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos elementos en función del número de horas de funcionamiento.

A partir de los años 60 aparece el mantenimiento predictivo, con el uso de herramientas y técnicas de verificación mecánica, a través del análisis de vibraciones y ruidos. Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que se produzca, adelantándose al momento en que el equipo o elemento deje de trabajar en sus condiciones recomendadas por el fabricante. En esta época se evidencia un avance tecnológico significativo en la aplicación de técnicas de mantenimiento.

En 1970, nace en Japón el Mantenimiento productivo total (TPM). El cual es un sistema de organización donde la responsabilidad recae sobre todos los miembros de la empresa, con el propósito de unir las fuerzas para obtener el buen funcionamiento de las instalaciones o maquinarias. Este sistema fue desarrollado por primera vez en la empresa japonesa Nippondenso del grupo Toyota, se inicia su implementación fuera de Japón a partir de los 80.

En la propia década del 70, se desarrolla una técnica basada en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM - Reliability Centered Maintenance) cuyo objetivo es, servir como herramienta de carácter estratégico para el control de la gestión de

los activos físicos y así reducir costos, mejorar la producción y aumentar la capacidad de la empresa.

La técnica del RCM, es una herramienta de trabajo, que debe ser desarrollada por un equipo multidisciplinario, donde se definan las acciones de mantenimiento más adecuadas, teniendo en cuenta los costos de reparación y prevención, los costos generados por las pérdidas de producción, la calidad de servicio al cliente y las consecuencias en la seguridad y el medio ambiente.

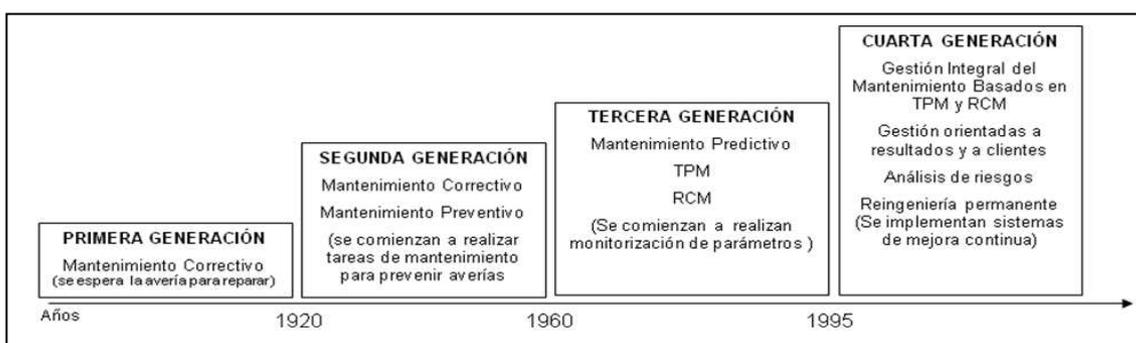
A partir del año 1995 se comienzan a integrar todos los conceptos de mantenimiento, que en los años anteriores se venían aplicando de forma aisladas, con la finalidad de obtener una gestión de mantenimiento integral, siendo empleada en distintos países obteniéndose resultados satisfactorios (González, 2005). Entre los países que han utilizado estas herramientas se encuentran: El Reino Unido, Australia y Nueva Zelanda, mientras que en Latinoamérica se destaca Chile, Colombia entre otros.

Si bien es cierto que las disciplinas y procedimientos relevantes de la Gestión de Mantenimiento han emergido de industrias como las fuerzas armadas, aerolíneas y sectores nucleares, actualmente se esparcen rápidamente las industrias de energía, agua y otros servicios.

Desde entonces la gestión del mantenimiento comienza a estar orientada no solo a los resultados técnicos sino a la satisfacción de los cliente, al análisis de los riesgos consecuencia de las fallas de los equipo, a la seguridad y protección del medio ambiente

Después de revisar el proceso evolutivo la autora estructura el mismo en cuatro generaciones, las que se muestran en la figura N°2

Figura N°2. Evolución de la gestión del mantenimiento



Fuente: La Autora.

Tomando en consideración el proceso evolutivo enunciado anteriormente y las experiencias obtenidas a nivel internacional en la utilización de diferentes técnicas de gestión del mantenimiento, que aparecen referenciadas en la literatura especializada (Nakajima, 1991; Moubray, 2001; Sacristan, 2001) y dada las condiciones del entorno en el que se desarrollan las empresas en la actualidad, la autora considera que las técnicas organizativas Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado en confiabilidad (RCM) son los que han dado mejores resultados, por ser sistemas integrales que incluyen todos los aspectos relacionados con el mantenimiento, sin olvidar que su implementación no debe ser de forma exclusiva, sino de manera conjunta con otras técnicas, siendo de vital importancia la inclusión en el sistema de gestión de mantenimiento la evaluación de los riesgos operativos que generan las fallas de los equipos en las empresas.

1.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Cuando se decide estudiar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) o Mantenimiento Autónomo, como también es conocido, resulta necesario estudiar un conjunto de consideraciones al respecto las que se explicaran a continuación

1.2.1 Principios Básicos y Objetivos del TPM

Jorge Acuña, considera que el Mantenimiento Productivo Total no es una técnica, sino una filosofía mediante la cual se trata de inculcar en todos los trabajadores de una organización, que las labores de mantenimiento de productos y maquinas no son exclusivas del personal de mantenimiento (Acuña, 2003)

Por su parte González expresa que el TPM es un sistema de gestión de mantenimiento que se basa en implantar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica la corresponsabilidad de todos los empleados sobre todo los técnicos y operarios de la planta, además este autor además de considerarlo una herramienta importante coincide con Acuña en verlo más allá de una técnica y considerarlo como una filosofía, que a su juicio debe incorporarse en los modelos de gestión de mantenimiento industrial, por las ventajas que proporciona (González, 2005)

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Implicación de todas las personas de la organización en las tareas de mantenimiento.
- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales.
- Formación y entrenamiento del personal.

Partiendo de lo anterior la autora concluye que el TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado en los siguientes principios fundamentales:

- Intervención de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta, para garantizar el éxito de la empresa.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias.
- Implantación de un sistema de gestión de mantenimiento donde se eliminen las fallas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implementación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas, mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

Por lo que se puede considerar que la aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal, transformación del puesto de trabajo entre otros.

1.2.2 Los Ocho Pilares del TPM

Los procesos fundamentales en los que se basa el TPM son también llamados "pilares" que sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado, y se implantan siguiendo una metodología disciplinada y efectiva. Por

tanto, se puede afirmar que en la aplicación de estos pilares se basa la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (Zambrano & Leal, 2005)

1. *Mantenimiento Programado*, para unificar criterios de acuerdo a los tipos de mantenimiento empleados, así como realizar una planificación, programación y control del mantenimiento.
2. *Mejoras individuales en los equipos*, son actividades realizadas por un grupo de trabajadores que tienen como objetivo eliminar las pérdidas en los dispositivos y procesos.
3. *Proyectos MP/LCC (Mantenimiento Preventivo/Costo del Ciclo de Vida)*, para conseguir la disponibilidad mas alta de los sistemas, a través de análisis de costos.
4. *Educación y Capacitación*, para que personal sea multifuncional es fundamental mantener una capacitación permanente, para obtener un operador-mantenedor.
5. *Mantenimiento de la Calidad*, busca una relación entre los defectos de los productos y las entradas de todo proceso, mano de obra, maquinas, métodos y materiales, con el fin de establecer parámetros que puedan fijar las condiciones del proceso y así ejecutar acciones que prevengan futuros defectos.
6. *Control Administrativo*, para lograr las mejoras formas de control de las áreas relacionadas con el mantenimiento, algunas de estas formas de control son: las cinco eses, Tormenta de Ideas entre otras.
7. *Medio Ambiente, Seguridad e higiene*, estudia la optimización del mismo
8. *Mantenimiento Autónomo*, es el conjunto de actividades que ejecutan a diario todos los trabajadores a los equipos que operan y mantienen, tales como: inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, estudio de posibles mejoras, análisis de problemas que presente el equipo y cualquier otra acción que lleven a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

1.2.3 Las Cinco ESES (5S) en el Mantenimiento Autónomo o TPM

La generalización del TPM hacia todos los sectores y ramas de la economía se visualiza sobre la base de la técnica de las 5S, la cual se fundamenta en actividades de calidad, competitividad y productividad en la empresa.

Tal como plantea Alcalde Pablo en su libro *Calidad*, Las 5S se deben asumir como los fundamentos sobre los cuales se puede construir una cultura de calidad, ya que están orientadas a reforzar actitudes y buenos hábitos en el puesto de trabajo. Estos hábitos de trabajo disciplinado, ordenado y con metodología conducen a lograr metas de calidad y productividad superiores. Las 5S, son cinco palabras que en japonés empiezan con la letra S y cuyo significado es el siguiente (Alcalde, 2010)

1. *Seiri (Clasificar)*: consiste en identificar y separar los objetos necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.
2. *Seiton (Ordenar)*: consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los objetos necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.
3. *Seiso (Limpiar)*: consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.
4. *Seiketsu (Estandarizar)*: consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.
5. *Shitsuke (Disciplina)*: consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Cada una de estas palabras implica la realización de acciones específicas para su puesta en marcha. La metodología existente en las 5S será útil durante el desarrollo del Mantenimiento Autónomo sobre todo en oficinas y áreas administrativas.

1.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

Jonh Moubray define el RCM como un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente (Moubray, 1991)

Este proceso está orientado al entendimiento de las funciones del sistema para que este se mantenga en la ejecución de las mismas. Para aplicarlo se deben analizar los siguientes aspectos: definición del contexto operacional, funciones y

estándares de desempeño, fallas funcionales, modos de fallas, efectos de la falla y consecuencia de fallas (Moubray, 1991)

Por su parte Anthony Smith define el RCM como “Una filosofía de gestión de mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema” (Smith, 1993 pag. 97)

Una definición más completa es la dada por Amendola, en su libro gestión de Proyectos de Activos Industriales, este autor plantea, que el mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por los usuarios en el contexto operacional presente y que consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias, para a partir de la evaluación de las consecuencias o riesgos, determinar las estrategias más adecuadas de operación, tanto técnicamente factibles, como económicamente viables. (Amendola, 2006)

La autora se adscribe a la definición de Amendola y concluye que el RCM es una metodología que permite identificar políticas o estrategias de mantenimiento óptimas tomando en consideración la evaluación de los riesgos que implican las fallas de los equipos, garantizando el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

1.3.1 Las siete preguntas Básicas del RCM

Un aspecto importante cuándo se decide implantar una metodología RCM consiste en centrarse en la relación que existe entre la organización y los elementos físicos que la componen, antes de estudiar estas relaciones es necesario saber qué tipo de elementos físicos existe en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM.

Según Moubray y de acuerdo con la norma SAE JA1011 editada en agosto de 1999, un programa de RCM debe asegurarse que las siete preguntas básicas sean contestada satisfactoriamente en la secuencia mostrada (Moubray, 1991)

1. ¿Cuáles son las funciones asociadas al activo en su actual contexto operacional (Cuáles son las funciones)?
2. ¿De qué manera puede no satisfacer sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional (modo de fallo)?
4. ¿Qué sucede cuando ocurren las diferentes fallas (efectos de la falla)?
5. ¿De qué manera afecta cada tipo de falla (consecuencias de la falla)?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir/predecir cada falla (tareas preventivas)?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada (acciones preestablecidas)?

1.3.2 Elementos básicos de la Confiabilidad.

La confiabilidad está conformada por elementos, herramientas y filosofías que al interrelacionarlos suministran información necesaria para la toma de decisiones en cuanto al direccionamiento de los planes de mantenimiento. Los elementos de confiabilidad específicos en el comportamiento de los procesos y las instalaciones son los siguientes:

Funciones y estándares de funcionamiento: Cada elemento de los equipos tiene una función determinada; la pérdida total o parcial de dicha función afecta a la organización.

Fallas funcionales: Es la incapacidad de cualquier elemento físico de satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. Por ejemplo, un equipo deja de funcionar totalmente.

Las causas de cualquier falla pueden ubicarse en una de estas siete categorías:

- Defectos de diseño
- Defectos de materiales
- Manufactura o procesos de fabricación defectuosos
- Ensamblaje o instalación defectuosos
- Imprevisión en las condiciones de servicio
- Mantenimiento deficiente
- Malas prácticas de operación.

Para identificar y analizar las fallas, se requiere de un equipo con conocimiento del sistema, las operaciones, el personal y los métodos de trabajo.

Del Castillo en la conferencia Confiabilidad Operacional define el *Modo de fallo* como los eventos que ocasionan un fallo funcional; los *Efecto de los fallos* como los eventos que pasarían si ocurre el fallo y la *Consecuencia de los fallos* como los problemas que se deriva por haber ocurrido una falla y que servirá para determinar la relación de dicha falla, con la seguridad de las personas o el medio ambiente, si afecta algún tipo de norma o reglamentación, si afecta la producción o afecta un componente particular (Del Castillo, 2012)

Probabilidad de Falla: Posibilidad de ocurrencia de un evento en función del número de veces que ha ocurrido para un equipo o familia de equipo en un periodo específico. La representación gráfica de la probabilidad condicional de falla contra la vida útil de los equipos da origen a diferentes modelos de fallas que serán representativos para una gran variedad de equipos eléctricos y mecánicos.

Riesgo: Nivel final un equipo, sistema o instalación donde determina el grado de pérdida asociada a un evento con alta probabilidad de ocurrencia en el futuro.

Incertidumbre: Falta del conocimiento seguro y claro respecto a las consecuencias futuras de alguna situación, lo que puede derivar en riesgo con posibilidad de generar pérdidas o la proximidad de un daño.

La autora considera que la confiabilidad como método de análisis para determinar el nivel de operación y mantenimiento adecuado, debe realizarse basada en herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los equipos y componentes de una forma ordenada a fin de asegurar a la empresa su integridad y continuidad operacional, estas herramientas en su mayoría se basan en cálculo de probabilísticos.

- Acuña, J. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Alcalá, A. (1998). *Introducción al Mantenimiento*. Caracas-Venezuela.
- Alcalde, P. (2010). *Calidad*. España.
- Amendola, L. J. (2006). *Gestión de Proyectos de Activos Industriales*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Arata, A. (2009). *Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales*. Santiago Chile: RIL.
- Beltran , J., & Cols. (2006). *Guía para una Gestión de Procesos*. Berekintza-España: Instituto Andaluz de Tecnología
- Boloños, R. (octubre de 2011). *El Mantenimiento como factor de competitividad*. Recuperado el mayo de 2012, de <http://www.mantenimientomundial.com>
- Canales, A., Pacheco, P., & Sarno, E. (2006). Modelo Gerencial de Mantenimiento. *Reliability World*, (pág. 14). Monterrey, Mexico.
- Chiavenato, I. (2002). *Administracion en los nuevos tiempos*. Colombia: McGraw-Hill.
- Chiavenato, I. (2002). *Administración, Procesos Administrativos*. Colombia: McGraw-Hill
- COVENIN-3049-93. (s.f.). <http://www.sencamer.gob.ve>. Recuperado el 30 /04/2011, de <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3049-93.pdf>
- Creus Sole, A. (2005). *Fiabilidad y Seguridad*. España: MarCombo.
- Cuatrecaces, L., & Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Barcelona: Profit.
- Del Castillo, A. (2012). Confiabilidad Operacional., (pág. 166). Habana-Cuba.
- Duffua, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2005). *Sistemas De Mantenimiento. Planificación y Control*. México: Limusa.
- Fayol, H. (1961). *Administración Industrial y General*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Garcia Garrido, S. (2003). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. España: Días de Santos.
- Gómez de León, F. C. (1998). *tecnología del Mantenimiento Industrial*. España: Universidad de Murcia.
- González F, F. J. (2004). *Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*. Madrid: Fundación Confemetal.
- González, F. J. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*. Madrid: Fundación Confemetal.

- Marchant, L. (2006). *Actualizaciones para el Management y Desarrollo Organizacional*, Chiler: Universidad Viña del Mar.
- Moubray, J. (1991). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Mexico.
- Moubray, J. (2001). *Reliability Centered Maintenance II*. Mexico.
- Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM*. Madrid.
- Prando, R. (1996). *Manual de Gestión de Mantenimiento*. Uruguay: Piedra Santa S.A.
- Sacristan, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Smith, A. (1993). *Reliability-Centered Maintenance*. McGraw-Hill.
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del Software*. Madrid: Pearson Addison Wesley.
- Suzuki, T. (1994). *TPM In Process Industries*. New York.
- Tavares, L. (2005). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Datastream.
- Zambrano, S., & Leal, S. (2005). *Proceso de Implantación de las nuevas Tendencias del Mantenimiento en Procesos Productivos*. Venezuela: UNET.

Bibliography

- Marchant, L. (2006). *Actualizaciones para el Management y Desarrollo Organizacional*. (L. Marchant, Ed.) Chiler: Universidad Viña del Mar.