Gestión de Mantenimiento basado en Herramientas Predictivas y de TPM

El enorme potencial de mejoras de la eficiencia energética en todas las etapas de producción y uso final de la energía es ampliamente reconocido, pero lograr este potencial sigue siendo un desafío casi mundial. Esta demostrado que una adecuada gestión de mantenimiento a partir de las nuevas filosofías de ejecución del mantenimiento contribuye decisivamente en la generación com mayores niveles de eficiencia energética y disminución de los impactos ambientales negativos. Sin embargo actualmente no son frecuentes metodologías que vinculen actividades de mantenimiento con el logro de mayores niveles de eficiencia en la generación de energía en plantas termoeléctricas. En el presente texto se realiza la descripción de la aplicación de herramientas predictivas y la adecuación de los pilares del mantenimiento Productivo Total (TPM) como filosofía para lograr mayores niveles de eficiencia en la generación de energía.

Milton Fonseca Junior. Graduado de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Estadual de Amazonas. M.Sc. En Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Pará (UFPA), Doctorado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Pará (UFPA), Funcionario en la empresa Eletrobras, realizando las funciones de ingeniero en mantenimiento eléctrico.

978-620-2-13842-0

editorial académica española

FOR AUTHOR USE ONLY

editorial académica española

MIlton Fonseca Junior · Tirso Lorenzo Reyes · Jandecy Cabral

Gestión de Mantenimiento basado en Herramientas Predictivas y de TPM

Incremento de la eficiencia energética en Plantas Termoeléctricas

Mllton Fonseca Junior
Tirso Lorenzo Reyes
Jandecy Cabral

Gestión de Mantenimiento basado en Herramientas Predictivas y de TPM

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

Milton Fonseca Junior
Tirso Lorenzo Reyes
Jandecy Cabral

Gestión de Mantenimiento basado en Herramientas Predictivas y de TPM

Incremento de la eficiencia energética en Plantas Termoeléctricas

FOR AUTHOR USE ONLY

Editorial Académica Española

Imprint
Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

Publisher:
Editorial Académica Española
is a trademark of
International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group
17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius

Printed at: see last page
ISBN: 978-620-2-13842-0

Copyright © MIlton Fonseca Junior, Tirso Lorenzo Reyes, Jandecy Cabral
Copyright © 2018 International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group
All rights reserved. Beau Bassin 2018

FOR AUTHOR USE ONLY

Gestión de Mantenimiento basado em Herramientas Predictivas y de TPM.

Incremento de la eficiencia energética en Plantas Termoeléctricas

Dr. Milton Fonseca Junior; Dr. Tirso Lorenzo Reyes Carvajal; Dr. Jandecy Cabral Leite

Milton Fonseca Junior. Graduado de Ingenieria Eléctrica en la Universidad Estadual de Amazonas. M.Sc. En Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Pará (UFPA), Doctorado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Pará (UFPA), Funcionario en la empresa Eletrobras, realizando las funciones de ingeniero en mantenimento electrico

Dr. Milton Fonseca Junior.
Dr. Tirso Lorenzo Reyes Carvajal.
Dr. Jandecy Cabral Leite

Gestión de Mantenimiento basado em Herramientas Predictivas y de TPM.

El enorme potencial de mejoras de la eficiencia energética en todas las etapas de producción y uso final de la energía es ampliamente reconocido, pero lograr este potencial sigue siendo un desafío casi mundial. Esta demostrado que uma adecuada gestión de mantenimiento a partir de las nuevas filosofias de ejecución del mantenimento contribuye decisivamente en la generación com mayores niveles de eficiência energética y disminución de los impactos ambientales negativos. Sin embargo actualmente no son frecuentes metodologias que vinculen activiades de manteniento con el logro de mayores niveles de eficiencia en la generación de energia em plantas termoelectricas.
En el presente texto se realiza la descripción de la aplicación de herramientas predictivas y la adecuación de los pilares del matenimento Productivo Total (TPM) como filosofia para lograr mayores niveles de eficiencia en la generación de energia.

FOR AUTHOR USE ONLY

Indice Pag.

I. Introducción 1
II. Mantenimiento 5
2.1 Conceptos de mantenimiento 5
2.2 Mantenimiento de equipos y procedimiento gerencial 5
2.3 Funciones de apoyo al mantenimiento 6
2.4 Prevención del mantenimiento 7
2.5 El ciclo pdca como método de control de proceso 7
2.6 Programa 5s. 9
2.7 Cualidades en las actividades de mantenimiento. 10
2.8 Tipos de mantenimiento. 11
2.8.1 Mantenimiento correctivo 12
2.8.2 Mantenimiento preventivo 12
2.8.3 Mantenimiento autónomo 13
2.8.4 Mantenimiento predictivo 16
2.9 Métodos de mantenimiento predictivo 18
III. Implementación del tpm 19
3.1 Objetivos de la implantación del tpm 20
3.2 Metodologia. 23
IV. Los motores de combustión interna (MCI) 26
4.1 Introdução 26
4.2 Tipos de motores de combustión interna 27
4.3 Motores de combustión interna en la generación termoeléctrica 28
V. Implementación del tpm en el caso considerado de la termoeléctrica MAUA de la amazonia 29
5.1 Introducción 29
5.2 Implementación de un programa de mantenimiento predictivo (pmp) 29
5.3 Resultados de la implementación del pmp 29
5.3.1 Análisis de vibraciónes 29
5.3.2 Análisis del contenido de agua en el aceite lubricante. 32
5.3.3 Análisis del contenido de metales en el aceite de lubricación. 33
5.3.4 Análisis termográfico 35
5.4 Resultados de la implementación del tpm 36
5.4.1 Pilar de educación y formación 37
5.4.2 Pilar de mejorías específicas 37
5.4.3 Pilar mantenimiento autónomo 41
5.4.4 Pilar de mantenimiento programado 42
1.5 Análisis de los indicadores 44
5.6 Formulación matemática 46
VI. Check list pilar auditoría 56
VII. Conclusiones 57
Referencias bibliográficas 59

FOR AUTHOR USE ONLY

I. Introducción

El presente texto centra su atención en un Programa de Gestión de Mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia energética en plantas termoeléctricas. Se registran los resultados de análisis de vibraciones, de aceite lubricante y la termografía como métodos de diagnostico, por otra parte se aplican cuatro de los pilares del TPM, todo lo cual resulta novedoso en el entorno de las plantas termoeléctricas que usan de motores de combustión interna. Este estudio tiene como objetivo proporcionar un sistema de mantenimiento más fiable a través de la implementación de la medición, el control y de parámetros de funcionamiento de la planta, lo que redunda en una mejor gestión al reducirse el número de paradas por averías imprevistas. Son mostrados algunos resultados de la aplicación de la metodología, tales como: reducción del coste anual de mantenimiento por reducción del mantenimiento correctivo, aumento del tiempo medio entre fallos (MTBF) y menor tiempo medio de reparación (MTTR) en todas las áreas. Estos resultados se reflejan en la generación de energía más confiable sin poner en peligro la seguridad de las instalaciones, a um menor costo y menos gasto anuales para la empresa.

FOR AUTHOR USE ONLY

Se incluyen, la propuestas de implementación de técnicas de mantenimiento predictivo, (análisis de vibraciones, análisis del aceite lubricante en el monitoreo y control de las fallas y la implementación de cuatro pilares básicos del TPM teniendo como objetivo el incremento de la eficiencia energética

Los esquemas de reposición más antiguos son por edad del componente o instalación y políticas de sustitución en masa [1,2]. En el primer caso un componente es sustituido después de un determinado

tiempo de explotación o cuando el mismo falla, lo que generalmente ocurre primero. En el segundo caso, todos los dispositivos de una determinada clase son sustituidos en determinados intervalos o cuando estos fallan.

Lo antes expuesto resulta en una mejor administración, pues el tiempo de explotación de los equipos generalmente no es conocido y resulta más económico que una política basada en la sustitución individual. Esquemas de sustitución más recientes en muchos casos están basados en modelos probabilísticos (por ejemplo, [3,4] lo que si bien puede aportar buenos resultados requiere del historial de las instalaciones y equipos lo que puede resultar bastante complejo en mucho de los casos. En la mayoría de los casos en las concesionarias de energía eléctrica a pesar de estar presenta la actividad de mantenimiento no goza de buena efectividad. A su vez, el concepto de la simplicidad en una empresa está asociada generalmente con procesos y soluciones de tecnología, cuyas características y procedimientos son estrictamente necesarios para satisfacer las necesidades especificas de requisitos que son fáciles de implementar, mantener y utilizar [5].

FOR AUTHOR USE ONLY

Para una evaluación completa de los efectos de una política de mantenimiento se tiene que saber cómo su aplicación extendería la vida útil de un componente medido en, por ejemplo, el tiempo medio hasta el fallo o entre fallos. Para descubrir eso, es necesario un modelo matemático del proceso de deterioro de los componentes que describa los efectos del mantenimiento. En los últimos diez años o más han sido propuestos varios de esos modelos [6,7].

La situación es bien diferente para los procesos de deterioro, donde algunas veces la nueva condición de fallo no es exponencialmente distribuida igualmente los tiempos entre etapas sucesivas de deterioro [8]. En un proceso de este tipo la función de riesgo aumenta y el mantenimiento

traerá mejorías independientes de los tipos de distribución entre las etapas sucesivas [9].

Es así, que algún tipo de monitoreo (por ejemplo, la inspección) debe ser parte del modelo [10]. Otras características deseables se enumeran en el estudio de la siguiente manera. Identificación del sistema y la lista de componentes críticos y sus funciones.

Modo de falla y análisis de efectos y criticidad para cada componente seleccionado, la determinación del historial de fallos y el cálculo del tiempo medio entre fallos, categorización de los efectos de la falla (utilizando flujogramas apropiados) y determinación de posibles tareas de mantenimiento [11,12,13], la atribución de tareas de mantenimiento y la evaluación del programa, incluyendo el análisis de costos. [14].

PREMO - Optimización del Mantenimiento Preventivo, se basa en un amplio análisis de las tareas, en lugar del análisis de sistemas, con una capacidad para reducir drásticamente el número tareas de mantenimiento en una planta [15,16,17]. Programas como PREMO han sido muy útiles para garantizar la operación económica de centrales eléctricas. Sin embargo estos programas no ofrecen todos los beneficios y flexibilidad de los programas en basa a modelos matemáticos [18].

FOR AUTHOR USE ONLY

En otros enfoques desarrollados; de ellos, al menos dos están interesados en las aplicaciones de sistemas de potencia [19,20]. En [19], un modelo de mantenimiento que se deriva de ramas paralelas de componentes en serie, como frecuentemente encontramos en subestaciones, en [20], el mantenimiento y la confiabilidad de los dispositivos en espera son estudiados. Ambos son, en esencia, los modelos de sustitución, donde la reparación y mantenimiento son asumidos “como nuevas” condiciones.

Una planta de energía térmica consiste en conjunto de sistemas mecánicos y eléctricos que requieren una vigilancia constante para la

producción de energía. Se necesitan los datos obtenidos a través de las acciones de monitoreo en la evaluación de la operación, el mantenimiento y el rendimiento de las plantas. Para este propósito, se utilizan las llamados Distributed Control Systems– DCS.

La obsolescencia de estos dispositivos (DCS) aumenta el riesgo de falta de disponibilidad de unidades de generación, principalmente en centrales térmicas, que tienen un alto grado de desgaste mecánico debido a las altas temperaturas y productos químicos utilizados para la producción de energía eléctrica [21].

La gestión en mantenimiento procura reducir costos asociados al mantenimiento, en particular horas/hombre, y costos de reparación. Varias metodologías han sido empleadas para el logro de estos objetivos, tales como TPM (Total Productive Maintenance), RCA (Root Cause Analysis), mantenimiento preventivo, entre otras otros. [22].

FOR AUTHOR USE ONLY

El sector eléctrico mundial ha venido afrontando una serie de reformas estructurales muy importantes desde hace más de 20 años. En términos generales, tales reformas tienen como objetivo fundamental el incremento en la eficiencia de la producción de energía aumentando la calidad en el servicio a precios cada vez más competitivos. [23].

Tal renovación / actualización ofrece la posibilidad de utilizar nuevos sistemas DCS basado, principalmente en el libre flujo de datos en tiempo real sin la necesidad de integrar cualquier interface en las arquitecturas de software propietarias como ha sido la práctica hasta ahora [24].

II. Mantenimiento

2.1 Conceptos de mantenimiento

Segung Arato (2004), el manenimiento se define como un conjunto de acciones que permite manobrar ou restabelecer um estado operativo específico o, aún, asegurar un extinto servicio.El diccionario Aurelio (1975), define la manipulación como medidas necessárias para la conservación o permanência de algo o de uma situación; o, como cuidados indispensables para el funcionamento regular e permanente de máquinas e instalaciones. Segun Xenos (1998), el mantenimiento se define como la combinación de acciones técnicas y administrativas, incluyendo la supervisión y um indicador de combinaciones de acciones y suministros que incluyen la supervisión de uma función necessária.

FOR AUTHOR USE ONLY

2.2 mantenimiento de equipos y procedimiento gerencial

De acuerdo Xenos (1998), nuestra sociedad ha dependido de los productos y servicios generados por procesos cada vez más mecanizados y automatizados, este es un caso que puede observarse en prácticamente todas las ramas de actividades, en las que el trabajo humano ha sido realizado por el trabajo de máquinas. La minería de metales ha garantizado la mayor tendencia y se encuentra en mejores volúmenes, en mayores volúmenes y costos reducidos.

De esta forma, la calidad de los productos y servicios depende cada vez más del buen funcionamiento de los equipos y de las instalaciones de producción. Cuando estos equipos e instalaciones se encuentran, la satisfacción, el confort y, principalmente, la seguridad de las personas pueden quedar amenazadas.

Para obtener los retornos de sus clientes en relación con la calidad, el precio de la entrega y la seguridad, las empresas, en particular las de capital intensivo, incluyen las tecnologías de servicios e instalaciones, y los productos y servicios a ser producidos. Esto es válido no sólo para las industrias, sino también para las empresas que prestan servicios que utilizan vehículos, aparatos de automatización, ordenadores, copiadoras e instalaciones prediales.

Para que la empresa programe y alcance sus objetivos de atención, la calidad total asi como las metas que están alineadas con metas de supervivencia de la empresa, es preferible usar las herramientas de la forma más adecuada para lograr uma mejor ejecución de sus objetivos principales, o sea un mantenimiento de los equipos en la línea de producción, como una de las principales funciones para una garantía de calidad y productividad garantizando uma mayor disponibilidade de las instalaciones.

Para controlar el proceso de mantenimiento, es necesario medir y controlar los resultados.

FOR AUTHOR USE ONLY

2.3 Funciones de apoyo al mantenimiento

Según Kardec & Ribeiro (2002), para tener una eficiente gestión de mantenimiento, se debe poner en práctica junto con los métodos de mantenimiento, algunas funciones de apoyo:

• Tratamiento de fallas de mantenimiento - son actividades de remoción de los síntomas de fallas e identificación de sus causas fundamentales para establecer contramedidas adecuadas.

• Estandarización del Mantenimiento - es la utilización de los procedimientos y estándares técnicos y gerenciales relacionados con las actividades de mantenimiento, incluyendo los manuales de mantenimiento,

catálogos de piezas, patrones de inspección y procedimientos de prueba de los equipos.

• Planificación del Mantenimiento - puede ser entendido como acciones de preparación de los servicios de mantenimiento preventivo, que define cuando las acciones serán ejecutadas. Incluir la distribución de los servicios en un determinado período, así como la previsión de mano de obra, materiales y herramientas.

2.4 Prevención del mantenimiento

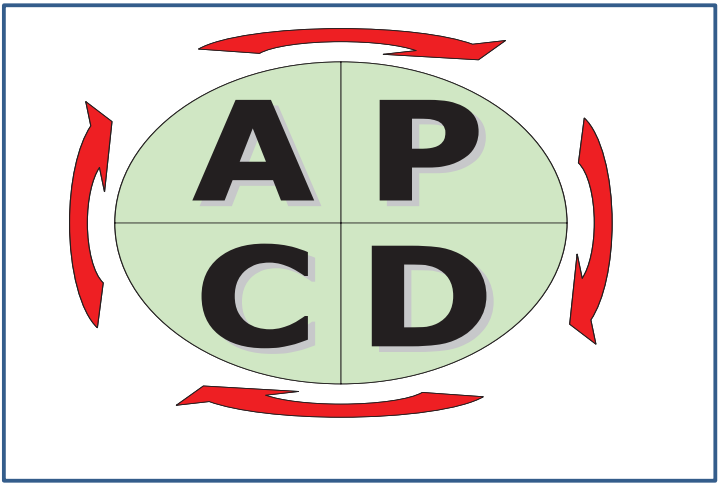
Xeno (1998), esto es un conjunto de atividades o métodos que se llevan desde la fase de proyecto y fabricación del equipo previendo reducir los servicios y operaciones de mantenimiento durante la operación de las instalaciones. El principal aspecto de la prevención del mantenimiento es la retroalimentación de las informaciones para el fabricante em la adquisición de nuevos equipos, con el objetivo de prevenir la falla y aumentar su mantenibilidad.

FOR AUTHOR USE ONLY

2.5 El ciclo PDCA como método de control de proceso

El ciclo PDCA (Figura 2.1) fue desarrollado por Schwartz a mediados de la década del 20, pero se inició como ciclo de Deming en 1950, habiendo sido ampliamente difundido por éste. Es una técnica simple que tiene como objetivo controlar el processo pudiendo ser usada de forma continua para el gerenciamento de las atividades de mantenimiento de una organización.

Figure 2.1 Gerenciamiento de rutina



Fonte: autores

FOR AUTHOR USE ONLY

De acuerdo con Slack et al. (2002), el PDCA es las secuencias de actividades que transcurren de manera cíclica para mejorar las actividades de un proceso.

Este ciclo está compuesto de cuatro fases básicas: Planear (PLAN), Ejecutar (DO), Verificar (CHECK), actuar correctivamente (ACTION).

Planificación: Esta fase consiste en trazar un plan, es decir, definir metas a ser alcanzadas y determinar los métodos que permitan alcanzar las metas propuestas.

Ejecutar / Desarrollar: Es donde será puesto en práctica, lo que fue planeado en el primer paso, abordando tres puntos importantes.

Entrenar en el trabajo el método a ser empleado;

Ejecutar el método; y

Recolestar los datos para la verificación del proceso.

En este paso, se necesita verificar los resultados de la ejecución de las actividades, valorando, si la situación está bajo control, es decir, si los

patrones definidos en la fase de Planificación se están alcanzando, de esta forma, se continúa desarrollando y controlando, pero si no se obtienen los resultados esperados, se pasa a la siguiente fase.

Actuar correctamente: En esta fase, se realizan acciones basada en los resultados presentados en la fase anterior.

a) Si el trabajo esta fuera del estándar, tomar acciones para corregir estos;

b) Si un resultado está fuera del estándar, investigar las causas y tomar acciones para prevenir y corregirlo; y

c) Mejorar el sistema de trabajo y el método.

En la gestión del mantenimiento esta herramienta es de vital importancia, la base del PDCA es la planificación, si éste no está bien definido no existirá gestión y de la misma forma no habrá resultados.

Una vez elaborados estos planes de mantenimiento tenemos el Plan del ciclo PDCA.

FOR AUTHOR USE ONLY

2.6 Programa 5s.

Las empresas con el objetivo de buscar la mejoria de la calidad de vida en el trabajo crearon en el programa 5S, una base para el desarrollo de esa calidad. No sólo los aspectos de calidad y productividad deben ser delegados a los empleados, lo mismo debe ocurrir con relación a la organización del área de trabajo, generando descarte de los ítems sin utilidad, liberación de espacio, patrones de almacenaje, facilitando al propio empleado saber lo que está bien y lo que está mal. La denominación "5S" se debe a las cinco palabras iniciadas por la letra "S", cuando se pronuncian en japonés, es decir, SEIRI (organización), SEITON (almacenaje), SEISO (limpieza), SEIKETSU (estandarización) y SHITSUKE (disciplina).

La organización: Utilización, clasificación de materiales y equipos en el lugar de trabajo, para mantener sólo lo que es útil.

La disposición: Deja cada cosa en su lugar para su uso.

La limpieza: Es la forma de inspección, pues posibilita la identificación de defectos, fallas, fugas, etc.

La estandarización: Busca mantener los tres primeiros itens de 5s (organización, almacenaje y limpieza de forma continua).

La disciplina: es la base de una civilización y lo mínimo para que la sociedad funcione en armonía y el camino para la mejora del carácter de las personas.

Con el desarrollo del TPM, se verificó que ademas ser fundamental la necesidad de cada uno buscar la limpeza de la organización para la mejora de sus actividades y del ambiente de un modo general, los atributos ordenamiento, aseo y disciplina, también tienen influencia en la mejora de la productividad.

FOR AUTHOR USE ONLY

2.7 Cualidades en las Actividades De Mantenimiento.

Al igual que cualquier otro sector de una empresa, el departamento de mantenimiento debe identificar claramente cuáles son sus interfaces. La principal interfaz del mantenimiento es la producción, que exige que los equipos se mantengan en óptimas condiciones de funcionamiento. Otra interfaz importante, es la alta administración, que exige un mantenimiento dentro del presupuesto ya un costo cada vez menor, pero que no amenace la calidad exigida por la clientela.

En la mayoría de las empresas que están implantando TQM (Gestión de la calidad total), esta conciencia ya está prácticamente establecida y los departamentos de mantenimiento se están esforzando bastante para mejorar su desempeño (XENOS, 1998).

La primera condición para promover la calidad en el mantenimiento es la economía. El aspecto económico siempre debe ser tenido en cuenta por el mantenimiento. No se pueden mantener todos los equipos e instalaciones de la empresa siempre en optimas condiciones sin tener en cuenta cuánto costo. Por ejemplo, hay situaciones en las que es más barato sustituir el equipo que reformarlo. Así, el mérito del mantenimiento no debe ser solamente la reducción de la ocurrencia de fallas o la disminución de los tiempos de interrupción de los equipos. El objetivo final del mantenimiento es contribuir al beneficio de la empresa a través de un bajo costo.

Según Tavares (1996), debe existir un equilibrio entre lo que se gasta con el mantenimiento y la influencia de esto para la producción. Por ejemplo, si se reduce a cero el stock de piezas de repuesto, seguramente habría una reducción de la utilización de los equipos en función del aumento del tiempo debido por falta de materiales.

FOR AUTHOR USE ONLY

Si se tienen en cuenta las pérdidas de producción derivadas de ello, probablemente se mostrarían inaceptables. En resumen, no se puede mirar el costo de mantenimiento aisladamente, sino, dentro de un contexto global de productividad.

Para Kardec & Ribeiro (2002), la segunda condición importante para el mantenimiento es la rapidez. Esto es bastante obvio, pues cuanto menor es el tiempo que el equipo permanece parado, menor será el perjuicio para la producción. Otras condiciones para un buen mantenimiento son la precisión y la honestidade.

2.8 Tipos de mantenimiento.

Hay varios tipos de mantenimiento posibles (mantenimiento correctivo, preventivo, autónomo y predictivo) los nombres pueden incluso variar, más el concepto debe ser bien comprendido, la concepción permite la elección del tipo más conveniente para un determinado equipo,

instalación o sistema. Entender cada tipo de mantenimiento y aplicar el más adecuado (correctamente) optimiza la producción, aumenta los beneficios y garantiza la supervivencia de la empres.

2.8.1 Mantenimiento correctivo

Según Xenos (1998), consiste básicamente en dejar que las máquinas funcionen hasta que presenten alguna falla o algo próximo de eso, para entonces programar la corrección de los problemas. Es evidente que este método es el que conlleva mayores costos asociados a pérdidas de producción, debido a las paradas inesperadas y la imposibilidad de una planificación eficiente.

Según Almeida (2005), el mantenimiento correctivo se está mostrando no ser un sistema adecuado para las industrias modernas, pues no posibilita tener seguridad para cumplir un determinado plan de producción. Sus inconvenientes son innumerables, acarreando, entre otras, dos consecuencias:

FOR AUTHOR USE ONLY

a) El costo de mantenimiento aumenta fuertemente a medida que los equipos van envejeciendo.

b) Las fallas no previstas se traducen en una parada imprevista, acarreando grandes pérdidas debido a las pérdidas de producción.

2.8.2 Mantenimiento Preventivo

Según Tavares (1996), consiste básicamente en la programación de intervenciones en las máquinas con base en la estimación de un período medio de ocurrencia de fallas; este método normalmente resulta en la sustitución de componentes en buen estado, lo que ocasiona gran desperdicio y como consecuencia costos de mantenimiento muy elevados.

En compensación, la frecuencia de la ocurrencia de los fallos disminuye, la disponibilidad de los equipos aumenta y también disminuyen las interrupciones inesperadas de producción.

Para Almeida (2005), el mantenimiento preventivo procura evitar la ocurrencia de fallas, o sea, busca prevenir asegurando el ritmo necesario para el funcionamiento de los equipos, pues involucra tareas sistemáticas tales como: reparaciones, inspecciones e intercâmbios, contrario a lo que ocorre com la politica de mantenimiento correctivo.

Para Reyes C (1997) para atenuar las perdidas que se originan durante la aplicación del mantenimiento preventivo en una empresa, una vez que los equipo o las instalaciones pasan su período de garantia técnica, a partir de los datos históricos de la ocurrencia de fallas o estados de fallas se debe realizar un ajuste de los ciclos de mantenimiento basado en el uso de herramientas estadísticas-matematicas que describen la naturaleza de la variable tiempo entre fallos o hasta el fallo, pudiendose siempre el personal de mantenimiento anticipar a la ocurrencia del fallo. Por otro lado la aplicación de un único sistema de mantenimento en una empresa es um error, siempre se debe trabajar conjungando los diferentes sistemas de mantenimiento que junto a los analisis que anteriormente fueron mencionados, permite ir reajustando el ciclo de mantenimiento preventivo, por todo ello en una empresa se debe disponer de uma correcta conjugación de la politica del mantenimiento preventivo/predictivo como filosofia.

FOR AUTHOR USE ONLY

2.8.3 Mantenimiento autónomo

Según Kardec & Ribeiro (2002), consiste en desarrollar en los operadores el sentimiento de propiedad y celo por los equipos y la habilidad de inspeccionar y detectar problemas en su fase inicial, e incluso realizar pequeñas reparaciones, ajuste y regulación.

El mantenimiento autónomo pasa, fundamentalmente, por un rescate justo y necesario de los valores del operador, liberando tiempo y energía para que los profesionales del mantenimiento dejen de ser meros "apagafuegos" y pasen a ser verdaderos practicantes de la "ingeniería de mantenimiento". Muchos profesionales del área de mantenimiento sostienen que el mantenimiento autónomo, por sí solo, no es un tipo de mantenimiento, configurándose al máximo como uno de los cimientos del TPM (Total Productive Maintenance). Sin embargo, en el momento en que hay una planificación y programación para la realización de servicios por parte de los operadores, se tiene una actividad mantenedora presente y efectiva en el organismo productivo. De ahí su caracterización como tipo de mantenimiento a ser encaminado por una empresa.

En el mantenimiento autónomo tiene como máxima: "De mi máquina cuido yo", que es adoptada por los operadores que pasan a realizar servicios de mantenimiento en la maquinaria que operan.

FOR AUTHOR USE ONLY

Podemos decir que la idea del TPM es obtener cero fallo, cero defecto y cero accidente, ya que el obrero conoce su máquina y tiene condiciones y técnicas de diagnosticar y prever la ruptura y ejecutar pequeños mantenimientos.

- **Propósitos del TPM**

Construir en el propio lugar de trabajo mecanismos para prevenir las diversas pérdidas (genba-genbutsu), teniendo como objetivo el ciclo de vida útil del sistema de producción.

Mejora del equipo - Equipos confiables y eficientes. Mejora de la calidad del producto. Para ello, las metas a alcanzar son:

Garantizar la eficiencia global de las instalaciones. Observar las especificaciones: operar en la velocidad de diseño, producir com la tasa planificada, y obtener resultados de calidad en armonía con esta velocidad y tasa. El gran problema por ejemplo, en Brasil, es que em un gran número de las empresas brasileñas no se conoce la velocidad de trabajo y la tasa de producción.

Optimizar la vida de los equipos a través de un programa de mantenimiento y la Creación de un plan / programa de mantenimiento preventivo / predictivo (MP / MPRED) debe ser um objetivo central para uma buena gestión de mantenimento. Un programa con estas características tiene en cuenta el estado técnico de la máquina, que contando com todos los registros de los equipos se establecen las intervenciones necesarias que son preprogramadas. La función del operador es imprescindible porque cuida de la limpieza y lubricación básicas, primera actitud para la mejora de la conservación y eficiencia de la máquina . La estandarización reduce las existências de stocks innecesarios, los requisitos de entrenamiento y capacitación reducelos tiempos de puesta en marcha. La atención logística (almacenamiento) puede reducir en mucho el tiempo de parada de producción, y aun mas importante es la optimización del inventario de componentes, para evitar grandes existências innecesarias en almacen.

FOR AUTHOR USE ONLY

La colaboración en el proceso de fabricación de funcionarios de todos los niveles con sus aptitudes y conocimientos, integra y trae la satisfacción del cliente. En algunas empresas este ítem está incluido en el proceso de sugerencias, como obtener mejor mantenimiento, mayor limpieza y organización, etc. Esta práctica debería ocurrir con mayor frecuencia en empresas brasileñas estudiadas, evitando un ambiente de frustración. Una buena medida: "gestión de puertas abiertas", los gerentes deben estar más disponibles para el personal de producción / mantenimiento, teniendo en cuenta sus sugerencias.

2.8.4 Mantenimiento Predictivo

A partir de 1966 con el fortalecimento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas em períodos anteriores y que la sofisticación de los instrumentos de protección y medición y la ingenieria de mantenimiento, pasa a desarrollar critérios de predicción de fallas, logrando asi la optimización de la actuación de los equipos de ejecución del mantenimiento se decide denominar a tal sistema de trabajo como mantenimiento ***"predictivo"*** todo lo cual fue associado a métodos de planificación y control del mantenimiento.

Según Arato (2004), son tareas de mantenimiento preventivo en que las intervenciones están condicionadas a algún tipo de información reveladora del estado de degradación del sistema o equipo.

En este tipo de mantenimiento, las inspecciones periódicas se limitan al monitoreo de parámetros que puedan indicar el estado operacional de un sistema o equipo. Si el análisis de estos parámetros indica la existencia de un funcionamiento no adecuado, se estima la tendencia evolutiva del defecto y se programa una parada de corrección.

FOR AUTHOR USE ONLY

La premisa del mantenimiento predictivo es que los monitoreos regulares de las condiciones mecánicas reales de las máquinas, y del rendimiento operativo de los sistemas de proceso, aseguran el intervalo máximo entre las reparaciones. También minimiza el número y el costo de las paradas no programadas creadas por fallas de la máquina, y mejora la disponibilidad global de las plantas operativas. Así, la inclusión del mantenimiento predictivo en un programa de gestión total de la planta, ofrece la capacidad de optimizar la disponibilidad de la maquinaria de proceso, y reduce bastante el costo del mantenimiento. En realidad, el mantenimiento predictivo puede ser visto como un programa de mantenimiento preventivo accionado por condición (ALMEIDA, 2004).

Elegir el mantenimiento predictivo significa intervenciones sobre una máquina de forma condicional, es decir, únicamente si los parámetros de control evolucionan de forma significativa a niveles no aceptables. La principal ventaja de este proceso de mantenimiento es la disminución del coste de producción debido a las interrupciones periódicas y la disminución de la probabilidad de introducir nuevos defectos en las operaciones sistemáticas de montaje / desmontaje. Las otras ventajas son:

a) aumento del tiempo medio entre cada revisión;

b) Eliminación de defectos no atendidos;

c) Disminución del stock de piezas de repuesto;

d) Eliminación de la sustitución de componentes en estados operativos; y

e) Minimización de paradas no programadas resultantes de fallos de componentes durante el servicio.

FOR AUTHOR USE ONLY

Según Almeida (2005), la práctica de mantenimiento predictivo involucra tres fases:

• Detección de defectos;

• Establecimiento de un diagnóstico;

• Análisis de tendencia.

La detección de defectos consiste en la observación de que los valores medidos de los parámetros de control indican una evolución más acelerada que la resultante de la degradación normal del equipo.

El establecimiento del diagnóstico es el resultado del análisis de los resultados de los valores de los parámetros de control establecidos, con base en modelos de desgaste e informaciones anteriores sobre el equipo, el origen y la gravedad de sus posibles defectos.

El análisis de tendencia consiste en ampliar el diagnóstico y prever, en la medida de lo posible, cuánto tiempo se dispone antes de la parada forzada por la fala propiamente dicha. En esta fase, el equipo se somete a una vigilancia estricta y se realiza la programación de la reparación.

2.9 Métodos de mantenimiento predictivo

Básicamente, el proceso consiste en monitorear parámetros que caracterizan el estado de funcionamiento de los equipos. Los métodos empleados involucra técnicas y procedimientos de medición, seguimiento y análisis de estos parámetros (RIPPER, 2005).

• Análisis de aceite (ferrografía) / Termografía / Análisis de vibración.

FOR AUTHOR USE ONLY

III. Implementacion del tpm

Implantacion del TPM en cuatro fases:

Fase 1 - Diagnóstico: realizado por el consultor en las áreas operativas donde el programa será implantado, con el objetivo de levantar datos de la operación, entrevistas y análisis de documentos para servir de base al Plan Maestro Estratégico de la Fase 2. Después de la realización del Diagnóstico, se presentará, a la Dirección y Gerencia de la empresa, un informe con los datos levantados, oportunidades y recomendaciones, para análisis, discusión, adaptaciones y aprobación.

Fase 2 - Plan mestre estratégico: el plan maestro estratégico contempla las oportunidades y objetivos definidos y aprobados en el Informe del Diagnóstico presentado en la Fase 1. Elaborado por el Consultor para presentación, análisis, adaptación y aprobación de la Dirección y Gerencia de la empresa y personas indicadas involucradas en el proyecto con el fin de determinar las necesidades específicas y objetivos de las áreas donde el Programa será implantado.

FOR AUTHOR USE ONLY

Fase 3 - Entrenamiento: necesario para nivelar el conocimiento de los participantes que serán los responsables en desarrollar internamente el programa, en las funciones de Líderes, Coordinadores de Pilar y miembros del Comité Directivo.

Fase 4 - Acompañamiento: el seguimiento del programa elaborado por el Consultor de conjunto con el Coordinador General del Programa, incluye reuniones con los Coordinadores de Pilar, auditorías durante la fase de implantación y orientación de las actividades, conceptos, premisas y metodología del Plan Maestro Estratégico aprobado. Las actividades previstas y recomendadas para cada pilar serán desarrolladas internamente por los Coordinadores y Grupos de Trabajo, correspondiendo al Consultor las auditorías y recomendaciones necesarias durante el período determinado en el contrato.

3.1 Objetivos de la implantación del TPM

Analizar el impacto de la implantación del TPM y evaluar una metodología de mantenimiento que posibilite la planificación y control de los equipos de forma correcta y adecuada para mejorar la confiabilidad de los equipos. Para alcanzar estos objetivos, se investigará el modo en que se implanta el TPM, el cual permita el monitoreo, sin parada de los equipos. Esto se hará por medios de los siguientes objetivos de cada pilar:

Pilar de mejoras - maximizar la eficiencia global de los equipos y de la operación a través del análisis y eliminación de las pérdidas operativas. Este pilar permite:

- Aumentar el conocimiento de toda la Operación y uniformizar los conocimientos de los participantes del Grupo de Trabajo, utilizando las herramientas de la calidad;

Identificar las distorsiones entre lo real y lo previsto (estándar) de cada Motor / Planta;

- Identificar consumos fuel oil y lubricantes / Motor / Planta, conociendo el desempeño de cada uno, para viabilizar mejoras;

- Identificar las causas fundamentales de cada pérdida, las condiciones reales de operación de cada Motor / Equipo auxiliar (holguras, pintura, fugas, instrumentación, condiciones del ambiente de trabajo, calificación de los Operadores, herramientas necesarias y disponibles, etc.);

- Organizar las diversas actividades necesarias para eliminar las pérdidas identificadas, en orden de prioridad (de mayor a menor) e inversión (de menor a mayor);

FOR AUTHOR USE ONLY

- Estandarizar los procedimientos que deberán ser seguidos por todos los Operadores, mejorando la calidad de la información, para auxiliar en la investigación de las pérdidas y sus eliminaciones;

- Medir los resultados, comparándolos con los resultados anteriores a las mejoras implantadas por el Grupo de Trabajo; y

- Crear informes de seguimiento, indicadores y gráficos de gestión visual del programa TPM.

Pilar de Mantenimiento autónomo - capacitar a los operadores a mantener los locales de trabajo limpios organizados, inspeccionando sus equipos, siguiendo procedimientos operacionales, lubricando, identificando anormalidades, etiquetando y buscando eliminar los lugares de difícil acceso y fuentes de suciedad. Este pilar permite:

FOR AUTHOR USE ONLY

- Eliminar las anormalidades de los Motores, Equipos auxiliares, Instalaciones, lugar de trabajo, suciedad acumulada y materiales no utilizados en la operación;

- Identificar visualmente las condiciones anormales que necesiten de reparación, mantener las condiciones ideales de trabajo que atiendan a la Seguridad Industrial. En esta limpieza inicial, se deben observar las condiciones de los Motores, Equipos auxiliares e Instalaciones como tornillos sueltos, falta de fijaciones y protecciones, piezas dañadas y reparaciones provisionales, falta de señalización, etc., identificadas cada uno con una etiqueta y proporcionando las reparaciones necesarias. La etiqueta sólo debe ser retirada después de la aprobación del servicio realizado;

- Acompañar las actividades realizadas y medir los resultados después de las mejoras implantadas;

- Garantizar la operación dentro de los estándares ideales exigidos; y

- Acompañar ese indicador y evaluar los resultados alcanzados con las mejoras implantadas, manteniendo las condiciones de limpieza dentro de los estándares establecidos y exigidos.

Pilar de mantenimiento planificado - crear modelo corporativo de Gestión del Mantenimiento para todos los Motores y Equipos auxiliares de las Plantas y Clientes externos para optimizar las intervenciones y reducir los costos de mantenimiento, garantizando el desempeño de los Motores y Equipos auxiliares. El pilar permite:

- Estandarizar la forma de priorizar Motores, Equipos auxiliares e Instalaciones según necesidad de la empresa, con foco en el negocio;

- Identificar las prioridades de negocio de la empresa para facilitar la implantación de un modelo de gestión de mantenimiento;

- Facilitar la atención y la decisión en la acción más indicada a ser tomada, conforme a la prioridad;

- Rescatar las condiciones ideales de operación de los Motores, Equipos auxiliares e Instalaciones, mejorando la Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad;

FOR AUTHOR USE ONLY

- Definir una filosofía de mantenimiento a ser utilizada en los equipos;

- Analizar los informes existentes y complementarios a la información con nuevos documentos para facilitar el análisis y la solución de problemas

Pilar de mantenimiento-educación y entrenamiento - apoyar los otros Pilares, analizando la calificación de los participantes y la necesidad de entrenamiento. Este pilar permite:

- Nivelar el conocimiento de todos los participantes antes del inicio de las actividades en los Grupos de Trabajo;

- Estandarizar el material y las informaciones pasadas a los funcionarios;

- Organizar un calendario de actividades, que permita acompañar y auditar el desarrollo del TPM, para medir el grado de desarrollo del TPM y presentar los indicadores de los Pilares: PME - Pilar de mejorias específicas PMA - Pilar de Mantenimiento autónomo, PMP - Pilar de mantenimiento planeado y PMEE - Pilar de mantenimiento-educación y entrenamiento;

- Identificar, planificar y realizar la necesidad de entrenamiento, a fin de permitir el desarrollo de las actividades de los otros Pilares de la TPM;

A continuación se describen las consideraciones metodologicas para la simplicación de los Ocho Pilares contemplados en el TPM en solo Cuatro para su aplicación en la termoeléctrica MAUA en la Región amazônica.

FOR AUTHOR USE ONLY

3.2 Metodologia.

Para la implementación del programa TPM en el ambiente de producción de la Planta de generación Mauá, en primera instancia se requiere de la realización del diagnóstico de las reales condiciones de operación de las máquinas generadoras y equipos auxiliares. El Diagnóstico consiste en la primera etapa de un proceso de consultoría y pretende proporcionar a la Planta las condiciones necesarias para el desarrollo y perfeccionamiento de modo que su desempeño alcance niveles satisfactorios de eficiencia y eficacia. En este caso el objetivo fundamental es determinar la necesidad de un sistema de Mantenimiento Productivo Total.

La implementación del programa TPM por el hecho de generar periódicamente evaluaciones de desempeño del sistema de generación de energía, a través de datos de medición de vibración, análisis de aceite y análisis termograficos, también permite que se formule una propuesta de

pre-despacho de carga para las unidades generadoras, basada en la condición de las máquinas.

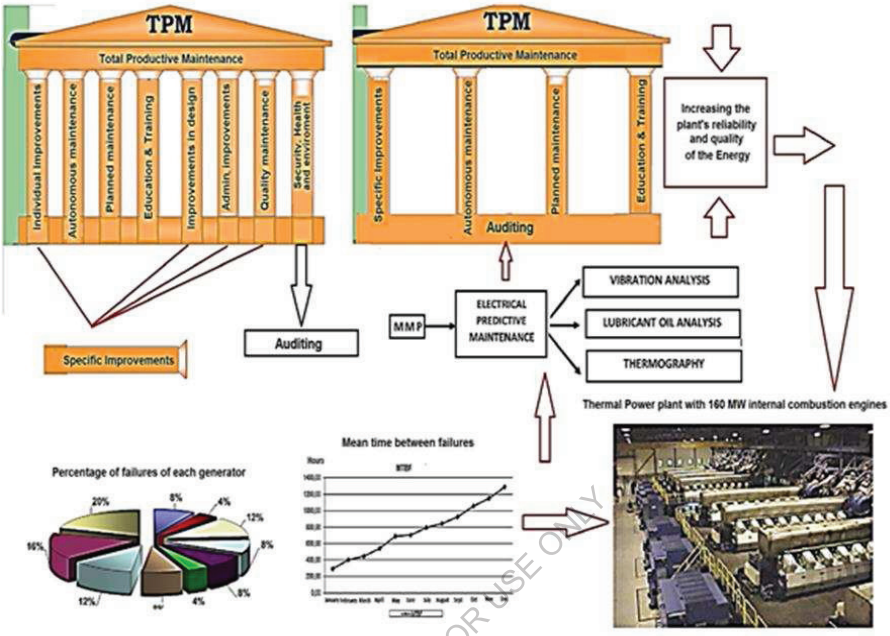
El enfoque presentado en el texto esta basado en la utilización de reglas fuzzy como herramienta, construidas a partir de los resultados de los análisis de vibración, análisis de aceite y análisis de termográfico. Estos procedimientos se describen en más detalle en el capítulo siguiente del presente texto. En la Figura 3.1, se presenta de forma resumida los procedimientos metodológicos utilizados para la implementación de la propuesta de despacho de carga con restricciones de mantenimiento :

(En la parte superior izquierda se puede apreciar la simplificación de los 8 pilares del TPM, para 4 Pilares.En la parte central izquierda muestra las actividades de diagnóstico que permiten conocer el estado técnico de los motores, para saber si pueden o no ser usados en el pre-despacho de carga.En la parte inferior izquierda mostramos los análisis de confiabilidad, en la que junto con el diagnóstico permiten saber cuándo es posible que cada motor falla para no considerarlo en el pre-despacho de carga., para realizar el pre-despacho de carga, conforme las reglas fuzzy que atienden al estado técnico de los motores).

FOR AUTHOR USE ONLY

En la parte superior izquierda de la Figura 3.1, se destaca la simplificación de los ocho pilares del TPM para un programa de cuatro pilares, como fue expresado anteriormente. Para poder tener un control del mantenimiento, se ha agregado una actividad de auditoría que posibilita que la simplificación del TPM, no deje fuera alguna de las actividades de mantenimiento importante sin ser atendida

Figura 3.1- Simplificación de los Ocho Pilares del TPM



Fuente: Autores (2017).

FOR AUTHOR USE ONLY

Los datos de la operación de los motores en conjunto con datos de los análisis de vibración, de aceite y de temperatura, se recolectan periódicamente en la Termoeléctrica y se utilizan de forma integrada para alimentar un sistema basado en reglas fuzzy, el cual retorna la programación de pre-despacho de la Planta para el período de interés, teniendo en cuenta el estado de operación de las máquinas.

A continuación se presenta una breve descripción de la Termoeléctrica Mauá, en la que se implemento el programa TPM y la propuesta de pre-despacho considerando las condiciones operacionales de los motores / generadores.

IV. Los motores de combustión interna (mci)

4.1 Introdução

Son máquinas en las que La energía química del combustible se transforma en trabajo mecánico, mientras que el fluido de trabajo consiste en los productos de la combustión de la mezcla aire-combustible, y la cámara de combustión y el propio proceso de la combustión están integrados al funcionamiento general del motor.

Los MCI representan la tecnología más difundida entre las máquinas térmicas, debido a su simplicidad, robustez y alta relación potencia-peso, lo que hace que estos accionadores sean empleados a gran escala como elementos de propulsión (automovilística, naval y aeronáutica), para la generación en periodos de carga pico y generación continua de electricidad, para accionamientos de bombas, compresores o cualquier otro tipo de carga estacionaria . (Figura 4.1).

FOR AUTHOR USE ONLY

Figura 4.1. Motores Wartsila V 46 de la usina Mauá.

Fuente: Eletrobras Amazonas Energia Manaos (2010)

En lo que se refiere a la generación de energía eléctrica, los motores a diesel y gas son competitivos principalmente por la alta eficiencia térmica,

tanto en operación a la carga total, como también en cargas parciales (la eficiencia térmica presenta pequeñas variaciónes para intervalos de carga que pueden estar entre un 40 a 100%. Un factor adicional viene de la eficiencia de los motores, que no es tan sensible a las condiciones ambientales locales (temperatura, presión y humedad) como son las turbinas de gas.

Además, se debe considerar la posibilidad de quemar diferentes combustibles: pueden operar consumiendo combustibles líquidos (gasolina, alcohol, combustible, diesel, etc.) o gaseosos (gas natural, gases residuales o manufacturados, etc.).

Finalmente, otras características importantes son el corto tiempo de montaje de la central y la rápida entrada en operación (start-up), además los motores son apropiados para las condiciones de arranque y paradas diarias.

FOR AUTHOR USE ONLY

4.2 Tipos de motores de combustión interna

En el caso de que se trate de un motor de encendido por chispa o de Otto (una mezcla de aire - combustible se admite en la cámara de combustión), existen MCI del tipo rotativo (la gran mayoría a gas, motor Wankel, etc.) y del tipo alternativo (pistón), siendo este último subdividido en motores de encendido por chispa u Otto y de encendido por compresión, o Diesel (el aire es admitido en la cámara de combustión y comprimido hasta una presión y temperatura suficientes para que ocurra la combustión espontánea cuando el combustible sea inyectado).

En el presente texto el se hace enfasis en los motores de encendido por compresión o diesel, donde una vez, comprimido el aire en el interior del cilindro y alcanzada las condiciones de temperatura es inyectado el combustible ocurriendo la aotoignición del combustible.

4.3 Motores de combustión interna en la generación termoeléctrica

La eficiencia térmica de los MCI modernos para la generación de energia electrica es considerable, alcanzando, en aquellos de mayor tamaño valores superiores al 40%. Para CTE (Central Termoeléctrica) con rango de potencia entre 20 y 50 MW, los MCI alcanzan eficiencias comparables com algunos de los ciclos combinados convencionales. Además, los MCI, ya sean ciclo Otto o Diesel, son eficientes incluso trabajando a cargas parciales, pudiéndose mantener casi la misma eficiencia para valores de carga entre el 40 y 100% del valor nominal, sin embargo, los que funcionan de acuerdo al ciclo diesel presentan mejores resultados. Uno de los avances significativos en este sentido fue la introducción del turbo compressor, que aprovecha la energía de los gases de escape para comprimir el aire de alimentación antes de entrar en la cámara de combustión.

FOR AUTHOR USE ONLY

V. Implementación del TPM en el caso considerado de la termoelectrica maua de la amazonia

5.1 Introducción

A partir de las observaciones de los resultados del diagnostico realizado en la Planta, se detecto un problema constante en la operación de uno de los motores de la CTE Mauá, la metodología analizada en el presente texto fue aplicada en dos etapas, el primero con la implementación del mantenimiento predictivo y el segundo con la implementación del TPM. Los resultados de la aplicación de la metodología en el estudio se presentan a continuación.

FOR AUTHOR USE ONLY

5.2 Implementación de un Programa de Mantenimiento Predictivo (PMP)

La empresa preocupada por la calidad y el nivel de producción de energía implantó un Programa de Mantenimiento Predictivo para evitar las paradas debidas a los resultados del dianostico, buscando eliminar el elevado número de mantenimientos correctivos. El Programa se inició en noviembre de 2009.

5.3 Resultados de la implementación del PMP

5.3.1 Análisis de Vibraciónes

La Figura 5.1 fue generada con los datos recolectados durante el diagnóstico para lo cual fueron usados los siguientes equipos:

- Analizador de señal de vibración modelo CMVA60;

- Acelerómetro CMSS787A 100 mV / g de SKF, serie número 13259;

- Software Prism4, versión 1.35 de SKF.

Esta práctica se aplica periódicamente y se utiliza para evaluar las vibraciónes de los motores y equipos rotatorios, pudiéndose detectar si el equipo necesita alineación, balanceo o cambio de rodamiento o de piezas.

La clasificación adoptada para la severidad vibración es función de la potencia del accionamiento, velocidad de rotación de la máquina, así como nivel de criticidad para la producción.

Clasificación de la severidad:

• Clase I Máquinas de o a 15 kW de potencia

• Clase II Máquinas de 15 a 75 kW de potencia

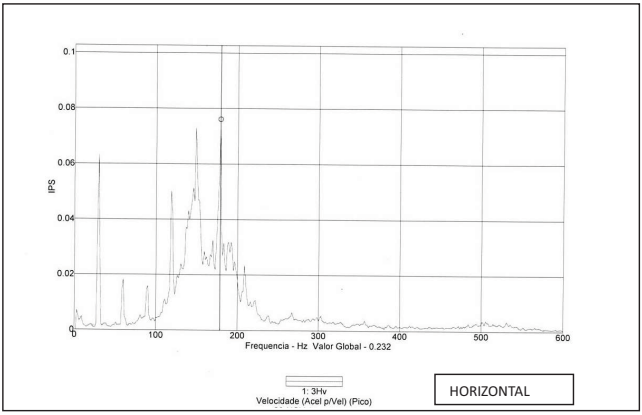
• Clase III Máquina de 75 a 300 kW de potencia

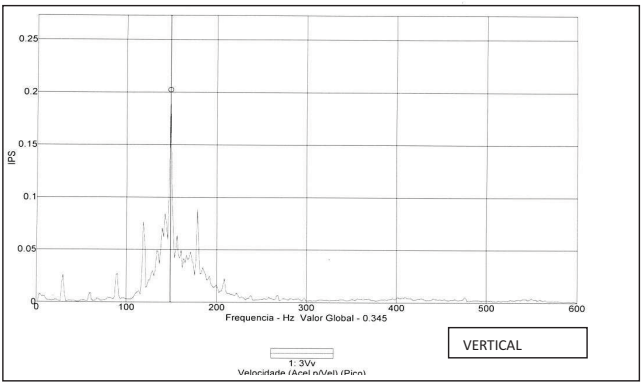
• Clase IV Máquina por encima de 300 kW de potencia

Cada equipo fue cuidadosamente evaluado para que los niveles de vibración fueran compatibles y registrados con la máxima fidelidad con el uso del Software Prism4, buscando una mejor interpretación y control de los valores para el análisis de los puntos en estudio.

FOR AUTHOR USE ONLY

Figura 5.1: Análisis de Vibraciónes. Las medidas se realizaron en la horizonta y la vertical.





Fuente: Electrobras Amazonas Energia Manaus (2010)

Tabla 5.1:
Nivel de las vibraciones

Clase	***[N] Normal***	***[P] Permisible***	***[A] Alerta***	***[C] Crítico***
Classe I	0,18 a 0,71	0,71 a 1,80	1,80 a 4,50	encima de 4,50 mm/s
Classe II	0,18 a 1,10	1,10 a 2,80	2,80 a 7,10	encima de 7,10 mm/s
Classe III	0,18 a 1,80	1,80 a 4,50	4,50 a 11,2	encima de 11,2 mm/s
Classe IV	0,18 a 2,80	2,80 a 7,10	7,10 a 18,0	encima de 18,0 mm/s
Código				

FOR AUTHOR USE ONLY

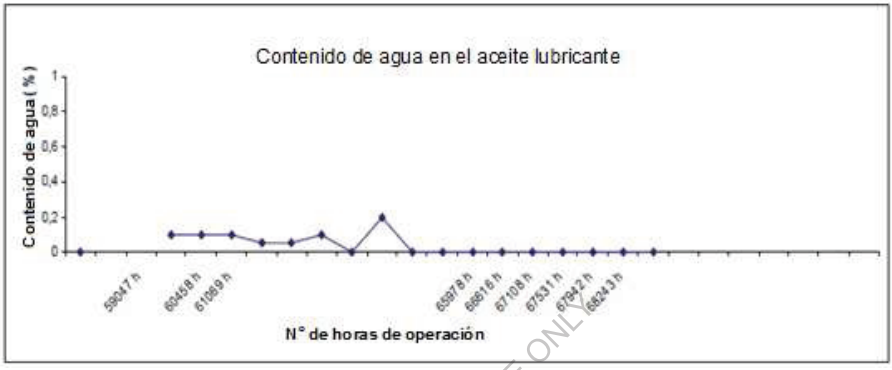
Fuente: Electrobrás Amazonas energia, (2010).

Estos niveles vibraciones podrán ser alterado conforme a la periodicidad deseada a alcanzar, por las curvas de tendencias, análisis espectral y distribución de vibraciones por el período de análisis y el seguimento de la evolución de las vibraciones en función de las intervenciones que fueron o no efectuadas por el mantenimiento obedeciendo rigurosamente al plan de predicción.

5.3.2 Análisis del contenido de agua en el aceite lubricante.

Conforme los resultados de los análisis de contenido de agua, realizados periódicamente como analisis predictivo, mostraron niveles normales dentro de los valores permisibles La Figura 5.2.

Figura 5.2 Contenido de agua en el aceite lubricante



Fuente: Electrobras Amazonas Energia Manaus (2010)

FOR AUTHOR USE ONLY

Se necesitan sólo 100 ml de muestra del aceite lubricante del carter del motor del motor, que se coloca en un frasco con capacidad para 150 ml. El exceso de lubricante, después de la recolección, debe ser descartado inmediatamente, para evitar que las partículas se precipiten. El espacio de 50 ml, que corresponde a 1/3 del frasco, permite una agitación posterior de la muestra. La determinación de la presencia de agua en aceites lubricantes puede realizarse con métodos de verificación de turbidez en aceites claros o el burbujeo o crepitación cuando se colocan gotas de aceite sobre una chapa caliente aproximadamente a 160^0C. El método utilizado en este estudio es el de la destilación que es una prueba que tiene como objetivo evaluar las características de volatilidad del aceite lubricante. La prueba se realiza tomando 100 ml de la muestra del producto que se colocan en un matraz de vidrio que, a continuación es calentado para su destilación en condiciones controladas. Con ese calentamiento, los productos se

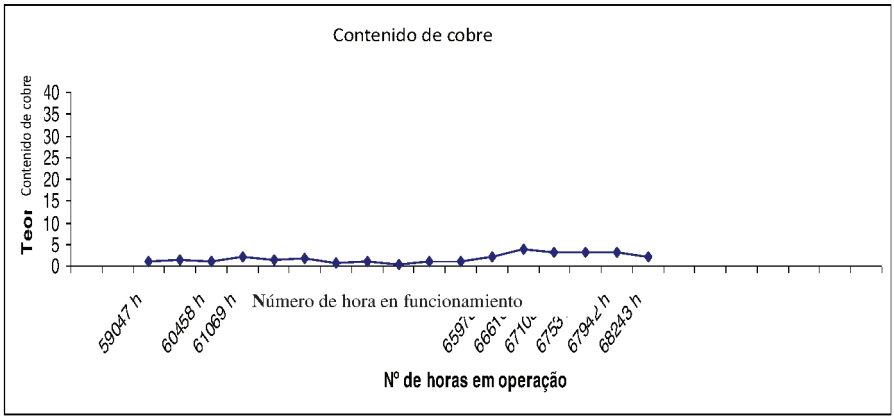
evaporan, siendo luego condensados y recogidos en una probeta de vidrio, inmersa en un baño frio. Después de esta operación las temperaturas registradas se corrigen teniendo en cuenta las pérdidas, que ocurren en la evaporación de pequeñas partes del producto a presión Barométrica. Después de estos análisis se verifica el contenido de agua siendo admisible hasta um 0.2% de contaminación, después del análisis se construye um gráfico que relaciona el contenido de agua en % y el numero de horas de funcionamento del motor.

5.3.3 Análisis del contenido de metales en el aceite de lubricación.

Los métodos describen el análisis de fluoruro – Metodología de análisis de metales en aceites y grasas para la determinación de metales en el aceite lubricante. Los análisis se realizaron por ferrografía para la lectura directa (hierro y cobre), basado en la extracción de partículas contaminantes magnetizables contenidas en el lubricante, a través de la acción de un campo magnético. El equipo utilizado distribuye las partículas de acuerdo a su tamaño, mientras menor es, menor será la distancia recorrida dentro del campo magnético. Las partículas no magnéticas son "fijas" a uma distancia mayor, este patrón se refiere a partículas mayores de 2,5 a 15 micras en un volumen de 100 ml de partículas. El número de partículas mayores a de 2 a 5 micras se utiliza como punto de referencia para las partículas sedimentadas. Las partículas mayores de 15 micras, contribuyen en gran medida a un posible fallo catastrófico de algún componente. Después del análisis se construye um gráfico que relaciona el contenido de cobre y hiero % y el numero de horas de funcionamento del motor, figuras 5.3 & 5.4.

FOR AUTHOR USE ONLY

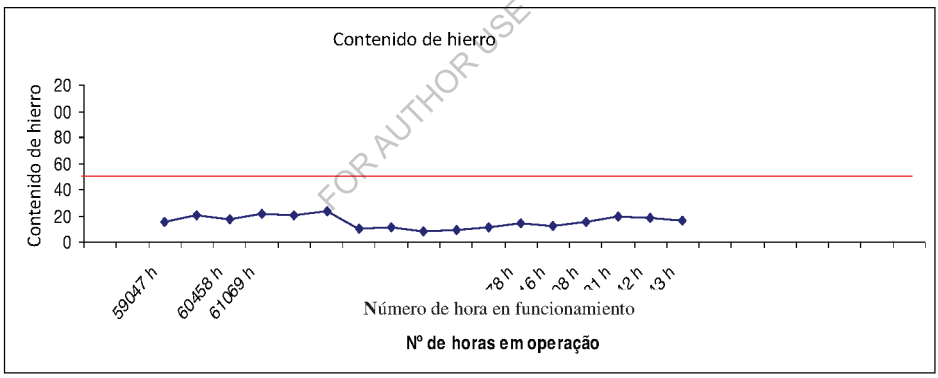
Figura 5.3 Contenido de cobre en el aceite lubricante.



Fuente: Electrobras Amazonas Energia Manaus (2010).

Figura 5.4. Contenido de hierro en el aceite lubricante.

FOR AUTHOR USE ONLY



Fuente: Electrobras Amazonas Energía Manaus (2010).

Los análisis se realizan periódicamente, acompañados de las tendencias por los gráficos, según los valores indicados en la tabla 5.2

Tabela 5.2: Análisis periódico del aceite lubricante

Data da coleta	Média	Limites	Método	Unidade
Água % Volume	0,04	0,3	BR1000/017	
Oxidação	5,77		ASTM D95	%(V)
Viscosidade 40ºC	141,95		ASTM D445	CSt
TBN	37,77	25,00	ASTM D2896	mgKOH/g
SOOT ÍNDICE	0,08		BR1000/094	%
Teor de ferro	15,45	25,00	Plasma	ppm(m)
Teor de silício	19,62	20,00	Plasma	ppm(m)
Teor de cobre	1,75	5,00	Plasma	ppm(m)
Teor de chumbo	0,56	5,00	Plasma	ppm(m)
Teor de cromo	0,91	5,00	Plasma	ppm(m)
Teor de alumínio	5,20	10,00	Plasma	ppm(m)
Teor de estanho	0,29	5,00	Plasma	ppm(m)
Teor de Manganês	24,59		Plasma	ppm(m)
Teor de sódio	30,30	20,00	Plasma	ppm(m)
Teor de vanádio	4,45	5,00	Plasma	ppm(m)

Fonte: Electrobras Amazonas Energia Manaus (2010)

FOR AUTHOR USE ONLY

Fue comprobado que todos los valores del análisis del aceite lubricante del motor a traves del análisis predictivo están dentro de los rangos permisibles.

5.3.4 Análisis Termográfico

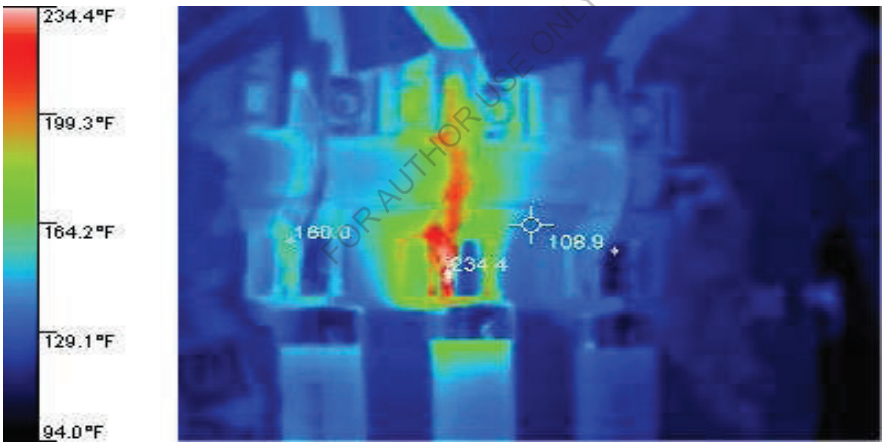
Este estudio consiste en la investigación de los fundamentos de la radiación térmica, específicamente el uso de imágenes térmicas aplicadas en la prevención de sobrecorrientes. La radiación infrarroja es la base de los estudios sobre imágenes térmicas, que tienen la función de capturar esta radiación, interpretando y generando una imagen cuantitativa de la temperatura del cuerpo estudiado (LOPEZ-PEREZ y ANTONINO-DAVIU, 2017).

Un termograma es una imagen que proporciona el análisis del objeto considerando la distribución de su temperatura. Es una técnica no destructiva en la que las imágenes se generan a una distancia y es una de

las maneras más eficaces de inspección previa para Sistemas eléctricos y térmicos (ANDRADE, 2015).

Así, para identificar posibles anomalías en equipos eléctricos, se realizaron análisis periódicos de imágenes térmicas de equipos y / o circuitos usando una cámara termográfica conforme figura. en el generador 01. Este análisis permitió realizar mediciones sin la interrupción de la operación. De acuerdo con los resultados de la figura 5.5, tubo de escape del motor / generador 01 presenta una temperatura mas allá de los limites tolerables (roja), fuera de los límites tolerables, de modo que, por el criterio de temperatura, el motor / generador 01 no es apto para cumplir su función.

Figura 5.5 – Análisis mensual de termovisión del motor/generador 01.



FOR AUTHOR USE ONLY

Fuente: Autores (2017).

5.4 Resultados de la implementación del TPM

El seguimiento de los indicadores se llevó a cabo durante un período de 12 meses, lo que permitió analizar las ventajas de la aplicación de las herramientas del TPM en la empresa. El análisis de los resultados de cada pilar que se describen en la metodología, demostraron los avances

significativos logrados con la adopción del TPM, como se describe a continuación.

5.4.1 Pilar de Educación y Formación

Todos los empleados que participan en el programa se sienten identificados para recibir la Formación Básica en TPM, a impartir por los Coordinadores de Pilares. Los materiales didácticos para la formación básica, aprobados por el comité de la directoria son puestos a disposición de los grupos responsables de los Pilares del TPM. La planificación de los entrenamientos es realizada de forma rigurosa, incluyendo la información relativa de los empleados a ser entrenados, asi como de los instructores. La divulgación de las horas de capacitación, cantidad de personal, habilidades obtenidas por los capacitados, clasificación de los operadoes y equipos de mantenimento son actualizadas por el departamento de recursos humanos.

FOR AUTHOR USE ONLY

El pilar educación y formación permite crear un proceso eficaz de desarrollo del talento humano, orientado a la mejora de las competencias y capacidades de las personas implicadas en las iniciativas del TPM. Mas que gestionar el proceso de formulación de necesidades de formación para TPM, el Pilar Educación y formación tiene dos objetivos fundamentales

1. Ayudar a construir una cultura nueva de trabajo, desarrollando competencias técnicas y de comportamiento y,
2. Contribuir a la eliminación de las perdidas de produtividad, producidas por falta de habilidades y competencias de los colaboradores.

5.4.2 Pilar de Mejorías específicas

Los grupo de trabajo formados, el flujo Operacional de una manera clara y didáctica, los equipos, las prioridades y los principales riesgos

identificados son conocidos por todos los participantes. Los motores, equipos auxiliares y las operaciones son identificadas por sus capacidades nominales y reales. Se tienen los criterios para analizar e identificar las principales pérdidas de operación, se cuenta con la estratificación de Pareto. A traves del Diagrama de ishikagua se identifican las principales causas de los problemas (figura 5.6). La metodología a utilizar para investigar y eliminar las perdidas se conoce. Se cuenta com el Plan de acción(tabla 5.3), igualmente la secuencia del control de etiquetas (tabla 5.4), todo preparado a traves de las acciones del grupo de trabajo y responsables igualmente se conocen los plazos y avance de las actividades.

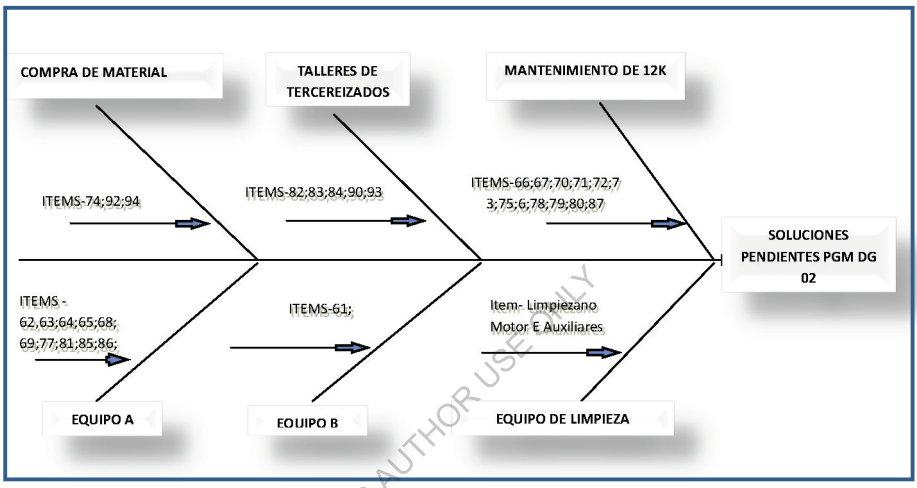
Poner en marcha el Plan de Acción y comparar los resultados antes y después resultan ser unas de las tareas mas importantes em todo el processo de implementación del TPM, igaulment no deja de ser menos importante, completar el Estándar operacional a ser utilizado por los operadores en cada motor y los equipos auxiliares. El Rendimiento de operación /Motor y equipos auxiliares se evalúa a través de la comparación de los indicadores y los objetivos establecidos para cada motor / Planta. La información sobre los informes de operaciones es presentada con calidad y supervisados por los Gerentes, Supervisores y Operadores. Los resultados son evaluados continuamente por los Gerentes, Supervisores y Operadores. Em todo el processo se tiene um Antes y Después que igualmente incluye la ganancia de recursos materiales y financieros, etc. Los Operadores son capaces de identificar cualquier distorsión de los indicadores operacionales. Las Normas de operación son supervisadas por los gerentes, supervisores y operadores.

FOR AUTHOR USE ONLY

La Operación es monitoreada continuamente por los operadores y actuan dentro de las especificaciones de causa y efecto del diagrama de Ishikawa, como se muestra en la figura 5.5 muestra el modelo de etiquetas. Estan previsto todos los procedimientos adoptado para la colocación de

etiquetas, como muestra la Tabla 5.3 y las acciones y procedimientos a ser adoptados para la retirada del etiquetado como se muestra en la tabla 5.4. Es explicado el procedimiento y el control secuencial de etiquetas y el control de la ejecución del Plan de Acción, figuras 5.7 y 5.8.

Figura 5.6 . Diagrama de Causa y Efecto (ishikawa) - Pilar de mantenimiento autónomo.



FOR AUTHOR USE ONLY

Fuente: Autores

Tabla 5.3

n° etiqueta	Local motivo DG#02 MUUGD10	Responsable	Colocación	Retirada
62	Fugas en la base del filtro de lodo O.L	Paulo	27/06/13	30/06/13
63	Red flexible de retomo OC con vibración	Marcelo	04/07/13	10/07/13
64	Válvula globo de entrada de LFO con la base suelta	Jeam	06/07/13	10/07/13
65	Protección de entrada y salido de O.C. suelta	Paulo	12/07/2013	12/07/13

Fuente: Propia.

Tabla 5.4

N.º RN	Descripción	Que es? (Acciónconrrectiva)	Quien?	Cuando? (Hasta)
62	Fugas en la base del filtro de lodo O.L	Paulo	27/06/13	30/06/13
63	Red flexible de retorno OC con vibración	Marcelo	04/07/13	10/07/13
64	Válvula globo de entrada de LFO con la base suelta	Jeam	06/07/13	10/07/13
65	Protección de entrada y salido de O.C. suelta	Paulo	12/07/13	12/07/13

Fuente: Propia.

Figura 5.7. Aacciones adoptadas para la colocación de las etiquetas

FLUXOGRAMA	RESPONSÁVEL	DETALHAMENTO
Inicio ↓ Identificación de anomalias ↓ Llenado de la etiqueta ↓ Aplicación de la etiqueta ↓ Registrar ↓ A	• Supervisores, Técnicos o Auxiliar de Planta. • Colaborador que identifico la anomalia. • Colaborador que identifico la anomalia. • Supervisor.	- Constatando la existencia de cualquier anomalía, desvío o irregularidad El buen funcionamiento del equipamiento, sistemas, ambientes y necesidades de entrenamientos. Seguir secuencia numérica de las etiquetas. - Llenar todos los ítems de las etiqueta. - Describir los detalles de las anomalías en los espacios en Blanco (al dorso de la etiqueta). - Colocar La etiqueta e la instalación o equipo bien visible - Abrir libros de REGISTRO - Registrar las etiquetas de forma secuenciada - Lleve a una hoja electrónica el control secuencial de las tarjetas.

FOR AUTHOR USE ONLY

Fuente: Propia

Figura 5.8. Acciones adoptadas para la retirada de las etiquetas.

FLUXOGRAMA	RESPONSÁVEL	DETALHAMENTO
A		
Generar un plan de acción	• Supervisor o Gerente.	- Generando acciones en conjunto con el coordinador de pilar en cuestión
Retirada da etiqueta	• Supervisor	- Concluyendo un plan de acción, hacer la retirada de las etiquetas del local y hacer el registro de retirada.
Generar control	•Coordinador de Pilar	- GráficoPareto
Final		

Fuente: Propia

FOR AUTHOR USE ONLY

5.4.3 Pilar Mantenimiento Autónomo

En la limpieza inicial, los operadores y todos los involucrados deben estar entrendos para identificar anomalías en los motores (Pilar Mantenimiento Autónomo), equipos auxiliares, las instalaciones y el lugar de trabajo a través de las etiquetas como se muestra en la Figura 6. Áreas, motores, equipos e instalaciones auxiliares deberán estar limpias y mantenerse en estas condiciones, no tolerar ninguna señal de desorganización y falta de higiene. Uso de las 5S. Los sitios que no cumplen con este requisito, al menos, se indicarán con las etiquetas y la reparación futura debe ser incluida en un plan de acción indicando los plazos de ejecución y delimitación de la responsabilidad como se indica en las tablas 5.5, 5.6 y 5.7. Después de la colocación de Etiquetas, debe ser creado un control indicando: El tipo de problema, el número de etiquetas colocadas, las retiradas y las áreas involucradas en las anomalías, tales como: áreas de mantenimiento, operación, seguridad y medio ambiente.

Los operadores tienen la obligación de comprobar siempre las condiciones ideales de los motores y equipos auxiliares, el personal siempre debe inspeccionar los locales y zonas de trabajo, siempre se marcan con los colores de la seguridad industrial, placas de identificación, la iluminación y la limpieza. Indicadores de etiquetas actualizados, lo que indica el volumen de etiquetas retiradas y colocadas en el mes. Todas las actividades antes mencionadas se llevan a cabo con la correcta identificación de zonas de difícil acceso, la eliminación

de las fuentes de suciedad y la preparación de los Estándares Provisionales de limpieza, lubricación, inspección, seguridad y medio ambiente.

La estructuración del Pilar Mantenimiento Autónomo aparece en el organigrama de la planta que incluye:

FOR AUTHOR USE ONLY

- La determinación e identificación de anomalías (Identificación por etiquetas), Formación del grupo de trabajo en el procedimiento de etiquetado;
- Determinación de la forma de hacer la limpieza inicial;
- Establecimiento de la forma de controlar las etiquetas;
- Inicio del proceso de etiquetado y número de etiquetas utilizadas;
- Inicio del proceso de retirada de las etiquetas;
- Información del número de etiquetas retiradas;
- Realización auditorías internas para asegurar el éxito del programa.

5.4.4 Pilar de Mantenimiento Programado

Incluye:

- Hoja de Trabajo con las prioridades que contiene las preguntas pertinentes sobre las áreas involucradas con la operación (Operación, Mantenimiento, Ingeniería y Medio Ambiente);
- Reunión para evaluar y clasificar en A, B y C, todos los motores, equipos e instalaciones auxiliares de la empresa, que se llevan cabo con todas las áreas involucradas;
- Todos los motores, equipos e instalaciones auxiliares, que se clasifican como A, B y C (Gerenciamiento de Inventario según clasificación), (A) los más importante donde no puede faltar la acción, (B) acción intermedia, que debe contener al inventario, (C) inventario mínimo.

El equipo de mantenimiento debe llevar a cabo la inspección de la planificación de la operación en todos los equipos catalogados, el mantenimiento debe realizar una revisión de los motores y el resto de las instalaciones para verificar el cumplimiento de acuerdo con las normas de mantenimiento de acuerdo a como lo define el fabricante para restituirle las condiciones de funcionamiento deseadas, siempre que el equipo este dentro del período de garantia técnica, si este no es el caso deben ser considerados los ajustes necessários para restablecer las condiciones de buen estado.

FOR AUTHOR USE ONLY

El Plan de debe contener lo siguiente:

Actividades a realizar, materiales, plazos, previstos en cada actividad de reparación y mantenimiento, equipo de mantenimiento en las instalaciones de acuerdo a su clasificación A, B y C y el tipo de mantenimiento recomendado en el plan de mantenimiento.

Realizar la planificación y cronograma de las actividades de mantenimiento a realizar para los motores e instalaciones auxiliares.

Realizar el informe de las actividades concluidas e iniciadas.

Ingeniería debe realizar un análisis crítico de los diagramas de Pareto referido a las fallas como muestra la figura 9, 10, 11 y 12 y los nuevos informes indicando MTBF y MTTR (de acuerdo con las tablas 6 y 7 y en la Figura 12) por motor.

5.5 Análisis de los indicadores

Para facilitar el analisis e usada la información de los resultados de la evolución obtenidos y reflejados en las Tablas 3, 4, y 5 (de acuerdo con las figuras 1a 18 lasTablas (3, 4, 5, y 8) donde se presentan los valores consolidados de cada uno de los indicadores utilizados, centrándose en los resultados antes y después de la implementación de TPM y la aplicación de MP, Por consiguiente, se ha tratado de demostrar las mejoras obtenidas en el área de mantenimiento de acuerdo a los resultados de MTBF y MTTR.

FOR AUTHOR USE ONLY

MTBF es un valor asignado a un dispositivo o aparato para describir su fiabilidad en particular. Este valor asignado indica cuándo se puede producir un fallo en el dispositivo en cuestión. Cuanto mayor sea este indicador, mayor fiabilidad de los equipos y, en consecuencia, el mantenimiento será evaluado en términos de eficiencia.

MTTR es una medida básica del mantenimiento de elementos reparables. Representa el tiempo medio necesario para reparar un componente que ha fallado en las Tablas 6 y 7.

Tabla. 5.5
Fallas del motor, frec.y el tiempo de inactividad para el cálculo
de MTBF y MTTR, comparación (enero 2013 hasta enero 2014).

Fallas en el mes de enero 2013	**Frec.**	**Tiempo de parada**
1-Bomba inyectora	**2**	6,88
2- Manguera flexible	1	2,72
3- Trasmisor de presión	1	91,81
4-Manguera flexible	1	0,80
5- Válvula de control de presión	3	6,93
6- Disyuntor de 69 kv	4	3,45
7- Válvula reguladora de presión	1	3,15
8- Válvula ecualizadora de presión	1	1,24
9- Cabezal	3	2,69
10-Inyector	1	2,17
11- Abrazadera en la red de retorno	1	0,20
12- Tubo de alta presión	1	1,30
13-Red de salida del filtro de lodo	1	1,24
Fallas en el mes de enero 2014	**Frec.**	**Tiempo de parada**
01-Bomba inyectora	1	1,24
9-Cabezal	3	2,69
10-Inyector	2	2,17
11- Abrazadera en la red de retorno	1	0,20
12- Tubo de alta presión	1	1,30
11- Abrazadera en la red de retorno d\	1	0,20
12- Tubo de alta presión	1	1,30
13-Red de salida del filtro de lodo	1	1,24

Fuente: Propia.

FOR AUTHOR USE ONLY

Tabla 5.6
Presenta las fallas del motor, tiempo e porcentaje para elcálculo
de MTBF y MTTR, comparación (Enero 2013 y enero 2014).

Fallas en el mes de enero 2013	Ffrec.	Tiempo de parada
1- Abrazadera en la red de retorno turbina	1	4,55%
2-Tubo de alta presión	1	4,55%
3- Válvulaecualizadora de presión	1	4,55%
4-Mangueraflexible	1	4,55%
5- Válvulas reguladora de presión	1	4,55%
6-Trasmisor de presión	1	4,55%
7- Válvula de alivio	1	4,55%
8-Red de salida del filtro de lodo	1	4,55%
9-Bomba inyectora	2	9,09%
10-Inyector	2	9,09%
11- Válvula de control de presión	3	13,64%
12- Cabezal	3	13,64%
13-Disyuntor de 69kv	4	18,18%
Total	22	100,00%
Fallas en el mes de enero 2014	freq	Tempo de parada
01-Bomba inyectora	1	10,00%
9-Cabezal	1	10,00%
10-Inyector	1	10,00%
11- Abrazadera de retorno de la turbina	1	10,00%
12- Tubo de alta presión	1	10,00%
11- Abrazadera en la red de retorno	1	10,00%
12- Tubo de alta presión	4	40,00%

Fuente: Autores

Tabla 5.7
Presenta las fallas del motor, tiempo y porcentaje para el cálculo de MTBF y MTTR, comparación (Enero 2013 y enero 2014).

Falhas no mês janeiro 2013	Tempo	%
1- Abrazadera en la red de retorno de la turbina	0,20	0,16%
2-Valvula de alivio	0,80	0,64%
3-Rred de salida del filtro de lodo	1,24	1,00%
4- Válvula ecualizadora de presión	1,24	1,00%
5-Tubo de alta presión	1,30	1,04%
6-Inyector	2,17	1,74%
7-Cabezal	2,69	2,16%
8-Manguera flexible	2,72	2,18%
9-Válvula reguladora de presión	3,15	2,53%
10-Disyuntor de 69kv	3,45	2,77%
11-Bomba inyectora	6,88	5,52%
12-Válvula de controle de presión	6,93	5,56%
13-Transmisor de presión	91,81	73,70%
Total	124,58	100,00%
Fallas em el mês de enero 2010	Tempo	%
1- Mangueraflexible	0,08	0,42%
2-Red de desaeración	0,60	3,15%
3-Tubo de alta presión	0,98	5,14%
4-Inyector	1,42	7,45%
5-Tapa del soporte del eje de manivela	2,85	14,95%
6- Tubo de retorno de la turbina	2,93	15,37%
7-Bomba inyectora	10,20	53,52%
Total	**19,06**	**1000%**

Fuente: Autores

FOR AUTHOR USE ONLY

5.6 Formulación matemática

✓ **Cálculo del porcentaje de fallas enero de 2013 (Tab.5 y Fig. 10).**

$$\text{POCENTAGEM} = \frac{\text{TIEMPO}}{\sum \text{ DE LOS TIEMPOS DE FALLA}} \times 100 \qquad \text{Ec. (1)}$$

$(0{,}20 \div 124{,}58) \times 100 = 0{,}16\ \%$

$(0{,}8 \div 124{,}58) \times 100 = 0{,}64\ \%$

$(1{,}24 \div 124{,}58) \times 100 = 1{,}00\ \%$

$(1{,}24 \div 124{,}58) \times 100 = 1.00\ \%$

$(1{,}30 \div 124{,}58) \times 100 = 1{,}04\ \%$

$(2{,}17 \div 124{,}58) \times 100 = 1{,}74\ \%$

$(2{,}69 \div 124{,}58) \times 100 = 2{,}16\ \%$

$(2{,}72 \div 124{,}58) \times 100 = 2{,}18\ \%$

$(3{,}15 \div 124{,}58) \times 100 = 2{,}53\ \%$

$(3{,}45 \div 124{,}58) \times 100 = 2{,}77\ \%$

$(6{,}88 \div 124{,}58) \times 100 = 5{,}52\ \%$

$(6{,}93 \div 124{,}58) \times 100 = 5{,}56\ \%$

$(91{,}81 \div 124{,}58) \times 100 = 73{,}70\ \%$

✓ **Cálculo del porcentaje de fallas enero, (Tab. 5 y Fig. 11).**

$$\text{PORCENTAGE} = \frac{\text{TIEMPO}}{\sum \text{ DE LOS TIEMPOS DE FALLA}} \qquad \text{Ec.(2)}$$

FOR AUTHOR USE ONLY

$(0{,}08 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}20) = 0{,}42\%$

$(0{,}60 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}20) = 3{,}15\%$

$(0{,}98 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}20) = 5{,}14\%$

$(1{,}42 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}20) = 7{,}45\%$

$(2{,}85 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}2) = 14{,}95\%$

$(2{,}93 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}2) = 15{,}37\%$

$(10{,}2 \div 0{,}80 + 0{,}6 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}2) = 53{,}52\%$

✓ **Cálculo de ocurrencias totales de fallas ene de 2013 (Tab. 4 y fig. 8).**

$$\sum \text{de las frecuencia de fallas} \qquad \text{Ec. (3)}$$

$$1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 2 + 3 + 3 + 4 = 22$$

- ✓ **Cálculo de ocurrencias total de fallas ene de 2014(Tab.4 y Fig. 9).**

.$\sum$ de las frecuencia de fallas Ec.(4)

$$1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 4 = 10$$

- ✓ **Cálculo del tiempo total de paradas enero de 2013 (Tab. 5 y Fig. 10).**

$\sum$ de tiempo de parada Ec.(5)

$$0{,}20 + 0{,}80 + 1{,}24 + 1{,}30 + 2{,}17 + 2{,}69 + 2.72 + 3{,}15 + 3{,}45 + 6{,}88 + 6{,}93 + 91{,}81 = 124{,}58$$

FOR AUTHOR USE ONLY

- ✓ **Cálculo de tiempo Total de paradas enero de 2014 (Tab.5 y Fig. 11).**

$\sum$ de tiempo de parada Ec.(6)

$$0{,}88 + 0{,}60 + 0{,}98 + 1{,}42 + 2{,}85 + 2{,}93 + 10{,}20 = 19{,}06$$

- ✓ **Cálculo del MTBF 2013 (Tabla 6)**

$$MTBF = \frac{(24 \text{ x } 9 \text{ x } \sum \text{Total de dias}) - \sum \text{Total tiempo de parada}}{\sum \text{ Total de ocurrencias}} \quad \text{Ec. (7)}$$

$$\text{MTBF} = \frac{(24 \text{ x } 9 \text{ x } 29) - 124{,}28}{22} \qquad \text{MTBF} = 279{,}06$$

- ✓ **Cálculo del MTTR 2013 (Tabla 6).**

$$MTTR = \frac{\sum \text{Total de temp.de parada}}{\sum \text{ Total de ocurrencias}} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$\text{MTTR} = \frac{124{,}28}{22} \qquad \text{MTTR} = 5{,}66$$

- ✓ **Cálculo del MTBF 2014 (Tabla 7)**

$$\text{MTBF} = \frac{(24 \text{ x } 9 \text{ x } \sum \text{Total de dias}) - \sum \text{Total tiempo de parada}}{\sum \text{ Total de ocurrencias}}$$

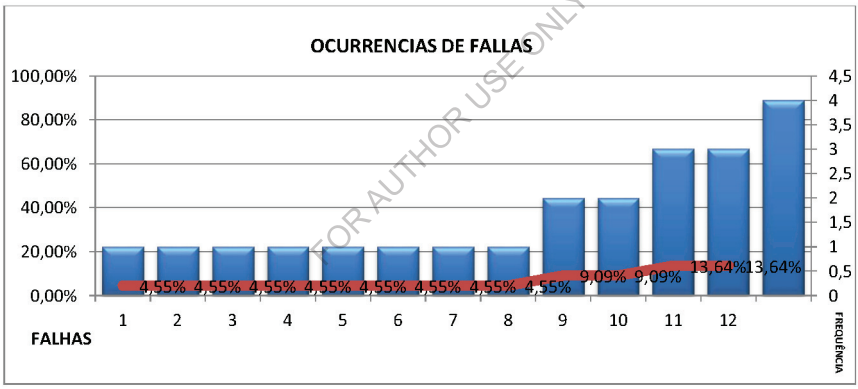
$$\text{MTBF} = \frac{(24 \text{ x } 9 \text{ x } 15) - 19{,}06}{10} \text{MTBF} = 322{,}09 \qquad \text{Ec. (9)}$$

✓ Cálculo de MTTR 2014 (Tabla 7).

$$\text{MTTR} = \frac{\sum \text{Total de tiemp.de parada}}{\sum \text{ Total de ocurrencias}} \qquad \text{Ec.(10)}$$

$$\text{MTTR} = \frac{124{,}28}{22} \text{MTTR} = 1{,}99$$

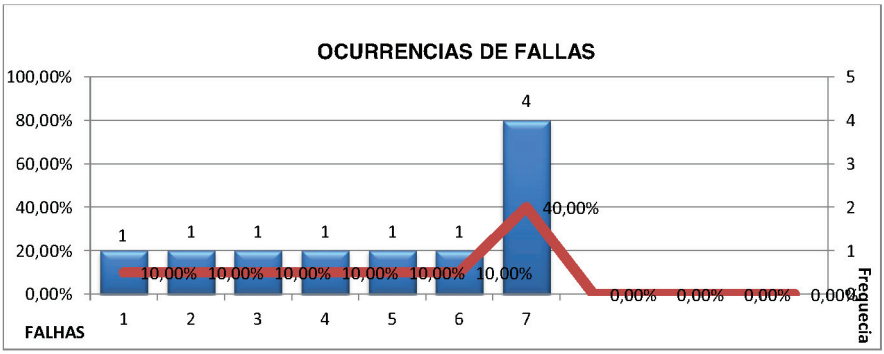
Figura.5.9: Indicadores de los resultados de ocurrencia de fallas (Ene. de 2013).



FOR AUTHOR USE ONLY

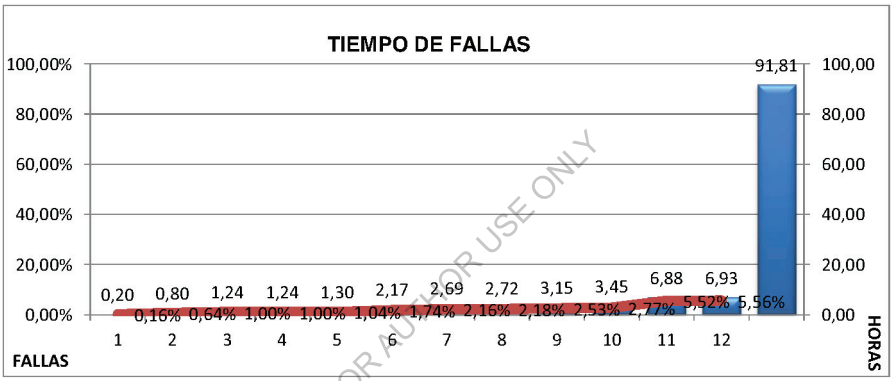
Fuente: Propia.

Figura. 5.10: Indicadores de los resultados de tiempos de fallas (Ene. de 2014).



Fuente: Propia.

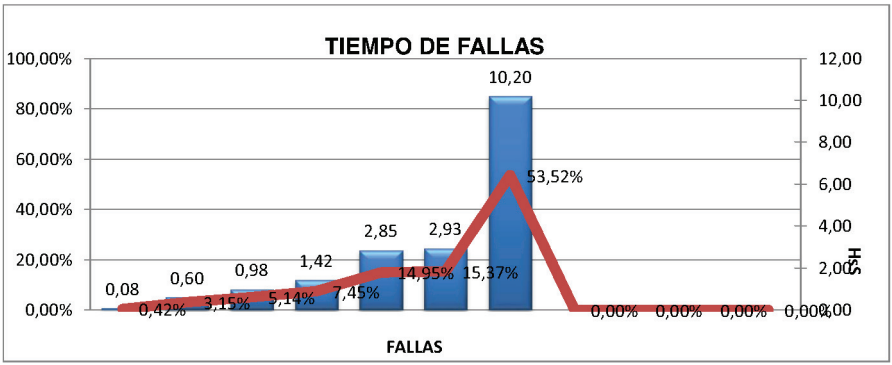
Figura. 5. 11:Indicadores de los resultados de tiempos de fallas (Ene. de 2013).



FOR AUTHOR USE ONLY

Fuente: Propia.

Figura. 5.12: Indicadores de los resultados de tiempos de fallas (Ene. de 2014).



Fuente: Propia

Tabla 5.8:

Resultado de MTBF y MTTR comparación Enero 2013.

TOTAL DE OCURRENCIAS ENE/13	22
Total de tiempo de paradas	124,58
Fecha inicial	01/01/2013
Fecha final	31/01/2013
Total de dias	29

Fuente: Propia.

- ✓ **Cálculo de MTBF ENERO 2013 – 279,06**
- ✓ **Cálculo de MTTR ENERO 2013 – 5,66**

Tabla 5.8:
Resultado de MTBF Y MTTR comparación Enero 2014.

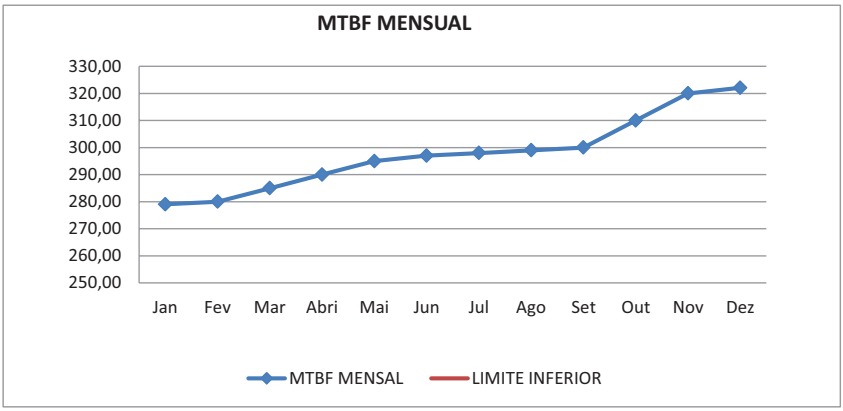
TOTAL DE OCURRENCIAS ENERO/14	10
Total de tiempo de paradas	19,06
Fecha inicial	01/01/2014
Fecha final	31/01/2014
Total de dias	15

Fuente: Propia.

FOR AUTHOR USE ONLY

- ✓ **Cálculo de MTBF Enero 2014 – 322,09**
- ✓ **Cálculo de MTTR Enero 2014 – 1,99**

Figura. 5.13: MTBF Mensual de Enero de 2013 hasta Diciembre 2013.



Fuente: Propia

Se encontró la ganancia real del MTBF, 322.9 después de la implementación del MP y el TPM como muestran los valores de enero 2014 en comparación con enero de 2013. La Disminución de MTTR, 1,99 después de la aplicación de MP y programa de TPM como se muestra por los valores de enero 2014 en comparación con enero de 2013, Figura. 13.

Tabla 5.10:

Información del tiempo y la frecuencia de fallos de motor del mes de enero a diciembre de 2013 para el cálculo del tiempo de indisponibilidad debido a fallas del año 2013.

motor	frecuencia de fallas en 2013	tiempo indisponible en razon de fallas ano 2013
9	6	12,83
10	7	12,82
11	0	0,00
12	7	13,47
13	5	3,88
14	5	6,46
15	10	25,31
16	5	25,53
17	3	8,13
18	11	65,61

Fuente: Propia.

FOR AUTHOR USE ONLY

Cálculo del porcentaje de fallas, 2013 .

$$POCENTAGE = \frac{\text{TEMPO}}{\sum \text{ DE LOS TIEMPO DE FALHA}} \times 10 \qquad \text{Ec. (11)}$$

$$\sum de\ las\ frec.de\ \ fallas \qquad \text{Ec. (12)}$$

$$12{,}83 + 12{,}82 + 0 + 13{,}47 + 3{,}88 + 6{,}46 + 25{,}31 + 25{,}53 + 8{,}13 + 65{,}61 = \mathbf{174{,}04}$$

Motor 9 $(12{,}83 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{7{,}36}\%$

Motor 10 $(12{,}83 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{7{,}36}\%$

Motor 11 Motor parado com averia del árbol de manivela

Motor 12 $(12{,}47 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{7{,}73}\%$

Motor 13 $(3{,}88 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{2{,}22}\%$

Motor 14 $(6{,}46 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{3{,}71}\%$

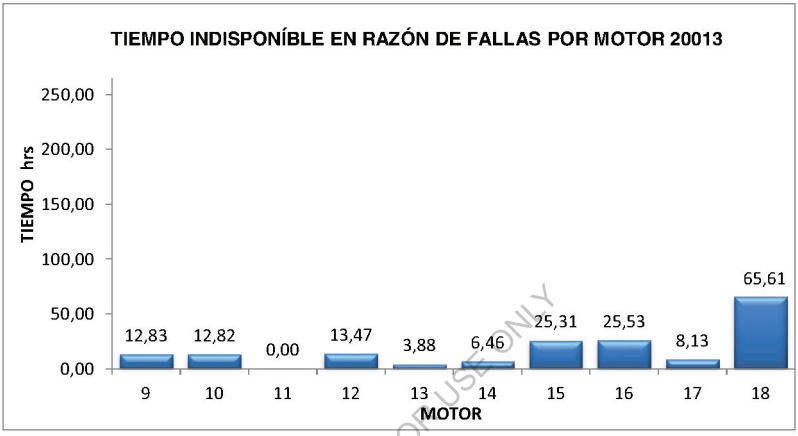
Motor 15 $(25{,}31 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{14{,}54}\%$

Motor 16 $(25{,}53 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{14{,}66}\%$

Motor 17 $(8{,}13 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{4{,}67}\%$

Motor 18 $(65{,}61 \div 174{,}04) \times 100 = \mathbf{37{,}69}\%$

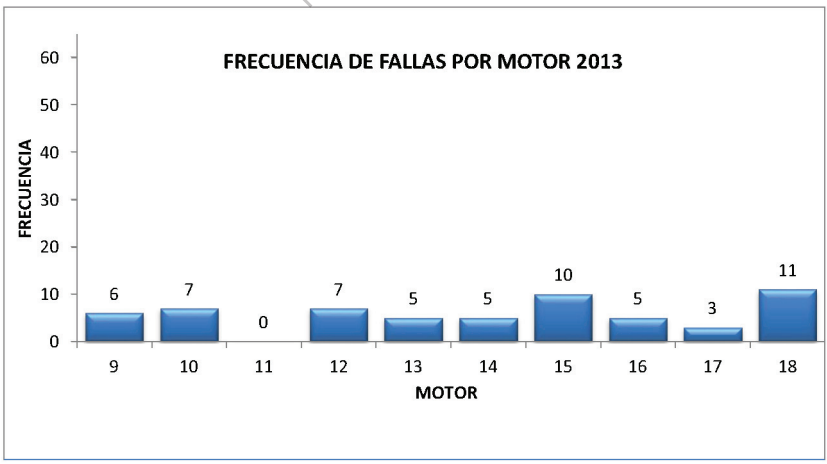
Figura. 5.14: Indicadores.de tiempo indisponible en razon de fallas (2013).



Fuente: Propia.

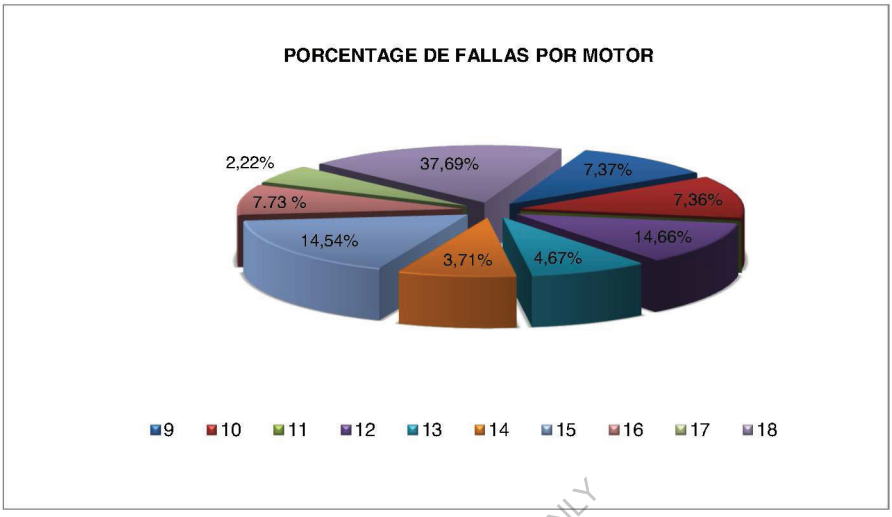
FOR AUTHOR USE ONLY

Fig 5.15. Indicadores de los resultados frecuencia de fallas del motor (2013).



Fuente: Propia.

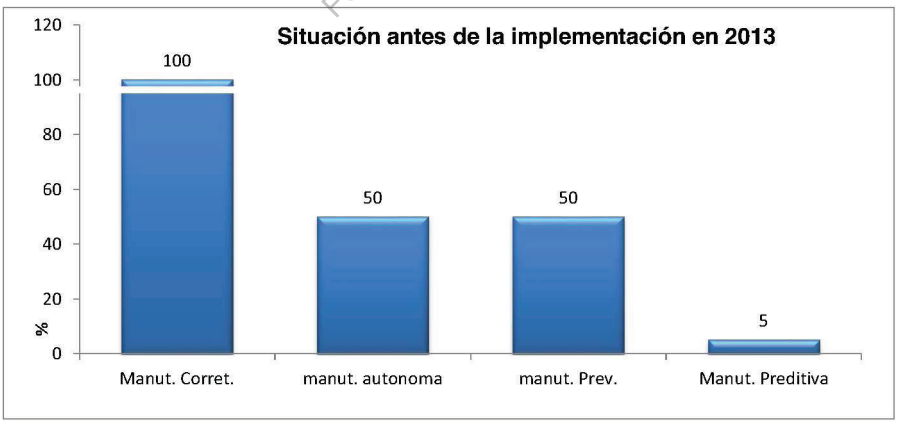
Figura 5.16: Indicadores de los resultados, porcentaje de fallas del motor (2013).



Fuente: Propia.

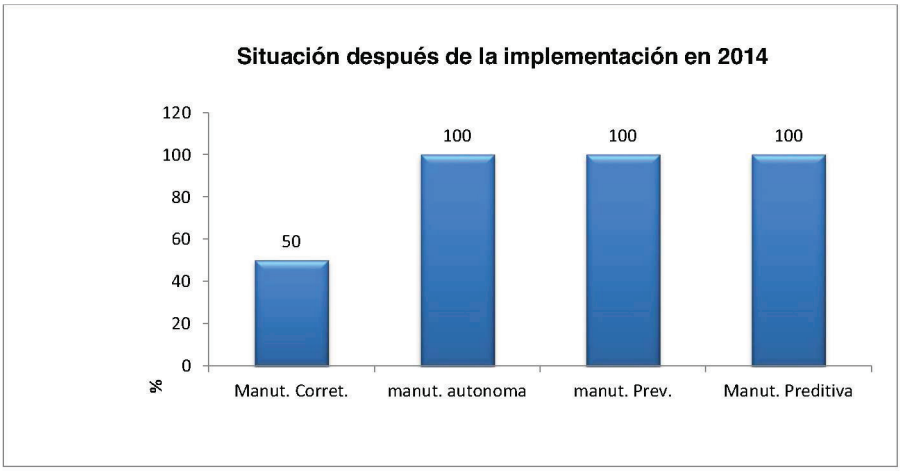
FOR AUTHOR USE ONLY

Figura. 5.17: Indicadores de los Resultado del mantenimiento antes de la implementación.(2013).



Fuente: Propia.

Figura 5.18: Indicadores de los Resultados del mantenimiento después de la implementación. 2014.



Fuente: Propia.

Con el análisis de los resultados y discusión de los hechos fue verificado que La implementación del TPM y MP es viable económicamente como muestra el aumento del MTBF y la disminución del MTTR. Además fue verificado un aumento del mantenimiento autónomo realizado por los operadores, un aumento de las actividades predictivas y disminución del mantenimiento correctivo, las figuras (17 y 18).

FOR AUTHOR USE ONLY

6. Costos ligados a los mantenimientos en la planta termoeléctrica de Mauá Manaus-Amazonas-Brasil.

Tablas 9, 10 y 11 presentan un estudio de los costos directos de mantenimiento correctivo de los diez motores y generadores de la termoeléctrica de Mauá, incluidos los costos de sustituir la energía generada por las centrales termoeléctricas en Manaus - AM.

Tabla 5.11:

Costo de aplicación de los mantenimiento					
Motores de la planta	Máquinas paradas	Potencia parada MW	Tiempo de mantenim. en h	Precio de la energia U$/MWh	Costo de la máq. parada U$
9	9	16	12,83	43,1	5.978,08
10	10	16	12,82	43,1	5.973,42
11	11	16	0	43,1	0
12	12	16	13,47	43,1	1.807,86
13	13	16	3,88	43,1	1.807,86
14	14	16	6,46	43,1	3.010,01
15	15	16	25,31	43,1	11.793,08
16	16	16	25,53	43,1	11.895,59
17	17	16	8,13	43,1	3.788,13
18	18	16	65,61	43,1	30.570,71
Costo anual de los mantenim. en h 174,04					**U$ 81.093,21**

Fuente: Propia.

Tabla 5.12

Costo del combustible para la generación térmica por año.				
Precio del combustible fósil	Potencia sustituir aproximada	Tiempo de generación térmica	Consumo específico	Costo del combustible
[U$/l]	[MW]	[h]	[l/MWh]	[U$]
1,06	150	174,04	280	828.648,64
	Costo del combustible por año			U$ 6.009.083,78

Fuente: Propia.

Tabla 5.13

Costo de generación térmica para reponer las pérdidas				
Cantidad de motores	Potencia a sustituir aproximada [MW]	Tiempo de generación térmica	Costo de La energia térmica con dieseloil [U$]	Costodelcombustible [U$]
10	150	174,04	67,56	1,06
	Costo del combustible por año			U$ 1.763.918,18

Fuente: Propia.

FOR AUTHOR USE ONLY

- ✓ **Costo total por anõ U$ 7.854.095,91**

VI. Check list pilar auditoría

Conforme a la Tabla 5.1, los miembros del check list del Pilar auditoría deben reunirse todos los meses para discutir las metas del MTBF y el MTTR mensual y otras actividades correspondientes al Programa de Gestión de Mantenimiento (PGM).

Table 5.14
Check list Pilar Auditoria.

Nombre de las actividades	Responsabilidad Check List	Check List
Comprobar la limpieza de las áreas.	Gerente de Planta.	Comprobar fugas, estado de conservación, pintura y señalización. Comprobar si está colocada en local de fácil visualización la ficha del patrón de limpieza.
Chequear fichero donde se encuentra el "patrón de limpieza" del área.	Supervisores.	Comprobar si está colocada en local de fácil visualización la ficha del patrón de limpieza. .
Compruebe si está ocurriendo el control de las etiquetas.	Gerente de Planta.	Comprobar en el software de control de las etiquetas si hay movimiento de colocación de nuevas etiquetas.
Cheque plano de acción para la retirada de etiquetas	Gerente de Planta./ Supervisores.	Comprobar en el software de control de las etiquetas si hay plan de acción para retirar las etiquetas.
Comprobar la señalización de las plantas.	Gerente de Planta./ Supervisores. .	Comprobar la estandarización de la señalización. .
Cheque Tabla GPM de la Usina.	Ingeniería.	Compruebe si la información está actualizada.

Fonte: Autor (2016).

FOR AUTHOR USE ONLY

VII. Conclusiones

Con base en la información del estudio realizado de em la termoeléctrica perteneciente a Electrobras Amazonas Energía, fue posible identificar las posibles causas de paradas de los equipos. Se dio solución a un problema real de la empresa, lo que reporto ganancias. Una vez detectado los problemas el área de mantenimiento de la empresa se propuso la aplicación, primero, de un programa de mantenimiento predictivo; y en una segunda etapa, la aplicación de un programa de mantenimiento productivo total. Después de las implementaciones de los programas, se ha demostrado, a través de la mejora de los indicadores de

mantenimiento, la solución de un problema en una situación real con la continua disminución de mantenimientos correctivo en un año en la empresa Eletrobras Amazonas Energía.

Con poca inversión, podemos resolver el problema del mantenimiento correctivo sin afectar la producción de energía eléctrica de la planta, de forma segura y eficaz, sin causar más daños al medio ambiente, manteniendo al mismo tiempo la confiabilidad del sistema eléctrico de Manaus, sin comprometer la seguridad de las instalaciones, a un menor costo de explotación, equivalente a U$ 7,854.095,91 por año.

FOR AUTHOR USE ONLY

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] R. E. Barlow and F. Proschan, Statistical Theory of Reliability and Life Testing. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1975.

[2] G. J. Anders, Probability Concepts in Electric Power Systems. New York: J. Wiley & Sons, 1990.

[3] X. Zheng and N. Fard, “A maintenance policy for repairable systems based on opportunistic failure-rate tolerance,” IEEE Trans. Reliability, vol. 40, no. 2, pp. 237–244, June 1991. DOI: 10.1109/24.87134.

[4] N. Ebrahimi, “Two new replacement policies,” IEEE Trans. Reliability,vol. 42, no. 1, pp. 141–147, Mar. 1993.

[5] Martín Dario Arango-Serna. Enterprise arquitecture as tool for managing operational complexidy in organizations.Dyna.Edición 185, pp. 227-234. Medellin, June, 2014. doi.org/10.15446/dyna.v81n185.41928

[6] R. V. Canfield, “Cost optimization of periodic preventive maintenance,”IEEE Trans. Reliability, vol. 35, no. 1, pp. 78–81, April 1986. DOI: 10.1009/TR1986.4335355

[7] J. Endrenyi and S. H. Sim, “Availability optimization for continuously operating equipment with maintenance and repair,” in Proceedings of the Second PMAPS Symposium, September 1988, Nov. 1989, EPRI Publication EL-6555.

[8] G. J. Anders et al., “Maintenance planning based on probabilistic modeling of aging in rotating machines,” in CIGRE Conference, Paris, 1992, Paper no. 11-309.

[9] B. Reichmanet al., “Application of a maintenance planning model for rotating machines,” in CIGRE Conference, Paris, 1994, Paper no. 11-204.

[10] A. K. S. Jardine, Maintenance, Replacement and Reliability. London: Pitman Publishing, 1973.

[11] Reliability Centered Maintenance Seminar. New York: A publication of the Consolidated Edison Company, 1988.

[12] A. M. Smith, Reliability-Centered Maintenance. New York: McGraw-Hill, Inc., 1993.

[13] J. Moubray, Reliability-Centered Maintenance. New York: Industrial Press Inc., 1992.

[14] Wisconsin Public Service Corp., “PM optimization boosts reliability at small cost,” Utility Best Practices, p. 157, Oct. 1995.

[15] H. Ascher and H. Feingold, Repairable Systems Reliability. NewYork: Marcel Dekker, Inc., 1984.

FOR AUTHOR USE ONLY

[16] C. Valdez-Flores and R. M. Feldman, “A survey of preventive maintenance models for stochastically deteriorating single-unit systems,” Naval Research Logistics Quarterly, vol. 36, pp. 419–446, Aug. 1989.

[17] EPRI, “Probabilistic model to estimate the remaining life of generator station components,” Report RP-2577-1, 1993.

[18] J. Endrenyi, G. J. Anders, and A. M. Leite da Silva, “Probabilistic evaluation of the effect of maintenance on reliability—An application,” IEEE Trans. Power Systems, vol. 13, no. 2, pp. 576–583, May 1998. DOI: 10.1109/59.667385.

[19] R. Billinton and J. Pan, “Optimal maintenance scheduling in a parallel redundant system of series components in each branch,” IEEE Trans. Power Systems, to be published. 1999. DOI: 10.1109/61.772336.

[20] E. N. Dialynas and D. G. Michos, “Time-dependent unavailability analysis of standby components incorporating arbitrary failure distributions and three inspection/maintenance policies,” Reliability Engineering and System Safety, vol. 39, pp. 35–54, 1993. DOI: 10.1016/0951-8320(93)90146-P

[21] Decker, D.L. What is in store for DCS systems? Where are they headed? Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2001 Conference Record of.Volume , Issue , 2001, p.17 – 20.

[22] Jabid Quiroga Méndez , Silvia Oviedo Castillo. Implementing condition- Implementing condition-based maintenance using modeling and simulation: a case study of a permanent magnet synchronous motor. INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 31 No. 2 AUGUST 2011 (18-28)

[23] Luis Eduardo Gallego Vega y Oscar Germán Duarte Velasco. The effect of electric transmission constraints on how power generation companies bid in the Colombian electrical power market. INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 30 No. 2, AUGUST 2010 (62-77)

[24] Chen, L. A framework of a web-based distributed control system. Department of electrical and computer engineering: University of Calgary, Master of Science thesis. Calgary, 2003, 113 pgs. DOI: 10.1109/CCECE.2003.1226150

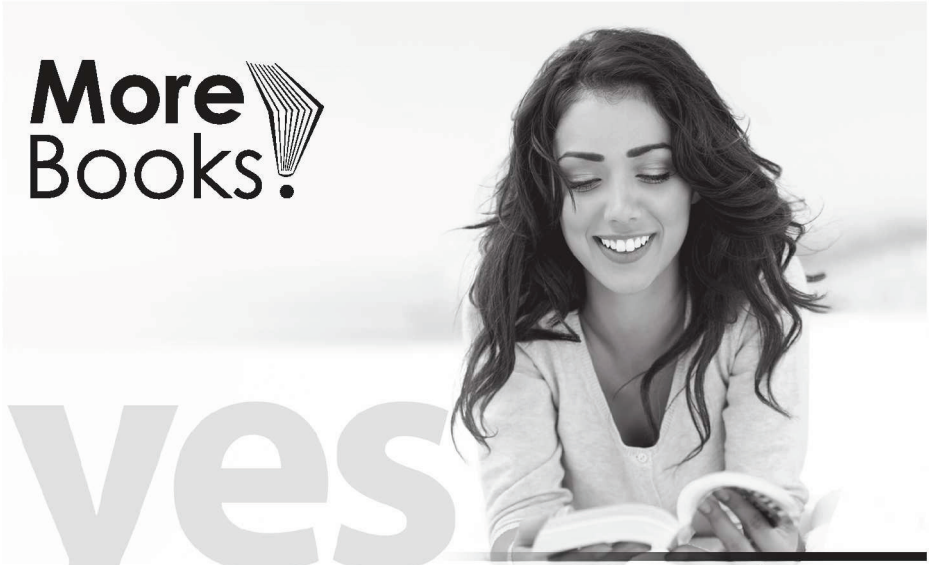
[25] Castrillon, R, P., González, A. J., Quispe, E. C. Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energia. Dyna. Edición 177, pp. 115-123. Medellin, Febrero, 2013.

[26] Reyes C. T. Aportes a las técnicas y procedimentos para el calculo de los índices de fiabilidade y mantenimiento de las instalaciones industriales. T.D. UCLV. 1997

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

More Books!



yes

I want morebooks!

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at

www.get-morebooks.com

¡Compre sus libros rápido y directo en internet, en una de las librerías en línea con mayor crecimiento en el mundo! Producción que protege el medio ambiente a través de las tecnologías de impresión bajo demanda.

Compre sus libros online en

www.morebooks.es

SIA OmniScriptum Publishing
Brivibas gatve 1 97
LV-103 9 Riga, Latvia
Telefax: +371 68620455

info@omniscriptum.com
www.omniscriptum.com

OMNIScriptum

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY

FOR AUTHOR USE ONLY