



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN/PRÁCTICA PROFESIONAL**

**ELABORACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS EQUIPO GENERAL, COMESA**

**PRESENTADO POR:**

**CARLOS ALFREDO SUAZO ULLOA**

**ASESOR: ING. HEGEL LÓPEZ**

**CAMPUS UNITEC S.P.S.**

**JULIO DE 2018**

## **AUTORIZACIÓN**

AUTORIZACION DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCION PARCIAL O TOATL, Y PUBLICACION ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Yo, Carlos Alfredo Suazo Ulloa, de San Pedro Sula, autor del trabajo de grado titulado: "ELABORACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS", presentado y aprobado en el año 2018, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero en Mecatrónica, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los trece días del mes de agosto de dos mil dieciocho.

---

Carlos Alfredo Suazo Ulloa

21221028

## HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

-----  
Ing. Hegel López

Asesor

-----  
Ing. Francisco Castillo

Jefe de Practica

-----  
Ing. Javier Villanueva

Jefe de Electromecánicas

## **RESUMEN EJECUTIVO**

COMESA es una empresa dedicada al mantenimiento y operación de centrales térmicas, HGPC es la planta a base de biomasa a la cual se da el mantenimiento y operación dicha planta es capaz de generar 44 MW a máxima carga.

Actualmente no se cuenta con un claro inventario del equipo instalado en la planta lo cual puede provocar retrasos al momento de tener que dar mantenimiento a los equipos.

Durante las diez semanas que se estuvo en la empresa se trabajó en la elaboración de fichas técnicas para facilitar la búsqueda de repuestos para los equipos y de la misma manera poder tener un inventario de los equipos con los que se cuenta.

Dichas fichas se desarrollaron con la ayuda del encargado de mantenimiento y los datos que se incluyeron son datos relevantes obtenidos de las placas de los equipos.

Durante este tiempo se llevaron a cabo otras actividades que fueron de gran aprendizaje para el estudiante, como ser la puesta en marcha de la planta desde cero, elaboración de planes de mantenimiento, solución de problemas que los equipos presentan entre otros.

Al final se logró aprender sobre como un generador de vapor transforma el agua a vapor de forma eficiente y todos los procesos que se requieren para lograr este objetivo.

# INDICE

<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b> .....	2
<b>2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</b> .....	2
<b>2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO</b> .....	2
<b>2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>2.4. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>2.4.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	3
<b>2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	3
<b>III MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>3.1 CENTRAL TERMOELÉCTRICA</b> .....	4
<b>3.2 CICLO DE RANKINE</b> .....	5
<b>3.3 MANTENIMIENTO DE CALDERAS</b> .....	7
<b>3.4 CALDERA</b> .....	7
<b>3.5 CALDERA ACUOTUBULAR</b> .....	8
<b>3.6 PARTES DE LA CALDERA</b> .....	9
<b>3.6.1 HOGAR</b> .....	9
<b>3.6.2 DESGASIFICADOR</b> .....	10
<b>3.6.3 SEPARADOR DE PARTÍCULAS</b> .....	12
<b>3.6.4 EMPARRILLADO</b> .....	14
<b>3.7 Mantenimiento</b> .....	14
<b>3.7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b> .....	15
<b>3.7.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b> .....	16
<b>3.8 MANUALES TÉCNICOS</b> .....	16
<b>3.9 TRATAMIENTO DEL AGUA</b> .....	17
<b>3.10 DOMO</b> .....	18
<b>3.11 GENERADOR</b> .....	21
<b>3.12 TURBINA</b> .....	21
<b>IV METODOLOGÍA</b> .....	23
<b>4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN</b> .....	23

4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES .....	23
4.1.1 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	23
4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS .....	23
4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN .....	23
4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	24
V DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DESARROLLADO.....	32
5.1 ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA PLANTA .....	32
5.2 TOMA DE DATOS DE EQUIPO GENERAL.....	33
VI CONCLUSIONES.....	35
VII RECOMENDACIONES .....	36
7.1 PARA LA EMPRESA .....	36
7.2 PARA LA UNIVERSIDAD.....	37
VII BIBLIOGRAFÍA .....	37
IX ANEXOS .....	38

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1. Logotipo COMESA</b> .....	2
<b>Ilustración 2. Logotipo HGPC</b> .....	2
<b>Ilustración 3. Central Termoeléctrica</b> .....	4
<b>Ilustración 4. Ciclo de Rankine</b> .....	6
<b>Ilustración 5. Caldera Acuotubular</b> .....	8
<b>Ilustración 6. Combustion en Hogar</b> .....	9
<b>Ilustración 7. Hogar</b> .....	10
<b>Ilustración 8. Desgasificador</b> .....	11
<b>Ilustración 9. ESP</b> .....	13
<b>Ilustración 10. Captura de Partículas ESP</b> .....	13
<b>Ilustración 11. Parrilla Viajera</b> .....	14
<b>Ilustración 12. Domo</b> .....	19
<b>Ilustración 13. Flujo de Agua en Caldera</b> .....	20
<b>Ilustración 14. Cronograma de Actividades</b> .....	24
<b>Ilustración 15. Lista de Actividades</b> .....	24

## GLOSARIO

- Stoker: Parte de la caldera donde se encuentra el emparrillado, aquí se colectan las cenizas.
- Hopper: Elemento de forma cónica utilizado para la captura de cenizas.
- RTD: Sensor de temperatura basado en una resistencia variable, cuando cambia la temperatura la resistencia cambia.
- Check-list: Lista de inspección utilizada para la revisión de equipos, esta cuenta con una serie de instrucciones que el operador debe realizar.
- ISGEC: Compañía hindú dedicada a la fabricación de generadores de vapor.
- Supercalentador: Parte de la caldera donde la temperatura del vapor se eleva para poder pasar de vapor húmedo a vapor seco, necesario para no dañar la turbina.
- ESP: Precipitador electrostático (electrostatic precipitator por sus siglas en inglés), componente de la caldera encargado de la recolección de partículas suspendidas en los gases de combustión.
- Speed switch: Interruptor encargado de contar las revoluciones por minuto de bandas.
- DCS: Centro de control de operaciones donde el operador cuenta con una computadora conectada a la planta mediante el uso de un sistema Scada.



## I INTRODUCCIÓN

En el presente informe se da a conocer las actividades en las cuales se participó durante fase 2, la actividad principal fue la elaboración de fichas técnicas de la maquinaria utilizada en la planta ya que no se cuenta con un manual detallado de equipo utilizado y sus correspondientes partes.

Según Pequerul: "La implantación de un mantenimiento preventivo y las operaciones asociadas a él, harán frente a los riesgos que conllevan un mal funcionamiento o una falta de prestación de servicio de las calderas." (p. 131).

Actualmente COMESA se dedica al mantenimiento de la planta de generación de energía a base de biomasa HGPC, donde se cuenta con una caldera capaz de producir 160 toneladas de vapor por hora, por la naturaleza de la planta es difícil dar mantenimiento preventivo ya que la planta no para, sin embargo, es importante realizar inspecciones a diario del equipo en uso para evitar un paro en la planta.

## II GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA



**Ilustración 1. Logotipo COMESA**

Fuente: (COMESA)

Corte Operación y Mantenimiento Eléctrico S.A. (COMESA) es una empresa que se dedica al mantenimiento de plantas generadoras de energía, dicha empresa pertenece al grupo IRESA, el cual se dedica a la generación de energía.

Actualmente COMESA cuenta con dos instalaciones HPSS y HGPC, HGPC es la ubicación donde se llevó a cabo fase 2, esta empresa se dedica a la producción de energía a base de biomasa.



**Ilustración 2. Logotipo HGPC**

Fuente: (COMESA)

### 2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El departamento de mantenimiento es el encargado de supervisar el correcto funcionamiento de la planta, en este departamento se elaboran los planes de mantenimiento necesarios al igual que listas de evaluación o check-lists utilizados para la inspección de equipo.

el tipo de mantenimiento utilizado es preventivo, esto debido a la naturaleza de la planta ya que esta trabaja las 24 horas por lo cual es imposible el paro de un equipo para poder dar mantenimiento a el mismo, las ocasiones en las cuales se da manteniendo es únicamente en los paros programados.

El departamento de mantenimiento se encarga de la inspección en caliente es decir sin para el equipo para revisar sus componentes internos, en caso de una falla el departamento de manteniendo es el encargado de brindar una solución rápida para evitar paros prolongados en la planta.

### **2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Actualmente COMESA en la planta HGPC no cuenta con un manual técnico donde se pueda encontrar cada uno de los equipos con los que cuenta la planta, por lo cual cuando se debe realizar un cambio de algún componente dañado suele demorar ya que no se cuenta con repuestos en almacén y tampoco se cuenta con un diagrama técnico de las piezas que componen el equipo.

### **2.4. OBJETIVOS**

#### **2.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un manual técnico de todos los equipos utilizados en la planta, en el cual se incluirán todos los sistemas al igual que los componentes que los conformen.

#### **2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar una lista de partes de cada componente.
- Adquirir conocimiento sobre plantas generadoras de energía a base de vapor.

### III MARCO TEÓRICO

#### 3.1 CENTRAL TERMOELÉCTRICA

Una central termoeléctrica es una instalación empleada en la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada por combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica, liberando dióxido de carbono a la atmósfera.

Según Lutech (2009): "Cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, el caliente comunica energía al frío; el tipo de energía que se cede de un cuerpo a otro como consecuencia de una diferencia de temperaturas es precisamente la energía térmica" (p.04).

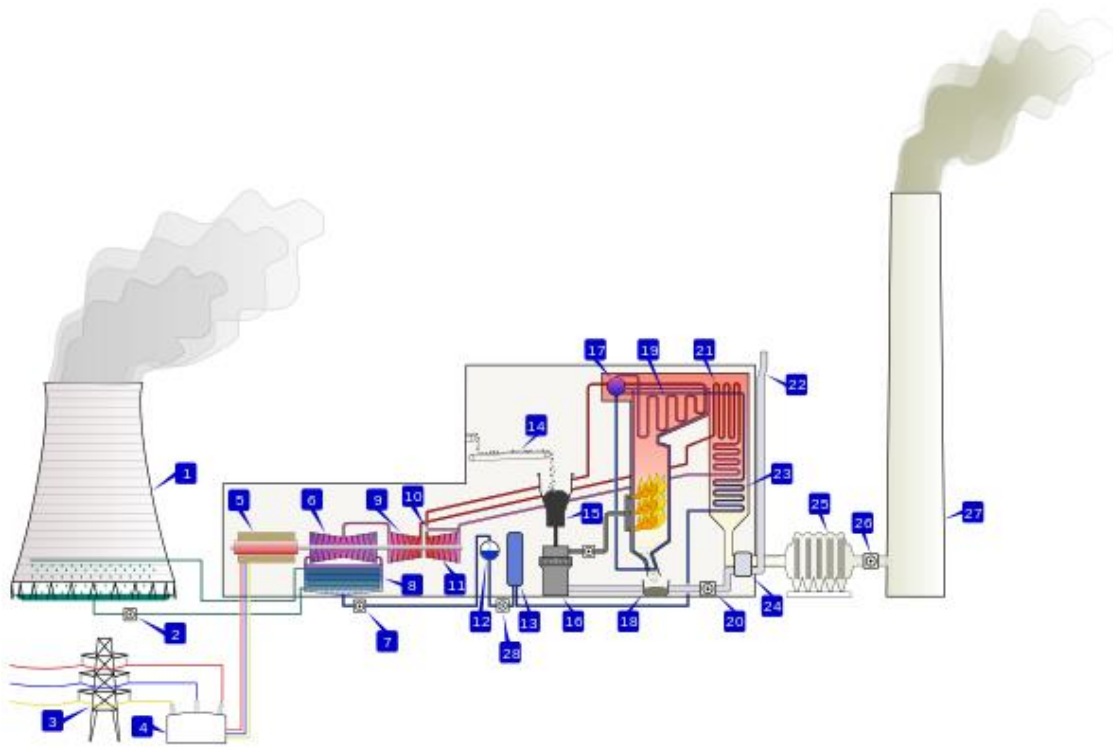


Ilustración 3. Central Termoeléctrica

Fuente: (Wikipedia)

Diagrama de una central térmica de carbón de ciclo convencional

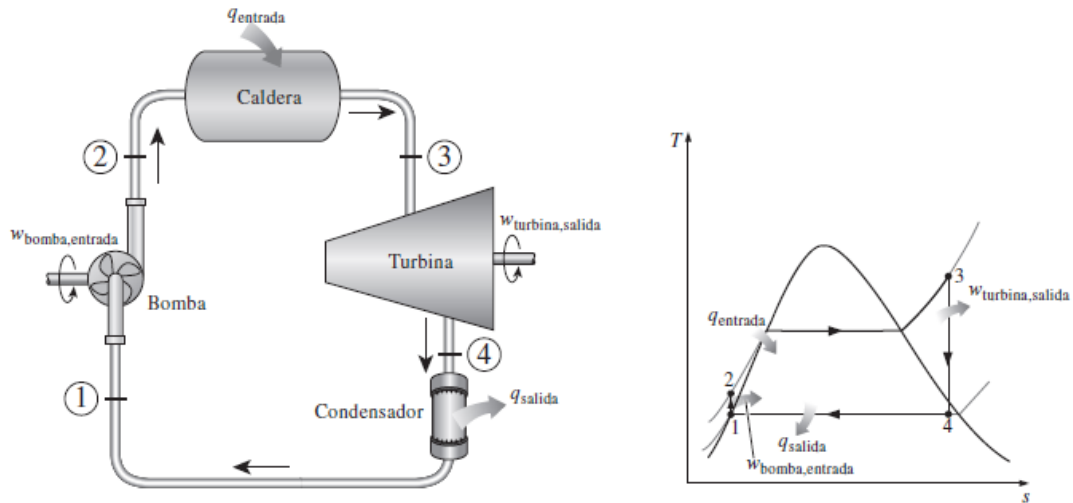
- |                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Torre de refrigeración            | 15. Tolva de carbón             |
| 2. Bomba hidráulica                  | 16. Pulverizador de carbón      |
| 3. Línea de transmisión (trifásica)  | 17. Tambor de vapor             |
| 4. Transformador (trifásico)         | 18. Tolva de cenizas            |
| 5. Generador eléctrico (trifásico)   | 19. Supercalentador             |
| 6. Turbina de vapor de baja presión  | 20. Ventilador de tiro forzado  |
| 7. Bomba de condensación             | 21. Recalentador                |
| 8. Condensador de superficie         | 22. Toma de aire de combustión  |
| 9. Turbina de media presión          | 23. Economizador                |
| 10. Válvula de control de gases      | 24. Precalentador de aire       |
| 11. Turbina de vapor de alta presión | 25. Precipitador electrostático |
| 12. Desgasificador                   | 26. Ventilador de tiro inducido |
| 13. Calentador                       | 27. Chimenea de emisiones       |
| 14. Cinta transportadora de carbón   | 28. Bomba de alimentación       |

### **3.2 CICLO DE RANKINE**

A diferencia de los motores de combustión interna alternativos y de las turbinas de gas, las plantas de potencia de turbina de vapor funcionan según un ciclo cerrado, concretamente según el ciclo de Rankine. Al seguir un ciclo cerrado, el proceso de combustión no puede realizarse en el seno del fluido de trabajo, sino que ésta debe ser externa a él.

El fluido de trabajo es habitualmente agua porque, debido a su comportamiento termodinámico, se presta muy bien a este tipo de ciclos y, como es sabido, es un recurso abundante, económico e inocuo.

El ciclo Rankine es un ciclo que opera con vapor, y es el que se utiliza en las centrales termoeléctricas. Consiste en calentar agua en una caldera hasta evaporarla y elevar la presión del vapor. Éste será llevado a una turbina donde produce energía cinética a costa de perder presión. Su camino continúa al seguir hacia un condensador donde lo que queda de vapor pasa a estado líquido para poder entrar a una bomba que le subirá la presión para nuevamente poder introducirlo a la caldera.



**Ilustración 4. Ciclo de Rankine**

Fuente: (Cengel, )

1-2 Compresión isentrópica en una bomba.

2-3 Adición de calor a presión constante en una caldera.

3-4 Expansión isentrópica en una turbina.

4-1 Rechazo de calor a presión constante en un condensador.

Según Cengel (2012): "El ciclo Rankine ideal no incluye ninguna irreversibilidad interna" (p. 561).

Los cuatro componentes asociados con el ciclo Rankine (la bomba, la caldera, la turbina y el condensador) son dispositivos de flujo estacionario, por lo tanto, los cuatro procesos que conforman el ciclo Rankine pueden ser analizados como procesos de flujo estacionario.

### **3.3 MANTENIMIENTO DE CALDERAS**

Según Pequerul: "La implantación de un mantenimiento preventivo y las operaciones asociadas a él, harán frente a los riesgos que conllevan un mal funcionamiento o una falta de prestación de servicio de las calderas. (p. 131).

El mantenimiento debe ser esencial en una planta de generación de energía, COMESA es la empresa encargada de dar servicios de mantenimiento a la planta HGPC, existen muchas herramientas para poder realizar el correcto mantenimiento a los equipos utilizados.

Debido a que la planta no puede para es esencial revisar los equipos a diario para evitar un paro por una falla crítica.

Según Peñas (2017): "Como parte fundamental en el trabajo de mantenimiento, el primer proceso que se debe llevar a cabo es deducir el comportamiento de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos, maquinaria y equipo según se muestran en el plano." (p. 39).

### **3.4 CALDERA**

Según Esquerra (1988): "Las calderas son uno de los elementos más ampliamente utilizados para la transmisión de calor en la industria y en aplicaciones comerciales o incluso domésticas" (p.44).

Las calderas son máquinas encargadas de calentar el agua para convertirla en vapor, existen dos tipos de caldera:

Acuotubulares: son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por tubos durante su calentamiento. Son las más utilizadas en las centrales termoeléctricas, ya que permiten altas presiones a su salida y tienen gran capacidad de generación.

Pirotubulares: en este tipo, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente atravesado por tubos, por los cuales circulan gases a alta temperatura, producto de un proceso de combustión. El agua se evapora al contacto con los tubos calientes, debido a la circulación de los gases de escape. No confundir esta definición con la de un intercambiador de calor.

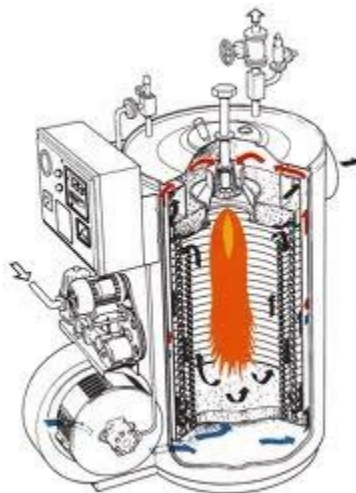
Según Domínguez (2014): "En la caldera el agua se calienta a presión constante (salvo las pérdidas de carga), evaporándose primero y sobrecalentándose posteriormente. Como resultado se obtiene vapor de agua sobrecalentado a una determinada temperatura y a la presión de trabajo deseada" (p. 385).

El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor.

### **3.5 CALDERA ACUOTUBULAR**

Torres Afirmar (2011):" Un generador de vapor es un equipo capaz de transformar en energía térmica la energía contenida en el combustible mediante su combustión y transferirla al agua para producir vapor, que se usará como sustancia de trabajo en otros equipos" (p.40).

En estas calderas, por el interior de los tubos pasa agua o vapor y los gases calientes se encuentran en contacto con las caras exteriores de ellos. Son de pequeño volumen de agua. Las calderas acuotubulares son las empleadas casi exclusivamente cuando interesa obtener elevadas presiones y rendimiento, debido a que los esfuerzos desarrollados en los tubos por las altas presiones se traducen en esfuerzos de tracción en toda su extensión.



**Ilustración 5. Caldera Acuotubular**

Fuente: (Absorsistem)



La circulación del agua, en este tipo de caldera, alcanza velocidades considerables con lo que se consigue una transmisión eficiente del calor y por consiguiente, se eleva la capacidad de producción de vapor.

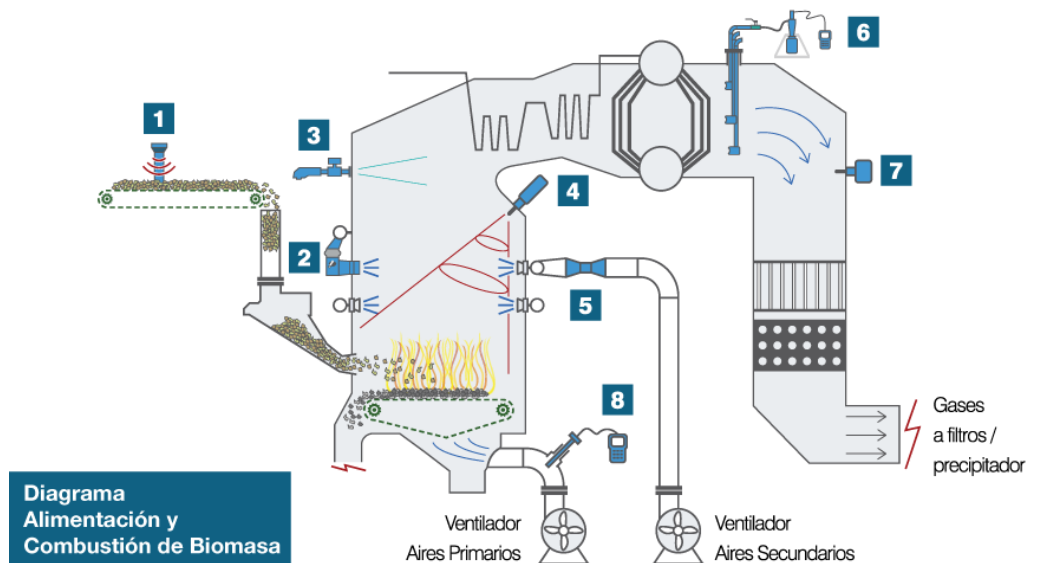
### 3.6 PARTES DE LA CALDERA

- Hogar
- Desgasificador
- Separador de partículas
- Emparrillado

#### 3.6.1 HOGAR

El hogar es la parte de la caldera donde sucede la combustión, la caldera de HGPC utiliza combustible sólido (biomasa, mezcla de madera y bagazo de caña) en el hogar se puede observar una parrilla viajera donde son recolectadas las cenizas.

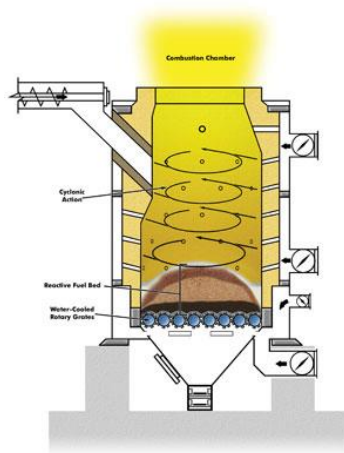
La combustión se realiza al hacer entrar mediante ductos la biomasa luego esta se quema en el hogar con la ayuda de aire proveniente de los ventiladores de aire forzado (FD) y aire secundario (SA) los cuales generan turbulencia ayudando a que la biomasa se queme antes de caer a la parrilla viajera.



**Ilustración 6. Combustión en Hogar**

Fuente: (Anodamine)

1. Monitoreo de humedad en biomasa.
2. Entrada de aire.
3. Medición temperatura gases de salida.
4. Cámara para observación.
5. Medidor de flujo.
6. Toma de muestras.
7. Medidor de O<sub>2</sub> y CO.
8. Medición de aire primario.



**Ilustración 7. Hogar**

Fuente: (COMESA)

### **3.6.2 DESGASIFICADOR**

El desgasificador es básicamente un tanque de almacenamiento con una salida de gases en la parte superior, el agua tratada libre de minerales entra al tanque y es precalentada con la ayuda de vapor.

Las metas fundamentales de la desgasificación térmica son:

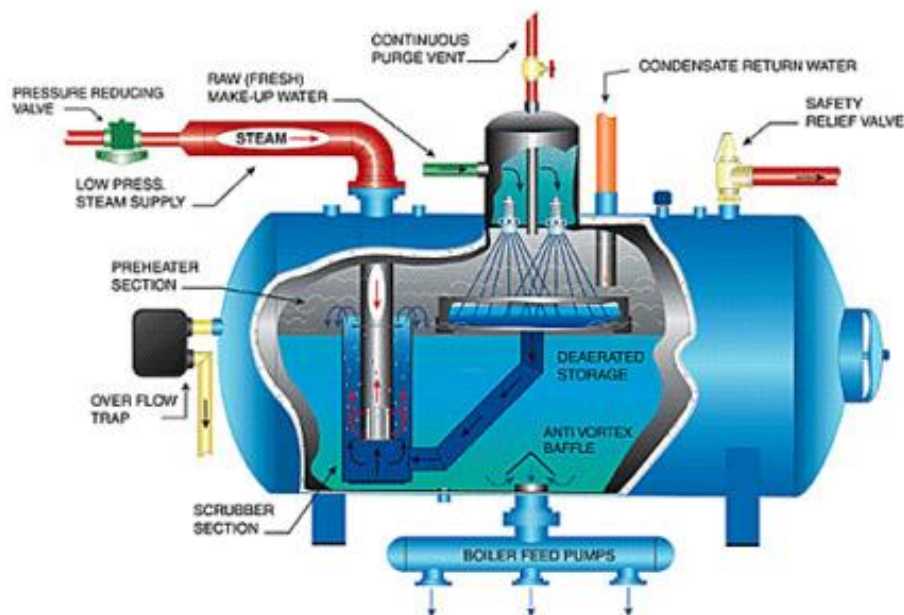
- Precalentar el agua de alimentación de la caldera antes de entrar en ella.
- Disminuir la concentración de oxígeno y dióxido de carbono en el agua de alimentación de la caldera.

El desgasificador a menudo es alimentado con:

- Agua fría pretratada.
- Condensado de retorno y vapor de proceso para calentamiento.

Ya que estas fuentes de agua de alimentación de calidad variable pueden cambiar frecuentemente estas pueden hacer que la calidad del desempeño del desgasificador y las concentraciones residuales de los contaminantes se comporten también de una manera errática. Una evaluación analítica del desempeño del desgasificador es crítica cuando se usan regímenes de productos químicos convencionales si se quiere obtener la protección del metal y/o el éxito en la desgasificación térmica.

Los contaminantes de oxígeno y dióxido de carbono tienen una solubilidad inversa cuando aumenta la temperatura. Por ejemplo, la concentración de oxígeno y dióxido de carbono disminuye con el aumento de la temperatura. Ambos gases corrosivos son liberados o venteados desde el venteo de purga continua del desgasificador.



**Ilustración 8. Desgasificador**

Fuente: (Anodamine)

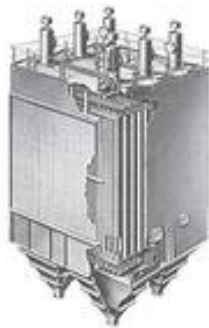
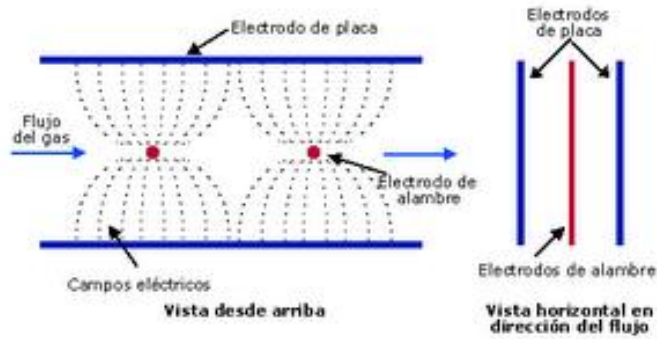
### **3.6.3 SEPARADOR DE PARTÍCULAS**

El precipitador electrostático (ESP por sus siglas en inglés) es el encargado de remover todas las partículas que se encuentran en los gases de salida de la caldera.

El principio de funcionamiento de este es la atracción de cargas opuestas, dentro del ESP se encuentran arreglos de placas delgadas las cuales son cargadas a través de transformadores de corriente que se encuentran en la parte superior del ESP. Dichos transformadores trabajan con voltaje de 10 kV DC y su corriente varia de 300 a 450 mA de las secciones 1 a 4 respectivamente.

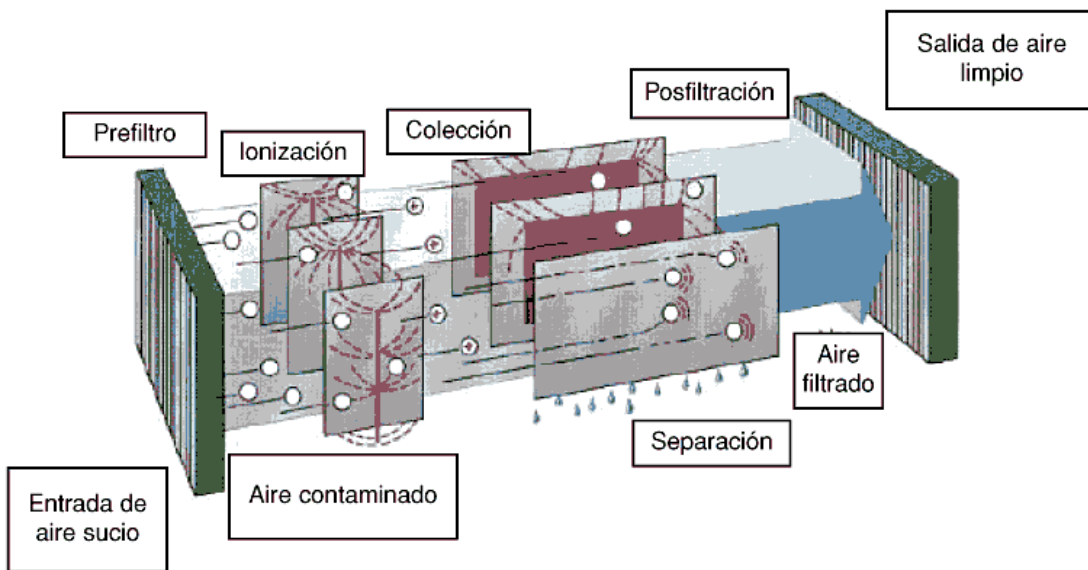
El gas adquiere una carga opuesta mediante el uso de electrodos ubicados cerca de las placas colectoras, al tener cargas opuestas las partículas son atraídas a las placas quedando adheridas a estas.

Para la limpieza de las placas el ESP cuenta con un sistema de martillos (rappers en inglés) los cuales constantemente golpean las placas para poder desechar las partículas colectadas, cuando se realiza el martilleo los transformadores se apagan para facilitar el desprendimiento de las partículas.



**Ilustración 9. ESP**

Fuente: (COMESA)



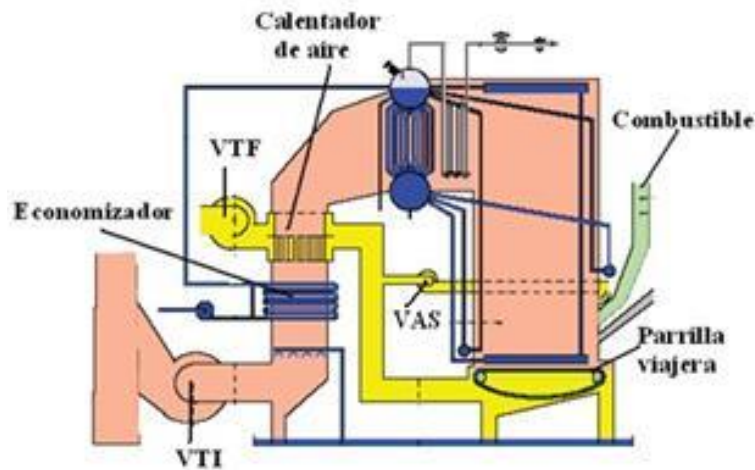
**Ilustración 10. Captura de Partículas ESP**

Fuente: (COMESA)

### 3.6.4 EMPARRILLADO

El emparrillado de la caldera es la banda metálica ubicada en el hogar (stoker en inglés) esta banda viajera es encargada de coleccionar la ceniza resultante de la combustión, la ceniza es transportada hasta los colectores (hoppers) ubicados en la parte inferior de la caldera.

Para su movimiento la banda utiliza dos motores conectados a cajas reductoras de engranajes planetarios, la banda gira a una velocidad de aproximadamente 0.2 revoluciones por minuto esto debe ser así para lograr recolectar las cenizas de una forma más eficiente.



**Ilustración 11. Parrilla Viajera**

Fuente: (HGPC)

### 3.7 Mantenimiento

Según Medrano (2017): "El mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y un costo razonable" (p. 07).

El mantenimiento consiste en la inspección del equipo con el que se cuenta en busca de daños para evitar paros por daño crítico, la idea es poder realizar cambios y ajustes al equipo antes que este entre en paro y deba realizarse una acción correctiva.

Según Peñas (2017): "Como parte fundamental en el trabajo de mantenimiento, el primer proceso que se debe llevar a cabo es deducir el comportamiento de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos, maquinaria y equipo según se muestran en el plano" (p. 39).

Existen varios tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Modificativo.

### **3.7.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Según Navarro (1997): "El mantenimiento preventivo tiene por misión conocer el estado actual, por sistema, de todos los equipos y programar así el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno" (p. 32).

Este tipo de mantenimiento busca evitar acciones correctivas futuras al equipo, en este mantenimiento se realizan inspecciones rutinarias en busca de desgaste y otro tipo de daño al sistema para realizar el cambio de la pieza que ya dio su vida útil evitando el cambio de partes críticas a futuro.

En este mantenimiento suelen realizarse cambio de empaques, rodamientos, sellos mecánicos entre otros. También aquí se suelen realizar cambios de grasa y aceite.

Las principales ventajas frente a otros tipos de mantenimiento estriban en:

- Disminuir la frecuencia de las paradas aprovechando para realizar varias reparaciones al mismo tiempo.
- Aprovechar el momento más oportuno, tanto para Producción como para Mantenimiento, para realizar las reparaciones.

- Preparar y aprovisionar los utillajes y piezas de recambio necesarios.
- Distribuir el trabajo de mantenimiento de una manera más uniforme evitando puntas de trabajo y optimizando la plantilla.
- En muchos casos evitar averías mayores como consecuencia de pequeños fallos, en particular los de los sistemas de seguridad.

Para la implantación de este mantenimiento es necesario hacer un plan de seguimiento para cada equipo. En este plan se especifican las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías de funcionamiento y la frecuencia en las que se realizarán. Al detectar cualquier anomalía se estudia su causa y se programa para realizar las reparaciones que correspondan.

### **3.7.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el encargado de las reparaciones el personal de mantenimiento.

Según Peñas (2017): "El mantenimiento correctivo, que puede ser planificado o no, es el efectuado sobre una instalación o parte de la misma cuando la avería ya se ha producido" (p. 77).

El principal inconveniente con que nos encontramos con este tipo de mantenimiento es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

### **3.8 MANUALES TÉCNICOS**

Según Medrano (2017): "Es importante que toda empresa otorgue al mantenimiento la importancia que requiere y cuente con manuales de operación que describan la organización, las normas y los procedimientos que deben efectuarse de manera segura y eficiente" (p. 59)



En estos manuales se deben de incluir los datos técnicos de todo el equipo con el que se cuenta para así facilitar la búsqueda de repuestos y la resolución de posibles fallas.

### **3.9 TRATAMIENTO DEL AGUA**

Según Martínez (1999):" El agua natural contiene ciertas impurezas que aumentan el consumo de combustible y el costo de mantenimiento, así como la reducción de la vida útil de la caldera" (p.13).

El agua utilizada en la caldera debe ser tratada para poder eliminar los minerales y así evitar que la tubería de la caldera se oxide. El consumo de combustible es reducido cuando se le da tratamiento al agua, cuando el agua no se trata esta contiene un alto contenido de impurezas por lo cual requiere un mayor consumo de combustible para lograr calentar el agua lo suficiente para que esta se convierta en vapor.

El agua de una caldera debe tratarse para:

- Eliminar la turbidez.

La acumulación de minerales insolubles finamente divididos o partículas orgánicas, que reducen la claridad del agua, es lo que se llama turbidez. Si se dejan formarán un lodo pegajoso y aislante en los domos o envolvente y también pueden producir un arrastre.

- Eliminar las incrustaciones que causan pérdida de calor, dañan la tubería y las superficies de calefacción.

Las incrustaciones forman un aislamiento entre los gases y el agua, por lo que hay que mantener temperaturas más altas para tener la misma generación; con lo que el metal de los tubos se sobrecalienta y falla.

- Evitar el arrastre que produce incrustaciones en los supercalentadores, turbinas o el equipo que requiera vapor.

La concentración muy alta de sales en suspensión y disueltas en el domo produce un vapor húmedo. El aceite también produce "arrastré". Un vapor saturado seco arrastra sílice en calderas cuya presión de trabajo sea de 40 o más kg/cm<sup>2</sup>.

- Eliminar gases.

La presencia de oxígeno en el agua de alimentación corroe el metal de las calderas. El dióxido de carbono torna el agua ligeramente ácida por lo que acelera dicha corrosión.

- Evitar que el metal de la caldera se vuelva quebradizo.

Una alta alcalinidad en el agua de una caldera puede ser la causa de que el metal de la caldera se vuelva quebradizo, agrietándose alrededor de los remaches de las juntas remachadas y en las extremidades de los tubos donde éstos se fijan a los espejos o domos. Por lo tanto, hay que tener la precaución de que el tratamiento no vuelva el agua excesivamente alcalina.

- Eliminar los sólidos en suspensión.

Los sólidos en suspensión que causen la turbidez pueden eliminarse por coagulación y filtración.

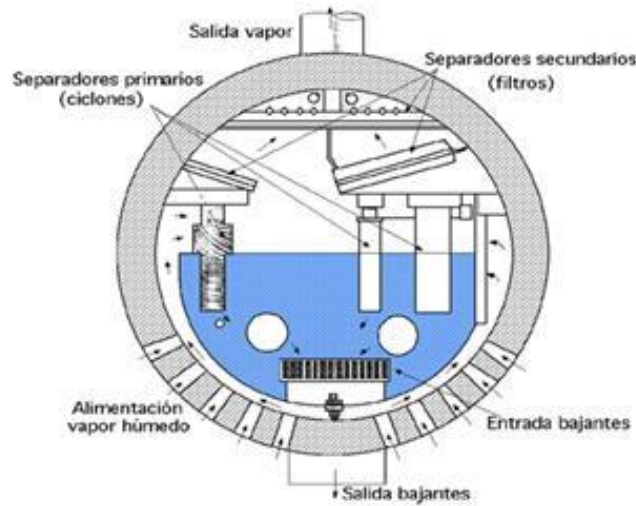
Según Calloni (2009):" El agua de una caldera debe mantener las especificaciones indicadas por el fabricante de la misma, manteniendo el agua por tratamiento químico, resinas u otros medios." (p.74).

### **3.10 Domo**

El domo se encarga de separar la mezcla agua/vapor procedente de las calderas, dejando exclusivamente el vapor en la línea para su consumo, proceso, etc., a la presión requerida.

Del domo el agua sube su temperatura y desciende por los tubos de caída o bajada (por fuera de la caldera), hasta unos colectores debajo de la caldera que distribuyen el agua por los tubos de ascenso o de subida, que son las "paredes de agua" o "evaporador", hacia arriba hasta llegar de nuevo al domo. A medida que el calor producido por la combustión calienta

el agua que va por las "paredes de agua", esta empieza a evaporarse, con lo que se forma una mezcla agua- vapor, que es conducida a un colector arriba y luego entra al domo.



**Ilustración 12. Domo**

Fuente: (Monografías)

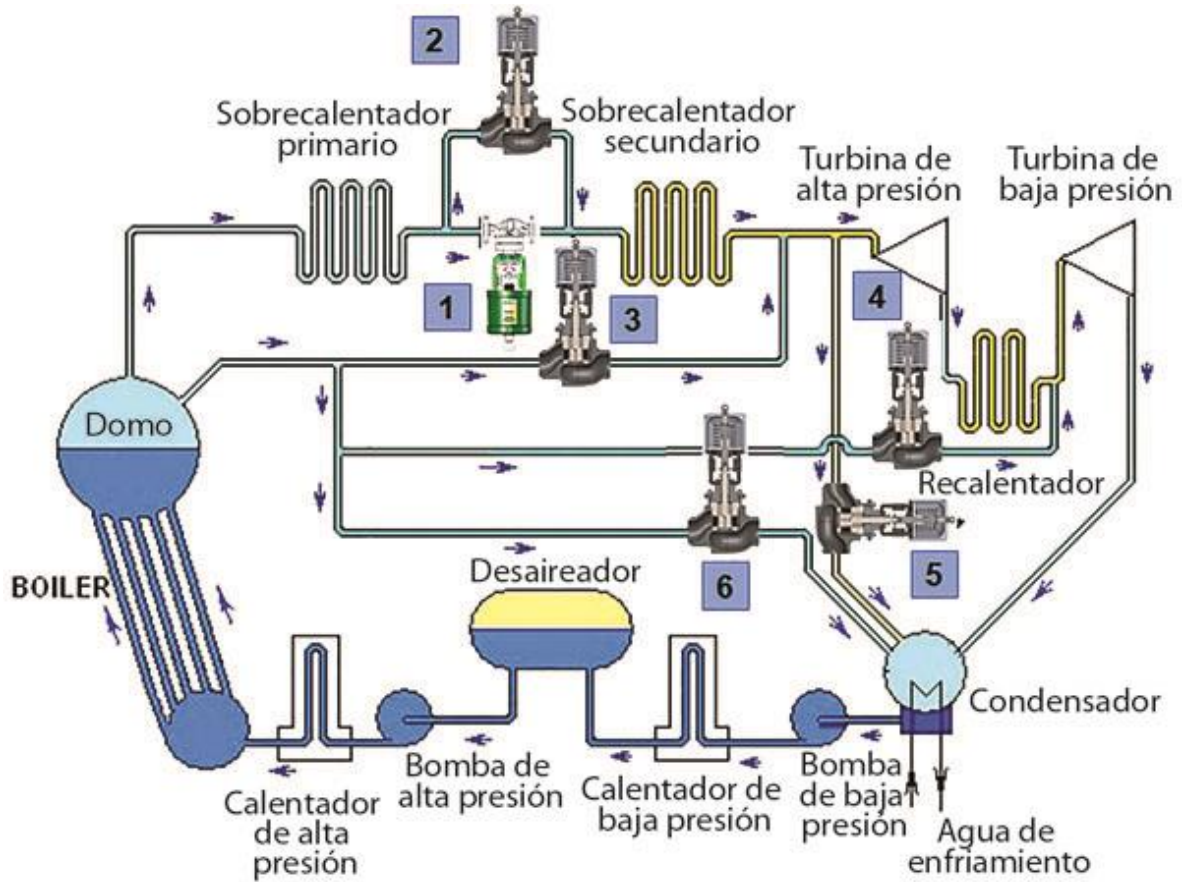
El vapor separado sale del domo, ya como vapor saturado y pasa al supercalentador 1, que son las "paredes de tubos" de la caldera.

Del supercalentador 1, el vapor sale hacia el supercalentador 2, que son serpentines en paralelo formando un banco o panel suspendidos desde la parte exterior del techo, calentados por los gases. Después el vapor pasa al supercalentador 3 y luego este vapor pasa por una estación de "atemperamiento" donde se disminuye su temperatura, para asegurar que absorberá el calor suficiente en el próximo y ultimo supercalentador.

Este vapor que sale del último supercalentador va a la turbina de alta presión, donde se expande contra los alabes de ésta y la energía cinética y térmica del vapor se convierte en energía mecánica, imprimiéndole un movimiento rotatorio al eje de la turbina.

Niveles altos en el domo pueden ocasionar arrastres de agua y sales con el vapor, lo que da lugar a cambios bruscos de temperatura en los metales del supercalentador y, por consiguientes esfuerzos mecánicos, fatiga del material con las roturas correspondientes y además el agua puede llegar hasta la turbina acoplada a la línea de vapor y producir los llamados golpes de agua (ariete) en los alabes de esta,

trayendo por consecuencia desperfectos por la erosión y movimientos axiales indeseables. (S.E., 2011, pag. 29)



**Ilustración 13. Flujo de Agua en Caldera**

Fuente: (Editores SRL)

### **3.11 GENERADOR**

Un generador es una maquina eléctrica rotativa que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, HGPC cuenta con un generador capaz de entregar una potencia total de 44 MW, a una salida de 13800 voltios.

García Afirma (2010): "Podemos definir como generador eléctrico al equipo que transforma la energía mecánica producida por las turbinas, en energía eléctrica" (p.36).

El generador esta acoplado a la turbina mediante una caja reductora, el acople no es directo ya que la turbina y el generador giran a velocidades diferentes, la velocidad del generador es de 1800 revoluciones por minuto mientras que la turbina gira a 4911 revoluciones.

El generador es capaz de controlar la salida de potencia, esto se realiza cuando la planta no dispone de suficiente biomasa para poder generar 44 MW, cuando la potencia de salida es regulada el generador entrega el mismo voltaje, pero la corriente entregada disminuye.

### **3.12 TURBINA**

La turbina es el elemento encargado de convertir la energía cinética del vapor en energía mecánica para poder girar el generador.

La turbina en su entrada cuenta con una válvula gobernadora la cual regula el flujo de vapor dependiendo de cuanto este generando la planta, la turbina instalada en la planta es capaz de generar 44MW y su velocidad nominal es de 4911 revoluciones por minuto.

La turbina de vapor es un motor térmico cíclico rotativo, de combustión externa, que movido por vapor produce energía mecánica. El vapor entra a alta presión y temperatura, y se expansiona en la turbina, transformando una parte de su entalpía en energía mecánica. A la salida de la turbina, el vapor ha perdido presión y temperatura. ("Plantas de cogeneración",s.f.,parr.1)

Esta turbina fue diseñada en Japón y es un diseño nuevo por lo cual no requiere tener múltiples etapas, al final de la turbina se encuentra conectado el condensador para lograr retornar el vapor ya utilizado a la caldera en forma de agua caliente.

Para mejorar el rendimiento, a veces, las turbinas tienen enganchado a su eje dos o tres turbinas diferentes, de tal forma que el vapor golpea primero la primera, después la siguiente y así una a una hasta salir por la última. Lo que conseguimos con esto es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, golpeando varias turbinas, en lugar de solo una. ("Areatecnologia", s.f., parr.21).

## **IV METODOLOGÍA**

### **4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES**

La variable dependiente detectada fue el funcionamiento del equipo, ya que ciertos datos solo podían ser tomados cuando el equipo no estaba en uso.

#### **4.1.1 VARIABLES INDEPENDIENTES**

La variable independiente es la marca del equipo utilizado, ya que lo que importa es que el equipo cumpla con las mismas características.

### **4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

- Gráficos de barra.

Los gráficos de barra en Excel fueron de ayuda para elaborar informes donde era necesario mostrar comparativas entre equipos.

- Análisis causa raíz.

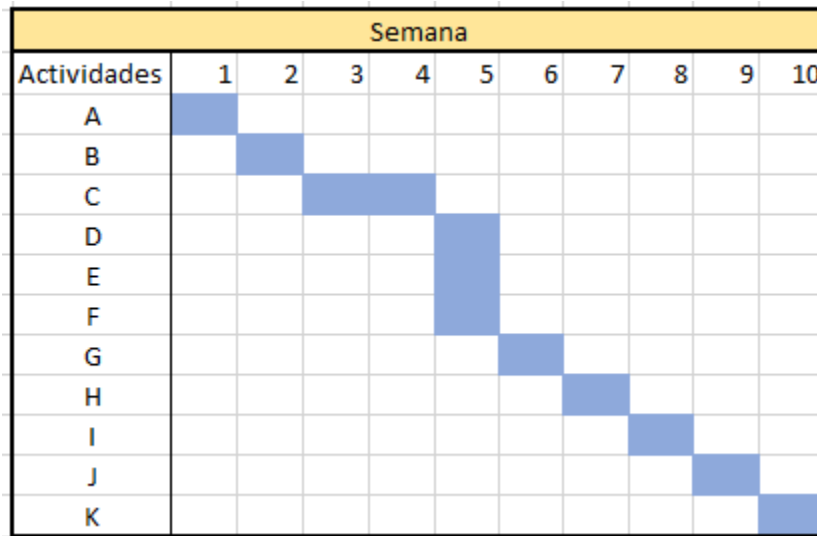
Este tipo de análisis sirvió para lograr desglosar cada equipo ya si obtener un listado de componentes y las fallas que suelen provocar.

### **4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

La información necesaria fue obtenida directamente de los equipos, se utilizó la placa de datos para obtener información básica como ser voltaje, consumo, potencia y numero de rodamientos. El resto de la información se obtuvo de los manuales técnicos de cada uno de los equipos, ya que existen ciertos datos como ser la cantidad de grasa y el tipo de lubricante necesario que no se encuentran en la placa del equipo.

Otras fuentes de información utilizadas fueron la base de datos con las que cuenta la empresa, páginas web de los fabricantes de los equipos e información recolectada del personal técnico.

#### 4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



**Ilustración 14. Cronograma de Actividades**

Fuente: Propia

Actividades
A. Inducción
B. Estudio de eficiencia energética en lámparas de caldera
C. Inicio de toma de datos de motores torre de enfriamiento
D. Inicio de elaboración de fichas técnicas
E. Toma de datos motores de ventiladores
F. Toma de datos motores sistema de transporte de ceniza
G. Traducción de manual de purificador de aceite
H. Cambio de empaque principal transformador de distribución
I. Recorrido por área de turbina
J. Inspección de sensores previo a arranque de planta
K. Revisión de panel de comunicaciones subestación eléctrica

**Ilustración 15. Lista de Actividades**

Fuente: Propia



## **Semana 1 30/04/18 al 05/05/18**

Lunes 30

- Recorrido por la planta, se recibió inducción de seguridad industrial y se asignó EPP, se recorrió el DCS y se explicó el funcionamiento del SCADA, se recorrió la caldera, la torre de enfriamiento, el área de turbina y la planta de tratamiento de agua.

Martes 01

- Día del trabajador.

Miércoles 02

- Prueba de eficiencia de planta
- Se participo en la recolecta de muestras de ceniza y de King Grass para analizar su contenido de humedad en el laboratorio las muestras fueron tomadas cada hora desde la 1 hasta las 5.

Jueves 03

- Recorrido por el ESP, se recorrió el colector de partículas hasta el área de transformadores y martillos al igual que se recorrió el área de control de este, durante el recorrido se participó en prueba llevada a cabo por ISGEC para verificar si había fuga de ceniza por la chimenea también se participó en el balanceo de AWP 2.

Viernes 04

- Permiso para ir a la universidad.

Sábado 05

- Se participo en el desmontaje de AWP para poder revisar rodamiento.

## **Semana 2 07/05/18 al 12/05/18**

Lunes 07

- DCS inspección de PQM para verificar error de 1MW en medición, revisión de compresor de aire de instrumentación 1, recorrido por hogar para identificar válvulas.

Martes 08

- DCS, rutina de inspección paneles de plc turbina y caldera, se encontró un módulo con falla.

Miércoles 09

- Calculo consumo de lamparas, visita a la chimenea para realizar cambio de cable en panel de medición de partículas.

Jueves 10

- Inspección compresor de ceniza 1 se limpió sensor de presión de refrigerante, toma de datos de mcc y visita a los transformadores.

Viernes 11

- Inspección de presostato ubicado en el domo.

Sábado 12

- Elaboración de check-lists y lista de actividades de la semana.

## **Semana 3 14/05/18 al 19/05/18**

Lunes 14

- Recorrido por MCC principal, recorrido por sistema de bandas transportadoras de biomasa y visita a la bodega de repuestos.

Martes 15

- Actividades varias en oficina.

Miércoles 16

- No se presento

Jueves 17

- Toma de datos motores CT Fans chimenea calibración medidor de ppm.

Viernes 18

- No se presento

Sábado 19

- Actividades varias en la oficina.

#### **Semana 4 21/06/18 al 26/05/18**

Lunes 21

- Revisión de compresor de instrumentación.
- Revisión de módulo de periferia en WTP.
- Inspección de válvulas neumáticas en turbina.

Martes 22

- Toma de datos ID Fan, SA Fan y FD Fan.
- Toma de muestras de aceite transformadores ADT.
- Calibración de válvula en caldera.
- Sincronización de generador a línea de ENEE.
- Inspección de paneles MCC.

Miércoles 23

- Mantenimiento de compresor de ceniza 2.
- Elaboración de fichas técnicas.

Jueves 24

- Elaboración de fichas técnicas.

Viernes 25

- Elaboración de fichas.
- Recorrido por la planta.

Sábado 26

- Mantenimiento separador de aceite.

### **Semana 5 28/05/18 al 02/06/18**

Lunes 28

- Toma de datos técnicos SCC1, BC2, BC3 y Rotary air dampers.
- Elaboración de fichas técnicas.

Martes 29

- Toma de datos técnicos RAV y banda de ceniza húmeda.
- Elaboración de fichas técnicas.

Miércoles 30

- Cambio de sello en el filtro de eyector de vapor de turbina.

Jueves 31

- Inspección de RTD en salida de ESP

Viernes 01

- Traducción manual separador de aceite.

Sábado 02

- Traducción manual

### **Semana 6 4/06/18 al 9/06/18**

Lunes 4

- Recorrido por el área de molinos y almacén.

Martes 5

- Revisión speed switch BC3.

Miércoles 6

- Traducción manual.
- Inspección de cortocircuito en panel de resistencias ESP.

Jueves 7

- Traducción manual.

Viernes 8

- Recorrido por calentador de aire de caldera.

Sábado 9

- Búsqueda de tapas para transformador principal.

### **Semana 7 11/06/18 al 16/08/18**

Lunes 11

- Cambio empaque principal transformador principal.

Martes 12

- Cambio empaque principal transformador principal.
- Recorrido por subestación eléctrica.

Miércoles 13

- Cambio empaque principal transformador principal.

Jueves 14

- Cambio empaque principal transformador principal.
- Recorrido por ESP.

Viernes 15

- Pruebas al transformador.

Sábado 16

- Mantenimiento general de la planta.

### **Semana 8 18/06/18 al 23/06/18**

Lunes 18

- Mantenimiento general.

Martes 19

- Visita al área de turbina.

Miércoles 20

- Lavado ESP.

Jueves 21

- Recorrido por BC3.

Viernes 22

- Recorrido por la planta.

Sábado 23

- Recorrido por área de turbina.

**Semana 9 25/06/18 al 30/06/18**

Lunes 25

- Inspección de sensores en busca de fallos antes de arranque.

Martes 26

- Arranque de planta.

Miércoles 27

- Revisión de speedswitch SCC1.

Jueves 28

- Inspección de paneles en MCC.

Viernes 29

- Inspección de válvulas en turbina.

Sábado 30

- Elaboración de check-lists de equipo.

### **Semana 10 2/07/18 al 6/07/18**

Lunes 2

- Inspección de transductores de presión en domo.

Martes 3

- Revisión de panel de comunicación de subestación eléctrica.
- Cambio de modulo comunicación.

Miércoles 4

- Inspección de vibradores eléctricos en ESP.

Jueves 5

- Inspección de panel de control para bomba nueva en tanque de agua cruda.

Viernes 6

- Planta en paro debido a falta de biomasa.

## **V DESCRIPCIÓN DE TRABAJO DESARROLLADO**

### **5.1 ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA PLANTA**

Durante la primera semana se realizó un recorrido por toda la planta, dicho recorrido fue de gran ayuda para poder familiarizarse con la planta y empezar a conocer los equipos con los que se cuenta actualmente.



Se recorrió la caldera por todos los niveles ya que la primera tarea a realizar fue un estudio del consumo de energía actual en la iluminación, lo primero que se realizó fue la toma de datos de todas las luminarias instaladas, sabiendo este dato luego se procedió a calcular el consumo que generan las luminarias en razón de kW/h, se calculó el costo generado a diario, semanal, mensual y anual.

Una vez obtenidos los resultados de los cálculos se tabularon los datos en una hoja de cálculo de Excel, luego se calculó la equivalencia en luminaria LED de cada una de las lámparas instaladas actualmente, se buscaron luminarias de bajo consumo pero que entregaran la misma cantidad de lúmenes.

Una vez se obtuvieron los datos se realizaron los debidos cálculos del consumo que estas generarían a diario, semanal, mensual y anual. Estos datos fueron tabulados en la hoja de cálculo y luego se utilizaron gráficos de barra para poder comparar los dos tipos de luminaria y a su vez se calculó el ahorro energético que aportarían dichas lámparas en caso de ser reemplazadas.

## **5.2 TOMA DE DATOS DE EQUIPO GENERAL**

Durante las primeras semanas se recorrió la planta varias veces para poder familiarizarse con todos los equipos con los cuales se cuenta, el primer área donde se trabajó en la toma de datos fue la torre de enfriamiento, esta cuenta con cinco ventiladores los cuales son los encargados de enfriar el agua, se inspeccionaron los motores y se tomaron los datos de cada uno de ellos al igual que se inspeccionaron equipos auxiliares como ser sensores de vibración, sensores de nivel de aceite en la caja de engranajes, tableros de conexión, acoples y cajas reductoras.

Luego de tomar los datos necesarios se almaceno toda la información en una base de datos creada en Excel, se realizó una ficha técnica por cada uno de los ventiladores y sus componentes auxiliares.

Una vez finalizadas las fichas de los ventiladores, se continuo en la torre de enfriamiento esta vez en el área de bombas, la torre cuenta con cinco bombas, tres bombas son las

llamadas bombas principales, las cuales se encargan de hacer circular el agua por equipos de gran consumo como ser la turbina y el condensador. Y las otras dos son las llamadas bombas auxiliares, estas envían el agua a equipos con menor demanda.

Se comenzó por las bombas principales, se tomaron los datos de placa de motor y luego se tomaron los datos de la bomba, estas no cuentan con equipo auxiliar.

Luego se tomaron los datos de las bombas auxiliares, se tomaron los datos de placa de los motores y después de esto se tomaron los datos de las bombas.

El área siguiente fue el área de caldera, primero se tomaron los datos de los motores de las bombas principales al igual que sus componentes como ser sensores de temperatura ubicados en los rodamientos, después de esto se revisaron las bombas principales y se aprendió sobre su funcionamiento ya que nunca se había trabajado con este equipo, se tomaron los datos de los equipos auxiliares como ser RTDs PT100 para medir la temperatura en los rodamientos, y sensores de vibración ubicados en los rodamientos.

El siguiente equipo fue la banda de transporte de ceniza húmeda, se tomaron los datos de placa de los motores al igual que se tomaron los datos de sus equipos auxiliares como ser controladores de velocidad, sensores de posicionamiento de la banda, paros de emergencia y caja de engranajes.

Después de esto se continuo con el siguiente nivel de la caldera, en este nivel se encuentra el hogar, aquí se llevó a cabo la toma de datos de placa de los motores y de las cajas reductoras, dichas cajas cuentan con un sistema de engranajes planetarios, se aprendió sobre el funcionamiento de estas ya que nunca se había trabajado con este tipo de equipo.

La siguiente área fue el nivel de RAD (Rotary Air Dampers) se continuó tomando los datos de placa de los motores y componentes auxiliares al igual que las cajas de engranajes y los acoples.

Se continuo con la toma de datos por la caldera hasta llegar a la banda de transporte de biomasa, una vez finalizada la toma de datos, estos se tabularon y se utilizó el formato de Excel para crear las correspondientes fichas técnicas.

### **5.3 CODIFICACIÓN DE EQUIPO**

Una vez creadas las fichas técnicas se codifico cada componente de la planta, esto con el objetivo de facilitar la identificación de cada equipo a la hora de tener que darles mantenimiento.

Para la codificación se pidió ayuda al jefe de mantenimiento, dicha codificación se realizó basado en el área de la planta donde se ubica el equipo, se tomó en cuenta el tipo de equipo para así poder darle un código de identificación, el código creado es alfa numérico, en donde las letras representan el tipo de equipo y los números su ubicación.

## **VI CONCLUSIONES**

- Al haber recolectado los datos de todo el equipo instalado en la planta, se logró crear una base de datos con la cual se pudieron crear fichas técnicas para cada componente y así crear un manual técnico de todo el equipo instalado en planta.
- Al haber recorrido la planta por cada una de sus áreas se logró crear una lista de partes de cada uno de los componentes con los que esta cuenta, se calificaron según el área a donde estos pertenecen.

- Con la ayuda del personal técnico y los ingenieros en planta se logró aprender sobre el funcionamiento de las plantas generadoras de energía, especialmente de generadoras a base de biomasa y el impacto que estas causan al ambiente.

## **VII RECOMENDACIONES**

### **7.1 PARA LA EMPRESA**

- Mejorar el taller de mantenimiento, la empresa cuenta con un pequeño taller donde es difícil poder trabajar ya que este se encuentra cerca del almacén de biomasa lo cual representa un alto número de partículas suspendidas en el aire.

- Utilizar herramientas adecuadas para cada actividad que se realiza, la empresa no cuenta con las herramientas suficientes lo cual provoca un atraso en el tiempo de ciertas actividades al igual que se corre el peligro de dañar el equipo por no usar las herramientas adecuadas.

## **7.2 PARA LA UNIVERSIDAD**

- Capacitar al ingeniero en mecatrónica sobre seguridad industrial, es necesario tener el conocimiento del equipo de protección personal adecuado, si bien la empresa da una inducción acerca del tema no estaría de más que la universidad capacitara al ingeniero para poder utilizar el equipo.
- Incluir una clase en la carrera donde se aprenda sobre el uso de instrumentación industrial ya que la clase de sensores y actuadores no cubre esta área y solo se enseña teoría, es necesario aprender sobre los diferentes tipos de transductores y como poder programarlos.

## **VII BIBLIOGRAFÍA**

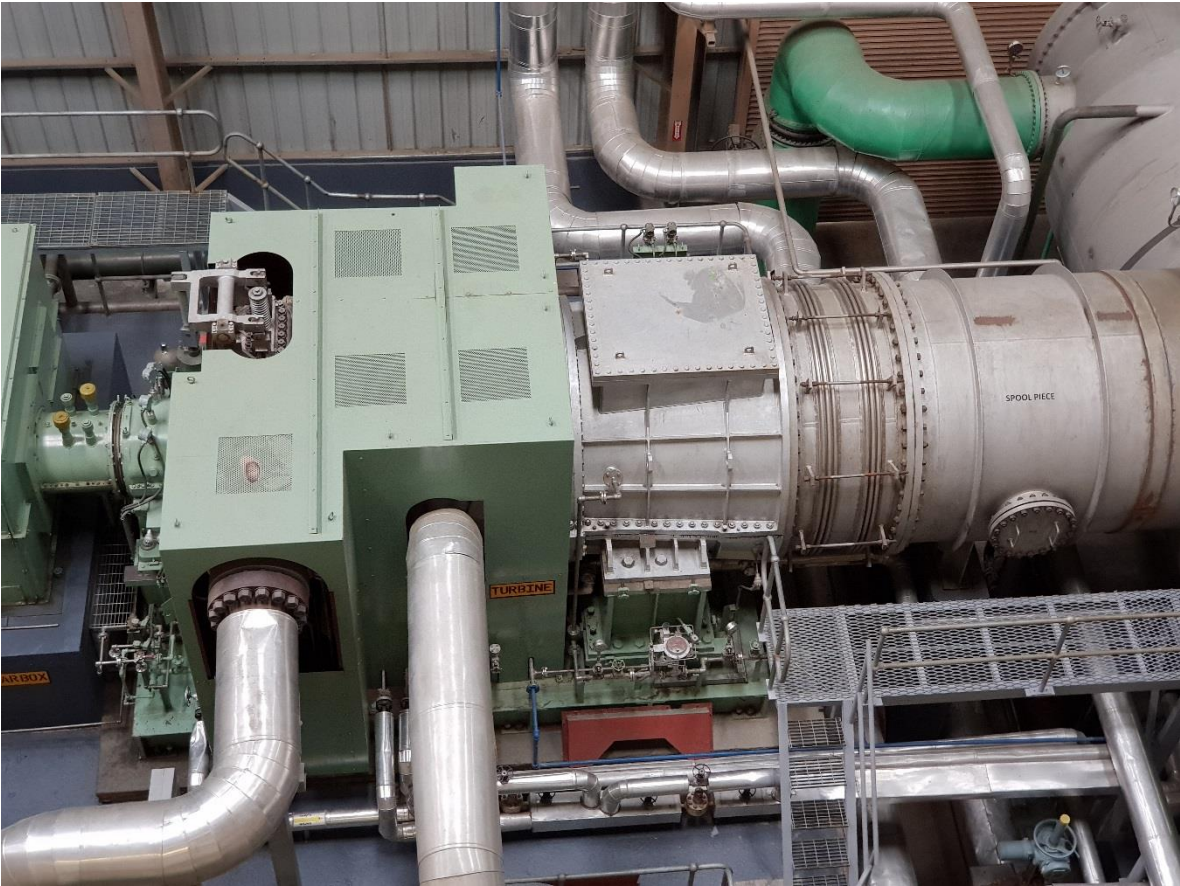
1. Alba, G. M., Martínez, S. D., & Sandoval, C. A. (1999). Análisis de riesgos del tratamiento del agua para calderas.
2. Calloni, J. C. (2009). Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas pymes.
3. Esquerra, P. P. (1988). Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía.

4. César, S. E. (2011). Control difuso de nivel y presión de vapor en el domo de un generador de vapor "reto gv-45-18.
5. Peñas, G. A. (2017). Mantenimiento de instalaciones caloríficas.
6. <http://www.anodamine.com/old/deaeratorESP.html>
7. Pequerul. Guía básica de calderas industriales eficientes.
8. Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). Termodinámica (6a. ed.)
9. Medrano, M. J. Á., & González, A. V. L. (2017). Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales.
10. Lutech, L. (2009). Energía térmica.
11. Torres, V. M. (2011). Diagnóstico de fallos en el generador de vapor bkz-340-140-29 m de la central termoeléctrica "Máximo Gómez".
12. García, G. S. (2010). Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado.
13. Montes, P. M. J., Muñoz, D. M., & Rovira, D. A. A. (2014). Ingeniería térmica.
14. Marta Muñoz Domínguez, Antonio José Rovira Máquinas térmicas. (2014).
15. <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/turbinas-de-vapor>
16. <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbina-de-vapor.html>

## **IX ANEXOS**

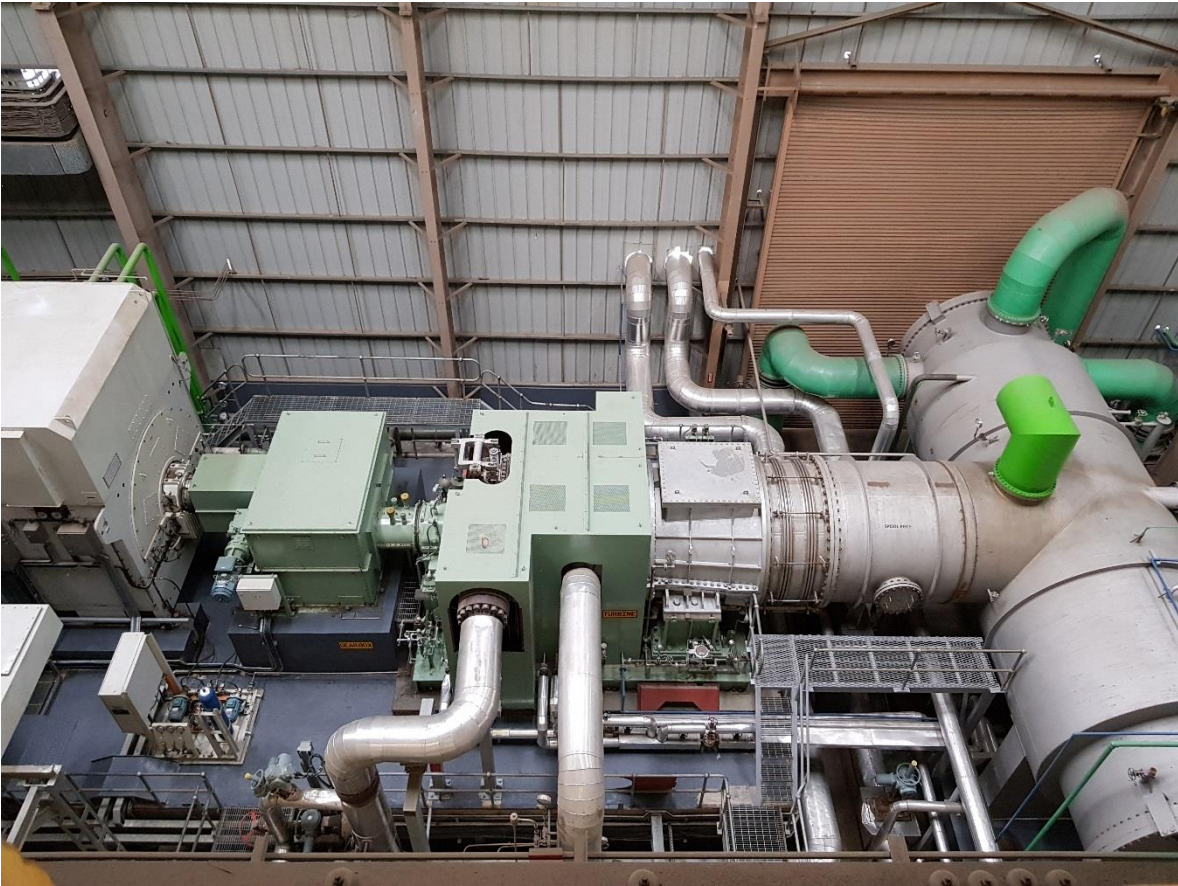


Condensador de Turbina

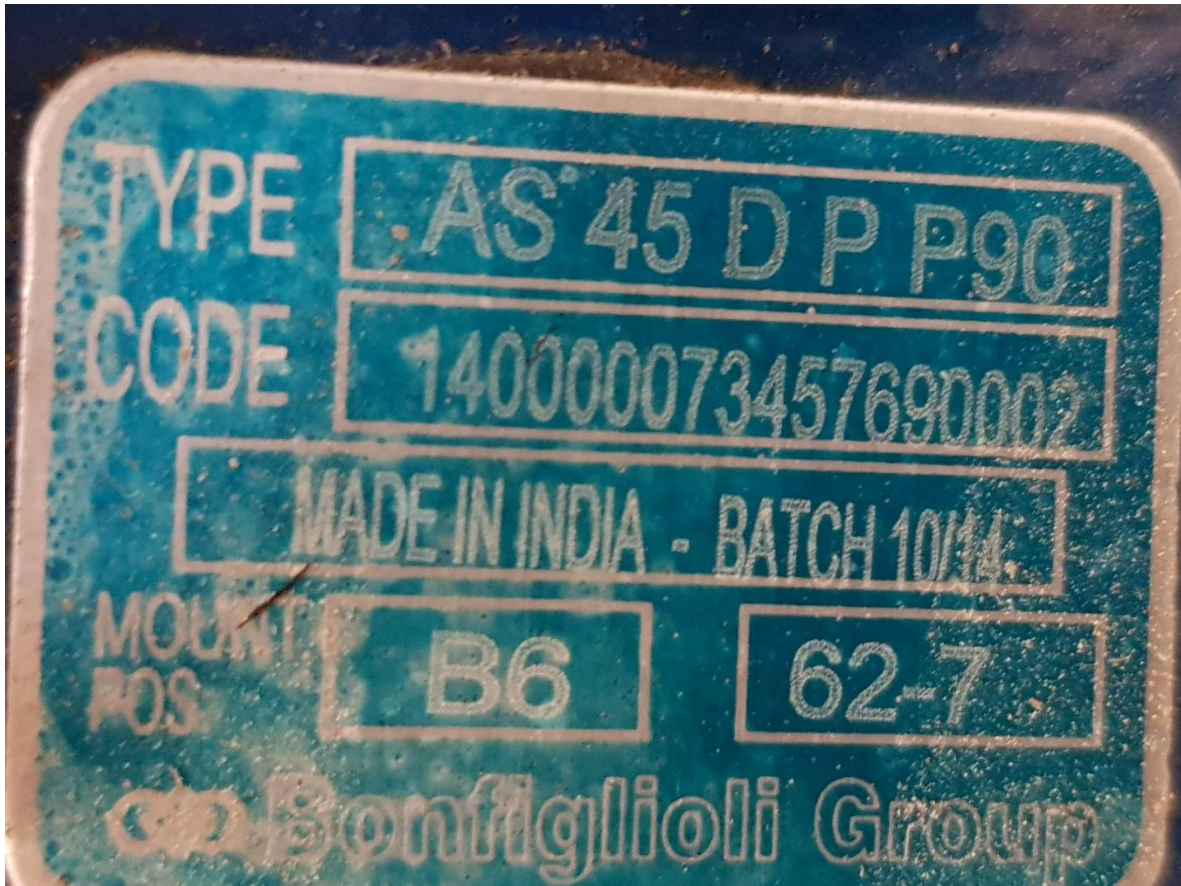


Válvula Gobernadora y Turbina





Vista aérea de turbina, se puede observar el generador, la caja de engranajes, válvula gobernadora, turbina y condensador de izquierda a derecha.



Placa de caja reductora, utilizada para la toma de datos.

TARJETA DE ACTIVO: MOTOR CT FAN 1						
CODIGO: 03-M-01		<b>DATOS GENERALES</b>		<b>DOCUMENTACIÓN</b>		
<b>DATOS OPERATIVOS</b>		MARCA	Bharat Bijlee	NOMBRE DEL DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	CODIGO
POTENCIA (KV / HP)	55 / 75	MODELO	2H25M433			
VOLTAJE	460 Δ	NO. SERIE	L1501093			
RANGO VOLTAJE	414 - 506	RODAMIENTO D	6315ZZC3			
AMPERIOS	85.3	RODAMIENTO N	6215ZZC3			
RPM	1780	HORAS DE ENGRASE / CANTIDAD	4000 HRS / 20g			
FRECUENCIA	60 ± 5%	PESO	500 Kg			
		MES / AÑO FABRICACIÓN	ene-15			
		TIPO DE GRASA	SKF LGMT3 / K3K-30			
<b>COMPONENTES Y AUXILIARES</b>				<b>MANTENIMIENTO</b>		



Ejemplo de ficha técnica elaborada.

