	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(76)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ISAAC CHINCHILLA NORIEGA		
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA MECÁNICA		
DIRECTOR	EDWIN ESPINEL BLANCO		
TÍTULO DE LA TESIS	SUPERVISIÓN AL MANTENIMIENTO GENERAL OVERHAUL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, DE LA EMPRESA TERMOBARRANQUILLA S.A, UBICADA EN SOLEDAD, ATLÁNTICO		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>LA SUPERVISIÓN AL MANTENIMIENTO GENERAL OVERHAUL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA TERMOBARRANQUILLA S.A ESP ES EL OBJETIVO PRINCIPAL DEL PRESENTE TRABAJO, CON EL FIN DE CONOCER CUÁL ES LA FUNCIÓN DE CADA UNO DE LOS EQUIPOS EN EL PROCESO, ASÍ COMO LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO A LAS CUALES SON SOMETIDOS DICHOS EQUIPOS. AL TERMINAR LA SUPERVISIÓN DEL MANTENIMIENTO GENERAL SE CONCLUYÓ QUE CERCA DE CINCUENTA ACTIVIDADES NO SE ENCONTRABAN REGISTRADAS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 76	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 01



SUPERVISIÓN AL MANTENIMIENTO GENERAL OVERHAUL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS
PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, DE LA EMPRESA
TERMOBARRANQUILLA S.A, UBICADA EN SOLEDAD, ATLÁNTICO

AUTOR

ISAAC CHINCHILLA NORIEGA

Trabajo presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero mecánico bajo la modalidad de
pasantías

DIRECTOR

EDWIN ESPINEL BLANCO

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERIA MECÁNICA

Ocaña, Colombia

Agosto, 2016

Índice

Capitulo 1. Supervisión al mantenimiento general overhaul de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica, de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A, ubicada en soledad, atlántico	11
1.1 Descripción breve de la empresa	11
1.1.1 Misión.	12
1.1.2 Visión.	12
1.1.3 Objetivos de la empresa.	13
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.	13
1.1.5 Descripción de la dependencia de mantenimiento.	14
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia de mantenimiento	16
1.2.1 Planteamiento del problema.	17
1.3 Objetivos de las pasantías	18
1.3.1 General.	18
1.3.2 Específicos.	18
1.4 Descripción de las actividades a desarrollar en la empresa	19
1.5 Cronograma de actividades	20
Capitulo 2. Enfoques referenciales	21
2.1 Enfoque conceptual	21
2.2 Enfoque legal	23
2.2.1 Norma Técnica Colombiana NTC ISO 9001. 6.3 Infraestructura.	23
2.2.2. Norma Técnica Colombiana. NTC-OHSAS 18001	23
2.2.3. Norma Técnica Colombiana GTC 62.	24
2.2.3.1. Mantenimiento.	24
2.2.3.2. Mantenimiento correctivo.	24
2.2.3.3 Mantenimiento preventivo.	24
2.2.3.4 Mantenimiento programado.	24
2.2.3.5. Planeación del mantenimiento.	24
2.2.3.6 Planificación del mantenimiento.	24
2.2.3.7 Programación del mantenimiento.	25
2.2.3.8 Tiempo de mantenimiento.	25
Capitulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo	26
3.1 Conocer los equipos, su funcionamiento y el plan de mantenimiento general overhaul actual	26
3.1.1 Descripción del Ciclo Combinado.	27
3.1.2 Piezas importantes y equipos auxiliares	34
3.1.3 Plan de mantenimiento general overhaul actual	45
3.1.3.1 Enfriamiento	45
3.1.3.2 Desensamble	45
3.1.3.3 Actividades de inspección	46
3.1.3.4 Preensamble	46
3.1.3.5 Ensamble final	47

3.1.3.6 Generador	47
3.1.3.7 HRSG	47
3.1.3.8 Comissioning	47
3.2 Comprender las actividades del plan de mantenimiento y los detalles o actualizaciones que estas necesitan	47
3.2.1 Actividades de enfriamiento.	47
3.2.2 Actividades del desensamble.	48
3.2.3 Actividades de inspección.	52
3.2.4 Actividades del preensamble	53
3.2.5 Actividades del ensamble final	55
3.2.6 Actividades del generador	55
3.2.7 Actividades en la HRSG	58
3.2.8 Actualizaciones al plan de mantenimiento general overhaul	60
3.3 Documentar las actividades realizadas durante la ejecución del overhaul, así como sus tiempos de duración y secuencia.	65
Capitulo 4. Diagnostico final	73
Capitulo 5. Conclusiones	74
Capitulo 6. Recomendaciones	75
Referencias	76

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura organizacional TERMOBARRANQUILLA S.A.	13
Figura 2. Estructura del mantenimiento de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A	15
Figura 3. Matriz DOFA	16
Figura 4. Actividades a realizar para el cumplimiento de los objetivos	19
Figura 5. Cronograma de actividades	20
Figura 6. Estructura del bloque AAB empresa TERMOBARRANQUILLA S.A	26
Figura 7. Ciclo combinado	27
Figura 8. Toma de aire	28
Figura 9. Posición de los VIGV	29
Figura 10. Combustor	30
Figura 11. HRSG	31
Figura 12. Partes del combustor	34
Figura 13. Quemadores del Combustor	35
Figura 14. Revestimiento interior y porta segmentos de la cámara de combustión	35
Figura 15. HGC parte inferior	36
Figura 16. HGC parte superior	36
Figura 17. Vane Carrier Inferior	37
Figura 18. Carcasa inferior y Rotor	38
Figura 19. Excitatriz y Porta Escobillas	40
Figura 20. Torre de Enfriamiento	42
Figura 21. Giro Lento	44
Figura 22. Enclosure Combustor	49
Figura 23. Acople Combustor-Turbina	50
Figura 24. Carcasa Superior	51
Figura 25. Izar Rotor	52
Figura 26. Lanzas Ciegas	53
Figura 27. Presentación HGC	54
Figura 28. Escudo de fibra	56
Figura 29. Rotor Generador	57
Figura 30. Estator del Generador	57
Figura 31. Eje Intermedio	58
Figura 32. Válvulas Agua de Alimentación	59
Figura 33. Sellos Diverter	60
Figura 34. Estructura propuesta para el plan de mantenimiento general	62
Figura 35. Actividades actualizadas en el plan de mantenimiento	65
Figura 36. Duración de actividades actualizadas agrupadas por etapas	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Ajuste realizado a los tiempos de ejecución de actividades	62
Tabla 2. Plan de mantenimiento general overhaul	65

Resumen

La supervisión al mantenimiento general overhaul de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica en la planta Termobarranquilla S.A ESP es el objetivo principal del presente trabajo, con el fin de conocer cuál es la función de cada uno de los equipos en el proceso, así como las actividades de mantenimiento a las cuales son sometidos dichos equipos.

La empresa cuenta con un plan de mantenimiento para el overhaul general en el cual se encuentran estipuladas la gran mayoría de actividades a ejecutar. Con el acompañamiento a la parada de la unidad se busca completar este plan de mantenimiento incluyendo las tareas que no se encuentran registradas.

Al terminar la supervisión del mantenimiento general se concluyó que cerca de cincuenta actividades no se encontraban registradas en el plan de mantenimiento, con las cuales se procedió a la inclusión en dicho plan.

Introducción

La empresa TERMOBARRANQUILLA S.A realiza mantenimiento general overhaul a las unidades generadoras de energía cada 36.000 horas equivalentes. Para realizar este mantenimiento la empresa cuenta con un plan en el cual se estipulan las actividades a realizar. Durante la supervisión al mantenimiento general realizado desde el mes de febrero hasta julio del presente año se realizó la actualización de actividades y sus tiempos de ejecución, de igual manera, se propuso el cambio del formato o estructura de dicho plan de mantenimiento.

Durante la supervisión al overhaul se conoció y analizo el funcionamiento de los equipos principales, auxiliares y los diferentes sistemas de lubricación, refrigeración, y sistemas de virado.

1. Supervisión al mantenimiento general overhaul de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica, de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A, ubicada en soledad, atlántico

1.1 Descripción breve de la empresa

TEBSA nace como consecuencia de la crisis energética que tuvo lugar en el año 1992, durante la administración del presidente César Gaviria y que los colombianos recuerdan como “el apagón”. Entre 1992 y 1993 el país tuvo que racionar cerca de 5.000 GW/H equivalentes aproximadamente a dos meses del consumo nacional de energía.

Las razones del apagón, estudiado por muchísimos analistas, mostraban aspectos coyunturales y aspectos estructurales: un aspecto coyuntural fue definitivamente la sequía que hubo en ese momento; y un aspecto estructural, tenía que ver con el desequilibrio que había entre la generación hidráulica y la generación térmica.

De ahí que surgiera inmediatamente la urgencia en el país de desarrollar proyectos de generación de energía térmica que balancearan la oferta en el país, el objetivo del gobierno era, por un lado, llevar la relación de un 80% - 20% a un 70% - 30% y por otro, recuperar ese 20% que existía, que estaba en muy malas condiciones.

Lo anterior evidencia la necesidad de la participación del sector privado. Las Leyes 142 y 143, que en ese momento no existían, regularían la prestación del servicio público y en particular la generación de energía eléctrica.

En resumen, la necesidad de tener una balanza energética más apropiada y la necesidad de participación del sector privado hicieron que el gobierno impulsara las acciones para hacer posible lo que hoy es Termobarranquilla S.A E.S.P. –TEBSA-.

Termobarranquilla S.A. E.S.P. – TEBSA – es el generador térmico más grande de Colombia, está ubicada en la Costa Norte, Departamento del Atlántico, Municipio de Soledad. La planta tiene una capacidad instalada de 918 MW y genera en condiciones normales, más del 10% de la demanda nacional, puede abastecer de energía eléctrica a la mayor parte de la Costa Atlántica Colombiana. Se constituye en el soporte energético de la región ante indisponibilidad de las líneas de interconexión que comunican a la costa con el interior del país en donde la generación de energía es principalmente hídrica, y del país ante eventos de hidrología crítica.

1.1.1 Misión.

Prestar servicios a nuestra comunidad y al país, convirtiéndonos en el generador térmico más confiable, eficiente y con mayor disponibilidad en Colombia; generando energía eléctrica según los estándares mundiales más exigentes, con seguridad en el trabajo, bajo impacto ambiental y propiciando el desarrollo integral de nuestros empleados para maximizar la inversión de nuestros accionistas.

1.1.2 Visión.

Somos el generador térmico más importante y con mayor potencial del país, donde los procesos se desarrollan dentro de un marco participativo de mejoramiento continuo, comprometidos con la calidad, eficiencia y confiabilidad necesaria para operar bajo los más

estrictos estándares en generación de energía eléctrica, conscientes de nuestro papel protagónico en el desarrollo económico sostenible de nuestro entorno y el país.

1.1.3 Objetivos de la empresa.

Prestar el servicio de generación de energía eléctrica, garantizando el bajo impacto ambiental sobre el agua y el aire con un estricto programa de monitoreo. Utilizando la tecnología de ciclo combinado y su planta de ciclo simple. La primera de 791 MW consiste en cinco turbinas generadoras a gas y dos turbinas generadoras a vapor, Esta se constituye en la alternativa más eficiente para generar energía térmica, garantizando un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.

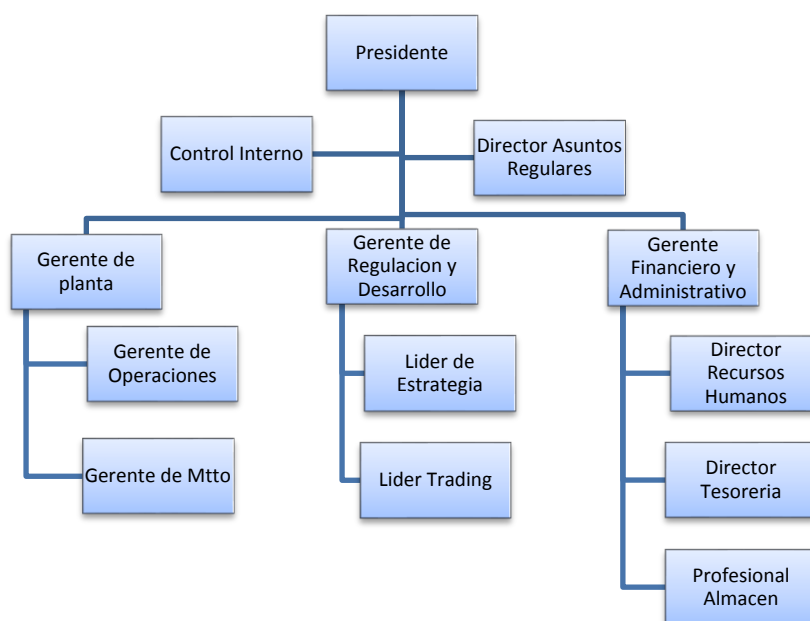


Figura 1. Estructura organizacional TERMOBARRANQUILLA S.A.

Fuente: Documentos gestión integral TERMOBARRANQUILLA S.A

1.1.5 Descripción de la dependencia de mantenimiento.

La dependencia asignada es la de mantenimiento, la cual está dirigida por el Ing. Jenner E. García S., gerente de mantenimiento. La dependencia cuenta con el programa ELLIPSE desde el cual se tiene el control de compras, almacén y gestión de los activos físicos de la planta. En tiempo de operación normal se realizan tareas de mantenimiento mayormente correctivas ya que cada equipo crítico como bombas, válvulas, sistemas hidráulicos, neumáticos y eléctricos cuentan con un equipo en stanby, en el caso de bombas y sistemas, y bypass en el caso de las válvulas, asegurando de esta manera la disponibilidad de la unidad generadora.

Algunas actividades como lubricación y chequeos periódicos se realizan preventivamente a los equipos. En paradas de mantenimiento general overhaul programadas, se realizan actividades en equipos principales como la turbina-compresor, generador y caldera recuperadora de vapor HRSG, que serían imposibles de realizar con la planta en servicio. En este mantenimiento general se realizan actividades preventivas como el cambio de piezas calientes en la turbina (Vane Carrier y Hot Gas Casing), mantenimiento preventivo a toda la instrumentación (manómetros, sensores, actuadores), válvulas de seguridad, sistemas de lubricación y refrigeración, mantenimiento predictivo mediante pruebas no destructibles (tintas penetrantes, vibraciones y de voltaje en el generador), y mantenimiento correctivo a elementos y/o equipos que lo requieran como material aislante, válvulas, filtros, etc.

El mantenimiento de sistemas independientes de la generación de energía eléctrica como lo es el sistema contra incendios es realizado de acuerdo a los resultados de las pruebas y/o simulacros realizados por la empresa.

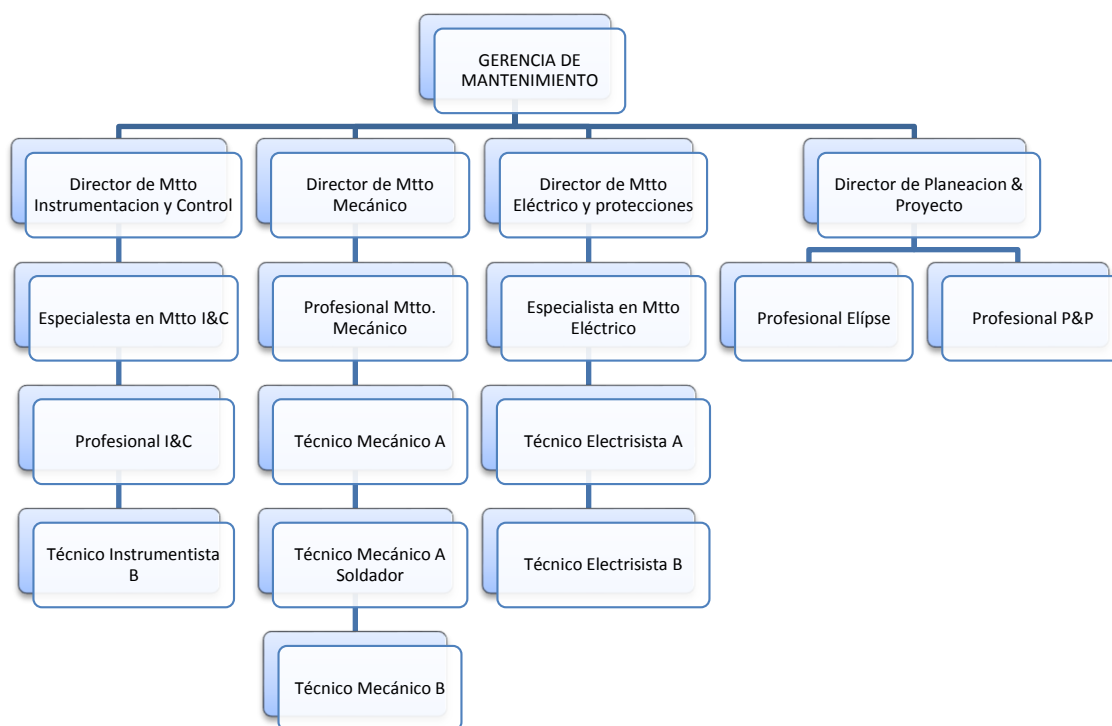


Figura 2. Estructura del mantenimiento de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A

Fuente: Ing. Jenner E. García S. Gerente de mantenimiento

1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia de mantenimiento

FORTALEZAS

Ingenieros y Técnicos con altos conocimientos de los equipos de la planta.

La empresa ha realizado este plan de mantenimiento en años anteriores por lo cual se cuenta con datos y experiencia para lograr mejores resultados.

La empresa tiene retos enfocados a la mejora del mantenimiento de la planta.

DEBILIDADES

Se tiene un plan de mantenimiento general overhaul de la unidad generadora de energía en el cual se obvia algunas actividades, y sus tiempos de desarrollo en algunos casos no corresponde con la realidad en campo.

OPORTUNIDADES	FO	DO
Se tiene la oportunidad de actualizar y ajustar los tiempos del plan de mantenimiento del overhaul de la unidad generadora de energía eléctrica, acorde a los requerimientos de la planta.	Aprovechar la competitividad del personal de la planta e incentivarlos con refrigerios, ya que la jornada de trabajo va de 7 am a 7 pm y turno en la noche para la turbina.	Asociarse con el personal técnico para tener en cuenta sus opiniones acerca de la secuencia de las actividades.
	FA Realizar un seguimiento a las actividades de limpieza y preparación.	DA Preparar estrategias basadas en la supervisión del mantenimiento para la reducción de tiempo de parada en próximos overhaul.

Figura 3. Matriz DOFA

Fuente: Autor

1.2.1 Planteamiento del problema.

La empresa TERMOBARRANQUILLA S.A realiza mantenimiento general overhaul a las unidades generadoras cada 36.000 horas equivalentes, en las que se tienen en cuenta eventos como disparos de la unidad y puesta en marcha. Para realizar el mantenimiento general overhaul la empresa cuenta con un plan de mantenimiento en el cual se estipulan actividades como el enfriamiento, el desensamble, actividades preventivas y correctivas, así como los requerimientos para la puesta en marcha de la unidad.

Cada una de estas actividades está estipulada con su tiempo de ejecución y la secuencia de pasos que se debe seguir para desarrollarla. Sin embargo, se ha observado que estos tiempos de trabajo no corresponden en algunos casos con la realidad en campo, donde algunas tareas tardan menos tiempo del estipulado y en otros casos este tiempo es mucho menor al que en realidad se utiliza para ejecutar una actividad. Adicionalmente, la secuencia de pasos para desarrollar las actividades difiere levemente con lo que realizan los técnicos en campo, algunas actividades como limpieza y/o preparación de partes no se encuentran al detalle en el plan de mantenimiento general de overhaul.

Por lo descrito anteriormente se hace necesario la supervisión del plan de mantenimiento general overhaul para ajustar los tiempos de cada actividad, hacer el seguimiento a la secuencia de las actividades, detallar cada una de las tareas de limpieza y/o preparación de partes. De esta manera se podrá tomar medidas para reducir los tiempos del mantenimiento general en próximas paradas.

1.3 Objetivos de las pasantías

1.3.1 General.

Supervisar el mantenimiento general overhaul de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica, de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A, ubicada en soledad, atlántico.

1.3.2 Específicos.

- Identificar los equipos, su funcionamiento y el plan de mantenimiento general overhaul actual.
- Comprender las actividades que se encuentran en el plan de mantenimiento general overhaul y los detalles y/o actualizaciones que estas necesitan.
- Documentar las actividades realizadas durante la ejecución del overhaul, así como sus tiempos de duración y secuencia.

1.4 Descripción de las actividades a desarrollar en la empresa

<i>Objetivo general</i>	<i>Objetivo específico</i>	<i>Actividades a desarrollar</i>
	Conocer los equipos, su funcionamiento y el plan de mantenimiento general overhaul actual.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar recorridos en la planta para la identificación de los equipos y su funcionamiento. - Describir de qué manera influyen los equipos en el proceso de la generación de energía eléctrica. - Solicitar copia del plan de mantenimiento general actual.
Supervisar el mantenimiento general overhaul de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica, de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A. ubicada en soledad, atlántico	Comprender las actividades que se encuentran en el plan de mantenimiento general overhaul y los detalles y/o actualizaciones que estas necesitan.	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretar cada uno de los procedimientos para realizar las actividades. - Definir con el gerente de mantenimiento los detalles y/o actualizaciones que se requieren para el plan de mantenimiento
	Documentar las actividades realizadas durante la ejecución del overhaul, así como sus tiempos de duración y secuencia.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar el acompañamiento al mantenimiento general overhaul. - Incluir las actualizaciones al plan de mantenimiento

Figura 4. Actividades a realizar para el cumplimiento de los objetivos

Fuente: Autor

1.5 Cronograma de actividades

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Realizar recorridos en la planta para la identificación de los equipos y su funcionamiento.																
Describir de qué manera influyen los equipos en el proceso de la generación de energía eléctrica																
Solicitar copia del plan de mantenimiento general actual																
Interpretar cada uno de los procedimientos para realizar las actividades																
Definir con el gerente de mantenimiento los detalles y/o actualizaciones que se requieren para el plan de mantenimiento																
Realizar el acompañamiento al mantenimiento general overhaul																
Incluir las actualizaciones al plan de mantenimiento																

Figura 5. Cronograma de actividades

Fuente: Autor

Capítulo 2. Enfoques referenciales

2.1 Enfoque conceptual

Podemos definir el mantenimiento como el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones o equipos, con el fin de prevenir o corregir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados (Luis Alberto Cuarta Pérez, 2008).

“Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta, que habitualmente no son todos. Hay todo un conjunto de equipos que se consideran no mantenibles desde un punto de vista preventivo, y en los cuales es mucho más económico aplicar una política puramente correctiva. (Grupo Renovetec 2013).

Las tareas de mantenimiento son la base de un plan de mantenimiento, al determinar cada actividad se debe tener en cuenta su frecuencia y duración.

En cuanto a la frecuencia de una tarea, existen dos formas para fijarla:

- Siguiendo periodicidades fijas
- Determinándola a partir de las horas de funcionamiento

Cualquiera de las dos formas es perfectamente válida; incluso es posible que para unas tareas sea conveniente que se realice siguiendo periodicidades preestablecidas y que otras tareas, incluso referidas al mismo equipo, sean referidas a horas efectivas de funcionamiento. Ambas formas de determinación de la periodicidad con la que hay que realizar cada una de las tareas que componen un plan tienen ventajas e inconvenientes. (Grupo Renovetec 2015).

La estimación de la duración de las tareas es una información complementaria del plan de mantenimiento. Siempre se realiza de forma aproximada, y se asume que esta estimación lleva implícito un error por exceso o por defecto (SENA, 2014).

Overhaul también llamado cero horas. “Conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca algún fallo, o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido de manera apreciable que es arriesgado hacer prever sobre su capacidad. Consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como nuevo. Se sustituyen o reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con una alta probabilidad un buen tiempo de funcionamiento fijado de antemano” (Luis Javier Jairo Sena, 2015)

El mejor desempeño de la empresa depende de la calidad de mantenimiento que se prevé a cada uno de los elementos, siendo de suma importancia tener una visión a futuro, planificar y programar el mantenimiento para cubrir toda el área en el tiempo, sea a mediano o largo plazo, (Grupo Reinalca, 2008).

El mantenimiento es un conjunto de actividades cuya finalidad es conservar, o restituir un elemento a las condiciones que le permitan desarrollar su función, (ICONTEC E. 1999. p.22), actualmente se estima como una inversión dentro de las industria puesto que ayuda a mejorar y mantener la calidad en la producción.

2.2 Enfoque legal

2.2.1 Norma Técnica Colombiana NTC ISO 9001. 6.3 Infraestructura.

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto. La infraestructura incluye, cuando sea aplicable:

- a) edificios, espacio de trabajo y servicios asociados,
- b) equipo para los procesos, (tanto hardware como software), y
- c) servicios de apoyo tales (como transporte o comunicación).

2.2.2. Norma Técnica Colombiana. NTC-OHSAS 18001.

Control operacional. La organización debe determinar aquellas operaciones y actividades asociadas con el (los) peligro(s) identificado(s), en donde la implementación de los controles es necesaria para gestionar el (los) riesgo(s) de S y SO.

Para aquellas operaciones y actividades, la organización debe implementar y mantener:

- a) los controles operacionales que sean aplicables a la organización y a sus actividades; la organización debe integrar estos controles operacionales a su sistema general de S y SO;
- b) los controles relacionados con mercancías, equipos y servicios comprados;
- c) los controles relacionados con contratistas y visitantes en el lugar de trabajo;
- d) procedimientos documentados para cubrir situaciones en las que su ausencia podría conducir a desviaciones de la política y objetivos de S y SO;
- e) los criterios de operación estipulados, en donde su ausencia podría conducir a desviaciones de la política y objetivos de S y SO.

2.2.3. Norma Técnica Colombiana GTC 62.

Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio y mantenimiento. Esta guía tiene por objeto establecer las definiciones que se utilizan en el área de mantenimiento en plantas industriales y en empresas de servicios.

2.2.3.1. Mantenimiento. Conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar, o restituir un elemento a las condiciones que le permitan desarrollar su función.

2.2.3.2. Mantenimiento correctivo. Mantenimiento efectuado a una entidad cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo puede, o no, estar planificado.

2.2.3.3 Mantenimiento preventivo. Mantenimiento que consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambios de componentes o piezas según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una entidad. Siempre se debe planificar.

2.2.3.4 Mantenimiento programado. Mantenimiento preventivo que se efectúa a intervalos predeterminados de tiempo, número de operaciones, recorrido, etc. Equivale al término mantenimiento rutinario y mantenimiento sistemático.

2.2.3.5. Planeación del mantenimiento. Relación detallada de las actuaciones de mantenimiento que requiere una máquina y de los intervalos con que deben efectuarse. (ICONTEC, Colombia, p. 1999)

2.2.3.6 Planificación del mantenimiento. Análisis y decisión previa de las actuaciones, secuencias, métodos de trabajo, materiales y repuestos, útiles y herramientas, mano de obra y tiempo necesario para la reparación de un conjunto de máquinas o sistemas.

2.2.3.7 Programación del mantenimiento. Conjunto de las especificaciones necesarias para la ejecución de acciones de mantenimiento, contiene detalladamente los recursos y suministros a utilizar

2.2.3.8 Tiempo de mantenimiento. Intervalo de tiempo durante el cual se efectúa una acción de mantenimiento sobre un elemento, manual o automáticamente, se incluyen los retrasos técnicos y logísticos.

Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo

3.1 Conocer los equipos, su funcionamiento y el plan de mantenimiento general overhaul actual

Se realizó un recorrido inicial por la planta con el acompañamiento del ingeniero José Noel Villamizar director de mantenimiento mecánico, en donde se indicó la ubicación y el funcionamiento de los equipos. A continuación, se describe la función y de qué manera estos influyen en el proceso de generación de energía eléctrica.

Termobarranquilla S.A ESP cuenta con cinco turbinas a gas (GT) y dos a vapor (ST) en el bloque ABB las cuales trabajan en ciclo combinado generando 791 MW, además del bloque ABB la empresa cuenta con dos unidades de vapor en ciclo simple las cuales generan alrededor de 45 MW cada una.

Este trabajo se llevó a cabo en el bloque ABB con enfoque especial en la unidad GT 22, ya que en esta máquina se realizó el mantenimiento general overhaul. El bloque ABB está compuesto de la siguiente manera:

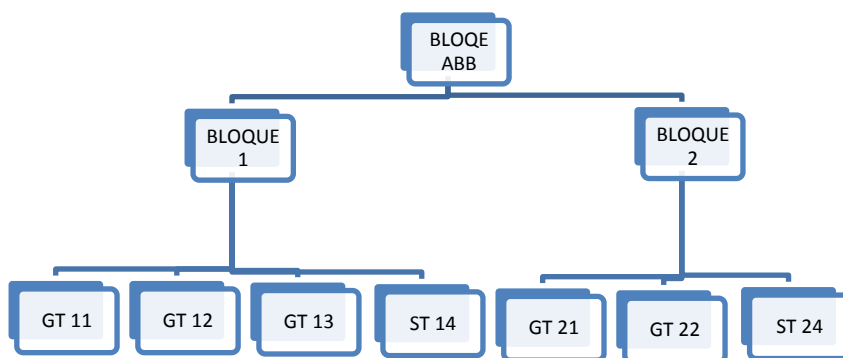


Figura 6. Estructura del bloque AAB empresa TERMOBARRANQUILLA S.A

Fuente: Autor

3.1.1 Descripción del Ciclo Combinado.

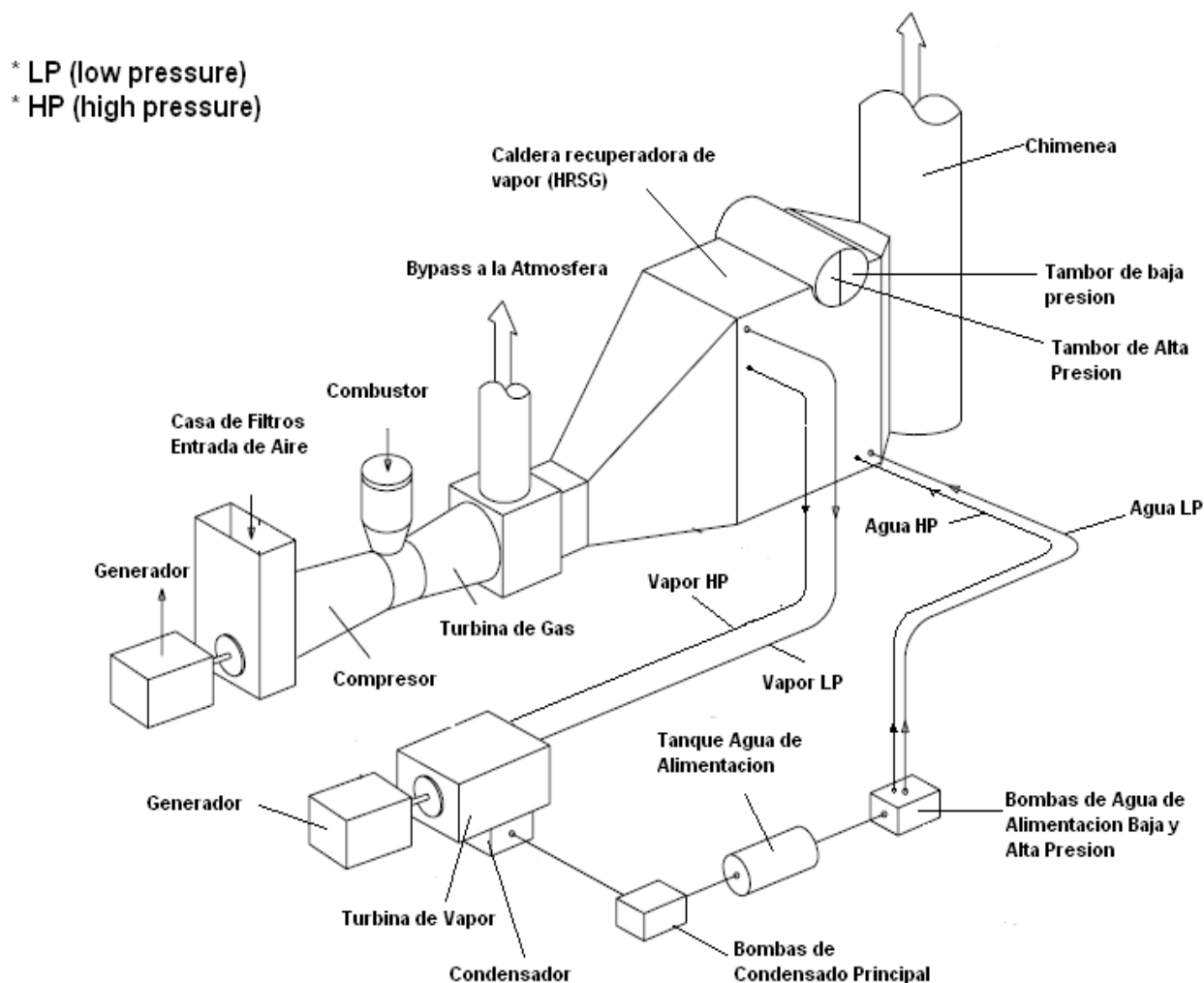


Figura 7. Ciclo combinado

Fuente: Autor

El aire es tomado de la atmosfera en la **casa filtros**, pasando por unas rejillas o persianas, que evitan que la lluvia y otros elementos, como pájaros, entren en las vías de toma de aire. El aire fluye a través de la estructura de filtrado a un filtro de dos etapas, el cual retira la suciedad y otros contaminantes. El aire limpio fluye, a continuación, a una velocidad y presión

relativamente alta por medio de un silenciador, el cual disminuye el ruido. Después de pasar por el silenciador, el aire fluye hasta la entrada del compresor.

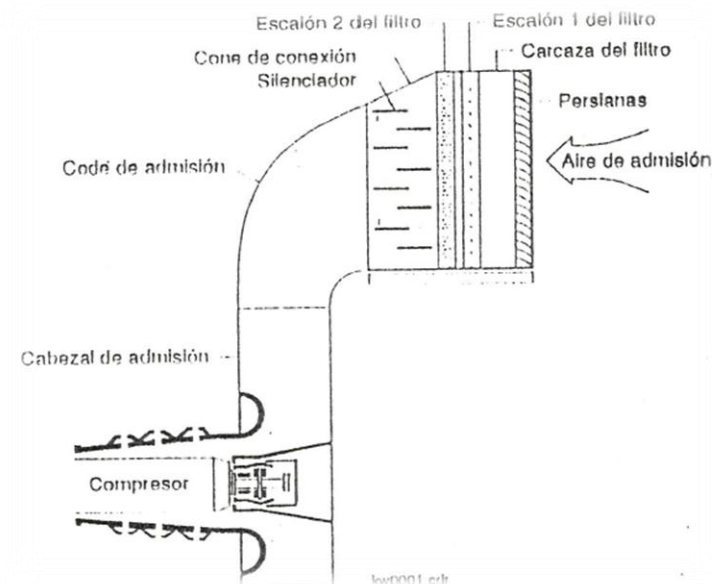


Figura 8. Toma de aire
Fuente: Manuales ABB

El compresor, a continuación, recibe el aire que viene de la casa filtros pasando por los alabes guías VIGV que controlan el ángulo de entrada del aire, de esta manera los VIGV regulan el flujo de aire que fluye a través del compresor y de cierta forma influyen en el control de la potencia de la turbina, ya que este aire posteriormente se mezclara con el combustible para realizar la combustión.

El aire luego de pasar por los VIGV entra al compresor, el cual cuenta con 16 etapas (hileras de alabes), en cada una de estas etapas el aire es comprimido hasta llegar a una presión de aproximadamente 14 bar en la hilera 16.

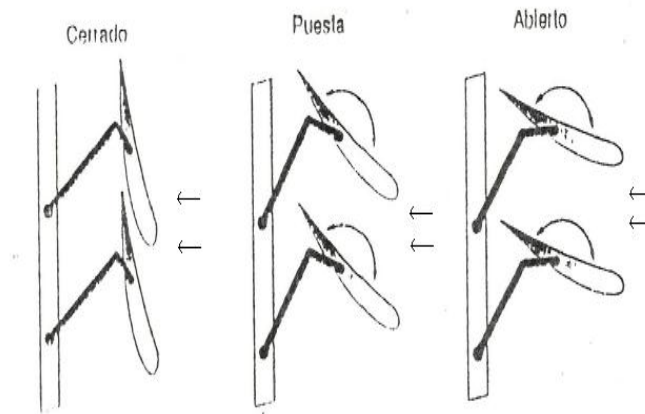


Figura 9. Posición de los VIGV

Fuente: Manual ABB

El aire presurizado del compresor es enviado al **combustor**, montado verticalmente en la turbina, aquí es donde el aire comprimido entra en contacto con el gas natural (combustible) generando la llama para iniciar el proceso de combustión.

Hay dispuestos 37 quemadores centrados encima del combustor, el quemador central o quemador 1 (quemador de ignición) proporciona la “chispa inicial” para el encendido, este quemador utiliza gas propano. Cada quemador se enciende o apaga de forma individual para controlar los niveles de carga a la que se requiere la unidad, esta operación es realizada desde la sala de control, donde se tiene el control de todas las máquinas de la planta. Cada quemador es básicamente un cono que posee dos ranuras de entrada de ancho constante, el aire entra por estas ranuras y se mezcla con el gas, el cual es inyectado a través de agujeros finos en los bordes de las ranuras.

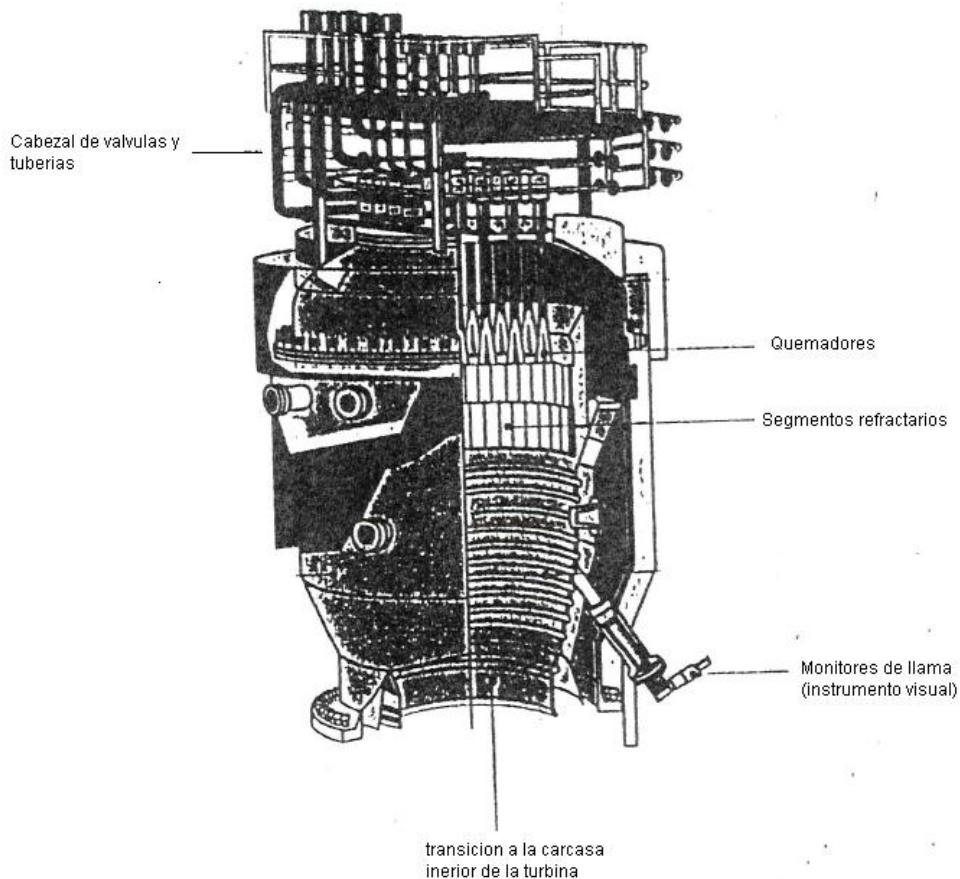


Figura 10. Combustor

Fuente: Manuales ABB

Los gases producidos en la combustión pasan a la turbina a través del Hot Gas Casing (HGC), el cual redirecciona los gas para que entren a la primera etapa de la turbina. En las próximas páginas se explicara el diseño y función del HGC con más detalle.

En la **turbina** los gases de la combustión se expanden en las cuatro etapas (hileras de alabes) que esta tiene, lo que provoca que el rotor gire a gran velocidad. De esta manera se aprovecha la fuerza de los gases de la combustión. Los gases a la salida de la turbina tienen una temperatura de 560 °C a máxima carga.

Los gases pasan por el difusor de la turbina hacia la **caldera recuperadora de vapor (HRSG)**. Hay dos configuraciones de gas de escape dependiendo de la forma en que la central térmica vaya a ser operada. En ciclo simple los gases de escape salen por el **bypass a la atmosfera** por medio de una compuerta (diverter) que se cierra impidiendo el paso hacia la HRSG. Cuando la central opera en ciclo combinado el diverter es abierto para que los gases calientes que vienen de la turbina pasen a la HRSG y ayuden a la creación del vapor que va a las turbinas de vapor.

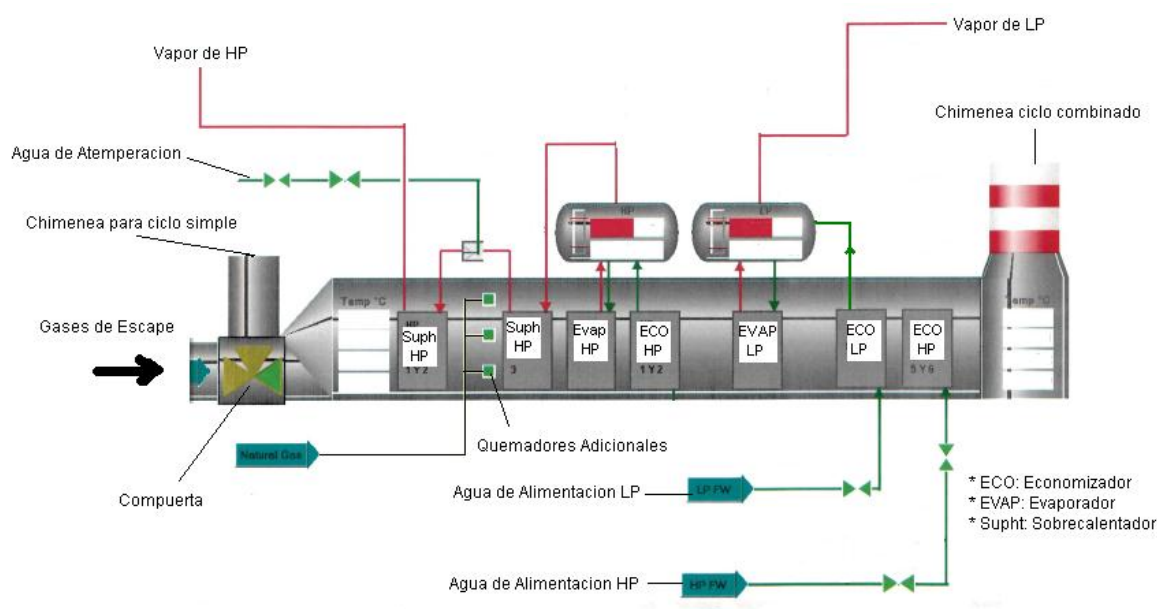


Figura 11. HRSG
Fuente: Manuales ABB

El agua de alimentación LP Y HP que alimenta la HRSG, es agua desmineralizada, la cual es la utilizada para el ciclo cerrado de la turbina de vapor, este ciclo cerrado posee pérdidas por fugas, evaporaciones, etc. Termobarranquilla S.A ESP cuenta con una planta de tratamiento donde se desmineraliza el agua utilizada en el bloque ABB. Esta planta es utilizada para reponer

las pérdidas del ciclo. Esta reposición se realiza en el **tanque de agua de alimentación**, a razón de $15 \frac{m^3}{h}$ según último dato de sala de control.

El conjunto de bombas de HP y HL succiona el agua del tanque de agua de alimentación para llevarla a la HRSG por medio de tuberías aisladas térmicamente con silicato.

El **agua de alimentación LP (AA LP)** entra a los economizadores LP (tubos aleteados de 1 pulg) En condiciones normales a $P = 18\text{Bar}$; $T = 61 \text{ } ^\circ\text{C}$. donde es expuesta a los gases de escape que vienen de la turbina, ganando condiciones de $T = 140 \text{ } ^\circ\text{C}$. El agua en estado de saturación pasa al **tambor de LP**, en donde ocurre la separación de vapor y agua saturada, el agua saturada pasa por medio de cabezales a los evaporadores de LP donde nuevamente es expuesta a los gases de escape de la turbina, en este momento el agua cambia de estado y pasa a ser vapor regresando al tambor de LP. **El vapor de LP** sale hacia la turbina de vapor a una $P = 4.12 \text{ Bar}$; $T = 152 \text{ } ^\circ\text{C}$ y con un flujo de 7.86 Kg/s .

El **agua de alimentación HP (AA HP)** entra a los economizadores (3) de HP, en condiciones normales de operación a $P = 90 \text{ Bar}$; $T = 62 \text{ } ^\circ\text{C}$. donde es expuesta a los gases de escape que vienen de la turbina, ganando condiciones gracias a la transferencia de calor por medio de las aletas de los tubos de los economizadores, el agua saturada, en este punto, entra al **tambor de HP** para darse paso hacia los evaporadores de HP en donde al estar más cerca de la entrada de los gases recibe de estos una mayor transferencia de calor lo que lleva a evaporar el agua, para que regrese nuevamente al tambor de HP, en este momento la $P = 76 \text{ Bar}$. El vapor que sale del tambor de HP pasa al sobrecalentador 2 donde entra en contacto con los gases, que

han ganado energía (calor) gracias a los quemadores adicionales que están justo delante de este sobrecalentador, de esta manera el vapor es sobrecalentado hasta alcanzar una temperatura de $T = 493 \text{ C}^\circ$. El vapor sobrecalentado que viene del sobrecalentador 2 pasa a un ducto de transición que comunica con el sobrecalentador 1, en este ducto de transición el vapor sobrecalentado se atempera (baja su temperatura) por medio de una válvula que permite el paso de agua atomizada a $T = 62 \text{ C}^\circ$; $P = 75 \text{ Bar}$. Esto con el fin de bajar la temperatura a $T = 460 \text{ C}^\circ$ y evitar que en el paso del vapor en el sobrecalentador 1 se superen las temperaturas permitidas por los límites metalúrgicos de la turbina de vapor y alcanzar la temperatura óptima del ciclo a la entrada de la turbina. El vapor luego de ser atemperado pasa al sobrecalentador 1, para finalmente salir hacia la turbina de vapor a $T = 520 \text{ C}^\circ$; $P = 73 \text{ Bar}$ y a una razón de 60 Kg/s .

La **turbina de vapor** está dividida en dos, la turbina de baja presión y la turbina de alta presión. El vapor HP que viene de la HRSG entra a la turbina de alta presión donde entra en contacto con los alabes del rotor, produciendo el giro de este, el vapor sale de la turbina de alta presión y pasa a la turbina de baja presión por medio del crossover donde se encuentra con el vapor de LP que viene de la HRSG, de esta manera se aprovecha la energía que aun trae el vapor que sale de la turbina de alta presión para que junto con el vapor de LP hagan girar el rotor.

El vapor que se ha mezclado en la turbina de baja presión es desplazado hacia el condensador, que gracias al vacío que existe en este, generado por las bombas de vacío, cae a lo largo del condensador donde es enfriado hasta condensarse, al estar expuestos en intercambiadores de calor con agua cruda (no desmineralizada), extraída del río Magdalena. El condensado cae al pozo caliente (depósito de agua justo debajo del condensador). Las bombas de

condensado principal envían el agua al tanque de agua de alimentación para que inicie nuevamente el ciclo.

Los **generadores** de la turbina de vapor y turbina de gas aprovechan la energía mecánica del rotor para generar energía eléctrica, un campo magnético es creado por el rotor y estator del generador para transformar la energía mecánica del eje en energía eléctrica. Más adelante se explicara con más detalle este proceso en el generador de la turbina de gas (GT).

3.1.2 Piezas importantes y equipos auxiliares

- **Combustor**

El combustor está formado por dos grandes partes: la tapa y la cámara de combustión. En la parte superior se encuentra la tapa y en ella las válvulas solenoides que controlan el flujo de gas a los quemadores. La cámara de combustión está formada por: la chaqueta exterior, revestimiento intermedio, porta segmentos y revestimiento interior.



Figura 12. Partes del combustor

Fuente: Autor

En la tapa del combustor se encuentran, además, las lanzas ciegas, que son los conductos de gas y aire a los quemadores, así como también se encuentran los 36 quemadores.



Figura 13. Quemadores del Combustor

Fuente: Autor

El revestimiento interior y el porta segmentos forman el espacio en donde se produce la combustión, por lo cual están fabricados material refractario de alta resistencia a la temperatura. El porta segmento cuenta con 64 escudos refractarios que minimizan la transferencia de calor hacia el exterior del combustor.



Figura 14. Revestimiento interior y porta segmentos de la cámara de combustión

Fuente: Autor

- **Turbina y Compresor**

El Hot Gas Casing (HGC) recibe los gases del combustor para redireccionarlos hacia la primera etapa de la turbina. El HGC consta de una parte superior y una inferior. La parte inferior rodea la etapa 1 de la turbina por abajo y la parte superior la rodea por la parte de arriba. Tal como se muestra en la Figura 15.

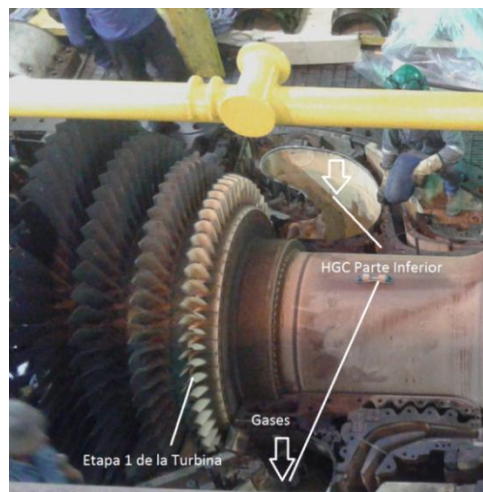


Figura 15. HGC parte inferior

Fuente: Autor



Figura 16. HGC parte superior

Fuente: Autor

En la Figura 16 se observa la forma del HGC superior y los anclajes al combustor. El flujo de gases entra y se divide en los dos canales que tiene la parte superior y que posteriormente entran a la parte inferior de HGC para impactar con los alabes de la turbina.

La turbina así como el compresor tienen alabes fijos y alabes móviles, los alabes móviles obviamente son los que están en el rotor.

Los alabes fijos de la turbina están ubicados en el Vane Carrier, que junto con los alabes móviles forman el camino de expansión que realizan los gases de la combustión. Así como el HGC el Vane Carrier consta de dos partes: superior e inferior, las cuales rodean los alabes móviles de la turbina. El Vane carrier tiene 4 etapas. Tal como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Vane Carrier Inferior

Fuente: Autor

Los alabes fijos del compresor están dispuestos en la carcasa inferior y superior. Cada una de ellas con 16 etapas y una primera etapa de alabes que son las aletas guías VIGV.

El rotor cuenta con 16 etapas del compresor y 4 etapas de la turbina. Tal como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Carcasa inferior y Rotor

Fuente: Autor

- **Generador**

El generador es enfriado por aire que circula desde los dos extremos. Dos escudos de metal y fibra (metal exterior y fibra interior) forman la cámara de aire de donde aletas ancladas al rotor impulsan el aire a través del generador, estas aletas están ubicadas a ambos extremos del rotor del generador, un filtro ubicado en el escudo de metal impide el ingreso de impurezas al aire de enfriamiento. El aire que circula es enfriado por agua del sistema de agua de enfriamiento, que se describirá más adelante, en la parte inferior del generador están dispuestos 4 enfriadores por los que circula esta agua, el aire pasa por estos enfriadores en los cuales pierde calor.

A continuación se describirá el funcionamiento del generador y de sus componentes. El generador en el proceso de arranque actúa como un motor eléctrico de inducción para acelerar el rotor, cuando la unidad ya es auto sostenida (el rotor gira por las fuerzas de los gases de la combustión).

En el proceso de arranque de la unidad, el devanado del estator del generador es inducido con un voltaje de corriente alterna, a través de un convertidor de frecuencia estática (SFC). El SFC se alimenta del sistema de alto voltaje o de un motor generador diesel, transformando este suministro constante de voltaje y frecuencia en un voltaje y frecuencia variable.

Cargado eléctricamente el estator es necesario inducir un voltaje al rotor del generador; el SFC alimenta al sistema porta escobillas con un voltaje de corriente continua, el cual hace contacto con el rotor por medio de balancines de escobillas, de esta manera se induce el voltaje al rotor en el proceso de arranque, creando el campo magnético necesario para acelerar la unidad hasta el 60% de la velocidad de régimen. De manera que, el generador en el proceso de arranque actúa como un motor eléctrico de inducción.

Cuando la unidad alcanza el 60% de la velocidad de régimen es auto sostenida. El proceso de aumento de carga de energía generada es el siguiente: El AVR (regulador automático de voltaje) induce corriente continua al estator de la excitatriz. La salida de energía en el generador está determinada por la cantidad de corriente continua que fluye en el devanado del estator de la excitatriz. Si la energía de salida disminuye, el AVR aumenta la cantidad de corriente que fluye por el devanado de corriente continua de la excitatriz. El aumento de corriente continua resulta en una salida de voltaje de corriente alterna desde el rotor de la excitatriz. El voltaje de corriente alterna pasa a un rectificador diódico rotativo, donde es convertido a un voltaje de corriente continua, este voltaje que sale del rectificador pasa al rotor del generador donde es aplicado al devanado del estator del generador, donde pasa a corriente alterna. De esta manera al haber un

mayor flujo de corriente continua desde el AVR hacia el estator de la excitatriz, mayor será la salida de corriente alterna a la salida del generador.



Figura 19. Excitatriz y Porta Escobillas

Fuente: Autor

- **Equipos Auxiliares**

Sistema de Aceite lubricante: equipos que conforman el sistema de aceite lubricante:

- i. Dos bombas centrífugas de corriente alterna
- ii. Bomba centrífuga de corriente directa (bomba de emergencia)
- iii. Extractor de vahos
- iv. Válvula de control de temperatura
- v. Enfriador de laminas
- vi. Filtro dúplex

La función principal del sistema lubricante es enviar aceite filtrado a los cojinetes de la unidad a la temperatura y presión correcta. El sistema cuenta con tres bombas para enviar el

aceite, dos de corriente continua y una de corriente directa. En funcionamiento normal solo trabaja una bomba de corriente alterna mientras las otras se encuentran en stand by. La bomba de corriente directa o bomba de emergencia entra en servicio si hubiese una pérdida de corriente alterna o si la presión cayese por debajo del punto mínimo establecido. En el depósito de aceite se cuenta con seis calentadores de resistencia que mantienen la temperatura del aceite dentro de unos márgenes específicos. Se debe mantener una temperatura de aceite correcta para garantizar una determinada viscosidad para bombeo y lubricación. A medida que el aceite regresa de los cojinetes al depósito de aceite, se forma una condensación de aceite en el espacio de aire que hay encima del aceite. El extractor de vahos, que tiene un ventilador motorizado, succiona aire del depósito de aceite. La condensación de aceite en el aire es separada en el extractor, permitiendo que el aceite regrese al depósito y expulsando el aire limpio a la atmosfera.

Una válvula contrala la temperatura de aceite lubricante que va a los cojinetes mediante la regulación de flujo al enfriador de aceite (enfriador de lámina), la válvula detecta la temperatura y dirige el flujo de aceite basado en esa temperatura. Cuando la válvula de control está en paso total, el flujo de aceite va directamente a los cojinetes mediante los filtros dúplex. Cuando la válvula está en posición de enfriado total, el flujo de aceite es enviado al enfriador de láminas y posteriormente a los cojines pasando por los filtros dúplex.

El filtro dúplex ubicado rio a bajo de la válvula de control de temperatura, filtra el aceite antes de ser enviado a los cojinetes. Este filtro contiene dos receptáculos de filtrado: uno está funcionando y el otro en stand by. Una válvula permite que los filtros puedan intercambiarse en operación.

Sistema de Agua de Enfriamiento: equipos que conforman el sistema de agua de enfriamiento

- i. Bombas de corriente alterna
- ii. Torre de enfriamiento
- iii. Válvula de control de temperatura

El sistema de agua de enfriamiento de circuito cerrado, enfriado por aire, proporciona agua al enfriador de lámina del aceite lubricante y a los enfriadores del generador. Para hacer circular el agua el sistema cuenta con dos bombas centrífugas de corriente alterna, una funciona mientras la otra se encuentra en stand by. La bomba hace circular el agua a través de tuberías que se dividen en dos direcciones: una rama cubre el enfriador de láminas de aceite lubricante y la otra cubre los enfriadores de aire del generador. El agua caliente que sale de ambas ramas es dirigida a la torre de enfriamiento, que cuenta de grandes ventiladores que desplazan el calor recogido del enfriador de láminas y de los enfriadores del generador. El agua nuevamente es dirigida a la bomba de circulación, completando el circuito cerrado de enfriamiento.



Figura 20. Torre de Enfriamiento

Fuente: Autor

Una válvula de control de temperatura de tres vías, mide la temperatura del agua que regresa del enfriador de láminas y de los enfriadores del generador y regula el flujo de agua hacia la torre de enfriamiento basándose en esa temperatura.

Sistema de Aceite de Virado o de levante: equipos que conforman el sistema de aceite de virado.

- i. Bomba de corriente alterna
- ii. Bomba de corriente directa

El sistema de aceite de virado suministra aceite a alta presión a los cojinetes durante el encendido de la unidad. El aceite de alta presión crea una capa de aceite que eleva ligeramente al rotor, reduciendo el par de torsión requerido y el desgaste de los cojinetes.

Otra función del aceite de virado es asistir a la bomba de aceite lubricante de emergencia cuando la presión cae por debajo de los límites preestablecidos.

Sistema de Giro Lento: equipos que conforman el sistema de giro lento:

- i. Bomba tipo engranaje de corriente continua
- ii. Bomba manual tipo embolo

Se emplea para girar el rotor después de la ralentización de la turbina para garantizar un enfriamiento uniforme del rotor y evitar que este se deforme en el proceso de enfriamiento.

La bomba de giro lento es de tipo engranaje activada por un motor de corriente continua, la bomba succiona del depósito aceite y envía aceite a alta presión a una “uña” que actúa como un pistón de movimiento alternante, esta uña hace contacto con una rueda dentada, unida al rotor.

Con cada contacto de la uña con la rueda dentada el rotor gira $\frac{1}{4}$ de vuelta. La uña y la rueda dentada se observan en la Figura 21.



Figura 21. Giro Lento

Fuente: Autor

Adicional a la bomba de engranajes, el sistema de giro lento cuenta con una bomba manual tipo embolo, empleada para girar el rotor para servicios de mantenimiento o si la bomba de corriente continua estuviera estropeada.

3.1.3 Plan de mantenimiento general overhaul actual

De la revisión al plan de mantenimiento general overhaul actual, se pudo conocer lo siguiente

El formato del plan de mantenimiento actual está dividido o estructurado de la siguiente manera:

- Enfriamiento
- Desensamble
- Actividades de Inspección
- Preensamble
- Ensamble Final
- Generador
- HRSG
- Comissioning

Las actividades en el generador, turbina-compresor, combustor y HRSG son realizadas en simultáneo, siempre y cuando sea posible.

3.1.3.1 Enfriamiento: El enfriamiento de la unidad es necesario para lograr una temperatura correcta en el área de trabajo. En el enfriamiento juega un papel importante el rotor, ya que este debe tener un enfriamiento uniforme para evitar deformaciones. Para esto se utiliza el sistema de giro lento.

3.1.3.2 Desensamble: En el desensamble están incluidas las actividades de desmonte del combustor y las actividades de desarme de la turbina y compresor. Adicional a esto, se encuentran las actividades de protocolos de medición que se realizan a medida que avanza el desarme.

3.1.3.3 Actividades de inspección: Las actividades de inspección están divididas en tres.

- Reparación mayor cámara de combustión
- Trabajos de inspección general
- Trabajos carcasa y rotor

La reparación mayor de la cámara de combustión consiste en el desarme del combustor, inspeccionar el estado de los quemadores, cambiar segmentos refractarios, mantenimiento a las válvulas solenoides y cualquier otra corrección que se crea necesaria realizar.

Los trabajos de inspección general se centran en los trabajos de soldadura necesarios en el exosto de la turbina, limpieza y pruebas de tintas penetrantes a los cinco cojinetes de la unidad (dos en la turbina-compresor y tres en el generador). Adicional a estos cojinetes, en el compresor hay un cojinete axial el cual compensa las fuerzas axiales generadas por la desproporción que hay entre la turbina y compresor, este cojinete también es inspeccionado.

Los trabajos en la carcasa y rotor se centran en las actividades que deben realizarse en las partes principales, como el vane carrier y el HGC.

3.1.3.4 Preensamble: Las piezas nuevas que van a ser instaladas como el vane carrier y el HGC se preensamblan para realizar mediciones y ajustar tolerancias. Adicional a estas piezas es necesario realizar el preensamble del rotor, ya que en este se le cambian algunas hileras de alabes según recomendación del fabricante, en la preinstalación del rotor se miden las tolerancias de los alabes móviles con respecto a los alabes fijos y los alabes móviles con respecto a la carcasa. Si es necesario se toman medidas, como el maquinado, para ajustar las tolerancias.

3.1.3.5 Ensamble final: Una vez confirmadas las tolerancias necesarias en las piezas se procede al armado final.

3.1.3.6 Generador: Las actividades en el generador se centran en el desarme de cada uno de sus componentes, la inspección del rotor y estator para corregir fallas o fallas potenciales, y el ensamble.

3.1.3.7 HRSG: Las actividades en la caldera recuperadora de vapor se dividen en tres

- Cambio de buje del diverter (compuerta bypass a la atmosfera)
- Cambio de sello diverter
- Mantenimiento de válvulas

3.1.3.8 Comissioning: Es la etapa final de la parada overhaul, en ella se realizan todas las pruebas necesarias para el arranque de la unidad: las pruebas de encendido de los quemadores, la calibración de los VIGV, pruebas de los sistemas de disparo de protección de la unidad. Finalmente la unidad es llevada a carga base y sincronizada con la red nacional de energía.

3.2 Comprender las actividades del plan de mantenimiento y los detalles o actualizaciones que estas necesitan

De acuerdo a lo observado en la ejecución de las actividades, se describirá en que consiste cada una de las actividades

3.2.1 Actividades de enfriamiento.

- **Interruptor abierto:** este interruptor conecta a la unidad con el transformador y este conecta a la red nacional, Por lo tanto, el objetivo de esta actividad es aislar la máquina de la red. La apertura del interruptor es realizada en presencia de SF6 (hexafluro de

azufre), que al ser un gas totalmente inerte y no inflamable mitiga el arco eléctrico generado en la apertura del interruptor.

- **Giro lento ON:** el sistema de giro lento entra en servicio para el enfriamiento uniforme del rotor, por alrededor de 24 horas.
- **Abrir las puertas del recinto:** tanto la turbina-compresor, combustor y generador dentro de un recinto (enclosure). Las puertas del enclosure se abren para acelerar el enfriamiento.
- **Giro lento OFF:** en este punto el rotor se ha enfriado de manera uniforme.
- **Primer y segundo soplado:** los soplados se realizan energizando el generador para que actúe como un motor de inducción. El soplado tiene como fin acelerar la unidad para eliminar gases que posiblemente estén presentes, arrastrándolos hacia la HRSG y posteriormente a la atmosfera. Cada soplado se realiza por alrededor de dos horas.

3.2.2 Actividades del desensamble.

- **Desmontar enclosure del combustor:** el enclosure del combustor está formado por dos paneles en forma de “L”. En la Figura 22 se aprecia una mitad del enclosure. el combustor se observa con la tapa abierta, por esta apertura se ingresa para tomar medidas en el acople del combustor con la turbina. Estas mediciones también son realizadas en el ensamble final.



Figura 22. Enclosure Combustor

Fuente: Autor

- **Soltar tornillos del acople turbina-combustor:** el combustor está acoplado a la carcasa de la turbina mediante pernos de sujeción hidráulica. Para soltar estos pernos es necesario una bamba que envíe aceite a una presión de 20.000 Psi, en el perno se instala un cilindro metálico por donde entra el aceite. La función del aceite a alta presión es la de elongar el perno para liberar la rosca de la tuerca de apriete, y pueda ser girada para soltar. Para apretar estos pernos, se inyecta el aceite para elongar el perno y darle apriete a la tuerca, de manera que, cuando se libera la presión de aceite el perno vuelve a su posición inicial presionando la rosca de la tuerca de apriete.
- **Desmontar combustor:** esta es una de las actividades críticas del overhaul, debido al poco espacio de maniobra. El combustor es anclado a un puente grúa, de una capacidad de 70 Ton, el cual lo extrae y lo prepara para transportarlo en un camión a un lugar con más espacio para continuar con su mantenimiento.

En la Figura 23 se observa el acople de turbina-combustor, en ella se ve la entrada de los gases por el HGC.



Figura 23. Acople Combustor-Turbina

Fuente: Autor

- **Soltar pernos de la carcasa:** los pernos de la carcasa se aflojan de manera similar a los del combustor, excepto que, los pernos ubicados en la zona de la turbina se les aplica aceite a una presión de 28.000 Psi y a los del compresor se les aplica a una presión de 33.000 Psi. La presión aplicada a los pernos del compresor es mayor debido a que la carcasa en esta zona debe resistir la presión del aire que es comprimido por el compresor.
- **Levantar carcasa turbina/compresor:** una vez retirados los pernos y las tuberías de refrigeración que llegan a la carcasa se procede a levantarla, utilizando el puente grúa.



Figura 24. Carcasa Superior

Fuente: Autor

- **Protocolos de medición:** se miden tolerancias de todas las partes internas y de los alabes móviles con respecto a la carcasa inferior y alabes móviles con respecto a alabes fijos.
- **Quitar vane carrier superior:** el vane carrier superior e inferior están sujetos entre sí por pernos de presión hidráulica, por lo cual, una vez sueltos estos pernos se procede a extraer el vane carrier superior.
- **Quitar HGC superior:** el HGC superior e inferior están unidos entre sí por soldadura, se procede a cortar esta soldadura para extraer el HGC superior.
- **Quitar parte superior de los cojinetes:** en turbina/compresor el rotor tiene dos cojinetes radiales, uno a cada extremo (lado turbina y lado compresor), y un cojinete axial ubicado estratégicamente en el compresor, para contrarrestar el empuje del flujo de aire y gases en el rotor. Todos los cojinetes inspeccionados mediante tintas penetrantes para descartar posibles fallas.

- **Izar rotor:** para izar el rotor se utiliza un balancín, ver Figura 25, el cual en el extremo que se va a anclar al compresor se deja con una altura mayor con respecto al otro extremo de aproximadamente 190 mm, todo esto para equilibrar las cargas, ya que el compresor tiene mayor peso que la turbina.



Figura 25. Izar Rotor

Fuente: Autor

- **Desmonte de las partes inferiores:** así como fueron extraídas las partes superiores mencionadas anteriormente, también se retiran sus partes inferiores.

3.2.3 Actividades de inspección.

- **Reparación mayor de la cámara de combustión:** consiste en el desarme total del combustor, desmontando las lanzas ciegas, los quemadores, el revestimiento interior y el porta segmentos. Las lanzas ciegas y los quemadores son inspeccionados y si es necesario se reemplazan. Los segmentos refractarios son cambiados en su totalidad.



Figura 26. Lanzas Ciegas

Fuente: Autor

- **Trabajos de inspección general:** en esta parte están incluidas todas las actividades de limpieza de piezas, reparaciones de soldadura, pruebas de tintas penetrantes (lanzas ciegas, cojinetes, alabes...)
- **Trabajos de carcasa y rotor:** están incluidas las actividades del rotor y carcasa, como el remplazo de nuevas etapas de alabes. Trabajos en el HGC y vane carrier nuevos que van a ser instalados, por ejemplo, la instalación de los alabes en el vane carrier.

3.2.4 Actividades del preensamble

- **Presentación HGC inferior:** la parte inferior del HGC nuevo es presentado en la carcasa inferior, se miden tolerancias de altura con respecto a la carcasa. Si las tolerancias no son satisfactorias, se corrigen instalando micro-chines (laminas) en medio de la carcasa y el HGC para ajustar estas tolerancias.

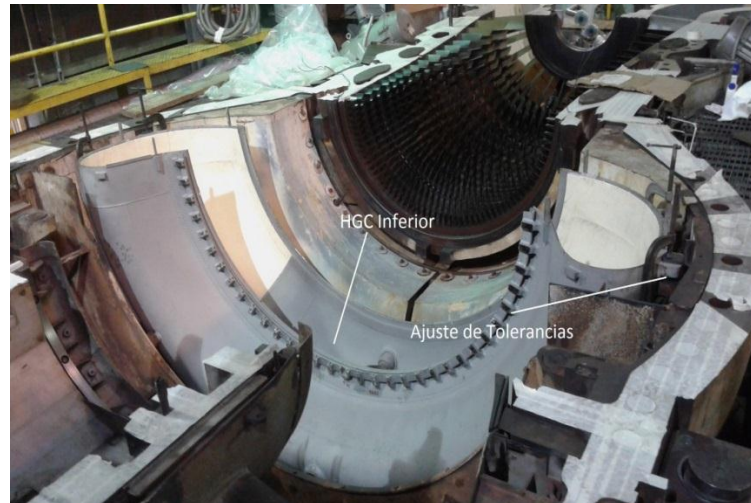


Figura 27. Presentación HGC

Fuente: Autor

- **Presentación vane carrier inferior:** el vane carrier nuevo es presentado para comprobar tolerancias con respecto al HGC y a la carcasa.
- **Presentación cojinetes partes inferiores:** al igual que el HGC y el vane carrier los cojinetes son preinstalados para comprobar las tolerancias con respecto al rotor. La presentación del rotor es el paso siguiente.
- **Presentación del rotor:** luego de remplazar las etapas de alabes que fueron necesarias, el rotor es preinstalado para medir tolerancias entre alabes y carcasa.
- **Presentación de la carcasa superior:** la carcasa superior es preinstalada y se comprueban tolerancias con respecto a las piezas internas.
- **Desinstalación de todas las piezas preensambladas:** se desinstalan las piezas presentadas, para comprobar los resultados del preensamble.
- **Resultados del preensamble:** en la piezas superiores como los cojinetes y HGC se instalan láminas de polímero para comprobar la compresión de la carcasa con respecto a estas piezas, de esta manera, sabiendo cuando se ha comprimido el polímero se sabrá cuanto es la tolerancia de la carcasa con respecto a la pieza. En el rotor si es necesario se

maquinan algunas etapas de alabes que no cumplieron con la tolerancias (muy pocas veces sucede).

3.2.5 Actividades del ensamble final

- **Instalación final de todas las piezas:** en el mismo orden en que se ensambló en el preensamble es llevado a cabo el ensamble final, teniendo en cuenta que las piezas son ajustadas totalmente y con todos los detalles necesarios para su funcionamiento correcto.
- **Instalación del combustor:** cuando en la turbina-compresor se haya terminado el ensamble se procede a instalar el combustor que ya ha sido sometido a todas las actividades de mantenimiento mencionadas anteriormente. En esta instalación final del combustor se toman medidas de tolerancias con respecto a la carcasa para tener la historia de en qué posición quedó el combustor y poder compararla con las mediciones en la próxima parada de overhaul.
- **Instalación del enclosure del combustor:** el recinto en “L” del combustor es ensamblado. Instalando además los sensores del sistema contra incendio que posee este espacio, así como todo el recinto de la unidad.

3.2.6 Actividades del generador

- **Desmontar dispositivos porta escobillas y excitatriz:** la excitatriz y el porta escobillas son desmontados para ser inspeccionados, junto con estas piezas se desmontan el cojinete 5, el cojinete 4 se deja instalado la parte inferior momentáneamente para que sea el soporte del rotor en ese extremo.
- **Desmontar los escudos del generador:** se realiza el desmontaje de los escudos de metal y fibra que se encuentran en ambos extremos del generador, junto con los escudos se

desmontan las aletas que aprovechan la velocidad rotacional del rotor para impulsar el aire de enfriamiento.



Figura 28. Escudo de fibra

Fuente: Autor

- **Desmontar eje intermedio:** este eje intermedio es el acople entre el rotor de la turbina-compresor y el rotor del generador.
- **Extraer rotor del generador:** para realizar la extracción del rotor es necesario construir una estructura con rieles y una plataforma que rueda sobre estos rieles. El extremo del rotor (cojinete 5) es montado sobre la plataforma rodante. En el otro extremo del rotor (cojinete 3) se instala un “patín” el cual se desliza sobre una manta con material lubricante que se tiende en la parte inferior del estator. Por medio de diferenciales el rotor es alado manualmente hasta ser extraído en su totalidad.



Figura 29. Rotor Generador

Fuente: Autor

En la Figura 30 se observa el otro extremo del rotor (lado cojinete 3) y la manta que es tendida sobre el estator con el patín que desliza sobre ella.



Figura 30. Estator del Generador

Fuente: Autor

- **Desmontar enfriadores:** los enfriadores del generador son desmontados y puestos a pruebas de hermeticidad.

- **Pruebas eléctricas al generador:** tanto el rotor como el estator son sometidos a pruebas de alto voltaje para corregir posibles fallas en el aislamiento de las barras del estator o imperfecciones en el rotor.
- **Ensamble:** una vez finalizadas las pruebas de alto voltaje y corregidos los daños encontrados se procede al ensamble del generador.

En la Figura 31 se observa toma de medición con comparadores de caratulas en el eje intermedio para el alineamiento con respecto al rotor del generador y al rotor turbina-compresor.



Figura 31. Eje Intermedio

Fuente: Autor

3.2.7 Actividades en la HRSG

- **Mantenimiento de válvulas:** el mantenimiento de es realizado a todas las válvulas de la HRSG, consiste en el cambio de las válvulas que se consideren que ya han cumplido su vida útil y en la lubricación, cambio de empaques y perfección del asiento en las válvulas que se crea necesario. Las válvulas motorizadas se les inspecciona por completo el actuador y cambiando partes como el diafragma y demás que se crean necesarios.

Los tanques de LP y HP tienen válvulas de seguridad que en caso de que la presión supere los límites estas válvulas permiten el paso para des-presionar el tanque. Estas válvulas son desmontadas para cambiar o mantener sus partes internas. En la instalación de estas válvulas se aplica primero soldadura 6011 (de alta penetración) y luego 9018 (de alta resistencia a la tracción), posteriormente se realiza el alivio térmico de las válvulas, que consiste en darle una curva de enfriamiento controlada a la soldadura para evitar esfuerzos que se convertirán en fisuras con enfriamiento no controlado.

En la Figura 32 se observa el mantenimiento en las válvulas de corte y reguladoras del agua de alimentación HP y LP.



Figura 32. Válvulas Agua de Alimentación

Fuente: Autor

- **Diverter:** las actividades en el diverter consisten en el mantenimiento del sistema hidráulico de accionamiento lo que incluye la inspección del buje del eje de la compuerta. Adicional a esto son inspeccionados los sellos (láminas de metal) de la compuerta con las paredes de la caldera.

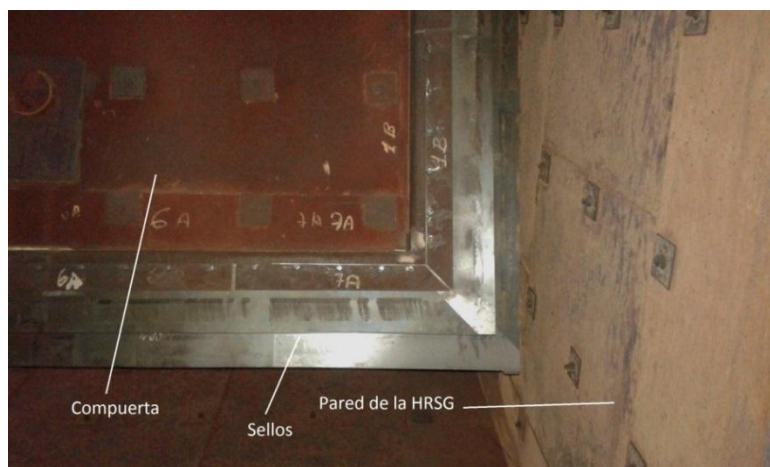


Figura 33. Sellos Diverter

Fuente: Autor

3.2.8 Actualizaciones al plan de mantenimiento general overhaul

Periódicamente se socializaba la ejecución de la supervisión al plan de mantenimiento con el gerente en donde se recomendaban algunas actualizaciones, de las cuales algunas tuvieron su aprobación y otras se desean evaluar más adelante en próximos overhaul.

El plan de mantenimiento actual es el resultado de un trabajo hecho durante años por los ingenieros de la empresa, los cuales fueron realizando el acompañamiento a cada uno de los overhaul y registrando las actividades y sucesos que se presentaban en cada parada.

Al terminar el overhaul, si es necesario, el plan de mantenimiento es actualizado, ya que los tiempos de trabajo e incluso algunas actividades van cambiando gracias a los avances en herramientas especializadas o a necesidades de incluir nuevas tareas de mantenimiento.

En esta ocasión las actualizaciones recomendadas fueron las siguientes:

- Estructurar el formato del plan de mantenimiento, de esta manera este será más fácil de comprender y de realizar el seguimiento y por ende nuevas actualizaciones requeridas en futuros overhaul generales.

Con este formato o estructura el cada etapa del mantenimiento se divide en el desensamble, las actividades de mantenimiento y en el ensamble nuevamente. En la HRSG las actividades se dividen en las áreas de mayor trabajo. Con estas divisiones en cada una de las etapas se podrá tener un mayor control en cuanto a que actividades son de arme y desarme y cuales son de mantenimiento como tal en la máquina, además, se busca llevar las secuencias de las actividades los más ajustadas posibles a la realidad, gracias a las divisiones en grupo de las etapas del mantenimiento general. La estructura propuesta para el plan de mantenimiento seria la mostrada en la Figura 34.

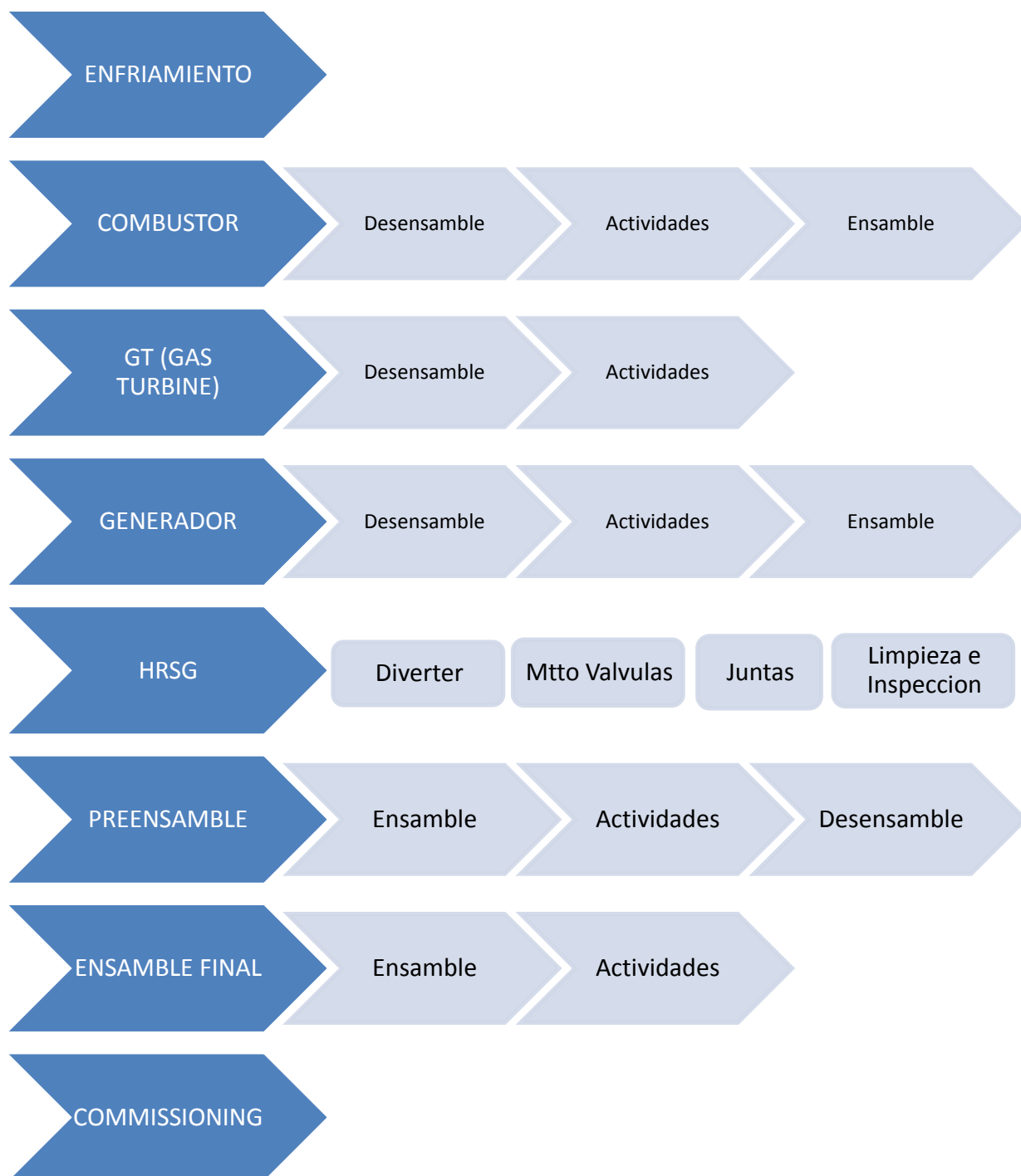


Figura 34. Estructura propuesta para el plan de mantenimiento general
Fuente: Autor

- Incluir las actividades que no se encuentran estipuladas en el plan de mantenimiento.
- Ajustar los tiempos de duración de algunas actividades que en la mayoría de las ocasiones se realizan en menor tiempo del estipulado.

Los tiempos de duración que fueron modificados se debatieron con el gerente de mantenimiento. En algunas actividades se tomó la decisión de hacerle seguimiento en próximas paradas para tener más certeza al momento de ajustar los tiempos.

La mayoría de actividades a las que se les ajusto el tiempo de duración están comprendidas en el combustor, de las cuales destacan las mostradas en la tabla 1.

Tabla 1.
Ajustes realizados a los tiempos de ejecución de actividades

ACTIVIDAD	TIEMPO (h)	TIEMPO AJUSTADO (h)	DIFERENCIA
Desmontar enclosure ele del enclosure combustor	4	2	2
Transportar combustor	5	1,5	3,5
Desmontar Combustión Chamber Insert del outer Jacket	6	0,5	5,5
Separar el revestimiento interior y el porta segmentos	6	1	5
Desmontar anillo de seis piezas	6	1	5
Desmontar los segmentos refractarios	6	3	3
Desmontar las tuberías de gas a los quemadores	10	1,5	8,5
Desmontar los gorros chinos	6	1	5
Desmontar el aislamiento de los quemadores	6	0,5	5,5
Desmontar las lanzas ciegas	4	1	3
Desmontar los quemadores	6	2	4
Desmontar las válvulas de gas	6	2	4
Verificar concentricidad Combustión Chamber Insert del outer Jacket	6	1	5
Mantenimiento a las válvulas de gas	10	4	6
Ensamblar revestimiento interior y porta segmentos	6	1	5
Instalar aislamiento de los quemadores	6	0,5	5,5
Montar los gorros chinos	6	1	5
Montar válvulas de gas	6	3	3
	111	27,5	83,5

Nota: la columna tiempo son las horas que se encontraban estimuladas en el plan de mantenimiento antes de la supervisión. El tiempo ajustado es el nuevo periodo de duración que tendrán estas actividades en el plan de mantenimiento. Fuente: Autor

3.3 Documentar las actividades realizadas durante la ejecución del overhaul, así como sus tiempos de duración y secuencia.

Durante el acompañamiento al mantenimiento general overhaul se actualizaron alrededor de 50 actividades que no se encontraban estipuladas en el plan de mantenimiento. Estas tareas de mantenimiento que se incluyeron en el plan de mantenimiento se distribuyen de la siguiente manera en cada una de las etapas del overhaul general.

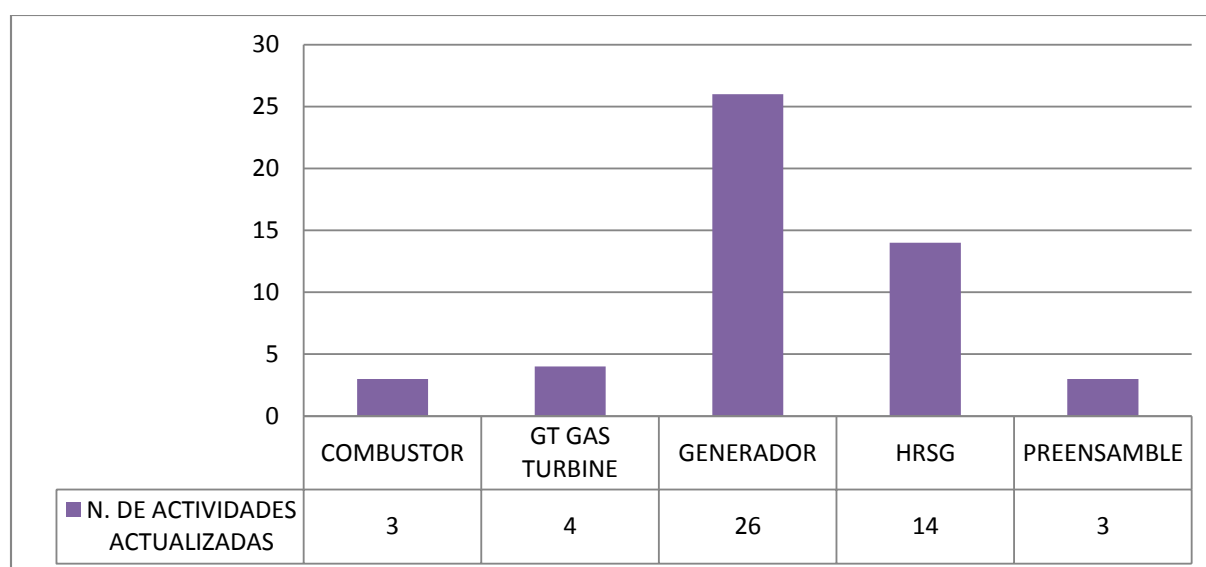


Figura 35. Actividades actualizadas en el plan de mantenimiento

Fuente: Autor

Cabe destacar que el número de actividades actualizadas en el mantenimiento del generador resulta elevado por que durante este overhaul ha sido una de las pocas veces que se extrae el rotor para la inspección de este y de las barras del devanado del estator.

Por otro lado el número de actividades actualizadas en la caldera recuperadora de vapor asciende a 14 gracias a que se trató de especificar o desglosar las actividades para hacerlas más comprensibles al igual que, se incluyeron los trabajos en las junta redonda y cuadrada.

Dentro de las actividades actualizadas destacan las de limpieza por su duración. Entre lavado y limpiezas de piezas desde pernos hasta la carcasa superior se invierte cerca de 30 horas del mantenimiento general overhaul involucrando un número de personal de alrededor de 8 a 10 trabajadores.

El tiempo de trabajo que tienen el grupo de actividades que se actualizaron en el plan de mantenimiento deberá ser objeto de estudio y seguimiento en próximos overhaul generales, ya que, solo se cuenta con el registro de este seguimiento o supervisión y es recomendable compararlo con los tiempos que tomen su ejecución en próximas paradas para ajustarlos lo más posible a la realidad. A continuación se muestra el tiempo de ejecución de las actividades agrupadas por etapas.

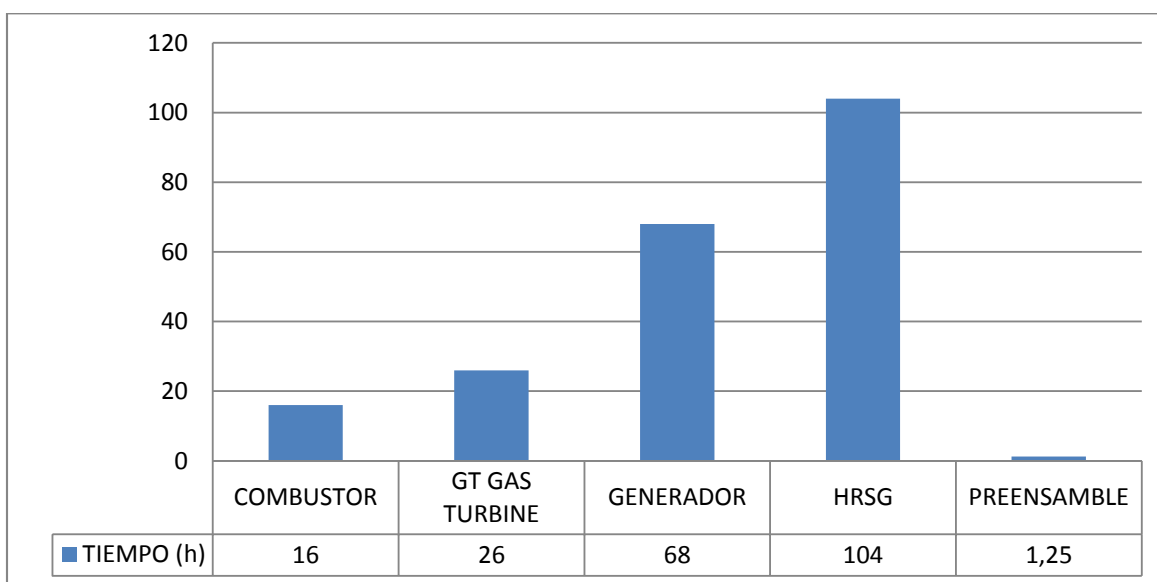


Figura 36. Duración de actividades actualizadas agrupadas por etapas

Fuente: Autor

De acuerdo a los datos mostrados en la Figura 36 las actividades actualizadas en la caldera recuperadora de vapor HRSG tienen una duración total de 104 horas, cerca de ocho días (de ocho

horas laborales), esto es gracias a que trabajos en la junta redonda y cuadrada son tediosos y de larga duración, aproximadamente 30 horas en cada una de las juntas.

En el generador la inclusión de las nuevas actividades registran 68 horas de trabajo. La mayoría de estas actividades se realizan de forma rápida y práctica.

A continuación se muestra la tabla 2 que refleja el trabajo realizado durante la supervisión del mantenimiento general overhaul de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica, de la empresa TERMOBARRANQUILLA S.A, ubicada en soledad, atlántico en ella se encuentran las actividades y sus tiempos de trabajo. Las actividades en letra *cursiva* fueron las agregadas o actualizadas en el plan de mantenimiento.

Tabla 2.
Plan de mantenimiento overhaul general

ACTIVIDAD	TIEMPO (Horas)
ENFRIAMIENTO	
Interruptor Abierto	0
Rotor Barring ON	24
5' Enfriamiento Adicional	0.08
Abrir las Puertas del Enclosure	0.5
Parar la turbina	3.5
1er soplado	2
2do soplado	1
COMBUSTOR	
Desensamble	
Desconectar tubería de gas	0.5
Quitar cubierta del acople	1
Soltar pernos combustor	2
Abrir combustor	1
Desmontar instrumentación del bloque térmico	1.5
Desmontar enclosure ele del enclosure combustor	2
Soltar pernos acople combustor - turbina	2
Desmontar combustor	1
Desmontar enclosure parte superior de la GT	1
Desmontar vigas	1.5

Desmontar gatos del combustor	1
Desmontar tapa del combustor	2
Transportar combustor	1.5
Desmontar filtro	0.5
Desmontar Combustión Chamber Insert del outer Jacket	0.5
Separar el revestimiento interior y el porta segmentos	1
Desmontar anillo de seis piezas	1
Desmontar los segmentos refractarios	3
Desmontar los soportes de monitores de llama	0.5
Desmontar las tuberías de gas a los quemadores	1.5
Desmontar los gorros chinos	1
Desmontar el aislamiento de los quemadores	0.5
Desmontar las lanzas ciegas	1
Desmontar los quemadores	2
Desmontar las válvulas de gas	2
Actividades	
Protocolos (Medición)	2
<i>Limpieza</i>	6
<i>Preparación del porta segmentos</i>	8
Verificar concentricidad Combustión Chamber Insert del outer Jacket	1
<i>NDT a las lanzas ciegas</i>	2
Mantenimiento a las válvulas de gas	4
Ensamble	
Montar válvulas de gas	3
Montar los quemadores	4
Montar las lanzas ciegas	1
Instalar aislamiento de los quemadores	0.5
Montar los gorros chinos	1
Instalar tuberías de gas a los quemadores	1.5
Instalar los soportes de los monitores de llama	0.5
Montar los segmentos refractarios	4.5
Montar el anillo de seis piezas	1
Ensamblar revestimiento interior y porta segmentos	0.5
Ensamblar Combustión Chamber Insert del outer Jacket	0.5
Instalar filtro	0.5
Transportar combustor	1.5
GT (GAS TURBINE)	
Desensamble	
Retirar aislamiento y panel de enfriamiento	2
<i>Desconectar tuberías de sopladores auxiliares</i>	1
Desconectar eje intermedio acople turbina generador	2
Colocar carcasa inferior en soporte temporal (Rígido)	0.5
<i>Quitar instrumentación de los cojinetes 1 y 2</i>	1
Soltar pernos del Split line Turbina/Compresor	4

Levantar carcasa	1
Cortar HGC	2
Desmontar HGC superior	0.5
Desmontar segmentos sección B	1
Desmontar segmentos sección O y A	1.5
Quitar los anillos de suspensión	1
Desmontar parte superior del difusor del compresor	0.5
Soltar tornillos del Split line del rotor cover	1.5
Desmontar rotor cover parte superior	0.5
Soltar pernos del Split Line del Vane Carrier	1.5
Desmontar Vane Carrier superior	0.5
Desmontar Stuffer Box 1 y 2	2
Desmontar parte superior cojinetes 1 y 2	1.5
Izar rotor	1.5
Desmontar parte inferior de los cojinetes 1 y 2	0.5
Desmontar HGC inferior	0.5
Desmontar Vane Carrier inferior	0.5
Desmontar parte inferior del difusor del compresor	0.5
Desmontar rotor cover inferior	0.5
Actividades	
<i>Protocolos (Medición)</i>	8
Reparaciones de soldadura en la carcasa del exosto	12
<i>Limpieza</i>	16
NDT (Cojinetes, alabes, Split line...)	14
Trabajos en el rotor (Inspección, cambio de alabes...)	8
Trabajos en el Vane Carrier (Instalación de alabes)	24
GENERADOR	
Ensamble	
Desmontar paneles enclosure lateral y frontal	1
<i>Desmontar dispositivos de escobillas</i>	1
Desmontar parte superior cojinete 5	0.5
Desmontar excitatriz	0.5
<i>Desmontar parte superior cojinete 4</i>	0.5
<i>Desmontar escudo metal lado excitatriz</i>	0.5
<i>Desmontar alabes de refrigeración lado excitatriz</i>	1
<i>Desmontar escudo fibra lado excitatriz</i>	0.5
<i>Desmontar escudo metal lado turbina</i>	0.5
<i>Desmontar alabes de refrigeración lado turbina</i>	1
<i>Desmontar escudo fibra lado turbina</i>	0.5
<i>Desmontar parte inferior cojinete 3 y suspender rotor</i>	1
Desmontar enfriadores	2.5
Actividades	
<i>Armado de la estructura para extraer el rotor</i>	3.5
<i>Extraer rotor</i>	3

<i>Inspección rotor y estator</i>	12
<i>Pruebas eléctricas generador</i>	24
<i>NDT (cojinetes)</i>	4
<i>Protocolos</i>	3
<i>Pruebas enfriadores</i>	1
Ensamble	
Montaje de los enfriadores	3
<i>Instalar parte inferior cojinete 3</i>	0.5
<i>Insertar rotor</i>	3
<i>Instalar parte inferior cojinetes 4 y 5</i>	1
<i>Instalar escudo fibra lado turbina</i>	0.5
<i>Instalar alabes de refrigeración lado turbina</i>	1
<i>Instalar escudo metal lado turbina</i>	0.5
<i>Instalar escudo fibra lado excitatriz</i>	0.5
<i>Instalar alabes de refrigeración lado excitatriz</i>	1
<i>Instalar escudo metal lado excitatriz</i>	0.5
<i>Instalar parte superior cojinetes 3, 4 y 5</i>	1.5
Montaje excitatriz	1
<i>Montaje dispositivo de escobillas</i>	1
Instalar paneles enclosure	3
HRSG	
DIVERTER	
Inspección buje	
<i>Desmante de los cilindros hidráulicos</i>	6
<i>Desmante viga estructural exterior</i>	4
<i>Desmante actuador de compuerta</i>	4
<i>Desmante viga estructural interior</i>	4
<i>Desmante tapa del buje</i>	0.5
<i>Revisión del buje (Cambiarlo si es necesario)</i>	1.5
<i>Rectificación de las vigas cortadas exterior e interior</i>	5
<i>Instalación de la tapa del buje</i>	0.5
<i>Instalación viga estructural interior</i>	3
<i>Instalación actuador</i>	2.5
<i>Instalación viga estructural exterior</i>	3
<i>Instalación de los cilindros hidráulicos (Nuevos)</i>	4
Inspección sellos diverter	
Verificar estado de los sellos	0.5
Retirar sellos afectados y cambiarlos	0
Mtto válvulas	
Mantenimiento válvula de seguridad del sobrecalentador	24
Mantenimiento válvula de seguridad de los tambores de HP y LP	32
Mantenimiento válvula de venteo de sobrecalentador y tambores HP y LP	16
Mantenimiento válvulas agua de alimentación HP y LP	32
Revisión válvulas Fisher de drenaje	10

Revisión válvulas quemadores adicionales	5
Limpieza e inspección	
Inspección de los tambores de HP y LP	2
Inspección y corrección de aislamiento térmico	30
Trabajos en las juntas	
<i>Trabajo en la junta redonda</i>	30
<i>Trabajo en la junta cuadrada</i>	30
PREENSAMBLE	
Ensamble	
Instalación de los segmento A, B y O inferiores	1.5
Instalación del HGC inferior	1.5
Instalación cojinete inferior 1 y 2	1
<i>Instalación cojinete axial inferior</i>	0.5
Instalación Vane Carrier inferior	1
Instalación del Compressor Diffuser y Rotor Cover inferior	1
Presentación del rotor	3
Instalación del Compressor Diffuser y Rotor Cover superior	1.5
Instalación Vane Carrier superior	1.5
<i>Instalación cojinete axial superior</i>	0.5
Instalación cojinete superior 1 y 2	1
Instalación HGC superior	1
Instalación de los segmento A, B y O superiores	1.5
Instalación de la carcasa superior	1.5
Desensamble	
Quitar de la carcasa superior	2
Quitar HGC superior	1
Quitar cojinete superior 1 y 2	0.5
<i>Quitar cojinete axial superior</i>	0.25
Retirar Compressor Diffuser y Rotor Cover superior	2
Retirar Vane Carrier superior	1
Extraer rotor	1.5
Actividades	
Verificar concentricidad del HGC con la carcasa	1
Maquinado alabes del Vane carrier (si es necesario)	
Maquinado alabes del rotor (si es necesario)	
ENSAMBLE FINAL	
Inserción final del rotor	2
Instalación Vane Carrier superior	1
Instalación cojinete axial superior	0.25
Instalación cojinete superior 1 y 2	1.5
Instalación HGC superior	1
Instalación Compressor Diffuser y Rotor Cover superior	
Instalación de la carcasa superior	1
Cambiar soporte fijo a pendular de la GT	0.5

Instalación del combustor (abierto)	1
Instalar vigas para conexiones L	1.5
Montar enclosure L combustor	2
Acople turbina generador (alineamiento)	4
Actividades	
Sujeción pernos carcasa	5
Sujeción pernos combustor	4
Soldar HGC (Unión)	3
Flushing cojinetes 1, 2, 3, 4 y 5	1
Inspección boroscópica	2
Limpieza final de la turbina	0.5
COMISSIONING	
Prueba y calibración de los VIGV	1.5
Motor Roll con combustor abierto	2
Motor Roll con combustor cerrado	2
Prueba de las válvulas de los quemadores	2
Prueba de ignición	4
Pruebas protecciones	3
Llevar a carga base	4

Nota. Plan de mantenimiento overhaul general. Fuente: Autor

Capítulo 4. Diagnostico final

La empresa termobarranquilla S.A se encuentran en un proceso de selección del nuevo software de mantenimiento; actualmente se cuenta con el programa ELLIPSE en el cual lleva el control de las actividades de mantenimiento. El plan de mantenimiento overhaul es registrado y seguido en el programa Microsoft Project.

La idea con la adquisición de un nuevo software es que el plan de mantenimiento general overhaul pueda ser seguido desde este. De esta manera, se podrá tener un mayor control sobre las actividades y el tiempo de duración de estas, así como el recurso humano y herramientas necesarias para llevar acabo el overhaul, siempre en miras de reducir el tiempo de parada y desarrollar estrategias para optimizar las tareas realizadas.

Durante estos meses se realizó el seguimiento al overhaul registrando todas las actividades realizadas y organizadas de acuerdo a la secuencia de ejecución dando como resultado una reestructuración, inclusión de nuevas tareas y actualizaciones de los tiempos de trabajo. Las actualizaciones de tiempos y nuevas actividades ya fueron registradas en el plan de mantenimiento de la empresa, sin embargo, la propuesta de cambiar la estructura del plan de mantenimiento se encuentra en evaluación por parte del gerente de mantenimiento y el ingeniero encargado del área de planeación.

Capítulo 5. Conclusiones

Se logró identificar la función de los equipos que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica y las tareas de mantenimiento que se realizan en ellos. Se encontró que la confiabilidad y disponibilidad son factores de gran importancia para la empresa, evidenciado en los equipos en stand by tanto de corriente alterna como de corriente directa, minimizando los riesgos de disparo (salida de servicio) de la unidad generadora.

Durante la supervisión al plan de mantenimiento general overhaul general se observó que algunas actividades no se encontraban registradas, así como la ejecución de tareas que anteriormente no se realizaban. Estas actividades que no se encontraban en el plan de mantenimiento se les realizó un seguimiento especial teniendo en cuenta que no se tenían datos históricos de tiempo de duración. Para estimar cuando podría durar la ejecución de dichas tareas, se tuvo en cuenta incidentes que retardaron la ejecución de la actividad para poder aproximar el tiempo real en que se podría realizar.

A demás, de la actualización de las actividades se concluyó que la secuencia de ejecución de estas varían por diferentes motivos, como lo son, que algunas actividades pueden ser realizadas de forma paralela y se podrá decidir cuál tarea iniciar, otros de los motivos por los que varía la secuencia de las actividades es por la facilidad de recursos que se tengas en el momento, por ejemplo la cercanía de herramientas o la disponibilidad de estas. Sin embargo, las actividades principales del overhaul están unidas o “amarradas” a otras tareas por lo que el mantenimiento siempre llevara la misma ruta de trabajo descrita anteriormente.

Capítulo 6. Recomendaciones

En próximas paradas para realizar mantenimiento general overhaul se recomienda realizar el seguimiento a las actividades actualizadas para comparar los tiempos de duración con los registrados en esta ocasión para ajustarlos lo más posible a la realidad en campo.

Una vez definido el software de mantenimiento o la actualización del existente serian de mucha utilidad tener el registro de las herramientas necesarias para elaborar las diferentes actividades. Con estos registros se tendría un abanico de posibilidades y facilidades como lo son: la planeación de forma más práctica de las cantidades de herramientas necesarias para todo el overhaul y la evaluación de la calidad de estas herramientas ya registradas o catalogadas, además de la calidad, se podrá evaluar la eficiencia o utilidad de dichas herramientas.

Referencias

GRUPO REINVALCA. (s.f.). Recuperado el 05 de Enero de 2016, de Mantenimiento: <http://www.gruporeinvalca.com/mantenimiento/75-importancia-del-mantenimiento>

ISO 9001, CALIDAD. (2015). Recuperado el 27 de Enero de 2016, de Norma Tecnica Colombiana: <http://iso9001calidad.com/mantenimiento-de-equipos-y-maquinas-201.html>

RENOVATEC. (2013). Ingenieria del Mantenimiento. Recuperado el 27 de Enero de 2015, de <http://www.ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/9-estrategias-de-mantenimiento/9-auditorias-de-mantenimiento>

WIKIPEDIA. (15 de Enero de 2016). Recuperado el 20 de Enero de 2016, de Mantenimiento Predictivo: https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_predictivo

EL PLAN DE MANTENIMIENTO. (s.f.). Recuperado el 10 de Enero de 2016, de <http://www.elplandemantenimiento.com/index.php/que-es-un-plan-de-mantenimiento>

LUIS ALBERTO CUARTAS PEREZ (2008) Consultor de mantenimiento mecanico

GRUPO REINVALCA. (s.f.). Recuperado el 28 de Enero de 2016, de <http://www.gruporeinvalca.com/mantenimiento/69-objetivos-de-un-mantenimiento>

GUIA TECNICA COLOMBIANA GTC 62. (1999). p. 18-25 ICONTEC. Bogota.

ICONTEC. (2007). Norma Tecnica Colombiana. En OSHAS 18001.

ICONTEC. (2015). Guia Tecnica Colombiana. En Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio y mantenimiento.