



Reporte Final de Estadía

Eduardo Hernández Serna

**ACTUALIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS
OPERATIVOS DEL DEPARTAMENTO MECANICO
PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBINA DE
VAPOR, TURBINA DE GAS Y EQUIPO
PERIMETRAL.**



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa
Comisión Federal de Electricidad

Nombre del proyecto
ACTUALIZACION DE LOS PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS DEL
DEPARTAMENTO MECANICO PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBINA
DE VAPOR, TURBINA DE GAS Y EQUIPO PERIMETRAL.

Presenta
Eduardo Hernández Serna

Cuitláhuac, Veracruz, a 18 de abril de 2018.



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial
Ing. Alfonso Omar Ramírez López

Nombre del Asesor Académico
Ing. Manuel Vichique Alegría

Jefe de Carrera
Ing. Gonzalo Malagón González

Nombre del Alumno
Eduardo Hernández Serna

Cuitláhuac, Veracruz, a 18 de abril de 2018.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme concluir mi carrera universitaria, ser guía cada día y llenarme de bendiciones para alcanzar mis metas.

A mis padres Felipe Hernández Acosta y María Elena Serna Rincón por apoyarme a continuar con mis sueños de alcanzar un grado profesional, dando palabras de alivio cuando lo necesitaba, y siempre darme el mejor ejemplo de lucha y constancia.

A mi hermano Felipe de Jesús Hernández Serna y familia, por darme la mano cuando la necesito, y saber que tengo en alguien con quien puedo confiar. Muchas gracias por todo.

A mi abuela paterna Margarita Acosta Hernández, por hacerme creer en mí mismo y enseñarme el camino correcto, todos tus regaños sirvieron para fortalecerme como persona, mil gracias.

Y por último pero no menos importante, a todos los maestros y maestras que estuvieron a lo largo de toda mi vida, muchas gracias por cada una de las enseñanzas que poco a poco fueron forjando en mí ese espíritu de esperanza para lograr mis propósitos, estarán presentes por siempre.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

RESUMEN

El propósito de este trabajo consiste en la actualización de los procedimientos de mantenimiento, que permitirán establecer un orden para la aplicación adecuada del desempeño de los trabajadores del departamento mecánico, determinando las labores que deben efectuarse y los responsables de las mismas, así como información importante que debe tenerse en cuenta para cumplir los objetivos del mantenimiento.

Se expone la forma en que se recopiló la información, como se analizó y la manera en la que se aplicó este trabajo con el personal de mantenimiento.

Este trabajo representa algunas de las soluciones que se tienen para evitar tener problemas en el control de las actividades, de tal forma que se pueda tener una relación directa con los trabajadores.

Es de suma importancia que los procesos describan cada uno de los pasos que se deben realizar para cumplir con los estándares establecidos por la empresa, de tal modo que se presenta a continuación las actividades, los recursos y los resultados obtenidos con la implementación de los procedimientos de inspección mayor en turbinas de gas, turbina de vapor y equipo perimetral.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 <i>Estado del Arte</i>	6
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	6
1.3 <i>Objetivos</i>	7
1.4 <i>Definición de variables</i>	7
1.5 <i>Hipótesis</i>	8
1.6 <i>Justificación del Proyecto</i>	8
1.7 <i>Limitaciones y Alcances</i>	9
<i>Limitaciones</i>	9
<i>Alcances</i>	9
1.8 <i>La Empresa (Nombre de la empresa)</i>	10
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	13
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO	15
4.1 <i>Resultados</i>	32
4.2 <i>Trabajos Futuros</i>	33
4.3 <i>Recomendaciones</i>	33
ANEXOS	34
<i>Anexo 5.1 Portada del procedimiento operativo.</i>	34
<i>Anexo 5.2 Contenido de procedimiento operativo.</i>	35
<i>Anexo 5.3 Objetivo, alcance, y responsabilidades de la inspección mayor.</i>	36
<i>Anexo 5.4 Herramienta para la inspección mayor.</i>	37
<i>Anexo 5.5 Desarrollo de las actividades de inspección.</i>	38
<i>Anexo 5.6 Inspección de partes</i>	43
<i>Anexo 5.7 Reensamble</i>	45
<i>Anexo 5.8 actividades de inspección.</i>	46

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.9 Diagrama de inspección. 47

BIBLIOGRAFÍA50

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 En este mapa se puede observar la localización de la central de CC, Dos Bocas.....	10
Ilustración 2 se puede observar una imagen tomada de la parte exterior de la central CC, Dos Bocas.	11
Ilustración 3 Diagrama de Gantt.	15
Ilustración 4 se observa a una persona realizando la inspección en campo de turbina de gas	16
ilustración 5 ciclo Rankine.....	17
ilustración 6 en esta imagen se pueden observar los tres tipos de reacción, de izquierda a derecha, alta presión, mediana presión y alta presión.	18
Ilustración 7 turbina de vapor en operación.....	20
Ilustración 8 Sistema de ciclo combinado.	24
Ilustración 9 tabla de resultados de las entrevistas.....	29
Ilustración 10 porcentajes obtenidos de las respuestas.	29

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas requieren ser competitivas e ir mejorando día a día, para poder cumplir con las demandas de los clientes, por ello, se desarrolló el presente proyecto en la Central de Ciclo Combinado, Dos Bocas. Con el fin de hacer los procesos de mantenimiento más efectivos, cumpliendo todos los estándares de calidad, seguridad e higiene necesarias para incrementar la eficiencia de mantenimiento y lograr los objetivos de la empresa.

Es necesario que las industrias lleven a cabo un control total de las actividades de mantenimiento realizadas a la maquinaria. Los controles de mantenimiento se realizan a través de supervisiones de las actividades, donde se revisa lo que los trabajadores deben hacer, como deben hacerlo, con qué frecuencia, y por último, inspeccionar que las tareas hayan sido realizadas correctamente. Para esto los trabajadores deben recibir una capacitación donde reciban información a detalle de las actividades, esto con ayuda de un manual donde se describan paso a paso las tareas que deben realizarse para una actividad específica. Pero ya que con el tiempo la maquina va cambiando su estado físico debido a los grandes esfuerzos que recibe diariamente, se van modificando la manera de realizar estas actividades, por ejemplo: los alabes móviles de la turbina se van deformando y a medida que esta deformación avanza es necesario que se tomen medidas para detectar estas deformaciones, mediante una inspección donde se realizan pruebas no destructivas a cada pieza, y una vez detectada la falla, debe realizarse una corrección de dicha falla. Cuando una empresa de cualquier giro tiene sus procedimientos bien estructurados, tiene la oportunidad de capacitar correctamente a sus trabajadores, y así evitar errores, tiempo perdido, desinformación, etc.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

1.1 Estado del Arte

En la Central de CC, Dos Bocas, anteriormente se llevo a cabo la realización del manual de procedimientos de inspección mayor con base en los manuales del fabricante de las turbinas, el cual fue utilizado para capacitar a los trabajadores del departamento mecánico para la realización eficiente de las tareas asignadas, el manual contenía sin embargo, el formato carecía de información, estructura, y presentaba dificultades de entendimiento en los trabajadores, esto generaba que el personal mecánico hiciera caso omiso en el uso de éste para capacitarse.

1.2 Planteamiento del Problema

En la empresa Comisión Federal de Electricidad, Central de ciclo combinado Dos Bocas, ubicado en el municipio de Medellín, Veracruz. Se lleva a cabo la inspección mayor a 1 paquete de generación de ciclo combinado, el cual consta de dos turbinas de gas Westinghouse E.C. W501-B3 y una turbina de vapor Westinghouse Reacción Moderna 242 GW 40. Para esto, el departamento mecánico cuenta con un manual de procedimientos donde se describen las actividades que se realizaran durante el periodo de inspección de las turbinas. Sin embargo, la empresa tiene deficiencias en las actividades realizadas por el personal del departamento, debido a que el manual carece de información, lo que provoca que las actividades realizadas no correspondan con las especificadas en el procedimiento. Estos problemas dan como resultado un aplazamiento en el tiempo previamente planeado para poner en funcionamiento el paquete 1, que puede llegar a referirse de horas, días o hasta semanas, dependiendo de la dificultad para resolver el problema. Esto debido a que el personal mecánico al no utilizar los manuales, realiza las actividades de una manera desordenada, aplica los conocimientos propios, desconocen los materiales que requieren para cada actividad, y se presenta pérdida de materiales, entre otros problemas.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Actualizar los manuales de procedimientos, mediante la recolección y análisis de la información en los procedimientos vigentes que permita realizar una capacitación del personal.

Objetivos específicos

- Recopilar información sobre el funcionamiento, principales actividades de mantenimiento que se realizan durante la inspección mayor al paquete 1 de ciclo combinado.
- Analizar los procedimientos proporcionados por la empresa para determinar la información, actividades y reportes que serán anexadas al procedimiento.
- Estandarizar los procedimientos de inspección mayor a turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral del departamento mecánico.
- Realizar el mejoramiento de los procedimientos con base en los datos obtenidos, y gestionando cada actividad con base en las normas de calidad.
- Capacitar al personal del departamento mecánico.
- Medir el alcance que tuvo la realización del proyecto.

1.4 Definición de variables

Tiempo: es el periodo que tarda en realizarse una actividad.

Retrabajos: actividades que tienen que volver a realizarse.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

1.5 Hipótesis

Una vez implementado el proyecto se espera la reducción de retrabajos y del tiempo total utilizado para realizar las actividades de inspección mayor.

1.6 Justificación del Proyecto

La realización de este proyecto traerá beneficios ayudara a cumplir con las metas establecidas sobre el buen funcionamiento de la planta, considerando el buen funcionamiento de las instalaciones, reducción de errores durante la realización de las actividades de inspección, capacitar al personal de mantenimiento, reduce el tiempo de respuesta ante un paro no programado, ya que los trabajadores contarán con los conocimientos necesarios, sabrán que hacer y cómo, los que reduce considerablemente las perdidas por mantenimiento, todo esto conservando en buen estado los equipos e instrumentos que la conforman. Debido a esto, es esencial que todos los manuales de mantenimiento sean debidamente analizados, ya que con ellos, los trabajadores pueden ser capacitados sobre la manera en que deben realizar sus tareas asignadas, las herramientas y los métodos de trabajo que desarrollaran para que dicho objetivo sea cumplido en la manera más eficiente posible. Por ello es primordial que los procedimientos sean actualizados periódicamente, ajustándose a las necesidades de los equipos, paso a paso teniendo en cuenta el qué, quién, y cómo realizar cada labor de mantenimiento.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

1.7 Limitaciones y Alcances

Limitaciones

- el proyecto está limitado a su aplicación solo en el departamento mecánico, debido a que durante la inspección mayor a turbina de gas y turbina de vapor, cada departamento tienen establecidas las actividades que debe realizar, por lo cual, el manual solo especifica las partes mecánicas del proceso completo de inspección.
- El tiempo estimado entre cada inspección es aproximadamente de 5 años por lo que se dificulta entrar en detalle en todas las actividades.

Alcances

- Los resultados analizados corresponden al mes de abril.
- El proyecto generara un impacto en la empresa
- Una vez terminados los procedimientos, ayudaran a los trabajadores involucrados en las inspecciones de las turbinas a conocer más a fondo las actividades que deben realizarse, y como realizarse.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

1.8 La Empresa (Nombre de la empresa)

Comisión Federal de electricidad, Central de Ciclo Combinado, Dos Bocas.

KM 75, carretera Veracruz-Medellín



Ilustración 1 En este mapa se puede observar la localización de la central de CC, Dos Bocas.

La central de ciclo combinado, Dos Bocas entro en operación el 14 de agosto del año 1974 en la región de Medellín, Veracruz. Siendo la primer central de CC construida en México, con una capacidad de generación de 452 MW.

La planta Ciclo Combinado Dos Bocas está constituida por dos paquetes PACE-260 cuyas siglas significan 260 Mw. de Potencia a Eficiencia combinadas; El conjunto está integrado por dos turbinas de Gas w-501-B con capacidad nominal de 85 MW cada una, dos unidades recuperadoras de calor generadoras de vapor a las cuales se les proporciona calor adicional mediante quemadores dentro del ducto de gases y una Turbina de Vapor de un motor y un condensador axial; las tres unidades

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

motrices se acoplan directamente a sus respectivos generadores enfriados por hidrógeno, girando a 3600 RPM. A continuación se muestra en la ilustración una imagen tomada en la central, donde se pueden observar las instalaciones por la parte exterior.

Paquete 1:

- TG-1 con 80 MW/h
- TG-2 con 80 MW/h
- TV-5 con 100 MW/h

Total paquete 1 = 260 MW



Ilustración 2 se puede observar una imagen tomada de la parte exterior de la central CC, Dos Bocas.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Misión

Desarrollar actividades empresariales, económicas, industriales, y comerciales generando valor económico y rentabilidad para el estado mexicano, procurando el mejoramiento de la productividad con sustentabilidad, en beneficio de la población y contribuir con ello al desarrollo nacional.

Visión

Ser una empresa de energía, de las mejores a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera y reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.

Objetivos de la empresa,

Mantener a la CFE como la empresa del servicio público de energía eléctrica más importante a nivel nacional. Operar sobre las bases de los indicadores internacionales en materia de productividad, competitividad y tecnología.

Procesos que se realizan en la empresa

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa productiva del estado mexicano encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el país

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

FASE 1

- Realizar la planeación de las actividades para el desarrollo del proyecto.
- Realizar observaciones en campo de las actividades de inspección.
- Recopilar información del funcionamiento del ciclo combinado.
- Recopilar información de las actividades de mantenimiento al ciclo combinado.
- Analizar la información con base en los manuales del fabricante.

FASE 2

- Realizar entrevistas al personal de departamento mecánico involucrado en el mantenimiento e inspección de las turbinas del CC.
- Identificar los puntos de mejora en el procedimiento en base a la información recopilada de las entrevistas.

FASE 3

- Realizar la actualización de los procedimientos con base en los datos obtenidos, y gestionando cada actividad con base en las normas de calidad.
- Presentar el procedimiento al jefe del departamento para su aprobación.
- Solicitar a la gerencia, la modificación de los procedimientos para el departamento mecánico.
- Implementar el procedimiento en el departamento mecánico.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

FASE 4

- Capacitar al personal del departamento mecánico.
- Medir el alcance que tuvo la realización del proyecto.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para iniciar con el proyecto de manera ordenada se realizó la planeación de las actividades por medio de un diagrama de Gantt, el cual se muestra en la tabla 1.

En este diagrama se observan las actividades que se realizaron y el tiempo del cual se dispuso para cumplirlas, de forma que el proyecto pudiera ser llevado en tiempo y forma sin que se presentaran retrasos en la elaboración de éste.

Dicho diagrama fue proporcionado al jefe del departamento mecánico, el cual puso en total disposición al personal, documentos y herramientas que fuesen necesarias para cumplir con el objetivo de este proyecto.

No. Act.	actividad	ENERO				FEBRERO				MARZO			
		1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	5 semana	6 semana	7 semana	8 semana	9 semana	10 semana	11 semana	12 semana
1	Realizar la planeación de las actividades para el desarrollo del proyecto	P											
		R											
2	Realizar observaciones en campo de las actividades de	P											
		R											
3	recopilar información del funcionamiento del ciclo combinado	P											
		R											
4	recopilar información de las actividades de mantenimiento al ciclo combinado	P											
		R											
5	recopilar información sobre la realización de manuales de procedimientos	P											
		R											
6	analizar la información de los manuales del fabricante	P											
		R											
7	realizar entrevistas al personal del depto. Mecánico	P											
		R											
8	identificar los punto de mejora de los procedimientos con base en la información recolectada	P											
		R											
9	realizar actualización de los procedimientos con base en los datos obtenidos	P											
		R											
10	presentar el procedimiento al jefe del departamento mecánico para su aprobación.	P											
		R											
11	solicitar a la gerencia la modificación de los procedimientos	P											
		R											
12	implementar el procedimiento en el depto. Mecánico	P											
		R											
13	capacitar al personal	P											
		R											
14	medir el alcance que tuvo la realización del proyecto	P											
		R											

Ilustración 3 Diagrama de Gantt.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

En la segunda semana se llevó a cabo la observación en campo de distintos procesos de inspección, tales como la inspección de huelgos turbina-sellos laberínticos, inspección de la válvula principal, inspección mediante pruebas no destructivas, entre otras. Esto sirvió de referencia para capturar información de las actividades que se realizaban, las herramientas, y las maniobras que utilizaban durante la inspección mayor para compararlas con las actividades que se encontraban descritas en el manual del fabricante e identificar, de qué manera el fabricante recomendaba realizar dichas actividades. De esta manera se depuro la información obtenida encontrando algunas actividades que no estaban descritas dentro del procedimiento de inspección mayor.

En la siguiente imagen (ilustración 4) se puede observar el momento de la inspección realizada por el personal.



Ilustración 4 se observa a una persona realizando la inspección en campo de turbina de gas

Es muy importante conocer el funcionamiento del ciclo combinado para poder comprender las preguntas que se realizaran al personal del departamento mecánico. Ya que si no se domina el tema será complicado poder explicar a los trabajadores la

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

información que se requiere obtener de ellos, y así comprender los procesos de inspección que realizan. Es por este motivo que se inicio con la recopilación de datos sobre el funcionamiento del ciclo combinado, cuáles son las partes que componen una turbina de gas, y una turbina de vapor, cuales son los equipos auxiliares que estas necesitan para funcionar, cuales son los parámetros de funcionamiento, entre otras cosas. De tal forma que se pudiera realizar una encuesta a los trabajadores que se involucran en la inspección mayor. La información obtenida se muestra a continuación;

TURBINA DE VAPOR.

Es una maquina que convierte la energía mecánica en eléctrica, esto se obtiene con una flecha giratoria con alabes que hacen que el flujo de vapor las empuje produciendo el movimiento mediante una diferencia de presión. También conocido como ciclo rankine. En la ilustración 4 se muestra un ejemplo del ciclo rankine.

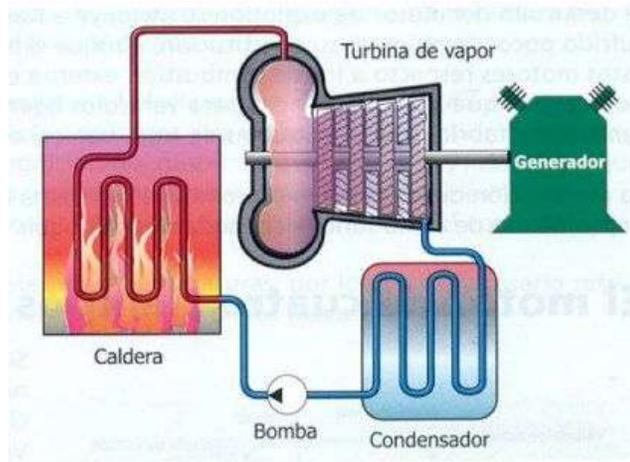


ilustración 5 ciclo Rankine

El fluido que hace girar el rotor contiene tres formas de energía:

- Velocidad.
- Presión.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

- Temperatura.

Turbina de reacción; en este tipo de turbinas la velocidad del vapor se aumenta no solo a través de las toberas, sino que los alabes también tienen forma de tobera, con lo que constantemente se aumenta la velocidad del vapor y disminuye la presión y la temperatura del vapor.

En este tipo de turbinas hay tres tipos de reacción;

- Alta presión.
- Presión intermedia.
- Baja presión.

En la siguiente ilustración se puede observar claramente los 3 tipos de reacción.



ilustración 6 en esta imagen se pueden observar los tres tipos de reacción, de izquierda a derecha, alta presión, mediana presión y alta presión.

Esquema de los principios básicos de operación de las turbinas;

- Partes estacionarias.
- Partes rotativas.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

- Sistema de gobierno y protección.
- Equipo auxiliar y accesorio.

Las partes estacionarias principales son las carcasas o cilindros, las válvulas de admisión y control del vapor, las toberas o alabes estacionarias, los diafragmas, los sellos de la flecha y sus chumaceras.

Las partes rotativas se integran para formar el rotor que dependiendo del tipo de turbina, puede consistir de ruedas o discos montados en una flecha, o puede ser una pieza maquinada a partir de una pieza sólida forzada, o una pieza forzada constituida de secciones soldadas, en cualquier caso este rotor lleva alabes radiales o paletas debidamente instaladas.

Los sistemas de gobierno y protección son extremadamente diversos; para las unidades pequeñas pueden ser dispositivos relativamente simples que permiten operar directamente las válvulas de admisión y control de vapor, para la máquina de mayor capacidad, pueden ser sistemas muy complejos, de tipo hidráulicos, eléctricos, electrónicos, o la combinación de estos tipos, que no solamente controlan la velocidad la misión del vapor de las extracciones para procesos industriales y la operación de válvulas de seguridad que automáticamente protegen a la turbina en caso de condiciones anormales.

El sistema de lubricación puede consistir desde simples depósitos de aceite en los pedestales de las chumaceras lubricadas por anillos, hasta sistemas elaborados de lubricación incluyendo bombas, enfriadores, filtros, acondicionadores de aceite, centrifugadores, etc.

El equipo auxiliar y los accesorios incluyen elementos que no pertenecen a la turbina, y que pueden no ser necesarios para bajas capacidades, pero con el aumento de la capacidad van adquiriendo importancia y algunos de ellos se hacen imprescindibles. Entre ellos podemos citar al virador o tornaflecha que mantiene girando a baja velocidad al rotor cuando la unidad está fuera de servicio y evita su

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

deformación, y a los elementos del sistema supervisorio, que permiten conocer continuamente los parámetros y estado de operación de la unidad.

Principios de operación;

El vapor entra en una tobera donde se expandiona, obteniéndose un chorro de vapor con gran velocidad.

- a) La tobera se encuentra fija y el chorro de vapor se dirige en contra de una paleta móvil, la fuerza del chorro actual sobre la paleta y la impulsa, produciendo el movimiento de la rueda, este principio se conoce como acción o impulso.
- b) La tobera se encuentra montada en la rueda y puede moverse libremente, la alta velocidad del vapor de salida provoca una reacción en la tobera, haciendo que la rueda se mueva en sentido opuesto al chorro de vapor, este principio se conoce como reacción.

En los dos casos la energía térmica del vapor (presión y temperatura) se convirtió en trabajo mecánico en la rueda. En la siguiente ilustración se muestra la forma en que opera una turbina de vapor.

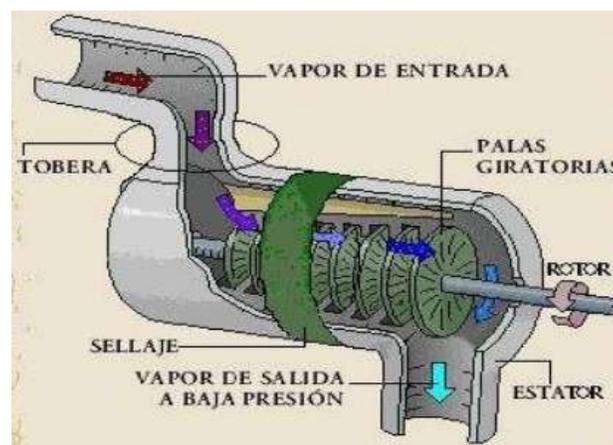


Ilustración 7 turbina de vapor en operación.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

ELEMENTOS:

- ❖ Rotor.
- ❖ Carcasa.

Subelementos;

- ❖ Chumaceras.
- ❖ Sistema de lubricación.
- ❖ Válvula de regulación.
- ❖ Válvula de seguridad.
- ❖ Cierre laberintico.
- ❖ Virador (tornaflecha).
- ❖ Venteo de cojinetes.

Principales averías;

- Vibraciones; pueden ser inducidas por si misma o por equipos externos (generador eléctrico).
- Desequilibrio; debido a incrustaciones, corrosión, y perdida de material, por lo tanto desbalance del eje.
- Desalineación; particularmente entre generador-turbina lo que genera vibraciones.
- Lubricación; aceite insuficiente, aceite en mal estado, etc.
- Cojinetes; roses con metal duro.
- Cierres laberinticos; deterioro por vibración generando presión a la salida.
- Desprendimiento de alabe; genera daños en el resto de la turbina.
- Fisura de eje; debe ser reemplazado en su totalidad.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

TURBINA DE GAS.

Una turbina de gas simple está compuesta de tres secciones principales: un compresor, una cámara de combustión, una turbina de potencia y varios dispositivos auxiliares que dependen de las características de la velocidad.

- Potencia; los dispositivos auxiliares son los de la lubricación, regulación de la velocidad, alimentación de combustible y puesta en marcha. El funcionamiento de las turbinas de gas representa varias limitaciones de índole práctico, las cuales son las que determinan en gran parte la actuación de esta clase de máquinas motrices. Entre las limitaciones merecen citarse la temperatura y velocidad de los alabes, rendimiento del compresor, rendimiento de la turbina y la transmisión de calor.

Principios de operación.

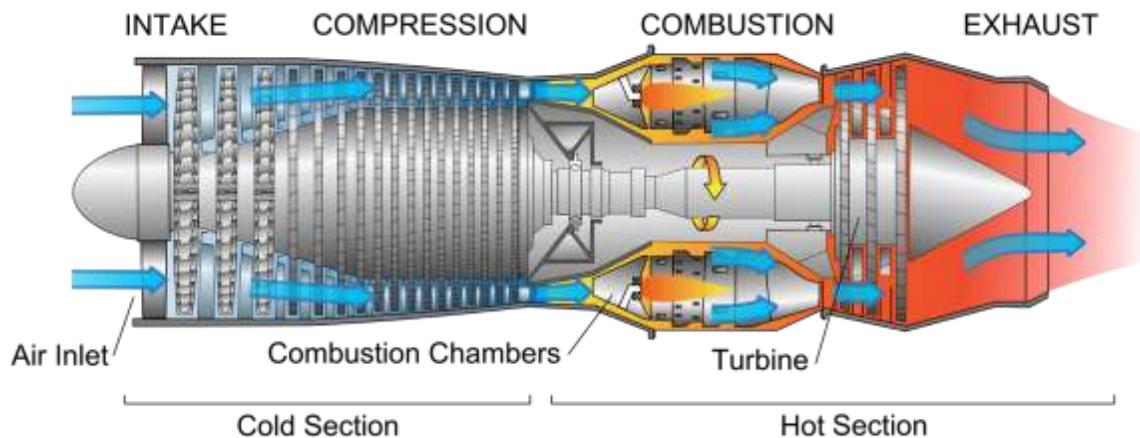
Durante el funcionamiento de una turbina de gas de tipo simple, se envía aire comprimido a la cámara de combustión en donde el combustible entra con caudal constante y se mantiene una llama.

La ignición inicial se obtiene generalmente por medio de una chispa, el aire calentado en la cámara de combustión se expande a través de toberas y adquiere una elevada velocidad. Parte de la energía cinética de la corriente de aire es cedida a los alabes de la turbina. Una fracción de esta energía se emplea para accionar el compresor y el resto para producir trabajo.

En una turbina de gas con una eficiencia del 33%, aproximadamente dos tercios del trabajo producido es para mover el compresor de aire, el otro tercio está disponible para generar electricidad, impulsar un dispositivo mecánico, etc.

Turbina de gas simple; el ciclo de gas simple también es llamado “ciclo Brayton de aire normal” es un ciclo abierto que utiliza un proceso de combustión interna. En la siguiente ilustración se muestra como funciona una turbina de gas.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.



CICLO COMBINADO.

El ciclo combinado como su nombre lo dice es la combinación de dos ciclos;

- Ciclo Rankine.
- Ciclo Brayton.

La energía eléctrica es el resultado de una serie de transformaciones de energía. Estas transformaciones de energía se realizan dentro de las unidades de la central, la cual debe contar con una energía disponible a partir de la cual se inician todas las formas de transformación necesarias hasta llegar finalmente a la energía eléctrica.

La fuente de energía disponible es un combustible, en este caso es gas natural. La energía se encuentra almacenada en el combustible, según sea su composición química y se libera haciendo que se produzca una reacción química con el oxígeno, que en este caso es la combustión (fuego).

Al producirse la combustión en la turbina de gas se ha logrado la primera transformación de energía, ya que la energía química se ha transformado en calor o energía calorífica en la flama y en los gases calientes producto de la combustión, estos gases calientes también tienen energía potencial y al dar movimiento a la turbina de gas se convierte en energía mecánica. Finalmente la turbina de gas se

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

acopla a un generador eléctrico y en él se convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

Los gases de escape de la turbina de gas producto de la combustión son dirigidos hacia el recuperador de calor generador de vapor y en su trayectoria se le adiciona calor por medio de quemadores adicionales.

Esta energía calorífica en el generador de vapor se emplea para calentar agua hasta el punto de ebullición y producir vapor, por lo que ahora tenemos otra clase de transformación, ya que la flama y los gases calientes ceden parte de su energía al agua y al vapor, obteniéndose ahora una energía térmica (para diferencial con el término de energía calorífica, asignada aquí a la flama y a los gases de combustión).

El vapor contiene energía potencial y al dar movimiento a la turbina se convierte en energía mecánica. Finalmente a la turbina se acopla un generador eléctrico y en él se logra la última transformación de energía al convertirse la energía mecánica a energía eléctrica a través del generador. En la siguiente ilustración se muestra el proceso completo del ciclo combinado.

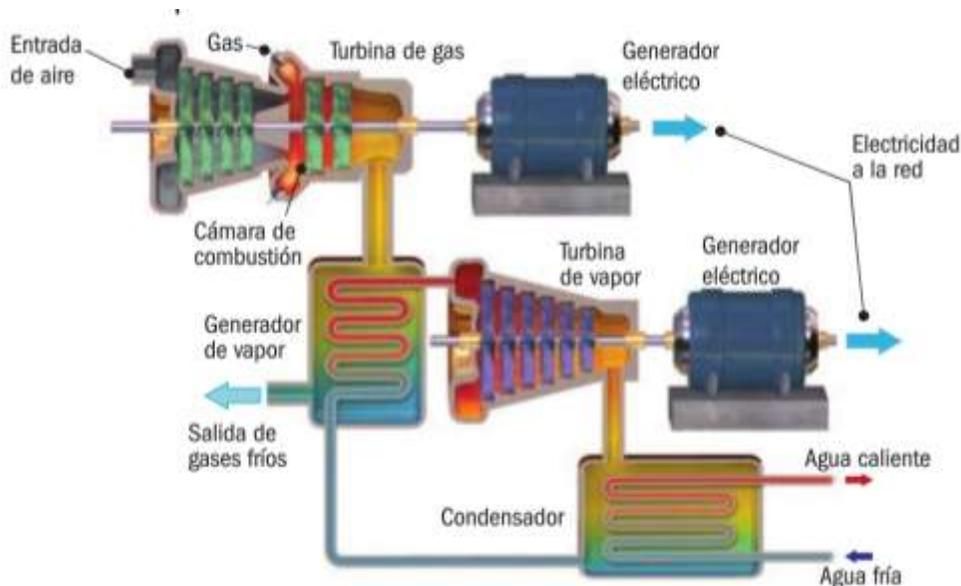


Ilustración 8 Sistema de ciclo combinado.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

MANUAL DE MANTENIMIENTO.

Describe las normas, organización y los procedimientos que se utilizan para efectuar la función de mantenimiento. Está compuesto por los procesos básicos de la administración:

- Planeación.
- Organización.
- Ejecución.
- Control.

Hace uso de la inspección como herramienta de mantenimiento. Cada proceso debe desarrollarse bajo el esquema:

- Entrada; elementos con los que inicia.
- Proceso; detalla la secuencia llevada a cabo.
- Salida; resultados.

Cada uno de estos posee una representación lógica que responde la pregunta. ¿Cómo?

El mantenimiento puede realizarse mediante el servicio propio por la unidad de mantenimiento, conocidos como internos, o bien por fuentes externas (servicio de otras empresas).

Objetivo del manual de mantenimiento.

- General;
 - proporcionar a la unidad de mantenimiento etapas de planeación, organización, ejecución, control e inspección, que contribuyan como un apoyo en las actividades de mantenimiento de las instalaciones y equipos de la empresa.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

- Específicos;
 - Controlar las actividades de mantenimiento realizadas a instalaciones y equipos
 - Facilitar las actividades de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ordenando cada uno de los procesos dentro de la unidad de mantenimiento
 - Controlar la satisfacción de los usuarios de las instalaciones y equipos
 - Establecer normas de seguridad relacionadas con el trabajo de mantenimiento

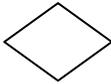
Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTOS Y ACTIVIDADES.

El diagrama de procedimientos y actividades es una parte importante que debe contener cada procedimiento ya que en él se describe la manera gráfica como deben realizarse las actividades, sirve de apoyo para la elaboración de métodos, procedimientos y describir las etapas de un proceso, entre otras cosas también sirve para:

- Planear, revisar o rediseñar procesos.
- Documentar la forma en la que se realizan las actividades.
- Visualizar rápidamente la metodología.

Todo mediante una simbología que es empleada para realizar el diagrama de flujo, en este caso se utilizó la norma ISO9001 por lo que la simbología es la siguiente;

- a) Rectángulo.- se emplea para definir una actividad. 
- b) Rombo.- para la toma de decisiones. 
- c) Ovalo.- representa terminación. 
- d) Líneas con punta de flecha.- dirección del proceso. 
- e) Circulo.- significa continuidad del diagrama de flujo. 
- f) Símbolo de documento.- se emplea para señalar documento generado por el proceso. 
- g) Multidocumento.- se refiere a un conjunto de documentos. 
- h) Conector de proceso.- conexión o enlace con otro proceso diferente, en la que continúa el diagrama de flujo. 

La metodología utilizada para la realización del diagrama de flujo combina el uso de tres columnas, las cuales se definen:

- ❖ Qué – ¿Qué se va a realizar?
- ❖ Quién – ¿Quién lo va a realizar?
- ❖ Cómo Cuándo Dónde – ¿Cómo debe realizarse?

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Es el punto más crítico en la construcción del proyecto de investigación, ya que es aquí donde se encuentra el fundamento científico del estudio de investigación, consiste en realizar una revisión de la literatura sobre el tema, es decir, buscar las fuentes documentales que permitan detectar, extraer y recopilar la información de interés para la solución del problema.

ENTREVISTAS.

Se realizó la recopilación de información mediante una serie de preguntas que fue realizada de manera verbal a cada uno de los trabajadores que están involucrados en la inspección de las turbinas, la entrevista fue grabada con un teléfono celular para su posterior análisis, y después por motivos de privacidad las grabaciones fueron borradas. La forma en la que se realizó la encuesta se describe a continuación;

- Antes de iniciar la encuesta, se indicó el propósito de la encuesta y el tema del que se hablaría.
- Se realizaron las preguntas en un periodo de 10 a 15 minutos por persona.
- Fueron preguntas cortas y comprensibles para los trabajadores.
- La información fue validada por los supervisores del departamento.
- Se analizó la información obtenida

La encuesta se realizó en dos etapas, la primera fue para conocer a fondo las tareas que realizaban los trabajadores;

- ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia?
- ¿Cómo se puede solucionar?

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Durante el periodo comprendido del 8 de enero del 2018 hasta el 24 de marzo del mismo año, se realizó una estimación de los principales efectos que se presentan al no contar con los procedimientos necesarios para la inspección mayor y estos fueron los resultados:

principales efectos			Tiempo perdido aprox. Al día (Horas)		
	total	Porcentaje		porcentaje	TOTAL
retrabajos	17	52%	4	17%	69%
perdida de material	5	15%	8	35%	50%
errores durante los procedimientos	8	24%	10	43%	68%
falta de experiencia	3	9%	1	4%	13%
totales	33	100%	23	100%	

Ilustración 9 tabla de resultados de las entrevistas.

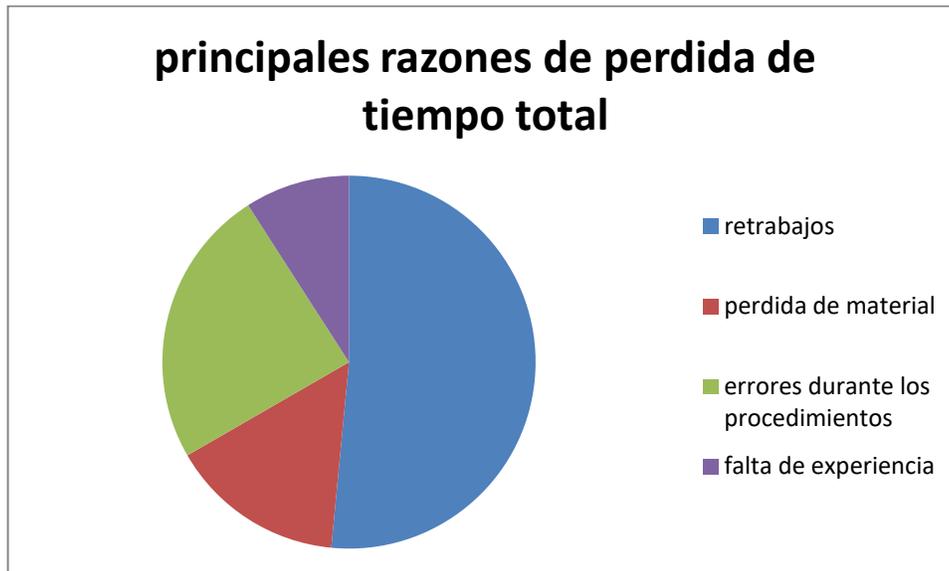


Ilustración 10 porcentajes obtenidos de las respuestas.

Como propuesta de solución y debido a los problemas que se han presentado durante las inspecciones mayores a turbinas del ciclo combinado, se determinó que para solucionarlos se deberá realizar una reestructuración de los procedimientos. Ya que el departamento cuenta con ellos pero debido a que no han sido correctamente redactados, los trabajadores no han tenido acceso a estos, generando que los

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

trabajadores utilicen métodos propios que pueden no ajustarse a los métodos que el fabricante recomienda para el cuidado de la maquinaria.

ACTUALIZACION DE LOS PROCEDIMIENTOS.

Para la realización de la actualización de los procedimientos de inspección mayor se llevo a cabo una serie de pasos los cuales se describen a continuación;

Se efectuó la segunda etapa de entrevistas. La forma en que se realizó la encuesta fue;

- ¿Qué hace?
- ¿Cómo se hace?
- ¿Qué necesita para hacerlo?
- ¿Cuándo se hace?

La información obtenida fue validada por los supervisores del departamento.

Toda esta información se fue escribiendo en forma de notas sobre el documento impreso de los procedimientos para su posterior análisis. A continuación se presenta la metodología de la encuesta;

- Observación en campo de las actividades que realizaron durante la inspección.
- Tomar notas de las actividades que se realizaban, cómo y quién las realizó.
- Se analizo el procedimiento con base en los datos obtenidos y se observo lo siguiente;
 - ❖ Faltaban algunas actividades en los procedimientos.
 - ❖ Algunas herramientas no estaban referenciadas.
 - ❖ La redacción del documento no era clara.
 - ❖ El documento no contenía imágenes del proceso o de las partes de las turbinas.
 - ❖ Faltaban algunas indicaciones de seguridad.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

- Después de analizar la información, se le pregunto a cada trabajador sobre el documento del procedimiento de inspección;
 - A cada trabajador se le leyó el documento, actividad por actividad.
 - Se tomo nota de las observaciones que realizaba el personal.

Una vez recopilada la información se obtuvo los siguientes resultados;

Principales problemas que se presentan durante la inspección.

- Las actividades se realizan de forma incorrecta por los trabajadores.
- Existen perdidas de material (tornillería, juntas, flechas, etc.).
- Hay deficiencia en el desempeño de los trabajadores.
- No hay un control de cuando hay que realizar las actividades.
- No dan prioridad a las actividades más delicadas.

Y la principal causa por la que se presentan estos problemas es porque no ha establecido un control estándar para las actividades;

- Cada trabajador hace las actividades a su manera, algunos de forma más eficiente, y otros presentan problemas al realizarlas, por falta de conocimiento de cómo deben realizarlas.

Para la presentación con el jefe del departamento se utilizaron una serie de elementos que sirvieron de herramientas para demostrar el trabajo realizado;

- ❖ Diapositivas.
- ✓ Imágenes.
- ✓ Tablas de porcentaje.
- ✓ Comparaciones.

Una vez examinados los procedimientos por el jefe del departamento mecánico y los supervisores, se elaboró y fue enviada una solicitud de cambio de procedimientos a la gerencia, en la cual se establecían las razones del cambio, entre otras cosas.

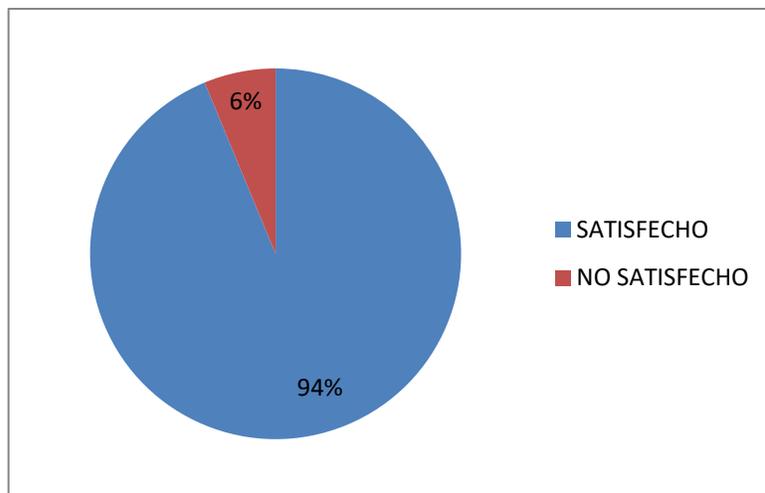
De esta forma el proyecto generaría un impacto en la empresa al ser aceptado como herramienta para capacitar a los trabajadores.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 Resultados

Debido al poco tiempo con el cual se contaba y el largo proceso de implementación del procedimiento no se pudo realizar una evaluación real de los cambios, sin embargo el resultado de la aplicación del proyecto se midió el porcentaje de satisfacción a través de una encuesta donde los resultados quedaron como a continuación se muestran;

- ❖ ¿Considera que las tareas asignadas a su puesto según el manual de procedimientos sean las adecuadas?
- ❖ ¿Considera que la implementación de los manuales de procedimientos se adapta a las necesidades del departamento para evitar contratiempos?
- ❖ ¿Está usted satisfecho con las actividades asignadas según el manual de procedimientos?



Después de la aplicación de este pequeño cuestionario podemos afirmar que el desarrollo e implementación de los manuales de procedimientos logro un cambio favorable tanto en el ámbito de mejoramiento de ambiente de trabajo como de actividades de cada puesto lo cual provoco que la gente estuviera contenta con el puesto que desempeña y esto a su vez conlleva a que las actividades de la

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

compañía se realizaran en menor tiempo logrando un mejoramiento notable en la productividad y eficacia de la misma.

4.2 Trabajos Futuros

Debido al poco tiempo del cual se disponía para la realización completa del proyecto, no se realizó la capacitación del personal de forma adecuada, solo se hizo la presentación del nuevo procedimiento y aclaraciones sobre éste, por lo que es importante realizar la implementación del procedimiento para poder obtener resultados favorables en los procesos de mantenimiento en el departamento mecánico.

4.3 Recomendaciones

Se recomienda al lector en caso de tener una duda sobre algún tema en específico, busque en alguno de las referencias bibliográficas para que sirva de apoyo y se logre entender el tema central de la tesis.

ANEXOS

Anexo 5.1 Portada del procedimiento operativo.



PROCEDIMIENTO OPERATIVO

INSPECCIÓN MAYOR DE LA

TURBINA DE VAPOR

O-2116-M22



Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.2 Contenido de procedimiento operativo.

		
CONTENIDO		
Capitulo	Descripción	Página
1.	OBJETIVO.	3
2.	ALCANCE.	3
3.	RESPONSABILIDADES.	3
	3.1. Jefe del departamento mecánico.	3
	3.2. Supervisor del departamento mecánico.	3
	3.3. Jefe de taller.	3
	3.4. Técnico superior.	3
	3.5. Auxiliar de mantenimiento.	4
	3.6. Superintendente de turno.	4
4.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	5
	4.1 Actividades Preliminares	5
	4.2 Herramienta	6
	4.3 Materiales	7
	4.4 Descripción del equipo	29
	4.5 Desensamble de la Turbina de Vapor	30
5.	ANEXOS	43
	5.1.-Diagrama simplificado de la inspección mayor de la tv	44
	5.2. Maniobras de la turbina de vapor	47
	5.3 Carta de alineamiento	51
	5.4 Registros de calidad	52
	5.5. Orden de trabajo	70
	5.6. Glosario	71
		2

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.3 Objetivo, alcance, y responsabilidades de la inspección mayor.



1. OBJETIVO.

Implementar un modelo de las diferentes técnicas aplicadas al mantenimiento que permitan registrar los valores de ajuste y procedimiento de armado de la Turbina de Vapor.

2. ALCANCE.

Este procedimiento se enfoca en el personal del departamento mecánico para dar a conocer las técnicas necesarias para el mantenimiento efectivo en la Turbina de Vapor, desde su Despiece, hasta su Inspección y Reensamble estableciendo un método de trabajo con hojas de registros e instrumentación.

3. RESPONSABILIDADES.

3.1. Jefe del Departamento Mecánico.

Es responsable de facilitar la documentación técnica e insumos necesarios para realizar las actividades del departamento, de igual forma debe verificar la correcta aplicación de este procedimiento para mantener el control de las actividades a realizar, cumpliendo siempre con los aspectos de calidad, seguridad y ambiental.

3.2. Supervisor del Departamento Mecánico.

Es responsable de facilitar los materiales, herramientas, equipo, personal necesario para realizar esta actividad, así mismo debe de verificar que el personal del departamento mecánico aplique correctamente este procedimiento, debe informar al supervisor ambiental, acerca de la generación y almacenamiento de los residuos peligrosos que pudieran generarse en el desarrollo de las actividades del mantenimiento, para su registro en la bitácora de residuos.

3.3. Jefe de taller.

Es el responsable de supervisar la correcta aplicación de este procedimiento por parte del personal técnico que realice el mantenimiento de este equipo, así como la entrega al supervisor mecánico de los registros de calidad y la orden de trabajo correspondientes (anexos).

Así mismo, debe supervisar los aspectos de seguridad e higiene de las actividades a desarrollar en el presente procedimiento, de acuerdo a los riesgos de trabajo y a los aspectos ambientales.

3.4. Técnico superior.

Realiza las maniobras necesarias para el desarrollo de las actividades del presente procedimiento, así como el llenado de la orden de trabajo y los registros de calidad correspondientes y la entrega de estos al jefe de taller.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.4 Herramienta para la inspección mayor.



4.1.4. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES.

- Recipiente para depositar residuos peligrosos.
- Recipientes para depositar residuos peligrosos.
- Los residuos se depositarán en tambos de 200 lts. con su respectivo código de colores que es:
 - Rojo para Aceites.
 - Verde para Solventes.
 - Azul para Materiales impregnados.
 - Negro para Productos Caducos.

4.1.5 Recopilación de Documentación Requerida

- Registros de datos y valores de la turbina de vapor RPMEC_2201 al RPMEC_2216.

1.1.1.2 4.2 Herramienta

- Grúa viajera
- Marcador de aceite
- Micrómetro de interiores
- Extensión de luz
- escantillón
- Juego de llaves de golpe de 1" a 3 1/8".
- Marros de 12, 14 y 16 libras.
- Juego de dados reforzados de 1" a 3 1/8".
- Manerales de fuerza.
- Juego de llaves Allen 1" a 2".
- Equipo oxiacetileno
- Cinta de grafito.
- Niveles de precisión.
- Antiferrador.
- Juego de lainómetros con hojas de 3" y 10".
- Estoques de resistencias eléctricas.
- Máquina de soldar con ChamferTrode.
- Montacargas de ¼ a 5 toneladas.
- Tirfor de ¼, ¾, 1 ½ y 3 toneladas.
- Tensores de 1, 1 ¼ y 1 ½ toneladas.
- Vigüeta rotor.
- Cáncamos hechizos para extraer tornillos.
- Eslinga de 10 Toneladas

Anexo 5.5 Desarrollo de las actividades de inspección.



1.1.1.6 4.5 Desensamble de la Turbina de Vapor

- 4.5.1. Solicitar licencia para mantenimiento del equipo al área de Operación. (solo personal autorizado)
- 4.5.2. Una vez autorizada la licencia por el Superintendente de Turno, verificar, en conjunto con el personal de operación, que el equipo se encuentre librado: bloqueado, desenergizado (que este abierto el interruptor motor de arranque), para el desmontaje del rotor turbina
- 4.5.3. Solicitar al Depto. Civil retire el aislamiento térmico, válvulas igualadores de la turbina de vapor, y línea de vapor principal.
- 4.5.4. Retirar las 2 secciones del techo

Nota: Las secciones serán colocadas en un espacio donde no obstruya el paso seguro del personal
- 4.5.5. desconectar válvula de control

Nota: Para más información ver procedimiento "O-2116-M14 Mantenimiento de la Válvula de control y paro de vapor principal"
- 4.5.6. Solicitar al departamento de operaciones, enfriar la turbina
 - En un proceso de enfriamiento de 72 hrs, en el cual, con empleo del torna flecha, mantiene a la turbina, con una velocidad de 3 revoluciones por minuto junto con el sistema de lubricación.

Nota: Durante este periodo de tiempo se realizara el "Mantenimiento de la Válvula de control y paro de vapor principal"
- 4.5.7. colocar fuera de servicio el tornaflecha y el sistema de lubricación.
 - Solicitar al departamento de operaciones poner fuera de servicio el tornaflecha y el sistema de lubricación

Nota: esta actividad solo podrá realizarse una vez enfriada la turbina
- 4.5.8. Realizar barrido del hidrogeno con CO₂ en el Generador Eléctrico
 - Tras el barrido del hidrogeno, hacer barrido con aire
 - finalmente se hace venteo para que no quede presionado y quede a presión atmosférica.
- 4.5.9. Desmontar tapa superior del cubre coplee.
 - Empleando 1 cáncamo de 3/4"
 - 1 diferencial chico para sujetar la tapa superior del cubre coplee
 - Enganchar a la grúa para proceder a levantar la tapa.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.



Nota: esta será colocada en un espacio donde no obstruya el paso seguro del personal

4.5.10. Quitar tapa del gobernador,

- retirar tornillería (40 tornillos 1/2"x1 1/2")
- colocar 4 grilletes de 5/8" en la tapa, y un grillete de 1 1/4" y diferencial de 2 toneladas al gancho chico de la grúa.
- Colocando una banda larga de los grilletes del lado coplee al gancho del diferencial.
- Del lado turbina, poner una banda corta y un diferencial o montacargas de la banda al gancho del diferencial poner un grillete para nivelar la turbina.
- Despegar la tapa y sacar poco a poco con el diferencial.

Recomendación: Antes de sacar la tapa hay que desmontar el deflector de aceite del lado del sello de alta presión

Nota: la tornillería retirada, será colocada en un estante y agrupada con una hoja de papel con el nombre de la pieza a la cual pertenece.

4.5.11. Desmontar deflector de aceite superior.

- Retirar tornillería
- Emplear 1 cáncamo de 3/4"
- Enganchar a la grúa

Nota: con ayuda del montacargas llevar al taller mecánico para realizar inspección de huelgos en el deflector utilizando un micrómetro de interiores

4.5.12. Solicitar al departamento eléctrico el control de tornaflecha para quitar los pernos.

4.5.13. Quitar los pernos del coplee.

- Girar poco a poco la turbina con el control de la tornaflecha
- utilizando una llave 15/16" retirar los pernos

Nota: Los pernos serán colocados en un estante, agrupados y marcados con el nombre de la pieza a la cual pertenecen

4.5.14. Tomar lecturas de alineamiento del coplee turbina-generador.

- Marcar los grados con un marcador de aceite
- utilizando un indicador de caratula, escuadra universal realizar las lecturas
- llenar registro de alineamiento 0-2116-M22-R16

Nota: Utilizar 2 pernos falsos de bronce a 0° y 180° para girar el tornaflecha y un espejo para facilitar la visualización de todas las lecturas de alineamiento.

4.5.15. Desacoplar los coplees.

- Colocar tornillos gato a 90° y 270°

Nota: La posición mach en el rotor quedara arriba para tomar lecturas axiales

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.



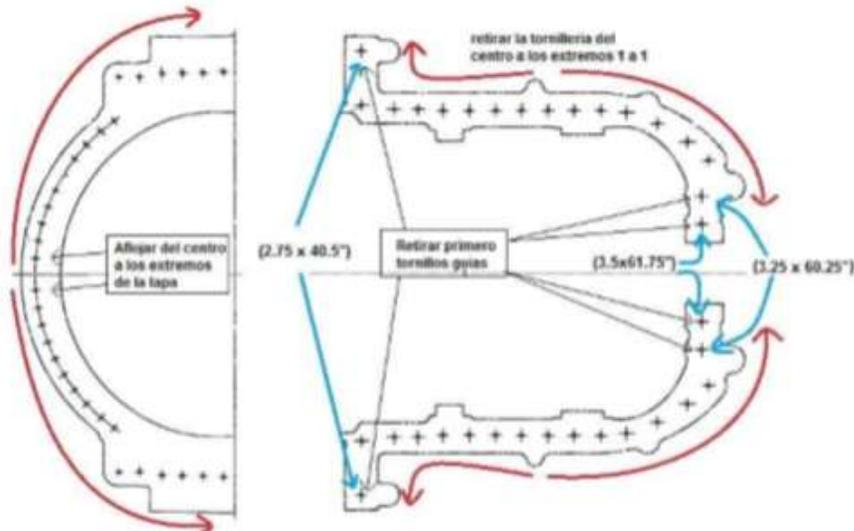
- 4.5.16. Ya desacoplado, separar los coplees:
- con 2 tornillos gato de 1" hasta que los coplees queden separados de la caja donde embona uno con otro (la separación entre coplees serán de 0.300" a 0.350").

Nota: Tomar las lecturas axiales a 0°-90°-180°-270°.

- 4.5.17. Quitar tapa de la turbina.
- retirar los 6 tornillos guías,
 - posteriormente empezar a retirar el resto de la tornillería (4 tornillos 2.5 x 41.75", 2 tornillos 2.5x 59", 6 tornillos 13.5x45", 16 tornillos 3 x 43")
 - serán retirados del centro hacia los extremos de la tapa al mismo tiempo de ambos lados.

Nota: la tapa se colocara en un espacio disponible donde no obstaculice las áreas de seguridad y la tornillería será colocada en un estante, agrupada con el nombre de la pieza a la cual pertenece. Se debe identificar la tornillería del lado izquierdo y lado derecho.

Recomendación: En caso de que no puedan quitarse los tornillos, con ayuda del soldador, calentar cada tornillo a la vez que un mecánico va aflojando la tornillería. (Ver imagen inferior)



Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.



- 4.5.18. Se procederá a retirar la tapa
- con empleo de 2 grilletes universales, una eslinga cruzada y la grúa viajera retirar la tapa.

Nota: La tapa se colocara en un espacio disponible donde no obstaculice las áreas de seguridad.

CUIDADO verificar que la tornillería haya sido retirada completamente antes de levantar la tapa.

- 4.5.19. Retirar Tapa del escape de la turbina
- Retirar tornillería (42 Tornillos 1 1/2"x4 1/2", 4 Tuerca 1 1/2")
 - calentar tornillería de ambos lados, retirándola de ambos lados a la vez iniciando del centro hacia afuera hasta llegar a los 6 tornillos guía.
 - Usando un columpio chico en el gancho grande de la grúa y colocando 4 tensores en los orificios externos del columpio y a 4 cáncamos en la tapa.

Nota: la tapa se colocara en un espacio disponible donde no obstruya las áreas de seguridad, y la tornillería será colocada en un estante, agrupada y con el nombre de la pieza a la cual pertenece.

- 4.5.20. Retirar junta de expansión TV (escape),
- Colocar una placa circular en la parte inferior
 - Con ayuda de la grúa retirar la junta

Nota: Soldar un tubo en la horizontal en la carcasa de escape y colocar tabloncillos sobre este, a fin de crear más espacio de movimiento.

- 4.5.21. Retirar tapa exterior de chumacera (caja de muerto),
- retirar tornillería (58 tornillos 1x2 1/4");
 - empleando un grillete de 1 1/4" y un diferencial de 2 toneladas y asegurándolo al gancho chico de la grúa,
 - colocar grillete de 1 1/4" en la oreja de la tapa y una banda o eslinga del grillete al gancho del diferencial.
 - Poner 2 cáncamos de 3/4" del lado del condensador asegurando con 2 grilletes de 5/8" y una banda corta,
 - colocando diferencial de 1 tonelada poniendo un grillete de 1" al diferencial chico para nivelar la tapa y el grande para subir la tapa.
 - En caso de no despegarse la tapa utilizar tornillos gato.

Nota: la tapa se colocara en un espacio disponible donde no obstruya las áreas de seguridad, y la tornillería será colocada en un estante, agrupada y con el nombre de la pieza a la cual pertenece.

- 4.5.22. Retirar la Tapa interior de las chumaceras
- Retirar tornillería (2 Tornillos 1x3 1/4", 8 Tornillos 1 x 6 1/4", 16 Tornillos de 1 x 2 3/4").
 - Colocar un grillete de 1 1/4" y diferencial de 2 Toneladas al gancho chico de la grúa.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.



- Colocar cáncamo 3/4" arriba de la tapa colocando un grillete de 5/8" y una banda larga al gancho del diferencial.
- Colocar 2 cáncamos de 3/4", y dos grilletes con una banda corta al diferencial chico para nivelar.
- levantar tapa.

Nota: la tapa se colocara en un espacio disponible donde no obstruya las áreas de seguridad, y la tornillería será colocada en un estante, agrupada y con el nombre de la pieza a la cual pertenece.

- 4.5.23. Retirar las partes superiores de chumaceras de carga (yugo):
- se retiran los tornillos del yugo.
 - Se retiran lo tornillos laterales (4 Tornillos Allen de 1/2" x 1")
 - colocando un cáncamo con un grillete, una banda y con uso de la grúa se levanta

Nota: La tornillería será colocada en un estante, agrupada y con el nombre de la pieza a la cual pertenece.

- 4.5.24. Retiro de partes de chumacera de empuje.
- Para más información, véase el procedimiento O-2116-M18 Mantenimiento para chumaceras de empuje de TV

Nota Después de haber retirado las chumaceras quedara al descubierto la turbina, se realiza mediciones de huelgos entre alabes (llenar registro O-2116-M23-R17 y O-2116-M23-R18).

- 4.5.25. Retirar rotor empleando maniobra y colocando 4 tensores para levantar el rotor.
- (Véase Anexo 5.5 "Maniobra para levantamiento del rotor")

Nota: Las distancias que deben tenerse para elevar el rotor son:
Tensor lado escape: 51 1/2" Columpio lado escape: 79"
Tensor lado coplee: 53 1/2" Columpio lado coplee: 77"

- 4.5.26. Llevar el rotor a los bancos de balanceo.

Nota Las medidas de los bancos de balanceo para el rotor son de 4.80 metros de centro a centro de los rodillos. El rodillo lado motor de balanceo va pegado en la charola del mismo lado del motor o sea, hacia afuera del banco. El rodillo lado SKID quedara a 1" del tope de la charola por la parte de adentro.

Medida de seguridad: una vez que todos los elementos de la turbina hayan sido bajados, se deberá colocar cinta de seguridad alrededor de estos.

- 4.5.27. El tornaflecha será retirado y llevado al taller mecánico para su inspección y mantenimiento.

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.6 Inspección de partes

1.1.1.7 Inspección de partes

4.5.28. Una vez colocado el rotor en el banco de balanceo se solicita apoyo de una compañía externa se hacen inspección de los siguientes puntos:

NOTA Consultar el anexo 5.4 "registros de calidad".

- Reporte de campo de inspección de huelgos axiales en alabes y sellos lado gobernador (O-2116-M23-R01).
- Reporte de campo de inspección de pistón de balance, huelgo axial y radial (O-2116-M23-R02).
- Reporte de campo de inspección de huelgos en alabes de reacción (O-2116-M23-R03).
- Reporte de campo de inspección de alargamiento de tornillos (O-2116-M23-04, O-2116-M23-05).
- Reporte de campo de inspección de huelgos de sello del pistón de balance ó empuje (O-2116-M23-R06).
- Reporte de campo de inspección de huelgos radiales en rueda L-O (O-2116-M23-R07).
- Reporte de campo de inspección de huelgos de sellos de aceite de cojinetes (O-2116-M23-R08).
- Reporte de campo de daños en alabes y aro de tetones (O-2116-M23-R09).
- Reporte de campo de inspección de disco rueda L-0 (O-2116-M23-R10).
- Reporte de campo de ajuste rotor-cilindro (O-2116-M23-R11).
- Reporte de campo de inspección de huelgos en sellos de aceite del rotor (O-2116-M23-R12).
- Reporte de campo de lectura de centrado del rotor (O-2116-M23-R13).
- Reporte de campo de inspección de glándulas (sellos AP Y BP) (O-2116-M23-R14).
- Reporte de campo de inspección de dimensionado de muñones (O-2116-M23-R15).
- Registro de alineamiento (O-2116-M23-R16).
- Registro de huelgos: sellos de aceite y chumacera de empuje del compresor de la turbina de vapor (O-2116-M23-R17).
- Registro de huelgos: chumacera de carga (O-2116-M23-R18).

35

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

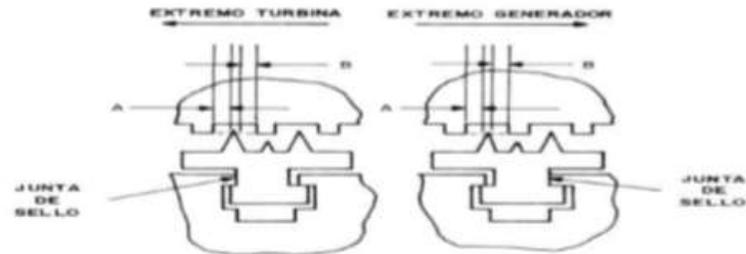


4.5.29. Medición de huelgos axiales de sellos contra el rotor

- Solicitar plomo calibre 2mm, 1.5mm, 1mm y cinta adhesiva.
- Colocar plomo en la parte inferior del sello.
- utilizar cuñas de madera para calzar el sello y evitar muelleo
- Con ayuda de la grúa viajera colocar el rotor en su lugar para obtener lecturas.
- Sacar el rotor nuevamente (Véase anexo 5.5 "maniobra para levantamiento de rotor")
- Retirar el plomo y entregarlo a los ingenieros para su verificación.
- capturar las lecturas con ayuda de un micrómetro de punta en formato

4.5.30. Medición de huelgos radiales de sellos laberínticos

- Con ayuda de escantillón, micrómetro de 0" a 1", desarmador, extensión de luz y lainometro se tomaran las lecturas.
- Se introduce el escantillón en el espacio entre el sello el rotor y ajustar el escantillón hasta que tope
- registrar lectura



Anexo 5.7 Reensamble



1.1.1.8 4.6 reensamble

4.6.0 Instalar el tornaflecha

- Es importante verificar que el tornaflecha funcione una vez colocado en su lugar, ya que un mal funcionamiento supondrá una dificultad o imposibilidad de arrancar la turbina.

4.6.1 Colocar chumaceras

- Realizar a la inversa los puntos 21 al 18 del apartado "desensamble de la turbina de vapor"

Chumacera de empuje

- Para más información, véase el procedimiento O-2116-M18 Mantenimiento para chumaceras de empuje de TV

Chumacera de carga

- A continuación se enumeran los puntos principales a verificar en el montaje de chumaceras de una turbina.

1. Contacto de cuñas de ajuste del anillo de la chumacera con el pedestal.
2. Tolerancia entre el anillo y el cojinete.
3. Área de contacto entre el anillo y el cojinete.
4. Ranura para aceite entre muñón y chumacera.
5. Contacto de muñón con la chumacera.
6. Verificar medida de agujeros para aceite en la chumacera.

4.6.2 Sellos de vapor tipo laberínticos

- Colocar la cara de sello del laberinto en el lado que le corresponde, ya que de lo contrario, este no sellará en forma correcta y el rendimiento de la unidad puede bajar sensiblemente

4.6.3 Diafragma de alivio

- Debe ponerse mucha atención en la secuencia de apretar su tornillería ya que de lo contrario se pueden tener problemas con el vacío de la máquina.

4.6.4 Colocar el rotor

- colocando 4 tensores, realizar a la inversa la maniobra para levantamiento del rotor. (Véase Anexo 5.5 "Maniobra para levantamiento del rotor")

Recomendación: Las dimensiones físicas del rotor. Es necesario asegurar que los diámetros de sección y sus largos sean como se especifico, dentro de tolerancias cercanas, ya que esto afectará al peso y la distribución de peso. Los diámetros son de considerable importancia por su efecto giroscópico y deben ser mantenidos

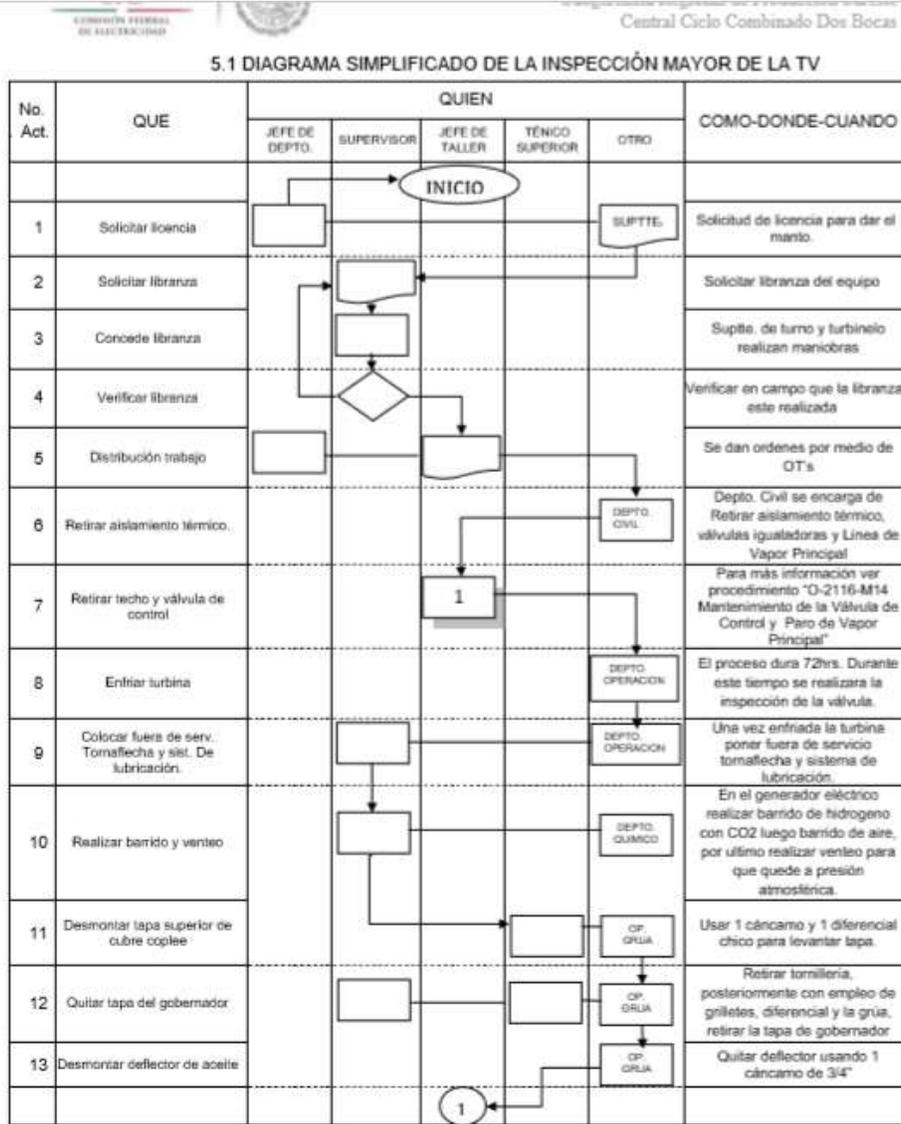
Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.8 actividades de inspección.

<p>Cámara de toberas: verificar condición de cuerpo de la caja de toberas, prueba de contacto, inspección al anillo intermedio, inspección a toberas intermedias, verificación del "claro de ensamble, inspección a la tira de remache.</p>	
<p>Toberas: Realizar limpieza a chorro con oxido de aluminio tamaño de grano 220 (si es que se encuentra con suciedad considerable), pruebas no destructivas, inspección de tornillería, inspección anillo de sello, inspección anillo austenítico, inspección a segmentos intermedios, inspección de tiras de sello.</p>	
<p>Chumacera de empuje: realizar inspección visual de sus partes, verificar con líquidos penetrantes la adherencia del babbitt, medir espesores de las zapatas o placas y laines, hacer prueba de desplazamiento axial antes de después de ensamblar la turbina, verificar distancia entre las caras de empuje, espesor de chumacera, espesor de lana frontal, espesor de lana posterior, espesor de placa de empuje frontal, espesor de la placa de empuje posterior, verificar claro resultante.</p>	
<p>Chumacera de carga: inspección visual de condiciones físicas, realizar líquidos penetrantes la adherencia del babbitt, con micrómetro se verifica sus dimensiones, con alambre de plomo el apriete de su anillo exterior, y con lainometro se conoce su alineación con respecto al muñón, ajustar el torque para la chumacera, tolerancia entre el anillo y el cojinete, verificar medida de agujeros para aceite en la chumacera. Finalmente se verifica el contacto existente entre el cuerpo de la chumacera y su anillo exterior.</p>	
<p>Deflector de aceite: Realizar limpieza, inspección visual, verificar diámetros internos, estos comúnmente son de .003" a .005" mayores que el diámetro del eje. Tener extremo cuidado.</p>	

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Anexo 5.9 Diagrama de inspección.



Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

No. Act.	QUE	QUIEN					COMO-DONDE-CUANDO
		JEFE DE DEPTO.	SUPERVISOR	JEFE DE TALLER	TÉCNICO SUPERIOR	OTRO	
				1			
14	Solicitar control de tomafecha						Solicitar al departamento eléctrico el control del tomafecha
15	Quitar pernos del cooplee						Girar con la toma fecha para quitar los pernos.
16	Tomar lecturas de alineamiento						Utilizar indicador de caratula, escuadra universal y plumón. Llenar registro 0-211G-M22-R1G
17	Desacople turbina-generador						Colocar tornillos gato a 90° y 270°
18	Separar los cooplees						Separar con 2 tornillos gato de 1" hasta que los cooplees queden separados de la caja donde embonarían uno con otro.
19	Quitar tapa de la turbina					OP GRUA	Retirar 6 tornillos guías posteriormente empezar a retirar el resto de la tornillería calentando y quitando la tornillería de ambos lados al mismo tiempo del centro hacia afuera empleando 2 grilletes universales y una estinga a la grúa viajera, se procede a retirar la Tapa
20	Retirar la tapa						Calentar tornillería de ambos lados y retirarla (centro hacia afuera hasta llegar a los tornillos guía)
21	Retirar tapa del escape					OP GRUA	Empleando columpio chico, 4 tensores y la grúa, retirar Tapa del Escape de la Turbina
22	Retirar junta de expansión					OP GRUA	Con ayuda de una placa circular y con ayuda de la grúa viajera, retirar la junta de expansión.
23	Retirar tapa de la caja de muerto					OP GRUA	Retirar tornillería. Con uso de grillete diferencial, cáncamos, bandas y estinga. Nivelar y Elevar la Tapa
24	Retirar tapa que cubra los sellos de la chumacera					OP GRUA	Retirar tornillería. Colocar grillete diferencial en el gancho de la grúa y con cáncamos y grilletes en la parte superior de la tapa elevar la tapa, usando banda larga y otra corta para nivelar la Tapa.
				2			

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

Gerencia Regional Sureste
Subgerencia Regional de Producción Sureste
Central Ciclo Combinado Dos Bocas

No. Act.	QUE	QUIEN					COMO-DONDE-CUANDO
		JEFE DE DEPTO.	SUPERVISOR	JEFE DE TALLER	TÉCNICO SUPERIOR	OTRO	
25	Retirar parte superior de las chumaceras de carga		↓	2		OP. GRUA	Se retiran tornillos del yugo, colocando dos tornillos gato para sujetar los almohadones. Con un cáncamo y dos griletes, se quita la parte superior de la chumacera de carga.
26	Retirar partes de chumacera de empuje		↓				Colocar cáncamos y con diferencial retirar la chumacera.
27	Desacoplar Rotor-Generador		↓			OP. GRUA	Girar con Toma Flecha para quitar pernos. Procura que los barrenos donde se colocan los tornillos gato queden a 90° y 270°. La posición Mach, en el rotor quede arriba para tomar lecturas axiales.
28	Retirar rotor		↓			OP. GRUA	Empleando maniobra y colocando 4 tensores para levantar Rotor.
29	Colocar rotor en banco de balanceo		↓			OP. GRUA	Llevar Rotor a los Bancos de Balanceo con uso de la maniobra.
30	Retirar el tomaflecha		↓				Retirar el sistema tomaflecha y llevar el taller mecánico para su inspección.
31	colocar una recubrimiento sobre el pedestal		↓				Solicitar un recubrimiento para evitar que se contamine con polvo, aceites, u objetos no deseados para evitar accidentes.
32	Realizar inspección del rotor		↓			AUX. MEC.	Realizar Medición e Inspección de Huecos
33	Realizar inspección de partes		↓			AUX. MEC.	llenando los Registros D-2116-M23-RD1 - D-2116-M23-R16
34	Reensamble del equipo		↓			AUX. MEC.	Cada pieza ensamblada deberá corresponder con el lugar y los huecos establecidos por el fabricante
35	Realizar pruebas de funcionamiento	↓	↓			DEPTO. OPERACION	Solicitar al Departamento de Operación arranque de prueba para chequear presión y ajustar empujes
36	Retirar libranza	↓	↓				Firmar libro de Libranzas del Departamento de Operación.
37	Realizar limpieza		↓			AUX. MEC.	Limpiar toda el área de trabajo de manera general
				FIN			

Actualización de los procedimientos operativos del departamento mecánico para el mantenimiento de la turbina de vapor, turbina de gas y equipo perimetral.

BIBLIOGRAFÍA

- ❑ Cuevas Díaz, A., Torre Silva, F. d. I., & e-libro, C. (2012). Aplicación de la técnica de componentes principales en el análisis del comportamiento mecánico dinámico funcional de las turbinas a vapor de 100MW. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. CUJAE.
- ❑ Sabugal García, S., Gómez Moñux, F., & e-libro, C. (2006). Centrales térmicas de ciclo combinado: Teoría y proyecto. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- ❑ ING. MARTÍNEZ LÓPEZ, J. (2013). DESARROLLO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DIAGNÓSTICO DE UNA TURBINA DE GAS.
- ❑ Palma, J., & e-libro, C. (2009). Manual de procedimiento. [Santa Fe, Argentina]: [El Cid Editor | apuntes].
- ❑ (2013). Formatos para procedimientos - Ejemplo para el desarrollo de manuales.
- ❑ García Garrido, S., & e-libro, C. (2012). Mantenimiento programado en centrales de ciclo combinado. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- ❑ Grasso, L., & e-libro, C. (2006). Encuestas: Elementos para su diseño y análisis. Córdoba: Encuentro Grupo Editor.