



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Mantenimiento e Instalación de Turbinas de Vapor

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Emanuel Ramos Cárdenas

ASESOR DE INFORME

Dr. Adrián Espinosa Bautista



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020

Tabla de contenido

Introducción	III
Objetivo	V
General Electric	6
FieldCore	7
Ingeniero de Campo	7
Antecedentes	9
Ciclo Rankine Ideal	9
Ciclo Rankine Real	10
Clasificación de las Turbinas de Vapor	11
Participación Profesional	13
Houston Learning Center	13
Altamira V	18
Altamira III y IV.....	19
Petroecuador	20
Tierra Mojada.....	22
Resultados.....	24
Conclusiones	26
Referencias.....	28
Anexos	29
Anexo A: Tablas Estadísticas	29
Anexo B: Gráficas	30

Introducción

La producción de energía eléctrica es uno de los factores decisivos que influyen en el desarrollo económico y social del país ya que las comunicaciones, el abastecimiento de alimentos, el transporte y la mayor parte de los servicios de los hogares, oficinas y fábricas dependen de un suministro suficiente e inmediato.

Por este motivo, resulta de suma importancia ser capaces de mantener la demanda e incrementar la capacidad de producción al ritmo que crece también el consumo en el país, que en el 2017 fue de 1.2% (Ver anexo A).

Diversas ramas de la ingeniería son las que hacen posible la generación de energía, ya sea en el diseño de tecnología e infraestructura, manufactura, instalación y mantenimiento.

Indiscutiblemente, el mantenimiento a cualquier máquina es indispensable para su correcto funcionamiento, ayuda a prevenir fallas y, por consiguiente, evitar costos no contemplados.

De ocurrir una falla y no ser atendida a tiempo las consecuencias que se presentan son: la degradación del equipo, fallas en el servicio, pérdidas económicas, pero más importante aún, es el peligro al que se exponen las personas que laboran en la planta, tales como operadores y técnicos.

Es por esto que, además del conocimiento experto de los operadores, se requiere de un mantenimiento planeado que permita evitar o corregir cualquier anomalía para mantener la correcta operación de la central generadora de electricidad.

Las plantas termoeléctricas son uno de los principales lugares donde se produce energía eléctrica. En el caso de México la capacidad instalada está formada con diferentes tecnologías de generación.

Las termoeléctricas representan el 45.1%, en tanto las hidroeléctricas el 21.9%, seguidas de las carboeléctricas que generan el 5.1% del total de la electricidad en el país, mientras que las nucleoeeléctricas contribuyen con el 2.7%, con menor capacidad están las Geotermoeléctricas con 1.7% de generación total y las Eoloeléctricas con sólo 0.2%.

Por último, las centrales termoeléctricas de productores independientes con un 23.3% (Ramos y Montenegro, 2012).

Además, las Termoeléctricas más importantes son: la de Tuxpan, en Veracruz que tiene 2,200 MW de capacidad de generación, la de Tula Hidalgo, que produce 1546 MW, seguida de la de Manzanillo, con 1,200 MW.

Aunado a los datos anteriores, es importante resaltar el rol del vapor como fluido de trabajo en la generación de electricidad tanto en ciclos simples como en combinados, ya que representa un gran aporte al Sistema Eléctrico Nacional (Ver Anexo B).

Objetivo

En este trabajo presento las áreas clave en la preparación y ejecución del mantenimiento de turbinas de vapor General Electric, las diferentes actividades que realicé desde mi incorporación a la empresa y que fueron necesarias para ser considerado para los mantenimientos.

De igual manera describo las diferencias en los alcances de los proyectos en los que participé y algunas particularidades de la relación Cliente-FieldCore que afectan el desarrollo de las actividades durante el paro.

También comento la importancia de obtener resultados satisfactorios y rápidos en la industria energética y las repercusiones que conlleva no cumplir con las metas establecidas.

Finalmente, hago una retrospectiva de varios aspectos vividos durante el estudio de mi licenciatura y que conformaron las herramientas iniciales para empezar mi vida profesional.

General Electric

Es una corporación conglomerada multinacional de infraestructura, servicios financieros y medios de comunicación altamente diversificada con origen estadounidense.

Sus operaciones comprenden las áreas de energía, comunicaciones, servicios financieros, tecnología industrial, y electrodomésticos.

GE está presente en más de 100 países y tiene más de 300,000 empleados alrededor del mundo con una facturación anual global superior a los 150.000 millones de dólares ocupando el tercer puesto del listado de las empresas más grandes del mundo de la revista Forbes.

Ha establecido en los últimos años alianzas comerciales con 22 nuevas empresas, que constituyen un amplio espectro de tecnologías, todas relacionadas con energía. Este compromiso continuo en la innovación y la implementación de energía limpia, le asegura a GE el liderazgo mundial.

La compañía remonta su historia a 1890, cuando Thomas Alva Edison, unió algunos de sus intereses comerciales bajo una corporación para formar la Edison General Electric Company.

En 1887, Elihu Thomson y Edwin J. Houston habían constituido la Thomson-Houston Electric Company, que pasó a adquirir un número de sus competidores en el sector eléctrico, accediendo a una serie de patentes en el proceso y conduciendo la compañía al primer puesto.

Posteriormente, en 1892, la Edison General Electric Company con sede en Schenectady, Nueva York, y la Thomson-Houston Electric Company de Lynn, Massachusetts, se fusionaron para formar la General Electric Company.

General Electric fue una de las empresas fundadoras del índice económico Dow Jones Industrial Average cuando se estableció en 1896 y en el que se mantuvo durante 122 años hasta que dejó de cotizar en él el 26 de junio de 2018, siendo la última de las compañías cotizadas originales en dejar de hacerlo.

FieldCore

FieldCore es una compañía de servicios industriales de campo que pertenece a General Electric. Sus operaciones comenzaron en la segunda mitad del 2017.

Su objetivo es ofrecer el más alto nivel de excelencia y capacidades de servicios de campo para GE y sus clientes.

FieldCore reúne a los expertos en servicios de campo y las personas tanto de Granite Services como de GE Power Services en una sola organización centrada en la ejecución de clase mundial.

Impulsado por los valores de seguridad, integridad y calidad, FieldCore está diseñado para brindar excelencia operativa a los clientes en los mercados de generación de energía, petróleo y gas, energía nuclear y energía eólica.

Como una compañía independiente de General Electric con enfoque en las actividades de servicios de campo, tiene a su disposición los recursos y herramientas de GE, pero con la autonomía y flexibilidad para diseñar sus propios procesos y sistemas para entregar soluciones con mayor eficiencia.

Ingeniero de Campo

Dentro de la empresa el ingeniero de campo es el encargado de asistir a la planta donde se realizará el mantenimiento para coordinar las labores de supervisión, soporte técnico y ser el canal de comunicación con el cliente.

Es el responsable de tomar decisiones en cuanto a la reparación, reemplazo o ajustes de los elementos de la turbina una vez que se determinó su estado con base en diversas pruebas no destructivas.

Otra de las actividades es la documentación de las diferentes etapas del mantenimiento: desensamble, inspección y re-ensamble, donde es muy importante tener el respaldo fotográfico y escrito de todo el trabajo realizado.

Es además, quien junto con el apoyo del supervisor, coordina al equipo de mecánicos para repartir las labores.

Una vez finalizado el mantenimiento, la última actividad relevante del ingeniero de campo es entregar el reporte final donde se especifica lo hecho durante el paro de la turbina junto con recomendaciones para futuros mantenimientos.

Antecedentes

Una turbina de vapor es una turbomáquina, capaz de transformar la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo y el rotor, estructura principal de la turbina, que cuenta con álabes diseñados de tal forma que hacen posible realizar el intercambio energético.

La primera turbina de vapor de la que se tiene registro, fue la construida por Herón de Alejandría alrededor del año 175 A. C., la cual consistía en un esfera metálica con dos toberas y orientadas en el mismo sentido por donde escapaba el vapor.

La esfera giraba diametralmente, bancada sobre la caldera por los conductos de entrada del vapor. En 1629, Giovanni Brance utilizó un chorro de vapor para impulsar el giro de una rueda de molino de agua, aunque no logro aplicarlo a ningún uso industrial útil.

La primera aplicación industrial para una turbina de vapor fue patentada en Suecia por De Laval en 1878 y consistía en una maquina centrífuga desnatadora que revolucionó la producción de leche, impulsada por vapor.

El paso definitivo para la utilización de las turbinas de vapor con fines industriales y comerciales fue dado por Charles Algernon Parsons quien en 1884, diseñó y construyó una turbina de vapor de alta velocidad que era capaz de alcanzar hasta 18.000 rpm.

Ya para el siglo veinte la mayoría de barcos modernos estaban equipados con este tipo de motor (Garrido y col., 2011).

Ciclo Rankine Ideal

Las turbinas de vapor están presentes en diversos ciclos de potencia que utilizan un fluido que pueda cambiar de fase, de todos estos el básico es el Ciclo Rankine, el cual consiste en generar vapor en la caldera a presión constante, de donde sale a una elevada temperatura y presión.

Después pasa a la turbina y se expande para transformar la energía interna del vapor en energía mecánica que es aprovechada por el generador para producir electricidad.

La siguiente etapa es el rechazo de calor a presión constante en un condensador, para después dar lugar a la compresión isentrópica en una bomba.

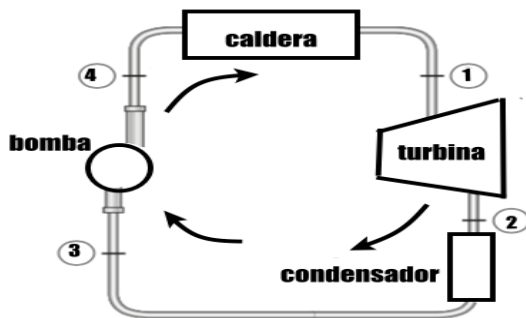


Figura 1. Esquema del ciclo Rankine

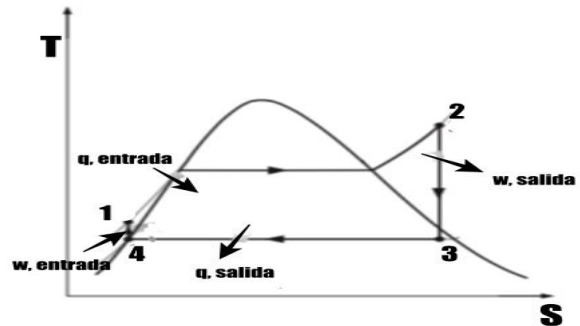


Figura 2. Diagrama T-s del ciclo Rankine

Ciclo Rankine Real

El ciclo real de vapor se desvía del ciclo Rankine ideal, como consecuencia de las irreversibilidades durante el proceso. La fricción del fluido y las pérdidas de calor hacia los alrededores son las dos fuentes más importantes de irreversibilidades.

La fricción del fluido provoca caídas de presión en la caldera, el condensador y las tuberías en los diversos componentes. Como consecuencia, el vapor sale de la caldera a una presión menor.

Además, la presión en la entrada de la turbina es un poco más baja que la de la salida de la caldera, debido a la caída de presión en los tubos conectores. La caída de presión en el condensador por lo general es muy pequeña.

Para compensar todas estas caídas de presión, el agua debe bombearse a una presión más alta que la que tiene el ciclo ideal. Como resultado, se requiere una bomba más grande y más entrada de trabajo a la bomba.

Otra fuente importante de irreversibilidad es la pérdida de calor del vapor hacia los alrededores cuando este fluido circula por la turbina. Para mantener el nivel de salida de trabajo, es necesario transferir más

calor al vapor en la caldera para compensar las pérdidas de calor. Como resultado, la eficiencia del ciclo disminuye.

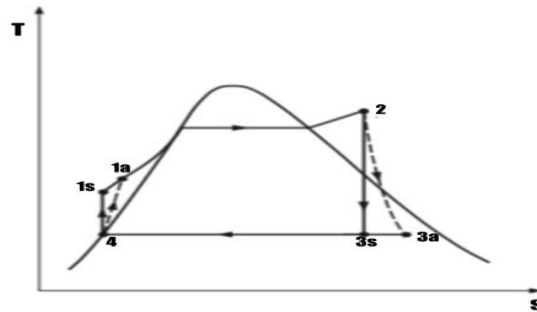


Figura 3. Diagrama T-s real del ciclo Rankine

Clasificación de las Turbinas de Vapor

Existen diversas formas de clasificar las turbinas de vapor:

- a) Según la forma de aprovechamiento de la energía contenida en el flujo de vapor

Reacción: En esta turbina, la energía mecánica se obtiene cuando el vapor se acelera debido a la expansión del vapor. Este tipo de turbinas cuentan con dos tipos de álabes, unos móviles y otros fijos. Los álabes fijos están dispuestos de tal forma que cada mitad actúa como una boquilla a través de los cuales pasa el vapor mientras se expande, llegando a los álabes de las turbinas de reacción, que se instalan en el eje de la turbina.

Acción: Su funcionamiento consiste en impulsar el vapor a través de las toberas fijas hasta alcanzar los álabes, que absorben una parte de la energía cinética del vapor en expansión, lo que hace girar el rotor y con ella el eje al que está unida. Las turbinas de acción habituales tienen varias etapas, en las que la presión va disminuyendo de forma escalonada en cada una de ellas. La característica más importante es que la expansión se realiza únicamente en la parte fija de la turbina.

- b) Según el número de etapas

Monoetapa: Normalmente su utilización se restringe para turbinas de hasta 2 MW de potencia. Debido a su diseño más simple, son las más robustas y confiables, además de acarrear menores costos de instalación y mantenimiento que otras configuraciones.

Multietapa: La característica en estas turbinas es la disminución de la velocidad del rotor conservando una velocidad de los álabes próxima al valor óptimo con relación a la velocidad del chorro de vapor. Si se tiene una presión de vapor muy elevada sin las etapas necesarias, sería necesario que la turbina girara a una velocidad muy alta, que mecánicamente causaría problemas debido las dimensiones que necesitaría el reductor. Estas turbinas consiguen un mejor rendimiento, además pueden absorber flujos de mucha mayor presión, por lo que es recomendable su utilización para turbinas de alta potencia.

En la práctica se utilizan turbinas mixtas, con las primeras etapas de acción y las finales de reacción.

c) Según la dirección del flujo de vapor

Axiales: Es el método más común, el paso de vapor se realiza siguiendo el perfil del rotor que semeja un cono.

Radiales: El paso de vapor se realiza siguiendo todas las direcciones perpendiculares al eje de la turbina.

d) Según la presión de salida del vapor

Contrapresión: La presión del vapor a la salida de la turbina es mayor a la atmosférica, por lo general se encuentran conectados a un condensador, obteniéndose agua caliente o sobrecalentada, que permite su aprovechamiento.

Condensación: Es la de uso más extendido donde el vapor sale a una presión inferior a la atmosférica. En esta configuración existe un mayor aprovechamiento energético que a contrapresión y se obtiene agua de refrigeración de su condensación. Este diseño se utiliza en turbinas de gran potencia que buscan un alto rendimiento.

Escape libre: La presión de escape es la atmosférica.

Participación Profesional

Houston Learning Center

El primer paso para poder ser considerado en la participación de un mantenimiento o instalación es atender el programa de seis meses, en caso de ser aspirante a ingeniero de campo mecánico como yo, en el centro de entrenamiento de General Electric en Houston, Estados Unidos.

Durante este periodo realicé diversas actividades que se dividieron en una parte teórica y otra práctica. La parte teórica empezó con el curso de medio ambiente, salud y seguridad; EHS por sus siglas en inglés.

Este curso abarcó todas las prácticas responsables e incluyó información relacionada a los peligros inherentes que existen en las plantas, así como planes de prevención y corrección. Los aspectos más importantes fueron:

- a) Bloqueo y etiquetado: Antes de empezar un mantenimiento es indispensable asegurarse que todas las fuentes de energía mecánica, hidráulica, eléctrica, neumática, etc. se encuentren bloqueadas y etiquetadas para evitar una repentina activación de cualquier dispositivo que pudiera resultar en un accidente.
- b) Seguridad Eléctrica: El uso de herramientas eléctricas es muy importante durante el paro de la turbina. Aparte del permiso de trabajo requerido para cualquier actividad, es necesario otro permiso en ciertos casos cuando se requiere equipo de alto voltaje.
- c) Espacio Confinado: Muchas veces existe la necesidad de ingresar a lugares que no fueron diseñados para la permanencia humana continua, con entradas y salidas limitadas, así como una ventilación inadecuada para realizar labores de inspección o reparación. En estos casos, aparte del permiso especial, es fundamental tener el entrenamiento adecuado y conocer el rol de cada participante en la actividad.
- d) Protección contra caídas: El trabajo en alturas es común en las plantas industriales por lo tanto la capacitación en el uso de arneses, inspección de los mismos y equipo de protección adicional son importantes para realizar ciertas actividades.

Izajes también abarcó una parte teórica fundamental por su aplicación a mantenimientos industriales. En este curso conocí los dispositivos empleados en las maniobras de levantamiento, sus diferentes aplicaciones y cómo seleccionar los más adecuados con base en las características físicas del objeto a ser levantado tomando en cuenta:

- a) **Peso:** Es uno de los factores más importantes en los levantamientos ya que determina la capacidad y tamaño de los elementos que se tienen que utilizar para soportarlo.
- b) **Geometría:** Influye en el centro de gravedad y en los puntos de sujeción, de ahí la importancia para ser considerado en los cálculos.
- c) **Capacidad máxima soportada:** Cada elemento tiene una capacidad máxima que puede levantar, pero aunado a esto, es indispensable aplicar un factor de seguridad que minimice cualquier tipo de falla. Para no sobredimensionar innecesariamente se toman en cuenta todos los elementos que soportarán carga.
- d) **Puntos de sujeción ideales:** No hay una forma correcta de hacer un levantamiento, siempre y cuando se cerciore que es seguro, sin embargo, cada izaje y lugar de trabajo es diferente por lo que el equipo empleado y por consiguiente el método se tiene que ajustar a la disponibilidad del sitio.

También aprendí a inspeccionar y determinar si los elementos se encuentran en buena condición para su uso.

Dentro de los elementos más comunes en izajes conocí los cáncamos, eslingas en diferentes configuraciones, grilletes, grúas, diferenciales, anillas maestras, entre otros.

Lo siguiente fueron una serie de clases teóricas que me introdujeron a todos los temas relacionados con el mantenimiento de turbinas:

- a) **Mediciones de precisión:** Los instrumentos de precisión juegan un papel vital en eliminar condiciones que puedan dañar la turbina o reducir su eficiencia debido a los claros que aseguran una operación adecuada y que son revisados en cada mantenimiento. Dentro de los instrumentos que utilicé se encuentran: los micrómetros de exteriores, interiores y profundidad, verniers, taper gauges, relojes indicadores, barras paralelas ajustables, telescopines, laines, entre otros.
- b) **Introducción a dibujos:** Una de las principales herramientas que tiene un ingeniero de campo son los dibujos y diagramas de la turbina. En ellos se puede encontrar toda la información técnica

relevante, así como recomendaciones y números de partes que pueden ser solicitadas para reemplazo.

- c) Alineación de ejes: La alineación de una turbina es fundamental para evitar vibraciones que puedan ocasionar afectaciones a la eficiencia o incluso daños severos a la máquina. En este curso aprendí el procedimiento correcto para la toma de mediciones, interpretar los valores obtenidos y cómo hacer los movimientos necesarios para obtener la posición deseada.
- d) Engranes: En este tema repasé varios tipos de engranes y sus aplicaciones, pero lo más destacado fue la introducción a las pruebas de contacto que se tienen que realizar en algunos engranes de la turbina y las técnicas para realizarlas
- e) Empaques: Son utilizados ampliamente en varias zonas de la turbina donde se requiere un sello extra que evite fugas de vapor. Existen varios tipos y de diferentes materiales.
- f) Pruebas no destructivas: El ingeniero de campo debe ser capaz de realizar y supervisar pruebas para detectar discontinuaciones y defectos en los componentes sin dañarlos o afectar su funcionamiento. En la mayoría de los casos es un contratista quien realiza estos ensayos no destructivos, pero el ingeniero tiene la obligación de interpretar los resultados y con base en ellos tomar importantes decisiones en cuanto a la reparación o reemplazo de partes. Inspección visual, líquidos penetrantes y partículas magnética fueron algunas de las pruebas que realicé en el curso.
- g) Herramientas electrónicas: Esta sección me ayudó a familiarizarme con las páginas web que se utilizan durante el mantenimiento. Algunas de ellas abarcan la obtención de dibujos, otras son útiles para buscar información técnica como procedimientos de campo o información específica de algún elemento de la turbina y también la lista de todas las partes de la turbina, desde grandes componentes como el rotor hasta los pernos más pequeños de la máquina.
- h) Introducción a turbinas de vapor: Los temas se dividieron en cuatro partes:
 - 1) *Partes estacionarias de alta presión*: La carcasa fue el elemento que más se profundizó ya que a pesar de parecer un elemento bastante simple, se necesitan muchas consideraciones y revisiones debido que su función es primordial para asegurar que no haya fugas externas de vapor. Además, para poder trabajar en un mantenimiento mayor, es lo primero que se tiene que retirar y el izaje es siempre un procedimiento crítico y de seguridad.
 - 2) *Partes estacionarias de baja presión*: Algunos de los elementos vistos en esta sección fueron la carcasa de baja, los crossovers que son los conductos por donde pasa el vapor y

unen la turbina de intermedia con la de baja presión, los diafragmas de descarga atmosférica que son un mecanismo de seguridad en caso de que la presión en la carcasa sea excesiva.

3) *Diafragmas*: Los diafragmas son los álabes fijos de la turbina que dirigen al vapor hacia cada una de las ruedas de tal manera que provoquen el giro del rotor. Su buen estado físico es muy importante ya que asegura que la eficiencia de la máquina sea mayor.

4) *Elementos rotatorios*: El rotor es el elemento más característico de la turbina de vapor. Está formado por álabes móviles, quienes son los responsables de convertir la energía cinética del vapor en energía mecánica, por lo anterior, las inspecciones a los álabes y al cuerpo del rotor son necesarias para identificar cualquier anomalía que perjudique el funcionamiento de la turbina.

- i) Nomenclatura: Cada parte de la turbina cuenta naturalmente con un nombre, sin embargo, no siempre se conserva de empresa a empresa. Un buen manejo del lenguaje técnico facilita la comunicación y evita errores derivados de variantes en el nombre dado a cada elemento.
- j) Válvulas: Existen muchas variantes en el diseño de las válvulas de una turbina dependiendo de su función, por lo mismo, esta introducción sirvió para familiarizarme con las más comunes y conocer el tipo de inspecciones necesarias en estos mecanismos de altísima importancia en la operación y seguridad de la máquina.
- k) Cojinetes: Igual que en el caso de las válvulas, los diferentes diseños en cojinetes dependen de la ubicación en el rotor y el tipo de turbina en la que están instalados. Su función también varía pudiendo ser para prevenir el movimiento axial o radial.
- l) Claros: La posición del rotor es uno de los pasos más críticos en cualquier mantenimiento, ya que de esto depende la integridad física tanto del rotor como de la turbina en general pues un roce de los álabes móviles con cualquier parte estacionaria podría causar una severa falla dada la velocidad a la que giran estas máquinas. Medir los claros antes de retirar el rotor ayuda a conocer las condiciones dinámicas y después de reinstalarlo asegura que cada valor obtenido esté dentro de tolerancia.
- m) Generador: Aunque existe un equipo de eléctricos que se encargan de las inspecciones del rotor y estator como tal, es trabajo del equipo mecánico la remoción y reinstalación, así como la inspección de los sellos ya sean de aire o hidrógeno.

Una vez que concluyeron las clases teóricas, participé en los laboratorios prácticos que incluyeron todos los trece incisos anteriores.

Toda esta preparación sirvió para la parte más importante del entrenamiento que consistió en simular el mantenimiento de una turbina de vapor y los roles que existen, por ejemplo; mecánicos, ingeniero de campo, seguridad, supervisor y el responsable de acceso a zonas 1 que se caracterizan por la dificultad de encontrar y recuperar alguna pieza ajena a la turbina si esta llegase a caer dentro.

Cada integrante del grupo asumió los roles de ingeniero, supervisor e EHS un mínimo de cuatro días por cada cargo. La simulación empezó el 29 de noviembre del 2018 y culminó 24 de febrero del 2019.

Durante este periodo realice inspecciones siendo mecánico de diversos componentes de la turbina siguiendo los procedimientos de campo de la compañía.

En mis cuatro días como encargado, me tocó la inspección de los diafragmas de alta e intermedia, así como su re-ensamble.

Además, me tocó ser el responsable de colocar la carcasa de alta para cerrar con la simulación del mantenimiento y dos viernes presenté el avance de actividades al cliente, ya que también se simuló las juntas que se llevan a cabo durante el paro real de una turbina.

Durante este tiempo realice exámenes teóricos y prácticos para evaluar el progreso obtenido y que eran requisito acreditar para poder continuar en el programa.

La última parte del entrenamiento consistió en una serie de clases enfocadas en lograr la satisfacción del cliente con el trabajo realizado en su máquina y establecer una comunicación efectiva.

A pesar de ser el último tema tratado, es uno de los más importantes ya que como ingeniero de campo soy el responsable de comunicar a todos los involucrados en el proyecto acerca de todo lo que acontece diariamente en el mantenimiento, ya sea al personal del cliente o al de General Electric y Fieldcore.

Las actividades concluyeron en el centro de entrenamiento el 6 de marzo del 2019 con la recepción de nuestras acreditaciones.

Altamira V

El proyecto de Altamira V se llevó a cabo en el corredor industrial de la ciudad de Altamira en Tamaulipas, México. Éste se trató de un mantenimiento forzado debido a un problema de fugas presentes en las válvulas de paro principal.

La función principal de esta válvula es admitir el vapor a las válvulas de control y proteger la unidad en caso de una emergencia; entonces cualquier fuga ocasiona una disminución en la eficiencia de la máquina impactando en la producción de electricidad y consecuentemente en los ingresos de la planta.

fuga era lo suficientemente grande por lo que no se programó un mantenimiento como en ocasiones se hace aunque existan fallas.

La turbina se apagó el 6 de abril y el enfriamiento duró casi tres turnos (doce horas por turno). Posteriormente se prosiguió a desensamblar las válvulas para empezar con la revisión de los componentes y localizar la falla.

Mi labor a partir de aquí fue apoyar en la búsqueda de información técnica, por ejemplo, valores de torques, medidas y claros, número de parte de diferentes componentes para ubicarlos en planta o en su defecto ver su disponibilidad, tomar fotos de los procesos más críticos para la documentación y colaborar con la impresión y llenado de formatos de inspección.

Hay partes de la turbina que conocí por primera vez en este mantenimiento, ya que no se encontraban en el centro de entrenamiento por no ser una planta real, por lo que conocer la configuración de una planta termoeléctrica real aportó mucho a mi entendimiento del funcionamiento de la turbina.

Durante este mantenimiento me familiaricé con un proceso muy importante para los ingenieros de campo que es el abrir casos con ingeniería.

Con ellos se resuelven dudas recibiendo información a la que no tenemos acceso directamente, es difícil de encontrar o simplemente no conocemos.

Tuve la oportunidad de abrir y apoyar en varios casos con lo que reforcé mis conocimientos en el área de soporte de campo. En este proyecto también me encargué de asistir a un taller de maquinado autorizado por GE a supervisar el ajuste hecho a un asiento de una de las válvulas que presentó problemas.

Altamira III y IV

El proyecto de Altamira III y IV tuvo lugar en el corredor industrial de la ciudad de Altamira en Tamaulipas, México a solo unos cuantos minutos de Altamira V. Éste se trató de un mantenimiento menor donde se inspeccionaron cojinetes y válvulas.

Como ya se mencionó, el rotor tiene que mantener claros y tolerancias muy justas con muchos componentes como diafragmas, empaques, etc. Los cojinetes son los que hacen posible esto.

En general existen dos tipos de cojinetes: los de apoyo que son los que previenen el movimiento radial y soportan el peso del rotor mientras le permite girar libremente sobre una capa delgada de aceite.

Los cojinetes de empuje mantienen la posición axial del rotor dentro del límite permitido, evitando así chocar con las partes estacionarias de la turbina.

Mis actividades fueron muy similares a las de Altamira V, pero el alcance de este mantenimiento fue más grande por lo que pude revisar más cosas que me permitieron avanzar en mi lista de verificación de conocimientos para posteriormente poder ser considerado como lead TFA (Technical Field Advisor).

Para este proyecto tuve más responsabilidad en el llenado de hojas de inspección ya que ahora también tuve que corroborar valores y compararlos contra dibujo para determinar si los elementos se encontraban dentro de especificación o era necesario realizar algún tipo de corrección o reemplazo.

Participé por primera vez en juntas con el cliente, que es una parte muy importante del trabajo de campo. Aunque mi participación se limitó a presenciar únicamente cómo se conducen, tener una primera impresión fue fundamental, ya que me vi más envuelto con el cliente durante todo el desarrollo del mantenimiento recibiendo preguntas técnicas.

Aprendí lo básico en la examinación de pruebas no destructivas ya que un contratista es quien las realiza y genera el reporte de la condición de cualquier parte de la máquina por lo que me limité a observar cómo se llevaba a cabo e identifiqué indicaciones en filtros y válvulas.

También tuve la responsabilidad de escribir los reportes diarios de actividades que se envían a todos los encargados del proyecto y jefes de la región. En este documento se indica el avance del proyecto y cualquier eventualidad relacionada a temas de seguridad e incidentes.

Petroecuador

El proyecto de Petroecuador tuvo lugar en Vuelta Larga, Esmeraldas, Ecuador. Este se trató de un mantenimiento mayor, donde se abre la turbina por completo y se inspecciona en su totalidad.

Esta máquina ha sido la más antigua y pequeña en la que he trabajado, esto significó que la búsqueda de información fuera un poco más complicada y diferente, ya que no usé los métodos tradicionales que se basan en entrar al servidor.

Cabe mencionar que a diferencia de los dos mantenimientos anteriores, en este, el equipo de mecánicos no pertenecía a Fieldcore por lo que también realicé mediciones que normalmente no haría para comprobar valores recibidos por el contratista.

En mi opinión, la labor más importante que realicé en este trabajo fue la de fungir como traductor, pues el lead TFA era estadounidense y no hablaba español.

Fui el responsable de comunicar a los mecánicos las tareas que se iban a realizar y preguntar sus dudas de regreso y de ser el canal de comunicación entre el cliente y el ingeniero asignado.

En esta ocasión sí tuve un rol activo en todas las juntas. En pocas palabras prácticamente todas las actividades que se realizaron pasaron como primer filtro lingüístico por mí para después comunicarlo en inglés y viceversa.

Lo anterior fue muy beneficioso para mí porque reforcé mis habilidades bilingües en un ambiente técnico y de trabajo.

Los conocimientos que adquirimos en inglés durante el estudio de la licenciatura se limitan a textos o son principalmente para desenvolverse en un ambiente cotidiano; que no se compara con tener que expresar oralmente funciones específicas de un trabajo técnico.

Es común que durante un mantenimiento aparezcan cosas inesperadas o problemas que no se previnieron, pero el que más complicaciones causó fue este en Ecuador, pues no se pudo concluir el trabajo contemplado ya que el rotor fue reparado por un tercero y las medidas finales entre etapas no eran las de diseño.

Se discutieron las posibles soluciones con el cliente para que tomara la que más le conviniera, la cual no sería una decisión inmediata ya que las recomendaciones de la compañía no parecían ser la primera opción del cliente.

Lo anterior terminó en nuestra desmovilización del sitio a espera de lo que la refinería decidiera hacer con él. Esta experiencia muestra un poco lo impredecible que puede ser mi trabajo y lo que puedo esperar en un futuro.

Tierra Mojada

Desde mayo de 2017 se construye en el municipio de Zapotlanejo, Jalisco, México una planta de generación de Ciclo Combinado a Gas Natural (CCGN) con capital 100% privado.

El proyecto llamado Tierra Mojada tendrá una capacidad de 875 MW con una generación anual esperada de 5282 GWh representando el 61% del consumo registrado por la metrópoli del estado en 2016 (Lazcano, 2019).

Este trabajo fue mi primera participación en una instalación, lo que me enseñó las diferencias que existen con un mantenimiento; empezando por el hecho de que es mucho más largo, entonces los procesos de ensamble y armado son más lentos.

Esto hace que haya periodos más activos que otros para mecánicos, eléctricos, especialistas de generador, controles, etc.

Algo muy importante que recordar es la adquisición, por GE, del control de los negocios de Alstom en los mercados de energía térmica, energía renovable y redes eléctricas a escala global que se llevó a cabo a partir del 2015.

Esto significa que el mantenimiento e instalación de turbinas Alstom también se realizan por el personal y contratistas de GE. En el caso de Tierra Mojada, la turbina de vapor es Alstom y el generador es GE.

Mi aprendizaje y participación en este proyecto fue diferente debido a lo antes mencionado.

En primer lugar, llegué en una etapa bastante tranquila en cuanto a la parte mecánica se refiere, a diferencia de un mantenimiento en donde todo el tiempo se está corrigiendo, limpiando, rearmando, etc.

La turbina estaba montada completamente salvo algunos detalles en cojinetes y la mayoría de las tuberías también estaban posicionadas y soldadas.

No obstante el sistema hidráulico se encontraba en pruebas, igual que el de lubricación, por lo que se realizaron flushes y venteos en los que sí tuve participación cerciorando que los filtros colocados en las líneas de alimentación de cojinetes y de aceite de levantamiento pasaran los estándares.

En segundo lugar, la búsqueda de información es diferente, ya que todavía no se homologa completamente al proceso de GE, aunado a que la compañía francesa tenía diferentes formatos para sus dibujos y manuales, por lo que muchas cosas que aprendí en el curso en Houston no aplicaban.

Además, la configuración y el diseño de las turbinas es diferente, pero esto fue una oportunidad para en un futuro ser considerado para el curso de Alstom y trabajar en proyectos donde no haya únicamente máquinas GE.

Resultados

El aprendizaje que obtuve del proceso de llenado de los procedimientos de campo que se tienen que llevar a cabo para lograr un mantenimiento que cumpla con todos los estándares de calidad y seguridad, así como las recomendaciones y experiencias en cuanto a la reparación de diferentes componentes de la turbina son los resultados más importantes que obtuve.

Esto sienta las bases para mi carrera en el campo y es precisamente lo que se espera de mí en este punto; absorber todo el conocimiento y sacar provecho de mis mentores para posteriormente ser el ingeniero encargado de un turno.

Los resultados entregados al cliente variaron:

En Altamira V la turbina arrancó sin mayores contratiempos, aunque para esta última parte no pude estar presente ya que me enviaron a Altamira III y IV inmediatamente que se cerró la válvula de paro principal.

El proyecto de Altamira II y IV tuvo algunas modificaciones en la fecha de entrega debido a que se tuvo que realizar la alineación de los coples del rotor de baja con el generador, lo que implicó tener que balancear el tren con contrapesos.

Desafortunadamente tampoco pude quedarme para el arranque, pero sí presencié las pruebas de carga en el cuarto de control.

Petroecuador tuvo el resultado menos deseado, pues no se cumplió el alcance del mantenimiento por circunstancias ajenas a mi compañía.

Aquí fue donde aprendí más de la interacción con el cliente y detalles muy importantes a tener en cuenta como el saber qué información puedes compartir con él y qué no.

Mi estancia en Tierra Mojada fue muy corta pues al ser una instalación el proyecto se extiende muchos meses mientras que yo estuve menos de un mes, pero el resultado más importante de haber trabajado ahí fue que expandí mis competencias dentro de la compañía al trabajar en una máquina Alstom.

El proyecto sigue en marcha, así que aún no hay un resultado final.

En cuanto a medio ambiente, salud y seguridad, nunca me tocó un accidente de gravedad, solo algunos incidentes menores como el desprendimiento de una lámina del techo que resguardaba la turbina que afortunadamente no involucró heridos

Conclusiones

En los proyectos donde participan muchas compañías que dependen unas de otras para cumplir con los tiempos de entrega, siempre hay algún contratiempo o evento no planeado que afecta en menor o mayor medida el avance.

Los mantenimientos en los que participé no fueron la excepción, pero encontrar opciones y soluciones es el trabajo del ingeniero de campo y así fue como sucedió.

En algunos casos no fueron las que el cliente hubiera deseado, ya que en ocasiones los intereses y obligaciones difieren pues ellos también tienen que entregar resultados y cumplir con sus propios contratos.

Mi carrera profesional, con lo corta que es, me ha juntado con grandes y experimentados ingenieros de quienes he podido aprender demasiado, no solo acerca de turbinas, también he recibido consejos de cómo es la vida de un ingeniero de campo y cómo compaginarla con la vida personal ya que no es un trabajo común.

Lo anterior ha facilitado mi adaptación a este estilo de vivir y al mismo tiempo he mejorado mi desempeño profesional ya que en mi opinión, este trabajo puede que no sea para todos debido a los largos periodos fuera de casa y las extendidas jornadas de trabajo.

Después de laborar en Fieldcore por poco más de un año, puedo notar todo lo que la carrera me aportó para empezar mi vida profesional.

Nunca se está totalmente preparado, pero lo importante es tener las herramientas que te ayuden en un inicio para posteriormente fortalecer tus habilidades en el área que cada quien decida especializarse.

Hablando del plan de estudios como tal, puedo mencionar que las materias que más me han ayudado son Diseño de Elementos de Máquinas, porque fue donde estudié varios de los componentes que lleva una turbina y su funcionamiento.

Termodinámica y el Laboratorio de Máquinas Térmicas también tuvieron una aplicación inmediata, pues entender cómo funciona un ciclo de vapor ayuda a identificar las posibles causas de una falla en la turbina.

En definitiva, cada una de las asignaturas que llevé aporta en diferente medida, incluso las que pensé que menos lo harían como es el caso de humanidades.

Los proyectos realizados durante la licenciatura fueron las actividades en donde aprendí a trabajar en equipo, que es uno de los factores más importantes en mis actividades profesionales hoy en día, y en la complejidad que esto representa, pues mi trabajo afecta al de los demás y viceversa y que para obtener los resultados deseados, se necesita una comunicación efectiva.

Algunos de estos proyectos me obligaron a investigar y profundizar en temas que no entraban en el alcance de la materia o que incluso pertenecían a áreas de otras carreras.

Esta práctica se hace indispensable en mi trabajo porque de las tareas más importantes que tengo es la búsqueda de información para proporcionarla ya sea a los mecánicos o a los servicios técnicos del cliente. Al mismo tiempo, me hice independiente de un temario para dar prioridad a las habilidades y conocimientos que me demandaban los proyectos y mis intereses personales.

Me siento afortunado de haber recibido la oportunidad de trabajar en una empresa como Fieldcore con el respaldo de un enorme conglomerado como lo es General Electric en donde he podido desenvolverme en un ambiente afín a mi carrera.

Aunque es apenas el comienzo, estoy convencido que es una empresa en donde puedo seguir creciendo profesionalmente y donde podré aplicar todas las herramientas que la facultad de ingeniería me brindó.

Referencias

Balance Nacional de Energía (2107). Mayo 21, 2019, de Secretaría de Energía Sitio web: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance Nacional de Energ a 2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf)

Campos, A. (2017). Diseño y construcción de una turbina de vapor y su adaptación a un generador eléctrico. Tesis de Licenciatura de Ingeniero eléctrico electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Çengel, Y., Boles, M.. (2011). Thermodynamics. An Engineering Approach . Nueva York: McGrawHill.

FieldCore (2018). Mayo 22, 2019, about FieldCore Sitio web: <https://www.fieldcore.com>

Garrido, S., López, A., Fanjúl, A. & Núñez, C.. (2011). Turbinas de Vapor. Mayo 20, 2019, de Energiza.org Sitio web: <http://www.energiza.org/anteriores/energizadiciembre2011.pdf>

General Electric. Septiembre 02, 2019 de History Sitio web: <https://latam.historyplay.tv/biografias/general-electric>

GEReports. (2015). GE Completes Acquisition of Alstom Power and Grid Businesses. Septiembre 4, 2019, de GNewsroom Sitio web: <https://www.genewsroom.com/press-releases/ge-completes-acquisition-alstom-power-and-grid-businesses>

Lazcano, M.. (2019). Visita Ciclo Combinado Tierra Mojada. 7 de Septiembre 2019, de IMEPLAN Sitio web: <https://imeplan.mx/index.php/en/entrevistas/visita-ciclo-combinado-tierra-mojada>

Principales Plantas de Energía en México. Junio 4, 2019, de Explorando México Sitio web: <http://www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/6/106>

Ramos, L., Montenegro, M. La generación de energía eléctrica en México. Tecnol. cienc. agua. 2012, vol.3, n.4, pp.197-211. ISSN 2007-2422

Sistema de Información Energética (2017). Mayo 21, 2019, de Secretaría de Energía Sitio web: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>

Anexos

Anexo A: Tablas Estadísticas

	2016	2017	Variación porcentual (%) 2017/2016	Estructura porcentual (%) 2017
Consumo final total	5,479.55	5,498.89	0.35	100
Consumo no energético total	173.69	136.07	-21.66	2.47
Petroquímica de Pemex	99.21	70.53	-28.91	1.28
Otras ramas	74.48	65.54	-12.01	1.19
Consumo energético total	5,305.86	5,362.82	1.07	97.53
Transporte	2,484.95	2,360.16	-5.02	42.92
Industrial	1,680.74	1,876.65	11.66	34.13
Resid, comer y púb	959.92	944.09	-1.65	17.17
Agropecuario	180.26	181.91	0.92	3.31

Anexo B: Gráficas

