



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE
MANTENIMIENTO PARA EL GENERADOR DE VAPOR
POR RECUPERACIÓN DE CALOR DEL SISTEMA DE
COGENERACIÓN DE EP PETROECUADOR REFINERÍA
LA LIBERTAD”**

POMA HERNÁNDEZ ÁNGEL ESTUARDO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-07-22

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

POMA HERNÁNDEZ ÁNGEL ESTUARDO

Titulada:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO
PARA EL GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR
DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN DE EP PETROECUADOR REFINERÍA
LA LIBERTAD”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán G.

DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edwin Cuadrado

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Jácome

ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: POMA HERNÁNDEZ ÁNGEL ESTUARDO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO PARA EL GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR DEL SISTEMA DE COGENERACIÓN DE EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD”

Fecha de Examinación: 2014-06-05

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Víctor Vásconez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edwin Cuadrado DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Jácome ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Víctor Vásconez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ángel Estuardo Poma Hernández

DEDICATORIA

La oportunidad de retribuir el apoyo incondicional que he recibido a lo largo de mi carrera ha llegado es por ello que el presente trabajo lo dedico principalmente a papito DIOS por haberme otorgado innumerables bendiciones, a mis padres Jorge Heriberto Poma Copa y Nelly Mercedes Hernández Ocaña por brindarme su apoyo, cariño, esfuerzo y confianza incondicional lo cual me ha permitido llegar a este momento importante de mi vida, a mis hermanos Byron por acompañarme y motivarme, Jorgito que con sus juegos supo distraerme y sacarme una sonrisa cuando lo necesitaba, Mary mi novia quien supo darme su amor y compañía, mis abuelitos, a mis tíos, a mis primos a quienes siempre los llevo en mi corazón, y a mis profesores quienes me guiaron y formaron con dedicación para forjarme como profesional.

Ángel Poma Hernández

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme la bendición de despertarme día tras día para ir a clases, por darme fortaleza, y sabiduría para resolver todo lo que se ha presentado para el desarrollo del presente trabajo.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por haberme acogido en sus aulas y de manera especial a los ingenieros Edwin Cuadrado y Ángel Jácome por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y haber compartido sus conocimientos para que pueda desarrollar la tesis.

También expreso mi más sincero agradecimiento a:

Ingeniero Washington Vásquez por su apoyo, consejos y la colaboración que me brindo para desarrollar el presente trabajo y para permanecer en el área de FRI.

Ingeniero Pablo Pazmiño por el trabajo que obtuve en ATP, por sus consejos y la confianza otorgada hacia mí para permitirme manipular los equipos que mejoraron el desarrollo del presente trabajo.

Ingenieros Abelardo Rivadeneira, Byron Quinatoa, Lenin Polanco, Steve Almeida, Xavier Gavilánez, Sra. Sonia Martínez, Sra. Liliana Melgar por guiarme en el transcurso de mi estadía en RLL y brindarme la información técnica necesaria.

Operadores y técnicos de mantenimiento de planta eléctrica por sus aportes y experiencias, y al Ing. Klever González por haberme permitido participar en el paro de la caldera HRSG para realizar y coordinar en conjunto las primeras actividades de mantenimiento.

Angel Poma Hernández

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Mantenimiento.....	4
2.2 Tipos de Mantenimiento	4
2.2.1 <i>Mantenimiento Correctivo</i>	4
2.2.2 <i>Mantenimiento Predictivo</i>	5
2.2.3 <i>Mantenimiento Preventivo</i>	5
2.2.4 <i>Características del Mantenimiento Preventivo.</i>	6
2.3 Filosofías del Mantenimiento	6
2.3.1 <i>Mantenimiento Proactivo</i>	6
2.3.2 <i>Mantenimiento Productivo Total TPM</i>	7
2.3.3 <i>Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC</i>	7
2.3.3.1 <i>Características generales del MCC</i>	7
2.4 Gestión integral del mantenimiento	8
2.5 Desempeño de la gestión del mantenimiento	8
2.5.1 <i>Gestión del talento humano</i>	9
2.5.2 <i>Definición de las estrategias</i>	10
2.5.3 <i>Herramientas de confiabilidad operacional</i>	10
2.5.3.1 <i>Análisis de Criticidad</i>	11
2.5.3.2 <i>Inspección Basada en Riesgo</i>	14
2.5.4 <i>Optimización de los procesos y sistemas</i>	16
2.6 Organización del mantenimiento	17
2.6.1 <i>Determinación del estado técnico de los equipos</i>	17
2.6.2 <i>Clasificación de los equipos de acuerdo a su estado técnico</i>	18
2.6.3 <i>Procedimiento para determinar el estado técnico de un equipo</i>	18
2.7 Documentos para la gestión del mantenimiento	19
2.7.1 <i>Solicitud de actividad</i>	19
2.7.2 <i>Solicitud por avería</i>	20
2.7.3 <i>Orden de trabajo</i>	20

2.7.4	<i>Orden de compra</i>	21
2.7.5	<i>Solicitud de servicio externo</i>	21
2.7.6	<i>Trabajos pendientes</i>	22
2.8	Control de la gestión del mantenimiento.....	22
2.8.1	<i>Tiempo medio entre fallas</i>	23
2.8.2	<i>Tiempo medio para la reparación</i>	23
2.8.3	<i>Disponibilidad</i>	24
2.8.4	<i>Mantenibilidad</i>	24
2.8.5	<i>Confiabilidad</i>	24
2.9	Plan de mantenimiento.....	25
2.10	Calderas.....	27
2.10.1	<i>Calderas pirotubulares</i>	27
2.10.1	<i>Calderas acuotubulares</i>	28
2.11	Sistemas de cogeneración	28
2.12	Caldera HRSG	30
2.13	Componentes principales de la caldera HRSG.....	31
2.13.1	<i>Clasificación de calderas de recuperación de calor</i>	32
2.14	Fallas en calderas acuotubulares	33
2.15	Técnicas de inspección en calderas	34
2.16	Estimación del riesgo de daño de la tubería	36
2.16.1	<i>Cálculo del espesor mínimo admisible</i>	36
2.16.2	<i>Cálculo para determinar la frecuencia de inspección de la tubería</i>	36

3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO ACTUAL DEL GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR

3.1	Reseña histórica de la empresa	38
3.1.1	<i>Ubicación geográfica de la empresa</i>	39
3.1.2	<i>Estructura orgánica funcional de la empresa</i>	39
3.1.3	<i>Planta de vapor</i>	40
3.1.4	<i>Calderas operativas en la planta de vapor</i>	41
3.2	Caldera acuotubular HRSG N°5	42
3.3	Condiciones actuales de la caldera	43
3.3.1	<i>Tiempo de vida</i>	43
3.3.2	<i>Consumo combustible por hora</i>	43
3.3.3	<i>Tratamiento de agua</i>	43
3.3.4	<i>Cantidad de vapor generado</i>	44

3.4	Sistemas principales (Anexo A).....	44
3.4.1	<i>Sistema de agua de alimentación</i>	45
3.4.2	<i>Sistema de vapor</i>	45
3.4.3	<i>Sistema de combustible</i>	45
3.4.4	<i>Sistema de gases</i>	46
3.4.5	<i>Sistema de aire</i>	46
3.4.6	<i>Sistema de purga</i>	46
3.4.7	<i>Sistema de amoniaco</i>	46
3.4.8	<i>Sistema GLP</i>	47
3.5	Funcionamiento de la caldera HRSG N°5	47
3.6	Mantenimiento empleado actualmente	51
3.7	Documentación empleada.....	51
3.8	Estado técnico de los equipos	53
3.8.1	<i>Equipos auxiliares de la caldera:</i>	54
3.8.2	<i>Equipos internos de la caldera HRSG</i>	66
3.8.2.1	<i>Inspección visual</i>	66
3.8.2.2	<i>Líquidos penetrantes</i>	69
3.8.2.3	<i>Ultrasonido</i>	69
3.9	Análisis de criticidad de la caldera HRSG.....	72
3.9.1	<i>Análisis de criticidad por criterios ponderados</i>	72
3.9.1.1	<i>Identificación de los equipos a estudiar</i>	72
3.9.1.2	<i>Selección del personal a entrevistar</i>	72
3.9.1.3	<i>Importancia del estudio</i>	73
3.9.1.4	<i>Recolección de datos</i>	74
3.10	Inspección basada en riesgo IBR	75
3.10.1	<i>Análisis cualitativo</i>	75
3.10.1.1	<i>Categoría de probabilidad de falla</i>	75
3.10.1.2	<i>Categoría de consecuencia</i>	76
3.10.1.3	<i>Determinación del nivel de riesgo</i>	76

4. GESTIÓN INTEGRAL DEL GENERADOR DE VAPORPOR RECUPERACIÓN DE CALOR

4.1	Codificación de los equipos.....	77
4.1.2	<i>Estructura del código</i>	77
4.1.3	<i>Propuesta del plan de mantenimiento</i>	79
4.1.3.1	<i>Ficha de datos técnicos de la caldera HRSG N°5</i>	80

4.2	Plan de mantenimiento.....	81
4.2.1	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de agua de alimentación.....</i>	81
4.2.1.1	<i>Gama de mantenimiento para el subsistema dosificador de químicos.....</i>	82
4.2.2	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de combustible.....</i>	83
4.2.3	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de vapor.....</i>	84
4.2.4	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de gases.....</i>	85
4.2.5	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de aire.....</i>	85
4.2.6	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de purga</i>	86
4.2.7	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de amoniaco.....</i>	87
4.2.8	<i>Gama de mantenimiento para el sistema de GLP.....</i>	87
4.2.9	<i>Gama de mantenimiento según la frecuencia de inspección.....</i>	88
4.3	Gestión de actividades	91
4.4	Gestión de operación	150
4.4.1	<i>Cuidados en la caldera.....</i>	151
4.4.2	<i>Procedimiento de operación durante el encendido.....</i>	151
4.4.3	Procedimiento en arranque superfrío	152
4.5	Gestión de repuestos	153
4.6	Gestión de herramientas y equipos	154
4.7	Gestión de materiales	156
4.8	Gestión del recurso humano	157
4.8.1	<i>Perfil profesional del recurso humano.....</i>	158
4.9	Gestión de documentación técnica.....	159
5.	SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	
5.1	Introducción.....	165
5.2	Requerimientos	166
5.3	Tutorial	166
5.4	Gestión de mantenimiento asistido por ordenador.....	171
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.1	Costos parada de planta	181
6.1.1	<i>Planta de agua.....</i>	181
6.1.2	<i>Plantas de refinación.....</i>	181
6.2	Costos de la implementación de la gestión del mantenimiento.....	182
6.2.1	<i>Costos de mano de obra.....</i>	182
6.2.2	<i>Costos de repuestos, equipos, materiales y herramientas.....</i>	183
6.3	Costos de mantenimiento.....	183

6.3.1	<i>Costos consumo de combustible</i>	184
6.4	Resultado y discusión	186
6.4.1	<i>Análisis de costos de mantenimiento y paro de la caldera</i>	186
6.4.2	<i>Análisis financiero real</i>	187
6.4.3	<i>Recuperación de la inversión</i>	187
6.4.4	<i>Cálculo del VAN y el TIR</i>	186

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	Conclusiones.....	188
7.2	Recomendaciones.....	189

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Clasificación de equipos por su estado técnico	18
2 Técnicas de inspección según el tipo de daño	34
3 Plantas de producción RLL	39
4 Consumo de vapor plantas RLL	41
5 Calderas operativas	41
6 Análisis de agua de alimentación en Refinería La Libertad	44
7 Requisición de trabajo	51
8 Solicitud de materiales y equipos	52
9 Certificado de inspección	52
10 Inventario de equipos	53
11 Diagnóstico indicadores de nivel	54
12 Diagnóstico válvula bypass	55
13 Diagnóstico actuador neumático	56
14 Diagnóstico desaireador	57
15 Diagnóstico domo de vapor	58
16 Diagnóstico válvula de alimentación de agua	59
17 Diagnóstico válvula de alimentación de vapor	60
18 Diagnóstico ablandador	61
19 Diagnóstico compresor	62
20 Diagnóstico bombas de condensado	63
21 Diagnóstico bombas de alimentación	64
22 Diagnóstico carcasa caldera HRSG	65
23 Formato de encuesta	73
24 Recolección de datos	74
25 Equipos críticos caldera HRSG	74
26 Desarrollo de la probabilidad de falla	75

27	Desarrollo de la consecuencia.....	76
28	Nivel de riesgo presente en la caldera de recuperación	76
29	Especificación de la codificación	77
30	Estructura del código.....	78
31	Codificación equipos caldera HRSG.....	79
32	Ficha de datos técnicos de la caldera HRSG	80
33	Gama de mantenimiento sistema de agua de alimentación.....	81
34	Gama de mantenimiento subsistema dosificador	82
35	Gama de mantenimiento sistema de combustible	83
36	Gama de mantenimiento sistema de vapor	84
37	Gama de mantenimiento sistema de gases.....	85
38	Gama de mantenimiento sistema de aire	85
39	Gama de mantenimiento sistema de purga	86
40	Gama de mantenimiento sistema de amoniaco.....	87
41	Gama de mantenimiento sistema de GLP	87
42	Datos Haces tubulares HRSG	88
43	Cofactor dado el nivel de riesgo	89
44	Cálculo frecuencia de inspección	89
45	Gama de mantenimiento en base a la frecuencia de inspección	90
46	Programa de inspección.....	90
47	Volumen de salida de agua por las purgas.....	140
48	Propuesta purga del sistema.....	141
49	Tipos de arranque	151
50	Lista de repuestos y sus costos.....	153
51	Lista de herramientas y costos	154
52	Lista de equipos y sus costos.....	155
53	Lista de materiales y sus costos.....	156
54	Tiempo empleado en la ejecución de mantenimiento	157

55 Perfil profesional.....	158
56 Ubicación del software GMAO.....	166
57 Acceso al programa	167
58 Consecuencias en planta de agua	181
59 Producción de barriles en las plantas de procesamiento.....	181
60 Costo de la mano de obra	183
61 Resumen costos de REMH	183
62 Costo de mantenimiento caldera HRSG	184
63 Consumo de combustible HRSG encendida y apagada	184
64 Inversión inicial de la caldera.....	187
65 Egresos-Ingresos de la caldera HRSG.....	184
66 Flujo de efectivo	185
67 Periodo de recuperación de la inversión de la caldera	185
68 Cálculo del VAN y el TIR	187

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Preguntas claves del MCC	8
2 Áreas fundamentales de la gestión de mantenimiento	9
3 Criterios y parámetros del análisis de criticidad.....	11
4 Metodología de criticidad por criterios ponderados.....	12
5 Matriz del nivel de riesgo.....	15
6 Procedimiento para el análisis cuantitativo	16
7 Tiempos de un activo	22
8 Curva de confiabilidad de un equipo.....	25
9 Plan de mantenimiento.....	26
10 Caldera pirotubular.....	27
11 Caldera acuotubular	28
12 Central de cogeneración en ciclo abierto.....	29
13 Central de cogeneración en ciclo combinado	29
14 Caldera HRSG	30
15 Caldera HRSG horizontal	32
16 Caldera HRSG vertical	32
17 Rotura grande de amplia abertura en un tubo del sobrecalentador	33
18 Ubicación geográfica de refinería "La Libertad".....	38
19 Estructura orgánica funcional RLL.....	39
20 Distribución de vapor RLL	40
21 Caldera HRSG FRI-RLL	42
22 Secciones caldera HRSG	43
23 Intercambiador de calor Tipo "O" Caldera HRSG	45
24 Quemador lado oeste.....	49
25 Panel de control BMS.....	50
26 Indicadores de nivel	54

27 Válvula bypass	55
28 Actuador neumático	56
29 Desaireador.....	57
30Domo de vapor.....	58
31Válvula de control de alimentación de agua	59
32Válvula de control de alimentación de vapor	60
33 Ablandador.....	61
34 Compresor	62
35 Bombas de condensado.....	63
36 Bombas de alimentación	64
37 Carcasas caldera HRSG	65
38 Inspección interior ducto de quemadores	67
39 Inspección interior ducto de transición.....	67
40 Inspección interior cabezal superior evaporador 2.....	67
41 Inspección interior cabezal inferior evaporador 1.....	68
42 Inspección interior cabezal inferior evaporador 2.....	68
43 Ensayo de líquidos penetrantes	69
44 Ensayo de ultrasonido en haces tubulares	69
45 Medición de espesores haces tubulares evaporador 1	70
46 Medición de espesores haces tubulares evaporador 2.....	70
47Ensayo de ultrasonido cabezal inferior	71
48 Medición de espesores cabezal inferior.....	71
49 Encuesta	73
50 Organigrama de codificación en EP PETROECUADOR RLL	78
51 Sistema de purga	139
52 Orden de trabajo	159
53 Orden de trabajos pendientes	160
54 Solicitud de servicio externo	161

55 Requisición de compra	161
56 Requisición de repuestos	162
57 Bitácora de fallas.....	163
58 Rutinas de mantenimiento.....	163
59 Reporte de ultrasonido	163
60 Reporte termográfico.....	164
61 Consumo de combustible	186

ABREVIACIONES

MCC	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
AMEF	Análisis De Modos y Efectos De Falla
IBR	Inspección Basada En Riesgo
API	American Petroleum Institute
TMEF	Tiempo Medio Entre Fallas
TMPR	Tiempo Medio Para la Reparación
TMNPR	Tiempo Medio Necesario Para la Reparación
HRSRG	Heat Recovery Steam Generator
ASME	American Society of Mechanical Engineers
END	Ensayos No Destructivos
RLL	Refinería La Libertad
FRI	Facilidades de Refinación
BMS	Burner Management System
VBP	Válvula Bypass
SAA	Sistema de Agua de Alimentación
NE	No Estimado
NR	No Hubo Registro
REMH	Repuestos, Equipos, Materiales y Herramientas
FE	Flujo de Efectivo
FO	Fuel Oil

LISTA DE ANEXOS

- A Sistemas de distribución de la caldera HRSG
- B P&ID HRSG
- C Tablas empleadas para la realización de análisis cualitativo
- D Informe de vibraciones bomba 200 A
- E Elementos de la válvula de alimentación de agua y vapor
- F Informe de vibraciones bomba 201 A
- G Indicador de nivel magnético
- H Elementos internos de las bombas 200 A/B y 201 A/B
- I Ablandador
- J Indicador de nivel
- K Elementos internos válvula de alimentación de agua al domo FV125
- L Desaireador
- M Bombas DT203 A/B
- N Paneles de control
- O Ignitores
- P Válvulas triac
- Q Domo de vapor
- R Esquema soplador de hollín
- S Termografía
- T Elementos internos actuador neumático
- U Elementos posicionador neumático pmv5
- V Sectores de purga
- W Tuberías sistema de amoniaco
- X Precio de barril de petróleo en Ecuador (Banco Central del Ecuador)
- Y Determinación del máximo esfuerzo permisible
- Z Gestión de actividades

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se ha diseñado la gestión integral de mantenimiento para el generador de vapor del sistema de cogeneración de “EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD”, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de los activos fijos en estudio a lo largo de su vida útil, para lo cual se pudo constatar el mantenimiento empleado actualmente en la empresa, recopilar la información necesaria, y apreciar los inconvenientes que se presentan en la producción de la empresa cuando la caldera se encuentra fuera de funcionamiento.

Para diseñar la gestión se definió las condiciones técnicas y funcionales de los equipos de la caldera, bajo una tabla de diagnóstico y mediante ensayos no destructivos. Posteriormente se evaluó la criticidad de los equipos auxiliares por el método de criterios ponderados y por medio de la inspección basada en riesgo se conoció el nivel de riesgo que presenta la caldera.

Con el análisis detallado de criticidad y de riesgo se elaboró el plan de mantenimiento en el cual se muestra las gamas de mantenimiento con las actividades preventivas y predictivas adecuadas para los diferentes sistemas de la caldera. Estas actividades nos ayudaron a conocer la gestión de repuestos, herramientas, materiales, equipos, número de horas, personal que requiere la caldera y además se calculó bajo normas específicas la frecuencia de inspección de los haces tubulares de la caldera para establecer un adecuado programa de inspección.

Al haber adquirido la base de datos necesaria se automatizó la gestión de mantenimiento mediante un software especializado. Dentro del estudio económico se hizo la relación que presenta una parada de planta y la aplicación de la gestión de mantenimiento, además se calculó que el proyecto es rentable siempre y cuando la caldera se encuentre funcionando y con el mantenimiento en vigencia, permitiendo así que en un periodo de 3 años 17 días la inversión se recupere.

ABSTRACT

In this degree work it has been designed the integrated management of maintenance for the steam generator of the cogeneration system of "EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD", with the purpose of ensuring the availability of the fixed assets in study along its useful life, for which it was possible to confirm the maintenance used at present in the company, to compile the necessary information, and to appreciate the disadvantages that appear in the production of the company when the boiler is out of functioning.

To design the management they were defined the technical and functional conditions of the boiler equipment, under a diagnostic chart and using non-destructive testing. It was subsequently evaluated the critically of the auxiliary equipment by the method of weighted criteria, and by means of inspection based on risk it was known the risk level that the boiler presents.

With the detailed analysis of critically and risk, the maintenance plan was developed in which the ranges of maintenance with the appropriate preventive and predictive activities for the different systems of the boiler are showed.

These activities helped to know the spare parts management, tools, materials, equipment, number of hours, staff that requires the boiler and it was also calculated under specific rules the frequency of inspection of the tube bundles of the boiler to establish an adequate inspection program.

Having acquired the necessary database, the management of maintenance was automated using specialized software. Within the economic study it was made the relationship that presents a plant stoppage and the implementation of the maintenance management, also it was estimated that the project is profitable as long as the boiler is operating and with the validity of maintenance, allowing that in a period of 3 years 17 days the investment is recovered.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El mundo industrial en la actualidad presenta una constante evolución, y su principal característica es el cambio de sus diferentes aspectos en cuanto tiene que ver a lo económico, social, comercial, tecnológico y por ende del mantenimiento de máquinas.

Entendiéndose por Mantenimiento a aquella función empresarial por la que se estatuye: “El control constante de la planta industrial, el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios, a fin de asegurar el funcionamiento regular, el buen estado de conservación de la planta productiva, de los servicios y de los equipos de una empresa”.

Sobre la entrada al cantón La Libertad, en la provincia de Santa Elena se levanta, desde hace 70 años, la empresa pública Refinería La Libertad la cual produce el 35 por ciento del combustible del país, sus torres de refinación procesan normalmente 45 000 barriles diarios de crudo extraído del Oriente, dos plantas denominadas Universal y Parsons trabajan conjuntamente con el vapor proveniente de las calderas del área de generación eléctrica.

En la actualidad la planta de generación de vapor cuenta con una caldera acuotubular especial denominado Generador de Vapor por Recuperación de Calor (HRSG por sus siglas en inglés) marca *Enviro Kinetics*, la cual recupera el calor de los gases de escape de una turbina de gas acoplada al sistema, y genera vapor a una presión de 150 Psig, y trabaja de manera continua.

En el evento de que la planta requiera más vapor del que se pueda obtener con la recuperación del calor remanente de los gases de escape de la turbina, la caldera HRSG está equipada con dos quemadores de fuel oíl instalados en el ducto de quemadores, los cuales aportan más energía calorífica para generar el calor adicional requerido. La cantidad máxima de vapor generado por los gases de escape de la

turbina es de 29,300 lb/h y con los quemadores de ducto adicionales en servicio, la capacidad completa, el sistema puede llegar a producir 40 000 lb/h.

La caldera HRSG marca *Enviro Kinetics* fue montada en el año 2013 y la misma fue puesta a punto para su funcionamiento con el apoyo de la empresa SeasteciCia. Ltda. el (HRSG) actualmente no presenta un adecuado registro de documentación técnica, la máquina posee manuales que requieren ser organizados, y de la elaboración de un adecuado plan de mantenimiento ya que la máquina es nueva, debido a esto se hace necesario realizar el diseño para la Gestión Integral del mantenimiento buscando conservar y alcanzar la vida útil de la máquina.

1.2 Justificación

Refinería La Libertad es una empresa pública que se dedica a producir derivados de petróleo, para este proceso requiere generar una gran cantidad de vapor mediante calderos, para utilizarlo en los diferentes procesos de refinación.

Debido a que el generador de vapor por recuperación de calor HRSG se encuentra sometido a trabajar de forma continua y en razón de que no cuenta con adecuados programas de mantenimiento para tratar de mejorar la confiabilidad del equipo se presenta la necesidad de aplicar técnicas sofisticadas de control, realizar una evaluación de los procesos de la máquina empleando adecuadas técnicas de mantenimiento cuyo principal propósito es obtener la máxima eficiencia del producto con el mínimo de costo.

Al aplicar un adecuado mantenimiento en la caldera se podrá conocer la sensibilidad, la habilidad, y la funcionalidad del equipo, para así poder determinar si se están produciendo cambios en las condiciones físicas del mismo, esto se realiza mediante la medición de señales de vibración, sonido, temperatura, presión, desgaste, alineamiento, corrosión, erosión solo así podemos determinar cuál es el proceso que está funcionando de manera incorrecta y predecir un fallo antes que suceda.

Por lo que el siguiente estudio nos permitirá conocer y definir cuáles son los equipos críticos del generador HRSG, con qué frecuencia los equipos deberán ser intervenidos para realizar mantenimiento, las piezas que se deben reemplazar, controlar el mantenimiento a ejecutar, establecer parámetros de mantenimiento, entre otros.

Al aplicar un plan de mantenimiento en el generador de recuperación de calor HRSG entre la fecha establecida (inicio y final) se disminuirá la probabilidad de falla de los equipos ya que de esta manera se controlara los costos generados por mantenimiento, se garantizara la disponibilidad, la confiabilidad, y lo más importante se evitará la paralización no programada en el proceso productivo de la planta la cual generaría pérdidas económicas a la empresa.

De ahí que esta investigación se justifica y se hace necesario realizar la gestión integral del mantenimiento del Generador de Vapor por Recuperación de Calor del sistema de cogeneración de Refinería La Libertad para poder garantizar que se prolongue la vida útil del sistema, se trabaje para producir beneficios, se alcance un máximo rendimiento y se reduzca en lo posible al mínimo el número de fallos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Diseñar la gestión integral de mantenimiento para el generador de vapor por recuperación de calor del sistema de cogeneración de EP PETROECUADOR Refinería La Libertad.

1.3.2 Objetivos específicos:

Conocer la estructura tecnológica del generador de vapor por recuperación de calor HRSG.

Diagnosticar y analizar la situación actual del HRSG en la refinería, en cuanto a sus características: tecnológicas, régimen de producción y mantenimiento.

Definir los equipos críticos del sistema de recuperación de calor para su debido estudio y análisis de fallas que pueda tener.

Desarrollar un plan de mantenimiento al elaborar las respectivas fichas técnicas de los equipos que conforman la caldera.

Establecer los indicadores de gestión del mantenimiento diseñando las fichas para ejecutar rutas de gestión de mantenimiento.

Mostrar beneficios económicos del diseño de la gestión de mantenimiento basado en los costos que generaría para la empresa.

Automatizar la gestión de mantenimiento mediante la utilización de un software.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mantenimiento

Mantenimiento es aquella función empresarial por la que se establece “El control constante de la planta industrial y el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios, a fin de asegurar que todo activo físico continúe desempeñando las funciones para los cuales fueron creados de manera confiable y eficiente, garantizando, además del buen estado de conservación de la planta productiva la seguridad personal y ambiental”.

El “Mantenimiento de Máquinas e Instalaciones” no es otra cosa que la conservación, vigilancia y cuidados que las mismas requieren para evitar en lo posible averías imprevistas, o reparar éstas con la mayor presteza (CUADRADO, 2000 pág. 3).

2.2 Tipos de Mantenimiento

2.2.1 *Mantenimiento Correctivo.* Basa su acción en la corrección de daños o fallas luego de que éstos se han producido. Este sistema se basa en la improvisación y representa el más alto costo para la industria.

La mayoría de empresas están acostumbradas a este tipo de Mantenimiento, se supone que el equipo siga en servicio hasta que no pueda desempeñar su función normal, y que exista la obligación de llamar al Servicio de Mantenimiento para reparar el defecto.

Una vez reparado el defecto, el Servicio de Mantenimiento, no atiende de nuevo al equipo hasta que no presente otra falla (CUADRADO, 2000 pág. 34).

2.2.2 Mantenimiento Predictivo. El Mantenimiento Predictivo, se puede definir como la sensibilidad, la habilidad, o la funcionalidad del equipo, para determinar si se están produciendo cambios en las condiciones físicas del mismo.

Esta “Aproximación - Predicción”, hace reducir la frecuencia de overhauls o reparaciones periódicas, de inspecciones sin aumentar el riesgo de averías, reducir el tiempo muerto del equipo, el costo de mantenimiento y para el efecto, se dispone de Recursos Técnicos que permiten encontrar estas variaciones apenas comienzan.

En el Mantenimiento Predictivo, se observa y detecta los siguientes fenómenos:

Vibración, amplitud, velocidad, aceleración, sonido, temperatura, presión, desgaste, alineamiento, corrosión – erosión (CUADRADO, 2000 pág. 37).

Los instrumentos de control para la detección de problemas son:

- Analizador portátil de vibración y medidor de amplitud
- Equipo de ultrasonido para espesores de paredes delgadas

- Sensores

- Monitores para desplazamiento axial.

- Espectrofotómetro de absorción atómica, para análisis de aceites lubricantes.

2.2.3 Mantenimiento Preventivo. El Mantenimiento Preventivo, es un Sistema de Trabajo el mismo que procura disminuir la reparación de un equipo al inspeccionar, reparar y renovar antes de que se produzca la avería.

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se detecta los puntos débiles en su fase inicial y se los corrige en el momento oportuno al realizar adecuadas inspecciones de equipos e instalaciones que nos permiten detectar fallas.

La programación de inspecciones debe realizarse en forma periódica de acuerdo a un plan establecido, tanto de funcionamiento como de seguridad, análisis, reparaciones, limpieza, y no a una demanda del usuario.

Este tipo de mantenimiento, es la única forma de asegurar al máximo que los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas trabajen a los niveles y eficiencia óptimos.

Técnicamente hablando, lo ideal sería que un Servicio de Mantenimiento trabajara plenamente en preventivo, pero para determinados componentes que no son capaces de producir una parada importante, puede ser antieconómico incluirlas en este tipo de Mantenimiento(CUADRADO, 2000 pág. 39).

2.2.4 Características del Mantenimiento Preventivo. La principal característica de este tipo de mantenimiento es que elabora un plan de mantenimiento donde se especifica la realización de actividades necesarias: desmontaje, limpieza, engrase, cambio de correas, etc.

Lo que permite obtener una mayor disponibilidad de actividad de una máquina, mayor grado de calidad de la producción, ampliación de la vida útil de los equipos, disminución del tiempo de paradas y logra una programación estable de trabajos de mantenimiento.

2.3 Filosofías del Mantenimiento

2.3.1 Mantenimiento Proactivo.El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a generar los fallos de los equipos, la maquinaria y la planta.

El mantenimiento proactivo se lo realiza al haber finalizado el calendario para mantenimientos preventivos se buscan las causas que generan el desgaste de los sistemas o las averías al ser localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes, ya que de hacerlo, la vida útil y desempeño de funciones, se verán reducidos.

El aumento de la vida operativa de la máquina a través de una estrategia de mantenimiento proactivo indudablemente disminuye los costos de mantenimiento y aumenta la productividad de la Planta.

Sin embargo, en la práctica en muchas empresas no se ha logrado los resultados esperados por falta de personal capacitado en el tema (TRUJILLO, 2002 pág. 2).

2.3.2 *Mantenimiento Productivo Total TPM.* El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia y ayuda a mejorar la competitividad de todo el sistema productivo. Instaurando un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto comprende cero defectos, cero accidentes, cero fallas en todo el ciclo de vida del sistema productivo se aplica en todos los sectores, incluyendo desarrollo, producción y departamentos administrativos.

El TPM se ampara en la cooperación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos; la obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

Estas acciones deben llevar a la obtención de productos y servicios de alta calidad, alta moral en el trabajo, mínimos costos de producción, y una imagen de empresa excelente (CUADRADO, 2000 pág. 48).

2.3.3 *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC.* El MCC o RCM por sus siglas en inglés (*Reliability Centered Maintenance*,) es una "Filosofía para la gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de mejorar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo determinados.

Constituyendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, y toma en cuenta los posibles efectos que originan los modos de fallos de estos activos, al ambiente, a la seguridad, y a las operaciones" (PARRA, 2005 pág. 7).

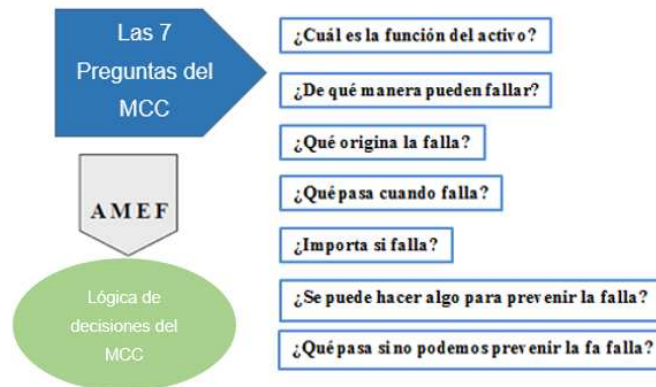
2.3.3.1 *Características generales del MCC:*

- Herramienta que permite adoptar acciones de control de fallas y estrategias de mantenimiento en un entorno operacional.
- Conjunto de métodos basados en un procedimiento sistemático que permite elaborar planes óptimos de mantenimiento / produce un cambio cultural.

- Los resultados de la aplicación del MCC serán su en sistemas complejos con diversidad de modos de fallo (ejemplo: equipos rotativos grandes).

La metodología MCC plantea un procedimiento que permite determinar las necesidades reales de mantenimiento de los activos, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas(PARRA, 2005 pág. 8):

Figura 1. Preguntas claves del MCC



Fuente: PARRA, Carlos. Implementación MCC, p.8

2.4 Gestión integral del mantenimiento

La Gestión Integral del Mantenimiento es el medio por el cual se busca garantizar la disponibilidad de los activos fijos de una industria con confiabilidad y seguridad total, para producir bienes o servicios, elaborarlos y que los mismos satisfagan a los usuarios en un tiempo determinado, asegurando la eficiencia, eficacia y los mayores índices de productividad.

En este nuevo siglo el área de mantenimiento ha pasado a ser un proceso integral que ha colaborado para la generación de utilidades industriales(Confiabilidad.net, 2010).

2.5 Desempeño de la gestión del mantenimiento

El desempeño de la gestión del mantenimiento se basa en el deterioro de los equipos industriales y de las consecuencias que se producen en el sistema productivo.

En una determinada empresa la gestión del mantenimiento se lo realiza para incrementar la fiabilidad, la seguridad de las personas y de los equipos, mediante la

optimización de sus cuatro áreas fundamentales: gestión del talento humano, definición de estrategias, optimización de los activos fijos, y la optimización de procesos y sistemas, fomentando para cada uno de ellos sus aspectos conceptuales y un eficaz proceso de implementación(Confiabilidad.net, 2010).

Figura 2. Áreas fundamentales de la gestión de mantenimiento



Fuente: <http://confiabilidad.net/articulos/gestión-integral-de-mantenimiento>

Para obtener un desarrollo eficiente de la gestión integral del mantenimiento se debe enfocar en un plan de cambio mediante los siguientes puntos:

- Aceptar que todo cambio es valioso.
- Poseer una visión que detalle el estado deseado.
- Aumentar estrategias para alcanzar la visión.
- Dirigir el proceso con un personal preparado.
- Utilizar indicadores de gestión de mantenimiento para medir resultados.
- Capacitarse para corregir comportamientos no deseados.

2.5.1 Gestión del talento humano. Se define como gestión del talento humano a la posibilidad de que las personas en los procesos industriales se desempeñen de manera eficiente y sin cometer fallas, durante su competencia laboral y dentro de un

contexto específico. En el proceso de Mantenimiento es vital que la gestión del Talento Humano, se lo realice mediante el uso de modelos de competencias, el trabajo en grupo, la dirección por valores, el empoderamiento, el liderazgo, el entrenamiento y la inteligencia emocional, porque se necesita que cada una de las personas de la empresa se involucre para intensificar la disponibilidad y confiabilidad de los activos con la misión y objetivos propuestos. (Confiabilidad.net, 2010).

2.5.2 Definición de las estrategias. Para desarrollar nuevas estrategias, comúnmente se selecciona uno de dos planteamientos. El primero se fundamenta en reglas o normas aprendidas en base a la experiencia. El segundo radica en disminuir opciones al tener un amplio conjunto de alternativas para posteriormente realizar un análisis lógico hasta alcanzar la estrategia óptima.

Para definir nuevas estrategias se deben considerar los siguientes elementos (Confiabilidad.net, 2010):

- La estrategia global de la empresa.
- Los objetivos tácticos competitivos.
- La criticidad de la planta.
- El análisis funcional de los activos.
- Las nuevas preferencias del mantenimiento.
- Los indicadores claves de desempeño.

2.5.3 Herramientas de confiabilidad operacional. La confiabilidad como metodología de análisis debe sostenerse en una serie de herramientas que permitan valorar el comportamiento del componente de una forma sistemática a fin de poder la magnitud del riesgo, el nivel de operabilidad, y las acciones de mitigación de mantenimiento que requiere el mismo para asegurar al dueño del activo su integridad operacional (Confiabilidad.net, 2010).

La utilización de las herramientas de confiabilidad permite detectar la condición en cuanto al comportamiento de un activo, y el proceso de optimización de los

activos implica a adquirir todos los medios materiales para ejecutar las estrategias preestablecidas. Aquí se deben precisar los equipos, las máquinas, e instrumental, con los debidos repuestos necesarios para ejecutar las tareas. Para la optimización de los activos físicos se debe considerar lo siguiente:

- Determinar las máquinas y las herramientas.
- Obtener repuestos y materiales.
- Definir criticidad, tiempo de reposición, usabilidad, accesibilidad, costo y demanda.
- Repuestos adaptados a confiabilidad.
- Índices de renovación de repuestos estratégicos.
- Suministro económico óptimo.

Las herramientas que se usan para conocer la confiabilidad operacional son varias y nos permiten desarrollar un sistema que posibilita evaluar el comportamiento de los equipos, fijar los compromisos de mantenimiento e inspección necesarios para garantizar la *Integridad Mecánica* de las instalaciones. Las herramientas más usadas para generar estrategias vitales son (Confiabilidad.net, 2010):

2.5.3.1 Análisis de Criticidad. Es un procedimiento que permite clasificar y jerarquizar instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos en función de su impacto global, con el propósito de facilitar la toma de decisiones direccionando recursos y esfuerzos hacia las áreas de acuerdo a su impacto en el negocio (MONTAÑA, 2006 pág. 56).

Figura 3. Criterios y parámetros del análisis de criticidad



Fuente: MONTAÑA, Leonardo. Diseño de sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad, p. 55

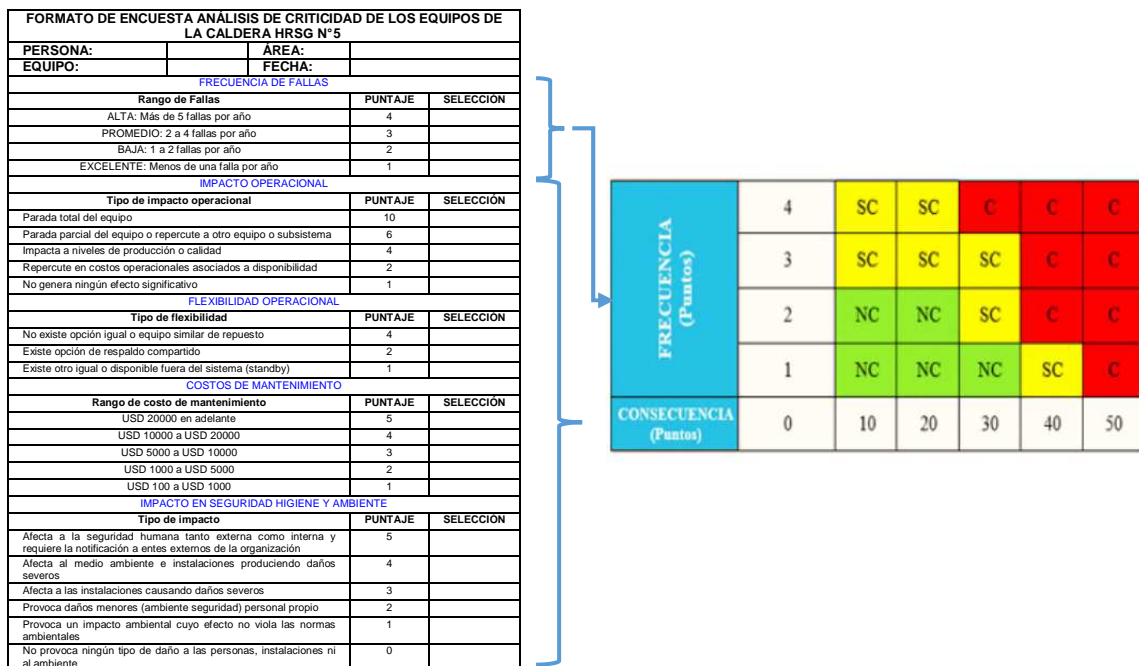
La información almacenada en este estudio podrá ser empleada para:

- Distinguir órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento
- Distinguir los proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Elegir una política de manejo de materiales y repuestos.
- Controlar políticas de mantenimiento a los sistemas y a las actividades más críticas.

El análisis de criticidad por criterios ponderados es ampliamente utilizado hoy en día, en la industria petrolera y se aplica para equipos mecánicos (estáticos y rotativos).

Análisis de criticidad por criterios ponderados. La base principal para este análisis es el establecimiento de un sistema de puntos para valorar la criticidad y de una matriz cuyos rangos de frecuencia se expresan como indica la siguiente figura (GUTIERREZ, y otros, 2007).

Figura 4. Metodología de criticidad por criterios ponderados



Fuente: GUTIERREZ, E; AGÜERO M; CALIXTO I, Análisis de criticidad integral de activos, p. 8

La ecuación base para este análisis es la siguiente:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * \text{Consecuencia(1)}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional}) + \text{Costos Mantenimiento} + \text{Impacto en seguridad y medio ambiente} \quad (2)$$

Los pasos a seguir en el estudio de criticidad por el método de criterios ponderados, para una planta de cualquier naturaleza son(MONTAÑA, 2006 pág. 59):

- Reconocer los equipos a estudiar
- Instruir al personal sobre la importancia del estudio
- Selección del personal a entrevistar
- Recolección de datos
- Verificación y análisis de estudio
- Elaboración y realización de encuestas bajo un formato preestablecido
- Resultados del estudio

Bajo los aspectos mencionados se observa la utilidad del análisis de criticidad lo cual nos permite:

- Utilizar de una manera óptima los recursos humanos y económicos dirigidos hacia sistemas claves de alto impacto.

- Potencializar desarrollo de habilidades en el personal basado en la criticidad de los procesos y sistemas.
- Priorizar la ejecución y detección de oportunidades pérdidas y aplicación de otras herramientas de confiabilidad operacional.

2.5.3.2 Inspección Basada en Riesgo. La IBR es un proceso que usa el riesgo como base para gestionar los esfuerzos de un programa de inspección ya que busca garantizar la Integridad Mecánica de los equipos estáticos dentro de un proceso de producción, de esta manera se podrá estimar cada uno de los riesgos obtenidos y conocer el impacto sobre los costos, seguridad, la calidad y regulaciones ambientales, este método aplica para aquellos equipos estáticos cuyo principal mecanismo de deterioro es la corrosión. La IBR se fundamenta en la norma API 581 “Risk-Based Inspection” (Siglas en Inglés) la cual emplea tablas específicas las mismas que de acuerdo a la información del equipo proporciona elementos de juicio para realizar el análisis. Este procedimiento nos influirá a generar los planes de inspección y de mantenimiento para cada equipo, los mismos que identifican las acciones que deben ser implementadas para proporcionar confiabilidad y seguridad en la operación. EL procedimiento IBR podrá ser aplicado cualitativamente, cuantitativamente o semi-cuantitativamente (MENA, José, 2010 pág. 44).

Análisis cualitativo. El análisis cualitativo proporciona de una forma general el nivel de riesgo en el que se encuentra determinado equipo y es el fundamento para desarrollar un análisis cuantitativo más detallado (MORA, 2004 pág. 128).

Para determinar el índice de riesgo cualitativamente en la norma API 581 se utilizan las tablas del Anexo C, que permiten el proceso de recopilación de la información (American Petroleum Institute 581, 2000 págs. A-2, A-10).

El proceso de recopilación de datos para determinar el índice de riesgo está dividido en tres partes que son:

Parte 1: Determinación de la categoría de probabilidad.

Parte 2: Determinación de la categoría de consecuencias de daños.

Parte 3: Determinación de la categoría de consecuencias a la salud.

La determinación del riesgo del equipo que se está estudiando se da al relacionar la primera parte con la mayor de la segunda y tercera, tal como indica la siguiente ecuación.

$$RIESGO = Probabilidad\ de\ la\ falla * Consecuencia\ de\ la\ Falla \quad (3)$$

El resultado es colocado en una matriz 5x5 en donde las ordenadas representan la probabilidad y las abscisas son las consecuencias. La ubicación en esta matriz indicará el nivel de riesgo del elemento que se está analizando.

Figura 5. Matriz del nivel de riesgo

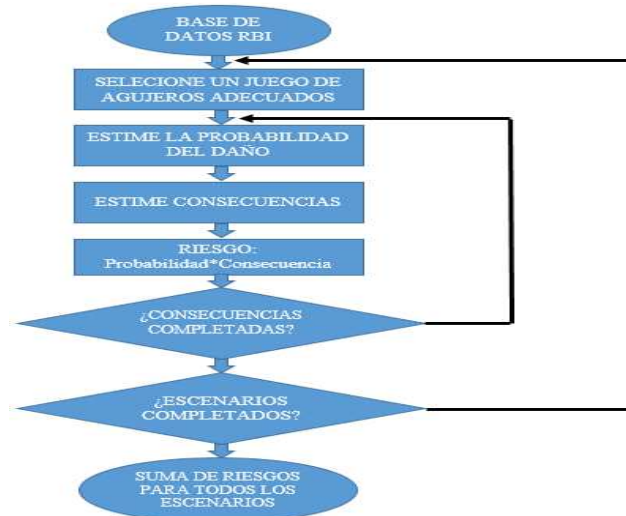
CATEGORÍA DE PROBABILIDAD	5	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
	4	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto	Alto
	3	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto	Medio Alto
	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio Alto
	1	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio Alto
CATEGORÍA DE CONSECUENCIA	0	A	B	C	D	E

Riesgo bajo
Riesgo medio
Riesgo medio alto
Riesgo alto

Fuente: API 581. Inspección basada en riesgo, p.360

Análisis Cuantitativo. El análisis cuantitativo permite integrar una metodología uniforme, la información pertinente sobre el diseño de las instalaciones, la fiabilidad de los componentes, la progresión física de accidentes y posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente. Para efectuar este análisis según recomienda la norma API se realiza el siguiente proceso que indica la figura6(MORA, 2004 pág. 14)

Figura 6. Procedimiento para el análisis cuantitativo



Fuente: API. Inspección basada en riesgo, p.360

2.5.4 Optimización de los procesos y sistemas. La optimización de los procesos y sistemas busca los *objetivos* de rendimiento de los procesos, al valorar el nivel actual de desempeño y establecer el *plan de acción* para su mejoramiento, y demanda que los equipos de planeación tengan la autoridad para cambiar la manera como se ejecutan las actividades; para lo cual se necesita de acuerdo con el valor del cambio: una reingeniería del proceso, o una mejora incremental (Confiable.net, 2010).

En la optimización general de los procesos se deben considerar:

- Registro del historial de equipos
- Programación de actividades
- Plan integral de mantenimiento
- Análisis costo - riesgo – beneficio
- Gestión de inventarios
- Análisis y diagnóstico de sistemas
- Control de indicadores de gestión
- Plan de mejoramiento continuo

2.6 Organización del mantenimiento

Para la elaboración del plan de mantenimiento se requiere conocer previamente el estado técnico de los equipos, así como de las exigencias a cumplir para una buena conservación de estos, razón por la que es necesario efectuar un conjunto de trabajos iniciales que permitan conocer tal situación(MOROCHO, 2003 pág. 9).

2.6.1 *Determinación del estado técnico de los equipos.*El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que este presenta en un momento dado, pues un equipo que está sometido a un determinado régimen de trabajo se deteriora continuamente y su estado técnico puede llegar a tal punto, que se refleje en la mala calidad de la producción, el aumento de las roturas imprevistas e incluso, en un bajo rendimiento, en el aumento de los riesgos que implica para el obrero en cuanto a su operación(MOROCHO, 2003 pág. 10).

La inspección que se lleva a cabo para determinar el estado técnico de un equipo, deberá considerar los siguientes aspectos:

- Consumo de energía
- Funcionamiento del mecanismo motriz

- Estado del cuerpo del equipo (carcasa)
- Funcionamiento de los mecanismos de mando
- Estado de las correas, acoples, cadenas de transmisión, etc.
- Estado de conservación de los instrumentos que indican los valores de los parámetros de funcionamiento del equipo.
- Nivel vibraciones y ruido.

2.6.2 *Clasificación de los equipos de acuerdo a su estado técnico.* Al evaluar un equipo su estado técnico se determinará por la eficiencia que presente en relación con la que originalmente tenía. La eficiencia de un equipo se traduce en producción realizada; si tiene en cuenta dicha eficiencia, el estado técnico se evalúa como (MOROCHO, 2003 pág. 12):

Tabla 1. Clasificación de equipos por su estado técnico

BUENO	90 a 100%
REGULAR	75 a 89%
MALO	50 a 74%
OBSOLETO	Menos de 50%

Fuente: MOROCHO Manuel. Administración del mantenimiento, p.12

2.6.3 *Procedimiento para determinar el estado técnico de un equipo.* Los pasos para determinar el estado técnico de los equipos son los siguientes:

- Elaborar el inventario de equipos
- Revisión previa de cada uno, esta revisión lo efectuarán los técnicos más calificados del taller en las diferentes especialidades, los mismos que darán una valoración que puede ser bueno, regular, malo y obsoleto por cada uno de los aspectos que comprende la revisión.
- A partir de esta valoración se multiplicará los aspectos evaluados como buenos por 1, los evaluados como regulares por 0,8, los evaluados como malos, por 0,6

y los evaluados como obsoletos por 0,4, todos resumidos en una respectiva tabla.

- Sumar todos los productos y el resultado dividirlo entre la cantidad de aspectos evaluados.
- El resultado se multiplica por 100 y se obtiene el índice en porcentaje que permite evaluar el estado técnico del equipo en su conjunto.

2.7 Documentos para la gestión del mantenimiento

Los documentos para llevar adecuadamente la gestión del mantenimiento constituyen un conjunto de instrumentos técnicos y administrativos, los cuales nos permiten llevar el inventario de equipos, determinar los requerimientos de mano de obra y de materiales, controlar costos, registrar información técnica, generar ordenes de trabajo, y finalmente establecer nuestros planes y programas con el objetivo de organizar la implantación del mantenimiento óptimo que deseamos(TAVARES, 2006 págs. 44-52).

La información adquirida de los equipos deberá estar almacenada en una base de datos con los siguientes documentos:

2.7.1 Solicitud de actividad. Este documento cubrirá los datos de:

- Máquina o equipo a tratar con su respectiva ubicación técnica.
- Grupo de planificación.
- Responsable.
- Fecha en que se solicita.
- Descripción de la actividad (mano de obra-recambios-costes)
- Personal que lo solicita

2.7.2 *Solicitud por avería.* En este documento constaran los siguientes datos:

- La máquina o equipo a tratar con sus respectivos sistemas, subsistemas, elementos.
- Su ubicación técnica.
- La hora de la avería.
- Describir si la falla produjo parada o no.
- El grado de prioridad de la ejecución de la tarea.
- El grupo de planificación.
- La descripción breve de la avería.
- El personal que lo solicita y el detalle de la causa.

2.7.3 *Orden de trabajo.* Una vez recibido y gestionado los documentos solicitud de actividad y avería el departamento deberá emitir la orden de trabajo para realizar las intervenciones cuando lo considere oportuno. La orden de trabajo contendrá:

- El número de orden.
- Fecha de egreso e ingreso.
- La máquina, equipo o instalación a reparar.
- El tipo de mantenimiento.
- La descripción de la tarea a realizar.
- El elemento a reparar o cambiar.

El operario designado para la reparación deberá anexar datos como el tiempo empleado, las posibles reparaciones o intervenciones adicionales que pudieran surgir y el posible origen de la falla si éste se desconoce.

2.7.4 Orden de compra.La orden de compra contendrá datos sobre el elemento solicitado, como:

- Su nombre.
- Su material (componente básico).
- La cantidad requerida.
- Características del mismo.
- Datos del proveedor.
- La gestión del mismo es responsabilidad del departamento de mantenimiento.

2.7.5 Solicitud de servicio externo.Este documento deberá contener los siguientes datos:

- El solicitante.
- El servicio solicitado.
- La descripción del servicio.
- Unidades requeridas.
- Código del elemento.
- Descripción específica del servicio.
- Observaciones generales.
- La autorización.

- La gestión del mismo es responsabilidad del departamento de mantenimiento.

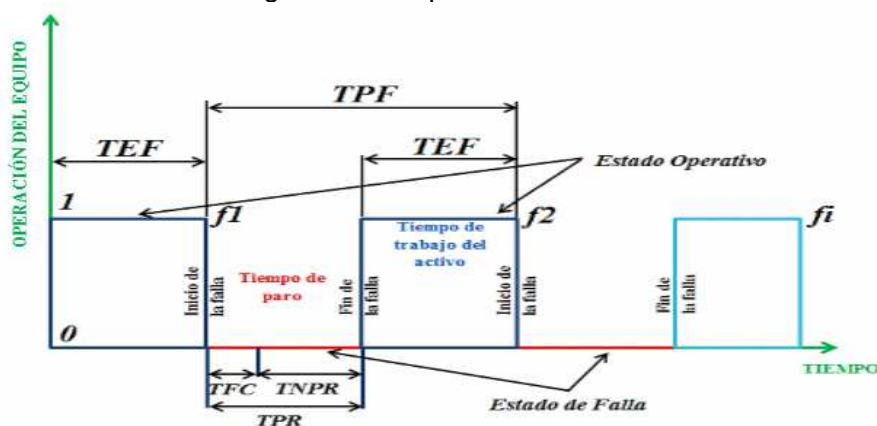
2.7.6 Trabajos pendientes. Para utilizar mejor los recursos de mano de obra, las organizaciones tienden a emplear una menor cantidad de técnicos de la que han anticipado, lo cual probablemente dará por resultado una acumulación de trabajos de mantenimientos pendientes. Estos pueden completarse haciendo que los trabajadores existentes laboren tiempo extra o buscando ayuda exterior de contratistas en una intervención planificada.

2.8 Control de la gestión del mantenimiento

El control de la gestión del mantenimiento nos ayuda a conocer si las actividades y decisiones respecto de la programación de mantenimiento son las adecuadas en función de la eficiencia y la eficacia. Para llevar el adecuado control se ha desarrollado a nivel global 5 indicadores denominados “índices clase mundial” que son (TAVARES, 2006 págs. 53-61):

- Tiempo medio entre fallas
- Tiempo medio para la reparación de equipos
- Disponibilidad
- Confiabilidad
- Mantenibilidad

Figura 7. Tiempos de un activo



Fuente: TAVARES Augusto. Administración del mantenimiento, p. 53

1 =Condición operacional del equipo.

0 =Condición no operacional del equipo.

f_i =Fallo i -ésima.

TEF =Tiempo entre fallos.

TPF =Tiempo para la falla.

TPR =Tiempo para la reparación.

$TNPR$ =Tiempo necesario para reparar.

TFC = Tiempo fuera de control (tiempo difícil de estimar, se relaciona con la logística del mantenimiento: suplidores, transporte, retrasos, ocio).

n = Para un número de fallos.

2.8.1 *Tiempo medio entre fallas.* El tiempo entre fallas es el tiempo comprendido entre la reparación, reemplazó, puesta en marcha de un activo (elemento, subconjunto, conjunto, equipo o sistema) y la falla del mismo (tiempo de trabajo del activo).

El TMEF es la media de los tiempos entre fallas producido en un tiempo definido conocido como tiempo de funcionamiento.

$$TMEF = \frac{\sum TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO}{NUMERO DE FALLAS O PARO} \quad (4)$$

2.8.2 *Tiempo medio para la reparación.* El tiempo para reparar es el tiempo que demora la reparación y está comprendido entre el inicio de la falla y el fin de la falla (es el tiempo de paro del activo). El TMPR es el promedio de los tiempos para la reparación en un tiempo determinado.

$$TMPR = \frac{\sum TIEMPO PARA LA REPARACIÓN}{NÚMERO DE FALLAS O PARO} \quad (5)$$

Se hace notar que la sumatoria de tiempo para la reparación es el tiempo total de paro del activo en un tiempo determinado. El tiempo medio para la reparación refleja en promedio la reacción del personal de mantenimiento ante una falla. (Este tiempo debe asegurarse de ser menor cada vez).

2.8.3 Disponibilidad. Es la probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones de cumplir su misión en un instante cualquiera. La disponibilidad expresada en los indicadores anteriores es:

$$Disp = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} * 100 \quad (6)$$

Este índice es el parámetro cuya información es el más representativo para la gestión del mantenimiento ya que relaciona a su vez, a la confiabilidad y a la mantenibilidad.

2.8.4 Mantenibilidad. Es la probabilidad de que un equipo sea restituido a un estado en el que pueda ejecutarse su trabajo en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla, utilizando procedimientos de mantenimiento preestablecidos. Siendo el parámetro fundamental del cálculo el TMNPR, cuando el TMNPR de un determinado equipo es alto, se dice que el equipo tiene una baja mantenibilidad. En el caso contrario, de que el tiempo medio necesario de reparación de los fallos de un determinado equipo sea bajo, se dice que el equipo tiene una alta mantenibilidad (PARRA, 2005 pág. 45).

2.8.5 Confiabilidad. Es la probabilidad de que un equipo no falle bajo condiciones de operación en un período determinado. La confiabilidad se relaciona básicamente con la cantidad de fallas y con el tiempo medio entre fallas (TMEF). Mientras el número de fallas de un equipo vaya en aumento o mientras el TMEF de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor.

De forma práctica la aproximación de la expresión más utilizada para calcular la confiabilidad de un equipo o un componente mecánico, es la desarrollada a partir de la distribución de Weibull (PARRA, 2005 pág. 46):

$$R(t) = e^{(-\frac{t}{v})^\theta} \quad (7)$$

Dónde:

$R(t)$ = Confiabilidad del equipo expresada en un valor probabilístico.

t = Intervalo de tiempo en el cual se desea conocer la confiabilidad del equipo, partiendo de un período de tiempo = 0.

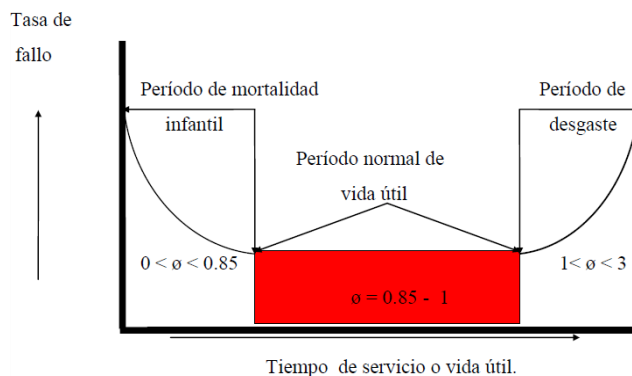
v = vida característica, se calcula en función del tiempo promedio operativo: TMEF (se puede utilizar el modelo de los mínimos cuadrados para calcular V) – en los casos

donde no se pueda modelar V , se puede utilizar directamente el TMEF, con un porcentaje de error comprendido entre el 5% y el 10%).

ϕ =es el parámetro de forma que según la distribución de Weibull, relaciona el período de tiempo en el que se encuentra operando el equipo y el comportamiento del mismo ante la probabilidad de ocurrencia de fallos y sus valores son:

- $0 < \phi < 0,85$, Equipo en etapa de mortalidad infantil, al inicio de la vida útil.
- $\phi = 0,85 - 1$, Equipo etapa normal de vida útil.
- $1 < \phi < 3$, Equipo en etapa de desgaste donde:
- $\phi > 1$, indican que el equipo está comenzando a desgastarse
- $\phi > 2$, indica que el equipo se ha desgastado incrementándose el número de fallos en el mismo (el período de vida útil del equipo está llegando a su fin).

Figura 8. Curva de confiabilidad de un equipo



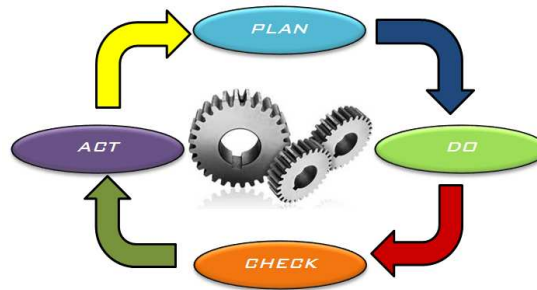
Fuente: PARRA Carlos. Implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad, p.47

2.9 Plan de mantenimiento

Es el conjunto debidamente organizado de gamas de mantenimiento, que contiene todas las actividades necesarias para prevenir y evitar las principales fallas que puede tener una instalación o equipo, utilizando de una manera adecuada recursos materiales y humanos (URBAN, 2008). El plan de mantenimiento debe desarrollarse anticipadamente y la información contenida en el Plan nos servirá para ubicarla en un programa informático GMAO (Gestión de mantenimiento asistido por ordenador), este

software permite la gestión de mantenimiento de equipos y/o instalaciones de una o más empresas y trabajar bajo un sistema de acción cíclica, PDCA.

Figura 9. Plan de mantenimiento



Fuente: Autor

P.D.C.A. expresa lo siguiente:

P = Plan = Planificar

D = Do = Ejecutar

C = Check = Controlar

A = Act = Actuar

Planificar. Elaboración del plan en base al análisis de la situación actual de los equipos, donde se define los objetivos que se desean alcanzar en un tiempo determinado con la gestión de mantenimiento, el plan debe contener las tareas necesarias, frecuencia, costos, carga de trabajo, y el tiempo de ejecución que se demorará en realizar el mantenimiento.

Ejecutar el plan. Al haber establecido los objetivos que se desea conseguir debemos implementar y ejecutar los nuevos procesos, tareas u órdenes de trabajo preestablecidas en el sistema CMMS, gestionando adecuadamente los recursos de los que se dispone y realizando un seguimiento de cómo se ejecuta, quien lo ejecuta, secuencias, materiales seguridad, información técnica, etc.

Controlar. Al transcurrir un determinado período es necesario evaluar el cumplimiento de los objetivos que se establecieron, volviendo a recopilar datos para analizar y comparar con las metas prefijadas ya que solo así se evaluará si se ha producido la mejora esperada. Se deberá realizar las respectivas conclusiones y documentarlas.

Actuar. Si se han detectado errores, incidencias o desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a modificar los estándares o el plan, comprobando la evolución del ciclo de mejora mediante los indicadores de mantenimiento y actuando sobre la planificación nuevamente, estableciéndose así la retroalimentación al sistema.

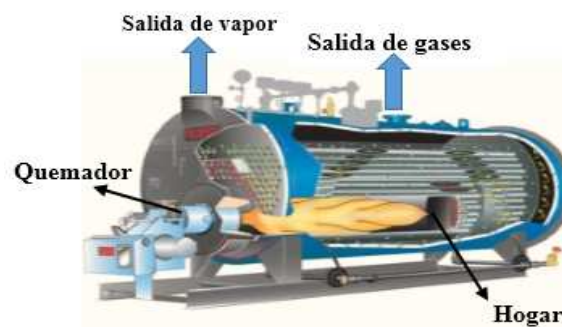
2.10 Calderas

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que aplican el calor de un combustible líquido, sólido, o gaseoso, para vaporizar el agua y utilizarlo en diferentes procesos en la industria. A pesar de que existen numerosos diseños de calderas, de manera general los principales tipos de calderas se pueden clasificar en dos grandes grupos; calderas pirotubulares y acuotubulares (MUÑOZ, y otros, 2008 pág. 2).

2.10.1 Calderas pirotubulares. En este tipo de calderas los gases calientes que proceden de la combustión de un combustible, circulan por el interior de tubos y por el exterior está bañado por el fluido caloportador (agua).

El combustible se quema en una cámara de combustión, en donde tiene lugar la transmisión de calor por radiación, y los gases resultantes, circulan a través de los tubos, en donde tiene lugar el intercambio de calor por convección y conducción, una vez ejecutado el intercambio térmico, los gases de combustión son expulsados al exterior a través de la chimenea. Según sea una o varias las veces que los gases pasan a través del haz tubular, se tienen las calderas de uno o de varios pasos (Sección española ISA, 2000).

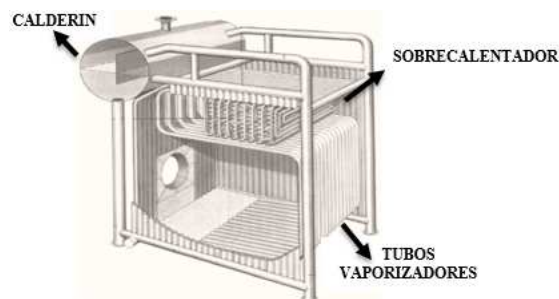
Figura 10. Caldera pirotubular



Fuente: SANZ Alberto. Sección española ISA, p. 1-4

2.10.1 Calderas acuotubulares. Las calderas acuotubulares son aquellas en las que el agua circula por el interior de tubos. Estos tubos están conectados al calderín formando un circuito cerrado, en el hogar de la caldera o cámara de combustión se produce el quemado de combustibles para el suministro de calor, la combustión que se produce desecha gases calientes que son conducidos a través del circuito de la caldera para ser reutilizados en los economizadores finalmente los gases residuales son enviados a la atmósfera a través de la chimenea (Sección española ISA, 2000). Este tipo de calderas pueden estar dotadas de otros equipos adicionales de intercambio de calor, como son el economizador, recalentador, sobrecalentador, etc.

Figura 11. Caldera acuotubular

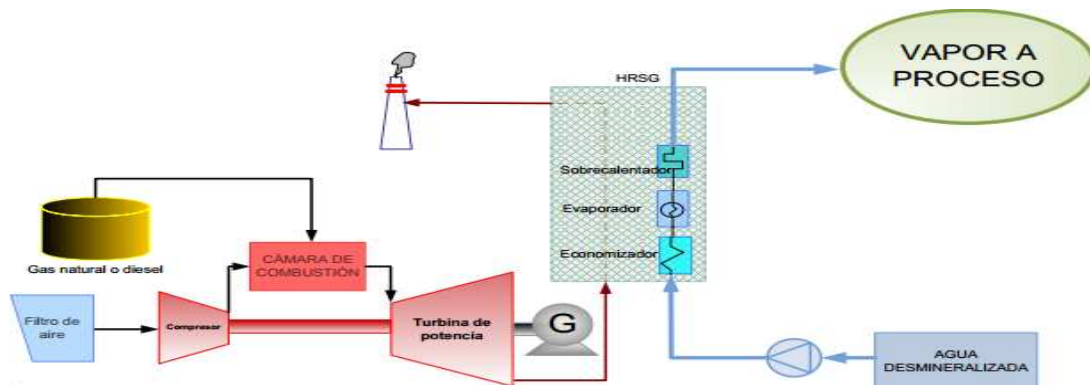


Fuente: SANZ Alberto. Sección española ISA, p. 1-4

2.11 Sistemas de cogeneración

Los sistemas de cogeneración son sistemas que producen simultáneamente electricidad y vapor, a partir de una misma fuente de energía primaria. Estos sistemas funcionan con los gases de combustión de una turbina de gas los mismos que poseen una gran cantidad de energía térmica ya que alcanzan temperaturas entre 500 y 600 °C y se suelen representar, específicamente, por dos tipos básicos de ciclos de potencia: los de tipo superior y los de tipo inferior (AGUIÑAGA, y otros, 2009). En el ciclo de tipo superior el calor de desecho de un proceso se dirige hacia una caldera de recuperación de calor HRSG, la misma que produce vapor el cual se destina posteriormente para el calentamiento de recintos, este tipo de proceso se lo denomina cogeneración con turbinas de gas en ciclo abierto.

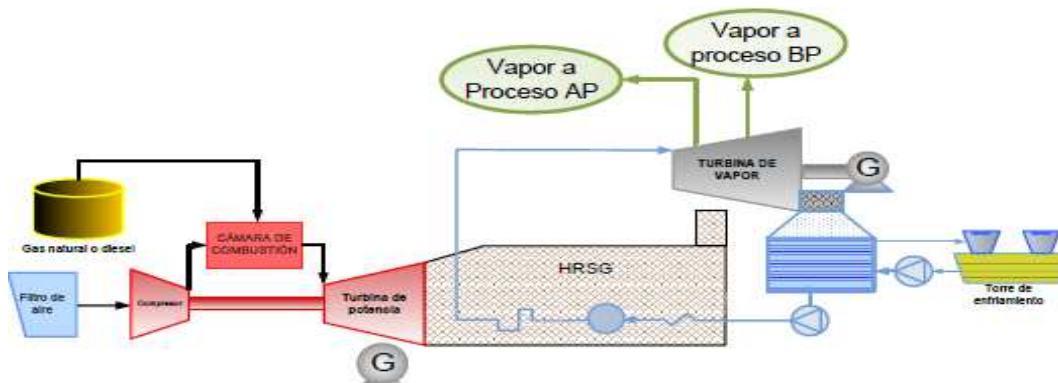
Figura 12. Central de cogeneración en ciclo abierto



Fuente: AGUIÑAGA Arturo, GALÁN Ángel. Alternativas de cogeneración, p. 10

En el ciclo de tipo inferior, el calor de desecho de un proceso se dirige hacia una caldera de recuperación de calor HRSG, la misma que produce vapor, y este es transportado a una nueva turbina de vapor la cual genera energía eléctrica, este tipo de proceso se le denomina cogeneración con turbinas de gas en ciclo combinado.

Figura 13. Central de cogeneración en ciclo combinado



Fuente: AGUIÑAGA Arturo, GALÁN Ángel. Alternativas de cogeneración, p. 11

Debido a la utilización del calor residual, el incremento del uso de las plantas de cogeneración logra un uso más conservador de los recursos de una empresa ya que la energía total usada en este proceso se puede aproximar al 80%.

Los factores que colaboran al funcionamiento económico son los siguientes:

- Alto rendimiento térmico.
- Bajo costo de instalación, en tiempo relativamente corto.

- Generación de vapor cuando requiera el proceso.
- Turbinas de vapor para condensación/extracción a otros procesos.
- Turbinas carentes de condensación con escape al proceso.
- Generador de vapor por recuperación de calor con combustión y sin combustión.
- Turbina de gas con baja emisión de NOX.
- Elevada relación potencia eléctrica/potencia calorífica.
- Elevada relación fiabilidad/disponibilidad.

2.12 Caldera HRSG

La caldera de recuperación o HRSG en un ciclo combinado es el elemento encargado de aprovechar la energía de los gases de combustión de la turbina de gas transformando la energía térmica en vapor, este equipo puede funcionar mediante una circulación natural (efecto termosifón) o circulación forzada (Bombas) (AGUIÑAGA, y otros, 2009 pág. 48).

Figura 14. Caldera HRSG



Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=caldera+hrsg>

Conforme sea la configuración del ciclo el HRSG puede incluir de uno (1) a cuatro (4) circuitos independientes de caldera (uno de alta presión, uno o dos de presión intermedia y uno de baja presión), dentro de la misma envolvente.

El circuito de alta presión, puede llegar a los 540°C y se utiliza para la generación de energía con sobre calentador.

Los circuitos de presiones intermedias se utilizan para la generación de vapor en los cuales suelen inyectarse vapor mezclado con amoniaco a fin de controlar losNOx de los gases de combustión.

El circuito de baja presión, se usa habitualmente para calentar el agua de alimentación “make up” y/o desaireación (desgasificación).

2.13 Componentes principales de la caldera HRSG

Desaireador. Llamado también desgasificador, es el encargado de eliminar los gases disueltos en el agua de alimentación, oxígeno principalmente y otros gases que podrían originar corrosiones.

Tanque de agua de alimentación. Recipiente donde se acumula el agua que alimenta a este sistema, el agua se tiene que desmineralizar para impedir que las impurezas puedan obstruir los conductos, erosionarlos o corroerlos, por las sustancias que podrían estar presentes.

Calderin. Llamado también domo de vapor, es un recipiente cuya forma es cilíndrica en el que se mantienen estables los estados de vapor y líquido, y a donde llega el agua líquida a la temperatura próxima a la de saturación que proviene de los economizadores, posee dos salidas las cuales proveen por medio de tubos de alimentación; de agua a los evaporadores y de vapor a los sobrecalentadores, además es el lugar donde se recogen los lodos de la caldera acuotubular.

Bombas de alimentación. Son máquinas encargadas de enviar el agua desde el desaireador al calderin correspondiente.

Economizadores. Intercambiadores de calor que se ocupan de precalentar el agua de alimentación con el calor residual de los gases de escape, con estos equipos se aprovecha energía y son con los que aumentamos el rendimiento de la instalación.

Evaporadores. Intercambiadores de calor que utilizan el calor de los gases de escape de temperatura intermedia para evaporar el agua a la presión del circuito

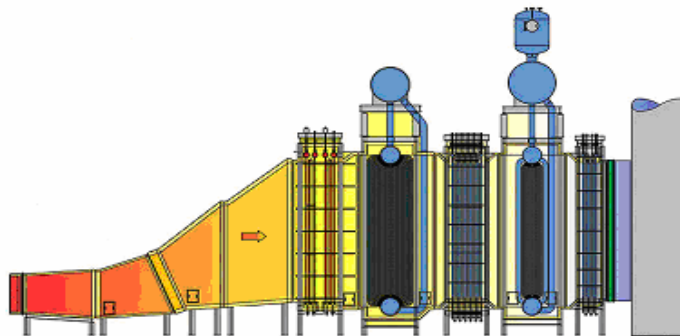
correspondiente, el paso del agua a través de los intercambiadores puede ser forzada o natural en la forzada se utilizan bombas y en la natural el efecto termosifón.

Sobrecalentadores y Recalentadores. Intercambiadores de calor que se encuentran en la parte más cercana a la entrada de los gases de combustión que provienen de la turbina de gas, la temperatura y presión del vapor debe ser controlada para evitar estrés térmico en los diferentes componentes.

2.13.1 Clasificación de calderas de recuperación de calor. Las calderas de recuperación de calor suelen clasificarse, por el flujo de gas a través de la unidad que puede ser forzado o natural en horizontales y verticales (CALVO, 2011 págs. 48-50).

Horizontal. Es el tipo más común de HRSG donde el gas de escape circula horizontalmente por tubos verticales, el requisito principal para su instalación es disponer de espacio físico.

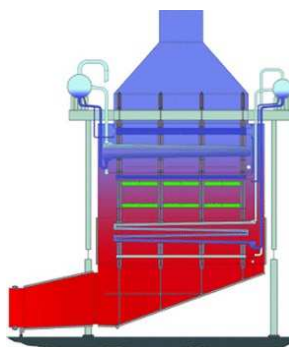
Figura 15. Caldera HRSG horizontal



Fuente: CALVO Raquel. Modelado de un sistema de cogeneración, p. 50

Vertical. Los gases de escape circulan verticalmente por tubos horizontales, donde el costo más representativo es invertir en el soporte estructural del HRSG.

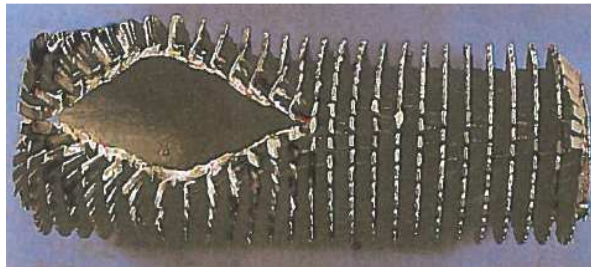
Figura 16. Caldera HRSG vertical



2.14 Fallas en calderas acuotubulares

Las calderas involucran diversos mecanismos de fallas la mayoría acontece en los componentes presurizados que son los tubos y domos, en donde se presentan daños debidos a la corrosión, erosión, proceso mecánico ambientales, fractura por fatiga, ruptura por esfuerzos, sobrecalentamiento, y defectos de fabricación.

Figura 17. Rotura grande de amplia abertura en un tubo del sobrecalentador de una caldera de calor de desecho



Fuente: PORT Robert D. Guía NALCO para el análisis de fallas en Calderas, p. 294

A continuación se mencionan cada uno de los diferentes modos de discontinuidades que se producen (PORT, 1997 págs. 1-16):

- Depósitos formados por el vapor y formados por el agua
- Corrosión cáustica
- Daño por hidrogeno
- Corrosión debido al bajo ph durante el servicio
- Corrosión del lado hogar de la pantalla de agua
- Corrosión por oxigeno
- Corrosión bajo esfuerzo
- Corrosión por ceniza de carbón
- Corrosión por ceniza de combustible
- Erosión

- Sobrecalentamiento de larga duración
- Sobrecalentamiento de corta duración

2.15 Técnicas de inspección en calderas

Las técnicas de inspección que se aplican para analizar calderas se apoyan en la norma API 573 “Inspection of fired Boilers and Heaters” al igual que la norma ASME “Boiler and Pressure Vessel Code Section V Nondestructive Examinations”.

Las normas mencionadas aplican ensayos no destructivos END a las piezas mecánicas que conforman la caldera ayudando a notar las diferentes discontinuidades, microestructura, composición química, textura, morfología, y propiedades físicas de las mismas (SOLANO, 2012 págs. 26-28).

Tabla 2. Técnicas de inspección según el tipo de daño

Técnica de inspección	Perdida de espesor	Grietas superficiales	Grietas sub-superficiales	Formación de microfisuras	Cambios metalúrgicos	Cambios dimensionales	Ampollas
Examinación visual	1-3	2-3	X	X	X	1-3	1-3
Ultrasonido haz recto	1-3	3-X	3-X	2-3	X	X	1-2
Ultrasonido onda corta	X	1-2	1-2	2-3	X	X	X
Partículas magnéticas fluorescentes	X	1-2	3-X	X	X	X	X
Líquidos penetrantes	X	1-3	X	X	X	X	X
Emisión acústica	X	1-3	1-3	3-X	X	X	3-X
Corrientes de eddy	1-2	1-2	1-2	3-X	X	X	X
Pérdidas de flujo	1-2	X	X	X	X	X	X
Radiografía	1-3	3-X	3-X	X	X	1-2	X
Mediciones dimensionales	1-3	X	X	X	X	1-2	X
Metalografía	X	2-3	2-3	2-3	1-2	1-2	X

1= Altamente efectivo 2= Moderadamente efectivo 3= Posiblemente efectivo X= No se usa normalmente

Fuente: API 581. Inspección basada en riesgo, p.360

Inspección visual. Es el ensayo no destructivo END más utilizado, con este ensayo se obtiene información rápidamente, del estado superficial de los materiales que se inspeccionan, para realizarlo únicamente se utiliza el ojo humano.

Ultrasonido. Es un ensayo no destructivo en el cual un haz sónico de alta frecuencia (125 KHz a 20 MHz) es introducido en el material a ser inspeccionado con el objetivo de detectar discontinuidades internas y superficiales. El sonido que pasa por el

material es reflejado por las interfaces y es detectado para analizar y determinar la presencia y localización de discontinuidades.

Partículas magnéticas. La inspección por partículas magnéticas es método para examinar y localizar discontinuidades superficiales y sub superficiales en materiales ferromagnéticos como el acero. El ensayo consiste en el poder de atracción entre metales, si el material magnético presenta discontinuidades en su superficie atraerá cualquier material magnético o ferromagnético que este cercano a las mismas. De esta manera un metal magnético al ser esparcido sobre la superficie de la pieza hace posible observar cualquier acumulación de las mismas lo cual evidencia la presencia de discontinuidades superficiales.

Líquidos penetrantes. Método que reside en la capacidad de ciertos líquidos para penetrar y ser retenidos en discontinuidades abiertas a la superficie, ya que se basa en el principio físico de capilaridad. El ensayo se basa en aplicar un líquido con características de penetración sobre la superficie del material a inspeccionar posteriormente se aplica un líquido que absorbe el líquido que haya penetrado en las aberturas, revelando las discontinuidades.

Corrientes de Eddy. Este ensayo no destructivo emplea materiales conductores donde solo una pequeña área puede ser inspeccionada. Una bobina induce un campo magnético que energiza la muestra a analizar; y genera una corriente eléctrica parásita. Que al presenciar algún defecto aumenta la resistencia al flujo de las corrientes de Foucault.

Radiografía. Es un ensayo donde se obtiene la imagen del sólido usando una radiación de penetración con rayos X o Gamma. El contraste en la radiografía es variable según los grados de absorción y depende de la variación del espesor, composición química discontinuidades, defectos y densidades no uniformes. La imagen que se obtiene en la proyección no evidencia detalles como profundidades en el sólido.

Metalografía. En los tubos de calderas suelen realizarse el ensayo de réplicas metalográficas la misma que es una técnica no destructiva que se realiza en diferentes períodos de tiempo y nos permite determinar con bastante acierto el estado metalúrgico y la degradación de tubos y paneles de carácter austeníticos y ferríticos correspondientes a los sobre calentadores y recalentadores de alta y baja temperatura de este modo se puede programar la extracción de tubos y/o partes de ellos para

ensayos destructivos en una próxima parada de planta así como la estimación de la vida remanente de los tubos.

2.16 Estimación del riesgo de daño de la tubería

Los mecanismos de degradación estables dependientes del tiempo tiene una velocidad de corrosión definida; lo que permite evaluar la vida remanente asociada al componente (FERRERO, 2012 pág. 24). Para estimar el daño que se produce en la tubería se procede a calcular los siguientes parámetros:

2.16.1 Cálculo del espesor mínimo admisible. El objetivo de la norma ASME SECTION I, RULES FOR CONSTRUCTION OF POWER BOILER es calcular los valores mínimos de espesor y de presión máxima en las tuberías cuando la presión de trabajo máxima permitida es conocida. Estos cálculos se aplican a las secciones de las calderas como el economizador, recalentador y otras partes de presión conectadas directamente a la caldera. El espesor mínimo requerido de acuerdo a ASME PG-27.2.1 utiliza la siguiente ecuación

$$t_{admi} = \frac{P * D}{2 * S + P} + 0,005D + e \quad (8)$$

Dónde:

t_{admi} = Espesor mínimo para satisfacer necesidades de presión, corrosión y erosión, en pulgadas.

P = Presión máxima de trabajo permitida, en psi

S = Esfuerzo máximo admisible del material a temperatura de diseño [psi]. ASME 2004 sección II parte D tabla 1A (Ver Anexo Y), Pág 3-4-5, en $\frac{lb}{in^2}$

e = Factor de espesor para tubos (expandidos en los extremos = 0,04; tubos soldados = 0)

2.16.2 Cálculo para determinar la frecuencia de inspección de la tubería. Para conocer la frecuencia de inspección se debe calcular el sobre espesor por corrosión (Remanent corrosión allowance) mediante las siguientes ecuaciones (SOLANO, 2012 págs. 42-44, 74-75):

$$CA = t_{nominal} - t_{min admisible} \quad (9)$$

$$RCA = CA - (t_{nominal} - t_{actual}) \quad (10)$$

Dónde:

CA =Tolerancia de corrosión, en mm

RCA =Sobre espesor de corrosión, en mm

$t_{nominal}$ =Espesor nominal de la tubería, en in o mm

$t_{min admisible}$ =Espesor mínimo calculado, en in o mm

t_{actual} =Espesor mínimo obtenido mediante el END de ultrasonido, en in o mm

La vida remanente es la relación del sobre espesor por corrosión sobre la velocidad de corrosión.

$$Vr = \frac{RCA}{Vc}(11)$$

Dónde:

Vr =Vida remanente, en años

Vc =Velocidad de corrosión, en $\frac{mm}{año}$

El valor definido para la velocidad de corrosión es 0,127 mm/año definido por norma ANSI NB-23 NATIONAL BOARD INSPECTION CODE, valor que permite precisar la vida remanente de una tubería antes que se produzca la falla.

Determinada la vida remanente de la tubería se debe calcular la frecuencia de inspección en la caldera de recuperación, esto se efectúa mediante la utilización de la matriz de la IBR que nos ayuda a conocer el factor de criticidad de la caldera.

A continuación se presenta la expresión que determina la frecuencia de inspección:

$$FI = Vr * Fc(12)$$

Dónde:

Vr =Vida remanente, en años

Fc =Factor de criticidad, adimensional (Matriz de riesgo API 581)

FI =Frecuencia de inspección, en años

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO ACTUAL DEL GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR

3.1 Reseña histórica de la empresa

La historia de refinería “La Libertad” comienza en **1926** cuando cientos de empleados pertenecientes a la compañía *Anglo* se establecieron en el cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, con el fin de desarrollar las primeras actividades hidrocarburíferas del país.

En **1940** las compañías *Anglo* y *Repetrol* construyen plantas de refinación primarias para obtener derivados de petróleo.

Para el año de **1967** la compañía *Anglo* declara que los yacimientos de la península de Santa Elena están casi agotados, por lo tanto su operación no es rentable y que desde esa fecha se dedicará solo a la refinación. Con el crecimiento del país, la demanda aumento, razón por la cual en **1968** se incorporó a la refinería la planta *Parsons* con capacidad de 20.000 barriles diarios creando nuevos productos.

En noviembre de **1989** se revertieron al estado Ecuatoriano la infraestructura de la refinería *Anglo* en Agosto de **1990**, las instalaciones de la refinería *Repetrol* al finalizar los contratos de operación de estas compañías.

Estas plantas industriales se integraron bajo una misma estructura administrativa y operativa denominada Refinería La Libertad, cuya capacidad de procesamiento es de 46000 BPD(Coordinación General de Imagen Empresarial EP Petroecuador, 2013 págs. 102-105).

3.1.1 Ubicación geográfica de la empresa. Refinería “La Libertad” está situada en la Provincia de Santa Elena cantón La Libertad, es una empresa pública propiedad del estado ecuatoriano que se encarga de la refinación del petróleo, obteniendo derivados de calidad, para satisfacer la demanda de combustibles a nivel nacional, previniendo y controlando la contaminación ambiental.

Figura 18. Ubicación geográfica de refinería “La Libertad”



Fuente: googleearth

Refinería “La Libertad” consta de las siguientes plantas que son:

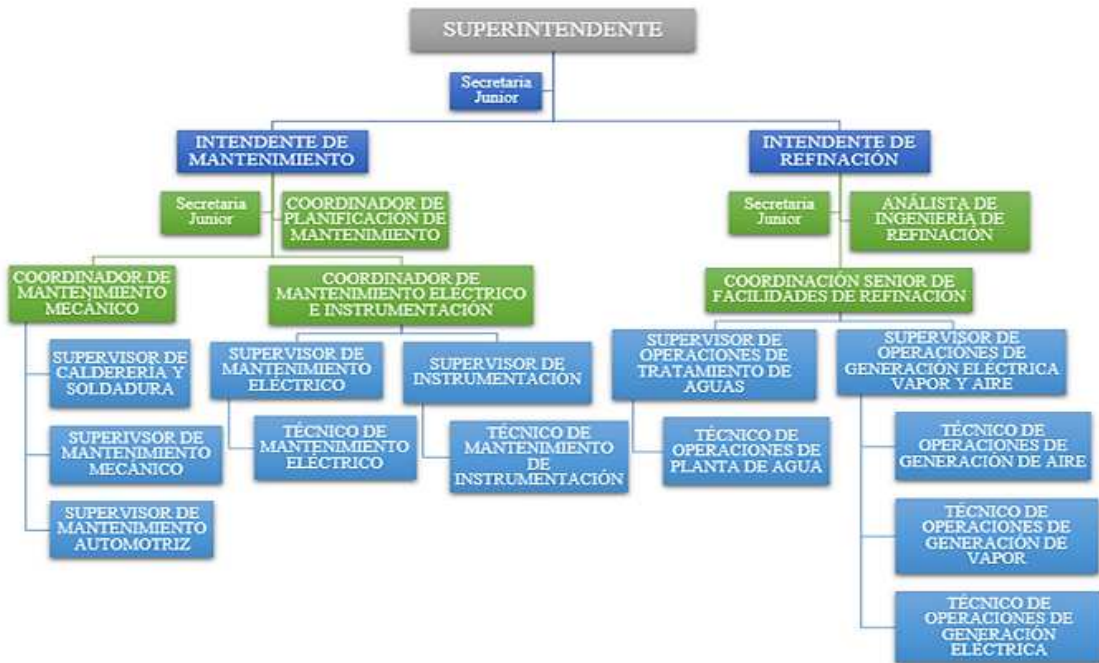
Tabla 3. Plantas de producción RLL

PLANTAS DE PRODUCCIÓN						
1	2	3	4	5	6	7
Planta de Agua	Planta de Aire	Planta de Vapor	Planta Eléctrica	Planta Estabilizadora	Planta Universal	Planta Parsons

Fuente: Autor

3.1.2 Estructura orgánica funcional de la empresa. En la figura19 se detalla la estructura orgánica funcional de Refinería La Libertad, que se relacionan con el proceso de operación y de mantenimiento de la planta de vapor(Petroecuador, EP, 2013).

Figura 19. Estructura orgánica funcional RLL



Fuente: PETROECUADOR. Gerencia de refinación, p. 22-28

3.1.3 Planta de vapor. En la coordinación séniór de facilidades de refinación FRlde la empresa pública “PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD”, se encargan de generar, suministrar y distribuir energía eléctrica, agua, aire y vapor a los diferentes procesos en las plantas para la refinación del petróleo.

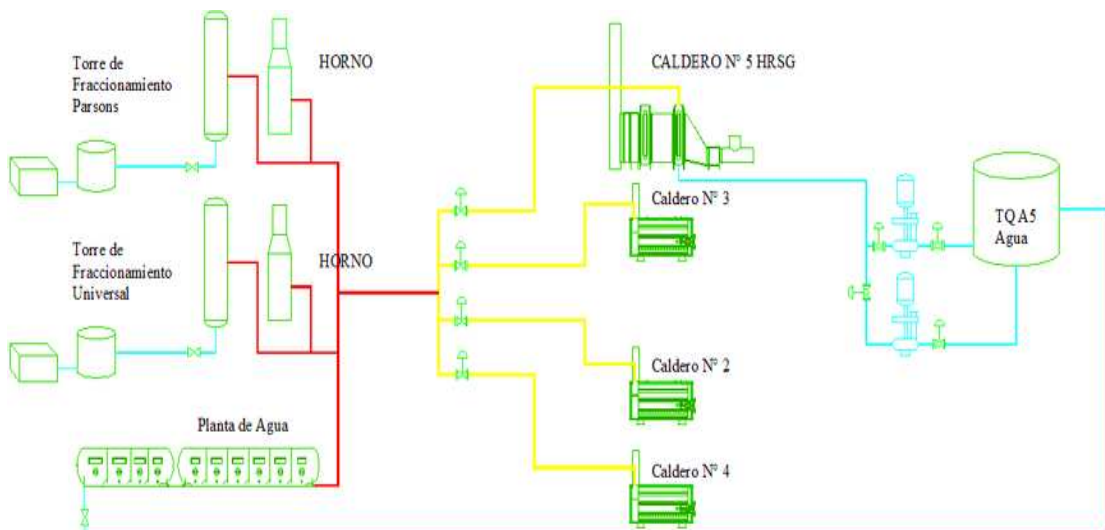


Figura 20. Distribución de vapor RLL

Fuente: Autor

La planta de vapor de esta coordinación se encarga de producir el vapor por medio de la utilización de calderas las cuales abastecen a las plantas que se detallan a continuación:

Tabla 4. Consumo de vapor plantas RLL

CONSUMO DE VAPOR RLL		
PLANTAS	CONSUMO DE VAPOR (lb/h)	CONSUMO DE VAPOR (lb/día)
Agua	18000	432000
Parsons	6000	144000
Universal	2000	48000

Fuente: Autor

3.1.4 Calderas operativas en la planta de vapor. Los equipos que actualmente se encuentran en operación en el área de calderas son:

- CALDERA N° 1 (Fuera de servicio)
- CALDERA N° 2 (Operativo)
- CALDERA N° 3 (Operativo)
- CALDERA N° 4 (Operativo)
- CALDERA N° 5 (Operativo)

Tabla 5. Calderas operativas

CALDERAS PIROTUBULARES	CALDERA 2		CALDERA 3		CALDERA 4	
Marca	RUSTON		SUPERIOR (SBW)		EQUABOILER	
Tipo	PIROTUBULAR 2 PASOS		PIROTUBULAR 3 PASOS		PIROTUBULAR 4 PASOS	
Combustible Primario	FUEL OIL N°4		FUEL OIL N°4		FUEL OIL N°4	
Combustible piloto	Gases turbina Ruston 1,2		Gases turbina Ruston 1,2		GLP	
N° Tubos	1100		500		1000	
Generación vapor/hora	15000	lb/h	34500	lb/h	34500	lb/h
Consumo de combustible	1500	gal/día	5000	gal/día	6720	gal/día
Presión de Diseño	285	psi	200	psi	200	psi
Presión de Trabajo	140	psi	150	psi	150	psi
Potencia	600	BHP	1000	BHP	1000	BHP
Temperatura del vapor	180	°C	180	°C	180	°C
Superficie de calefacción	5000	ft ²	5 022	ft ²	5000	ft ²
Año de Construcción	No determinado		2005		2013	

Fuente: Planta de vapor Refinería La Libertad

3.2 Caldera acuotubular HRSG N°5

La función principal del generador de vapor por recuperación de calor N° 5 de Refinería La Libertad es la de recuperar los gases de combustión de la turbina *TyphoonSGT 100* y por transferencia de calor convertir el agua que proviene del tanque A5 desde el estado líquido a vapor.

Figura 21. Caldera HRSG FRI-RLL



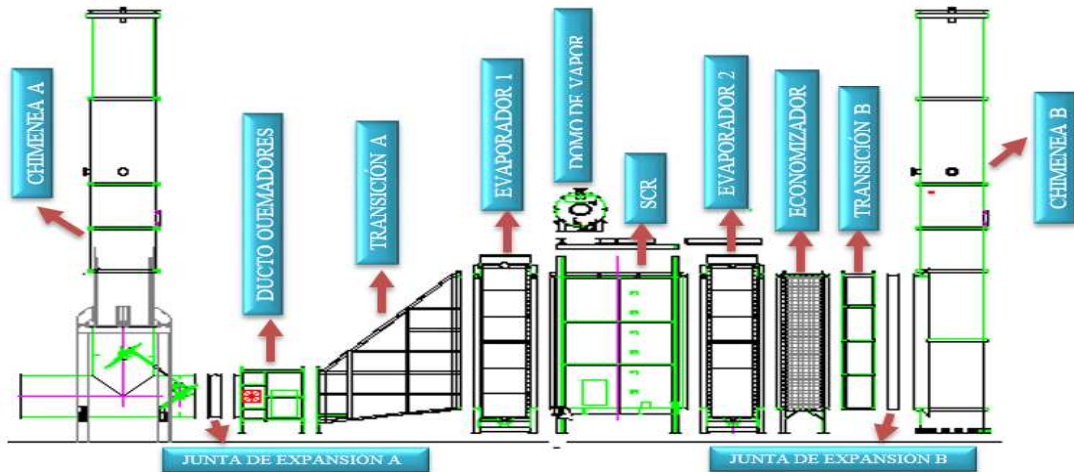
Fuente: Autor

La caldera HRSG N°5 se encuentra distribuido en 10 secciones:

- Sección entrada de gases de escape.
- Sección ducto de quemadores.
- Sección ducto de transición.
- Sección evaporador 1.
- Sección SCR.
- Sección evaporador 2.
- Sección economizador.
- Sección ducto de transición.
- Sección chimenea B.

- Sección calderín o domo de vapor.
- Sección desaireador

Figura 22. Secciones caldera HRSG



Fuente: Autor

3.3 Condiciones actuales de la caldera

3.3.1 *Tiempo de vida.* La caldera acuatubular HRSG instalada en la planta de vapor, funciona desde el mes de marzo del año 2013, aproximadamente a funcionado por 8000 horas generando vapor para los diferentes procesos en refinación.

3.3.2 *Consumo combustible por hora.* En la actualidad el consumo de combustible fuel oil no se realiza ya que únicamente la producción de vapor se desarrolla por los gases de combustión de la turbina *TyphoonSGT 100*.

3.3.3 *Tratamiento de agua.* En la planta de vapor el tratamiento químico del agua de alimentación de las calderas o “make up” lo realiza la empresa QUIM-SOL la cual dota de químicos y los suministra por el subsistema de dosificación de la caldera HRSG.

Actualmente el control químico no se lo realiza con la ayuda del ablandador que se encuentra instalado en la red de suministro debido a que se encuentra fuera de funcionamiento; la purga del domo de vapor así como la purga de los domos de lodos se lo realiza de acuerdo a lo que indica el sistema de control y en base a la experiencia de la empresa QUIM-SOL.

Tabla 6. Análisis de agua de alimentación en Refinería La Libertad

PARAMETROS	UNIDAD	RANGO DE CONTROL	AGUA DE ALIMENTACIÓN	CALDERA N° 5
PH	uS/cm	10,5	5,9	11
Conductividad	ppm	Máx. 7000	25	3500
TDS	ppm CO ₃ Ca	2500-3500	12,5	1750
Dureza total	ppm CO ₃ Ca	10	0	0
Alcalinidad-M	ppm CO ₃ Ca	700	0,8	290
Alcalinidad-OH	ppm CO ₃ Ca	400	0	460
RESID. FOSFATO	ppm PO ₄	60	---	120
RESID. SULFITO	ppm SO ₃	40	---	---
HIERRO	ppm Fe	1	---	---
SILICE	ppm SiO ₂	125	---	---

Fuente: Quim-Sol

3.3.4 Cantidad de vapor generado. El vapor generado por la caldera con los gases de combustión y con un trabajo constantees de 274614,94 lb/mes está cifra se refiere al mes de octubre del año 2013 donde la caldera no tuvo que disminuir su producción por agentes externos.

3.4 Sistemas principales (Anexo A)

Los sistemas principales dela caldera HRSG son:

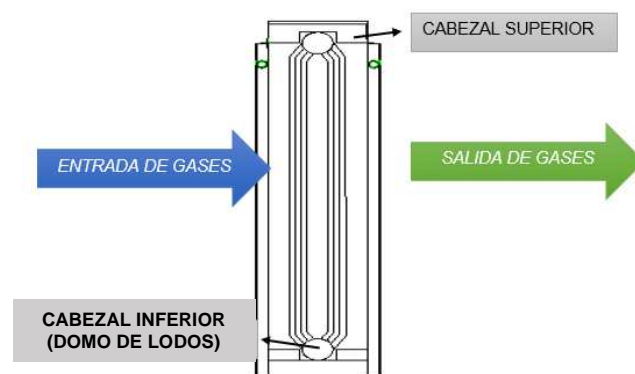
- Sistema de agua de alimentación
- Sistema de vapor
- Sistema de combustible
- Sistema de gases
- Sistema de aire
- Sistema de purga
- Sistema de amoniaco (Reducción selectiva catalítica)
- Sistema de GLP

3.4.1 *Sistema de agua de alimentación.* Tiene su origen en el tanque de agua A5 de donde las bombas de condensadosucionan el agua y permiten su transporte hacia el desaireador, posteriormente se enlazan con las bombas de agua de alimentación, para inyectar agua al domo a una presión ligeramente superior a la del vapor, posteriormente el agua circula por el circuito de vaporización de la caldera.

El nivel de agua en el desaireador se mantiene por el control de nivel LC200, y en el domo de vapor el agua se mantiene a través de la señal que emiten los indicadores de nivel LT132 A/B enviando una señal hacia la válvula FV-125, este sistema puede funcionar manual o automáticamente.

3.4.2 *Sistema de vapor.* El sistema de vapor comprende los intercambiadores de calor economizador, evaporadores, tuberías de circulación, domo de vapor, los mismos que sirven para generar y transportar el flujo de vapor producido hacia el cabezal principal de distribución de vapor.

Figura 23. Intercambiador de calor Tipo "O" Caldera HRSG



Fuente: Autor

El vapor generado también es distribuido al BMS y al desaireador por medio de una tubería para precalentar al Fuel Oil y ceder calor al agua presente en el desaireador.

3.4.3 *Sistema de combustible.* Este sistema específicamente sirve para proveer de combustible Fuel Oil #4, a la temperatura y presión adecuadas a los quemadores instalados en el ducto de entrada de la caldera. El sistema de fuel oil tiene su origen en el tanque de almacenamiento y distribuye el producto por medio de las bombas de combustible hacia los quemadores principales para su funcionamiento para el encendido de los quemadores depende del BMS. El BMS en realidad es el sistema de

gestión encargado del encendido de los quemadores principales y pilotos este sistema controla bajo secuencias específicas al sistema de aire, sistema de fuel oil, sistema GLP, distribución de vapor, y a los instrumentos de control.

3.4.4 *Sistema de gases.* Este sistema comprende todos los ductos necesarios para dirigir los gases de combustión de la turbina hacia los intercambiadores de la caldera finalizando en la chimenea B. Adicionalmente, cuando la caldera se encuentre fuera de servicio es posible operar la turbina de gas accionando la válvula by-pass la misma que bloquea la entrada de los gases de combustión y habilita la salida de los mismos por la chimenea A.

3.4.5 *Sistema de aire.* Tiene su origen en la planta de aire de RLL, el aire a comprimir es tomado de la atmósfera donde ingresa a los compresores adquiriendo las condiciones de presión adecuadas, una vez comprimido se almacena en un tanque de almacenamiento o se distribuye directamente por una red de tuberías que dirigen el flujo de aire hacia el manifold principal y secundario de la caldera HRSG, finalmente el flujo de aire se distribuye hacia los instrumentos de control y a los quemadores de la caldera.

3.4.6 *Sistema de purga.* Este sistema permite el drenado del domo de lodos, del domo de vapor y de los indicadores de nivel para controlar el porcentaje de sólidos que puedan existir en el agua de alimentación presentes. Este sistema se encuentra instalado en la parte inferior del domo de vapor de los indicadores de nivel así como en el fondo de los evaporadores, la purga continua puede ser realizada manualmente manipulando las válvulas de purgas, o automáticamente controlando la conductividad del agua por medio del analizador de conductividad AC-2309. Finalmente este sistema se conecta a la tubería que lleva el fluido de purga hacia la planta de agua y a un depósito de almacenamiento para un posterior estudio de químico.

3.4.7 *Sistema de amoníaco.* (Reducción selectiva catalítica SCR). Este sistema comprende una red de tuberías que transportan el amoníaco (NH_3 agente reductor) desde el tanque de almacenamiento al mezclador, que es donde se mezcla el aire que proviene del ventilador de alta presión y el amoníaco NH_3 . La mezcla de amoníaco y aire se transporta por la red de tuberías hacia la parrilla de inyección la cual permite el suministro de amoníaco al catalizador; los gases de combustión se combinan con el amoníaco y reducen sus NO_x . Este sistema actúa siempre y cuando la temperatura

del transmisor TT127 se encuentre entre $416^{\circ}\text{C} < \text{TT127} < 432^{\circ}\text{C}$, dichas temperaturas permitirán la apertura o el cierre de la válvula XV123.

3.4.8 Sistema GLP. Este sistema suministra GLP por medio de una tubería a las antorchas piloto de los quemadores principales; para su encendido actúa en conjunto con el aire que proviene del manifold principal de distribución y depende del control de las válvulas por medio del BMS.

3.5 Funcionamiento de la caldera HRSG N° 5

Para producir vapor la caldera HRSG N° 5 se fundamenta en el efecto termosifón, ya que al cambiar de densidad el agua de alimentación, por el incremento de temperatura de los gases de combustión el agua circula por el interior de los tubos. Para conocer el funcionamiento de la caldera HRSG N° 5 observemos las figuras del anexo A y B. Las curvas detallan el proceso de producción de vapor y reflejan datos reales que manejan los operadores en el área de calderas.

Encendido del HRSG (Anexo A-B). Para la puesta en marcha de la caldera HRSG N° 5 se debe verificar lo siguiente

- Permisivo de arranque de la turbina se refleje en el panel de control de la caldera
- Permisivo de la caldera, significa que el nivel del agua en el desaireador y en el domo de vapor es la adecuada (50%)
- Permisivo del tablero de control de quemadores (BMS) significa que todas las válvulas estén en posición correcta y todos los instrumentos estén funcionales.
- La válvula bypass de la chimenea A se encuentre cerrado.

Punto 1 (Agua proveniente de condensados). Cuando la temperatura en el termómetro TT127 se ha estabilizado las bombas de condensado succionan agua del Tanque A5 y la transportan al desaireador.

Punto 2 (Ingreso de agua al economizador). El desaireador se encarga de precalentar el agua y elimina los gases disueltos presentes, el agua precalentada es succionada

por la parte inferior del desaireador por las bombas de alimentación y la envía al economizador a una presión de 200 psi y a una temperatura cercana a 100°C.

Punto 3 (Descarga de agua del economizador). El economizador aprovecha el calor residual de los gases de combustión de la turbina, aumentando la temperatura del agua que proviene del desaireador y luego se introduce en el domo de vapor.

Para mantener el nivel del agua del domo de vapor se utiliza la válvula de control FV-125, la cual es comandada por el controlador de nivel del domo de vapor LIC132 y es mediante este control que se reemplaza el agua que ha salido como vapor.

Punto 4 (Ingreso de agua al evaporador 1-2). El agua que se encuentra en el domo de vapor circula al evaporador 1 y 2 por las tuberías bajantes (Dawncomers), en este punto el agua se encuentra como líquido comprimido a la misma presión del domo de vapor.

Punto 5 (Descarga del evaporador 1-2). El agua al calentarse en el cabezal inferior del evaporador 1 mediante el efecto termosifón sube hacia el domo de vapor por los haces tubulares en donde se produce la transferencia de calor total de los gases de combustión alcanzando la temperatura de 182 °C y transformándose en vapor.

Punto 6 (Salida del domo de vapor). En la parte superior del domo de vapor se encuentra instalado un filtro de agua (demister) que impide que gotas de agua sean arrastradas por el flujo de vapor, estas gotas son perjudiciales porque dañan la calidad del vapor haciéndole vapor húmedo. El vapor producido fluye por medio de una tubería de 6in, en donde se encuentra instalado el transmisor de flujo FT128 que mide la cantidad de vapor producido y que se dirige hacia el cabezal de vapor. En la tubería principal existe una derivación de 3 in que dirige el vapor hacia el desaireador para desgasificar el agua de condensados.

Punto 7 (Distribución del vapor). La distribución de vapor se realiza por medio del cabezal de vapor hacia las plantas de refinación.

Apagado de la caldera HRSG. La caldera HRSG se apagará cuando la señal de la turbina en funcionamiento se haya perdido. Es así que las bombas de agua de alimentación al caldero BFW podrán apagarse cuando este apagada la turbina y cuando no haya necesidad de mantener el nivel en el domo de vapor.

Para evitar sobrepresiones en la caldera debido a fallas repentinas o súbitas de no consumo de vapor, variaciones repentinas, que el control automático no puede corregir en el domo de vapor están instaladas válvulas de seguridad calibradas a 200 psi.

Una disminución brusca en el nivel de agua por situaciones operativas propias de la caldera o externas, debido a consumos muy altos de vapor del usuario, son peligrosas para la integridad de la caldera ya que la temperatura del metal de los tubos de los evaporadores pueden llegar a alcanzar temperaturas que sobrepasan la temperatura de trabajo del acero, para evitar esta posibilidad de daño de los tubos de los evaporadores por bajo nivel de agua en el domo, el control automático manda a apagar los quemadores.

El nivel real en el domo de vapor puede ser visualizado y confirmado por los 2 indicadores y controladores de nivel ubicados uno a cada lado del domo de vapor.

Encendido de los quemadores(ANEXO B).

Figura 24. Quemador lado oeste



Fuente: Autor

Para que los quemadores se pongan en funcionamiento se debe verificar lo siguiente:

- La turbina de gas este en servicio por 30 minutos.
- Se tenga suficiente presión de vapor para atomizar el combustible fuel oil 130 a 170 psi.

La secuencia de operación es la siguiente:

Abrir las válvulas manuales de la válvula de control, PV109

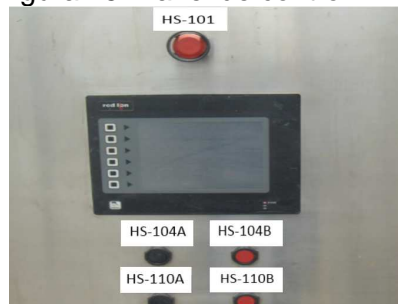
Pulsar la señal PERMIT TO START FIRING en el panel de control del BMS

Desde el panel de control los quemadores pueden encenderse o apagarse manualmente. Estos quemadores se encienden cuando existe una presión baja de vapor 130 psig, y se apagan si la presión de vapor excede los 170 psig. Entre estos valores indicados los quemadores modulan la presión de vapor por el accionamiento del controlador PIC109, el cual regula el flujo de combustible a los quemadores.

Cuando los quemadores, reciben la orden de arranque, la antorcha piloto debe encenderse desde el panel de control pulsando el botón HS-104 A, las antorchas piloto entonces se encienden, y dependen del aire externo para la combustión, es así que la válvula SOV105 se abre para proporcionar el aire requerido. Los pilotos son entonces encendidos al cerrar el venteo SOV105, y abriendo la válvula piloto XV104, al estar XV104 abierta, los encendedores (igniters) IG117 A/B proporcionan una chispa para encender los pilotos.

Los detectores de llama, BE116 A/B emiten una señal de confirmación de que la llama está presente. Cuando los detectores de llama BE116 A/B confirman la señal, los quemadores principales pueden ser puestos en operación presionando el botón HS 110 A. Lo efectuado, abre la válvula principal de combustible XV110, y una vez que está confirmado que la válvula de combustible está en posición correcta de funcionamiento (abierta o cerrada), las antorchas piloto pueden apagarse cerrando la válvula XV104 y abriendo el venteo SOV105. Los pilotos pueden ser apagados pulsando el botón HS104 B, manteniendo presionado por 5 segundos. Los quemadores pueden apagarse presionando el botón HS 110 B, manteniendo presionado por 5 segundos.

Figura 25. Panel de control BMS



Fuente: Autor

3.6 Mantenimiento empleado actualmente

La caldera desde su puesta en marcha en marzo del año 2013 ha brindado su funcionamiento diariamente abasteciendo de vapor a los procesos de refinación, en este periodo el mantenimiento de la caldera únicamente se lo realizaba con las purgas del domo de vapor, del domo de lodos y el control químico. En el año 2014 refinería tuvo un paro de planta programado, es así que la caldera salió de operación y en este lapso de tiempo se realizó las primeras actividades de mantenimiento predictivo en base a la inspección ejecutada por el departamento del Área Técnica de la Producción. Las actividades que realizó ATP y en las cuales se participó fueron la inspección visual interna de los evaporadores, la evaluación del estado de los haces tubulares y de los cordones de soldadura mediante ensayos no destructivos END. Los equipos que posee la caldera actualmente no cuentan con:

- Codificación de sus equipos
- Planificación de mantenimiento
- Documentos para el control de la gestión de mantenimiento
- Stock de repuestos

3.7 Documentación empleada

En Refinería La Libertad la documentación que se emplea en caso de falla de un equipo y que requiera mantenimiento es:

- Requisición de trabajo
- Solicitud de materiales y equipos
- Certificado de inspección

Tabla 7. Requisición de trabajo

REQUISICIÓN DE TRABAJO			
O/T:		Fecha:	
Localización:			

Departamento:			
Equipo:			
N° Serie:		Modelo:	
ID Adicional:		Equipo de reemplazo:	
Eq. Asociado:			
Componente:			
Solicitante:		Inicio planif.	
Tipo trabajo:		Fecha requerida:	
Prioridad:			
Planificador:		Sec. Trabajo:	
Supervisor:		Tiempo tarea:	
Paro:		Paro estimado:	
Cuadrilla:			
Permiso:		ID referencia:	
Código de Reparación:			
Responsable:			
Proyecto:			
Etapas:			
ID cliente:			
Problema:			
Aprobado:		Inicio Real:	Hora paro:
Fin ses:		Fecha Fin/hora:	

Fuente: Secretaria FRI

Tabla 8. Solicitud de materiales y equipos

SOLICITUD DE MATERIALES Y EQUIPOS N°							FORM G011
Lugar:			CÓDIGO CONTABLE				
Fecha:			DEPENDENCIA COORDINADOR SENIOR FRI	Actividad	Centro costo	Subcentro costo	
CÓDIGOS	Cantidad	Unidad medida	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL				
Solicitado:			APROBADO COORDINADOR SENIOR DE FACILIDADES DE REFINACIÓN				
Nombre:			Nombre:				
Firma:			Firma:				

Fuente: Secretaria FRI

Tabla 9. Certificado de inspección

CERTIFICADO DE INSPECCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO INSPECCIONADO			
FECHA:		No. 000-AAA-2014	
TRABAJOS REALIZADOS			
Obra Mecánica:			
Pintura:			
Trabajos de obra civil:			
Inspección y pruebas:			
PRUEBAS	NOMBRE DE LA PRUEBA		EJECUCIÓN
	HIDROSTÁTICA		SI/NO
	NEUMÁTICA		SI/NO
	ULTRASÓNICA		SI/NO
	RADIOGRÁFICA		SI/NO
	LÍQUIDOS PENETRANTES		SI/NO
	VISUAL		SI/NO
CONCLUSIONES:			
RECOMENDACIONES:			
INSPECTOR DE CAMPO ATP		COORDINADOR ATP	

Fuente: ATP

3.8 Estado técnico de los equipos

Para indicar el estado técnico de la caldera HRSG y de sus equipos, se realizó un diagnóstico previo de cada uno en el cual se indica marca, modelo, manuales, planos, repuestos, datos de placa, partes y su valoración final, en esta sección nos apoyaremos del inventario de equipos como se indica a continuación:

Tabla 10. Inventario de equipos

INVENTARIO DE EQUIPOS
Indicadores de nivel
Válvula Bypass VBP
Actuador neumático
Desaireador
Domo de Vapor
Válvula de control de alimentación de agua
Compresor
Válvula de control de alimentación de vapor
Ablandador
Bombas de alimentación
Tanque de amoniaco
Ventilador de alta presión

Bombas de condensado
Carcasas caldera HRSG
Tanque Fuel Oil N° 4
Motor de agitación
Válvulas TRIAC
Cabezal de distribución de vapor
Bombas dosificadora de químicos
Tanque A5
Quemadores
Válvula de control de nivel del domo
Bombas de combustible
Sopladores de hollín

Fuente: Autor

La valoración que se indica a continuación se fundamenta en reportes de los mecánicos del taller de mantenimiento y de los operadores de la planta de vapor, que definen las condiciones funcionales y el estado actual de los equipos.

3.8.1 Equipos auxiliares de la caldera:

Indicadores de nivel. Son dispositivos ubicados en las partes laterales del domo de vapor, estos indicadores de nivel proporcionan la medición, control y comunicación precisa del nivel del líquido en el recipiente. Para ello se apoyan de dispositivos electrónicos denominados transmisores de nivel y de un conmutador de bajo nivel, que trabajan en conjunto con el sistema de control.

Figura 26. Indicadores de nivel



Fuente: Autor

Tabla 11. Diagnóstico indicadores de nivel

MARCA:			DISPOSITIVO		
<i>Penberthy</i>			Indicador de nivel 132 A/B		
MANUALES		PLANOS		REPUESTOS	
SI:	X	NO:	SI:NO:	X	SI:NO:
					X

DATOS DE PLACA				
Modelo = MGPF4A2CCM263N705				
Tipo = Flag				
Presión máxima = 200 psi				
Temperatura máxima = 388 ƒ				
Medidor visible = 2 ft 6 in				
Servicio = Domo de vapor				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Cuerpo (tubo vertical)				X
Válvula de drenaje				X
Tubería de conexión			X	
Escala magnética				X
Tapón de venteo roscado				X
Transmisor de presión			X	
Válvula de drenaje				X
N° ASPECTOS EVALUADOS:	7	ÍNDICE OBTENIDO:		94 %
CONCLUSIÓN		Bueno		

Fuente: Autor

Válvula bypass VBP. Dispositivo mecánico capaz de girar 90° el dámper de la chimenea A y el dámper del HRSG, permite el flujo de gases de escape desde la turbina *Typhoon* hacia la caldera HRSG, este elemento es accionado por un mecanismo de barras y un motor neumático los cuales posibilitan su funcionamiento.

Figura 27. Válvula bypass



Fuente: Autor

Tabla 12. Diagnóstico válvula bypass

MARCA:		MÁQUINA:		
<i>Enviro Kinetics</i>		Válvula bypass VBP		
MANUALES		PLANOS		REPUESTOS
SI:NO:	X	SI:	X NO:	SI:NO: X
DATOS DE PLACA				
Distancia entre centros = 2,35 m				

Diámetro dámper chimenea a =				
Diámetro dámper HRSG =				
Diámetro de ejes = 2,5 in				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Dámper HRSG			X	
Eje dámper HRSG				X
Alojamiento de rodamientos			X	
Dámper chimenea A			X	
Eje dámper chimenea A				X
Alojamiento de rodamientos			X	
Mecanismo de barras			X	
Acople mecánico (motor neumático-eje)			X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	8	ÍNDICE OBTENIDO:		94%
CONCLUSIÓN		Bueno		

Fuente: Autor

Actuador neumático. Máquina de actuación neumática acoplada al mecanismo de barras de la válvula de bypass mediante un eje, este elemento otorga el movimiento para abrir o cerrar los dámpers que permite el paso de los flujos de gases de combustión.

Figura 28. Actuador neumático



Fuente: Autor

Tabla 13. Diagnóstico actuador neumático

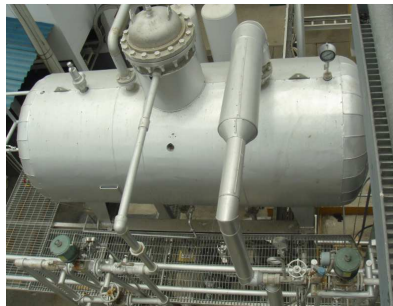
MARCA:		MÁQUINA:	
<i>Elomatic</i>		Actuador neumático VBP	
MANUALES	PLANOS	REPUESTOS	
SI: X	SI:NO: X	SI:NO: X	
NO:			
DATOS DE PLACA			

Tipo = ED 1600 U1A00A					
Peso = 46 kg					
Temperatura máxima = 80°C					
Temperatura mínima = -20°C					
Ped = Grupo 2					
Serial = 286392002/12					
PARTE O ACCESORIO		ESTADO			
		OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Carcasa					X
Tapa inferior					X
Tapa superior					X
Eje de accionamiento				X	
Posicionador electroneumático					X
Cañerías de aire					X
Acople dámper A				X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	7	ÍNDICE OBTENIDO:		94%	
CONCLUSIÓN		Bueno			

Fuente: Autor

Desaireador. Recipiente de almacenamiento de agua encargado de eliminar los gases disueltos en el agua de alimentación, el oxígeno principalmente y otros gases que podrían originar corrosiones, el nivel del agua del domo se mantiene por el control de nivel LC 200 su temperatura de funcionamiento óptimo es 90°C.

Figura 29. Desaireador



Fuente: Autor

Tabla 14. Diagnóstico desaireador

MARCA: <i>Equaboiler</i>		MÁQUINA: Desaireador			
MANUALES		PLANOS		REPUESTOS	
SI:NO:	X	SI:	X	NO:	
SI:NO:	X	SI:NO:	X	SI:NO:	X
DATOS DE PLACA					
Capacidad = 42000 lb(agua)/h					
Temperatura de condensado = 85°C					

Temperatura de alimentación = 100°C				
Presión de condensado = 3 kg/cm ²				
Presión de vapor = 150 psi				
Material = ASTM 285-C				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Carcasa			X	
Casquetes toriesféricos				X
Cilindro domo				X
Casquete del domo				X
Tubo entrada de vapor			X	
Tubo entrada de agua			X	
Válvula de seguridad				X
Válvula de drenaje			X	
Visor del nivel de agua				X
Control de nivel LC 200			X	
Válvula de venteo		X		
Tubería de alimentación de agua			X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	12	ÍNDICE OBTENIDO:		86%
CONCLUSIÓN	Regular			

Fuente: Autor

Domo de vapor. El domo de vapor, es un recipiente cuya forma es cilíndrica en el que se mantienen estables los estados de vapor y líquido, el agua líquida se deposita en la parte inferior y el vapor producido en la parte superior.

Figura 30. Domo de vapor



Fuente: Autor

Tabla 15. Diagnóstico domo de vapor

MARCA:		MÁQUINA:	
Enviro Kinetics		Domo de Vapor	
MANUALES		PLANOS	
SI:NO: X	SI: X	NO:	SI:NO: X
DATOS DE PLACA			
Capacidad = 40000 lb/h (vapor)			
Presión máxima = 200 psi			
Material = ASTM a106 gr. B			

Superficie de calefacción = 22511 ft ²				
Temperatura máxima = 200 °C				
Temperatura del agua = 100°C				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Carcasa				X
Casquetes toriesféricos				X
Recubrimiento térmico				X
Válvulas de seguridad				X
Presostato			X	
Indicador de presión analógico				X
Tubería de alimentación de agua			X	
Tubería ingreso de Vapor al domo				X
Tubería salida de vapor			X	
Purga del domo de vapor			X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	10	ÍNDICE OBTENIDO:		92%
CONCLUSIÓN	Bueno			

Fuente: Autor

Válvula de control de alimentación de agua. Dispositivo mecánico de control que permite el suministro de agua hacia el desaireador por medio del accionamiento de un pistón que proporciona rigidez y mantiene una alta precisión de posicionamiento.

Figura 31. Válvula de control de alimentación de agua



Fuente: Autor

Tabla 16. Diagnóstico válvula de alimentación de agua

MARCA:		MÁQUINA:	
<i>Optimum Trimteck</i>		Válvula de alimentación de agua	
MANUALES	PLANOS	REPUESTOS	
SI:NO: X	SI:NO: X	SI:NO: X	
DATOS DE PLACA			
Diámetro = 1 ½ in			
Clase = ANSI 150			

Estilo del cuerpo = Globo				
Presión máxima = 150 psi				
Rango de temperaturas = -40 a 175°C				
Materiales: Acero al carbono, Acero inoxidable, Hastelloy, Titanio.				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Resorte de servicio pesado			X	
Cilindro del pistón actuador		X		
Actuador lineal (pistón)		X		
Válvula posicionadora inteligente				X
Regulador de presión de aire				X
Cuerpo de la válvula			X	
Cañerías de aire			X	
Juntas empernadas				X
N° ASPECTOS EVALUADOS:	8	ÍNDICE OBTENIDO:		83%
CONCLUSIÓN		Regular		

Fuente: Autor

Válvula de control de alimentación de vapor. Dispositivo mecánico de control que permite el suministro de vapor hacia el desaireador por medio del accionamiento de un pistón que proporciona rigidez y mantiene una alta precisión de posicionamiento.

Figura 32. Válvula de control de alimentación de vapor



Fuente: Autor

Tabla 17. Diagnóstico válvula de alimentación de vapor

MARCA:		MÁQUINA:	
<i>Optimum Trimteck</i>		Válvula alimentación de vapor	
MANUALES	PLANOS	REPUESTOS	
SI:NO: X	SI:NO: X	SI:NO: X	
DATOS DE PLACA			
Diámetro = 1 ½ in			
Clase = ANSI 150			
Estilo del cuerpo = Globo			

Presión máxima = 150 psi				
Rango de temperaturas = -40 a 175°C				
Materiales: Acero al carbono, Acero inoxidable, Hastelloy, Titanio.				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Resorte de servicio pesado			X	
Cilindro del pistón actuador		X		
Actuador lineal (pistón)		X		
Posicionador neumático			X	
Regulador de presión De aire			X	
Cuerpo de la válvula			X	
Cañerías de aire				X
N° ASPECTOS EVALUADOS:	7	ÍNDICE OBTENIDO:		77%
CONCLUSIÓN		Regular		

Fuente: Autor

Ablandador. Unidad utilizada para eliminar los minerales que se encuentran en el agua que proviene del reservorio de 650000 galones, el cual permite que las tuberías, los domos no se bloqueen, y la caldera no reduzca su eficiencia.

Figura 33. Ablandador



Fuente: Autor

Tabla 18. Diagnóstico ablandador

MARCA:		MÁQUINA:	
Grutec		Ablandador	
MANUALES	PLANOS	REPUESTOS	
SI:NO: X	SI:NO: X	SI:NO:	X
DATOS DE PLACA			
Volumen efectivo = 20 ft ³			
Presión de diseño = 100 psi			
Presión de operación = 20 psi			
Diámetro = 36 in			
Altura = 60 in			
Conexiones = 2 in NPT-PVC			

Recubrimiento interior = Cerámica epóxicathortex					
PARTE O ACCESORIO		ESTADO			
		OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Recipiente				X	
Manómetro			X		
Válvulas de seguridad				X	
Tubería ingreso de agua				X	
Tubería salida de agua				X	
Casquetes toriesféricos					X
N° ASPECTOS EVALUADOS:	6	ÍNDICE OBTENIDO:			80%
CONCLUSIÓN		Regular			

Fuente: Autor

Compresor. Es una máquina que aspira el aire ambiente a la presión y temperatura atmosférica y lo comprime hasta conferirle una presión superior, el aire se distribuye a través de una red de tuberías al HRSG para el accionamiento de las válvulas de control. En la planta de aire existen 3 compresores estáticos y 2 portables los mismos funcionan alternadamente en un periodo de 15 días y cada 2 meses se los realiza el mantenimiento adecuado bajo un contrato establecido.

Figura 34. Compresor



Fuente: Autor

Tabla 19. Diagnóstico compresor

MARCA:		MÁQUINA:		
Ingersoll Rand		Compresor		
MANUALES	PLANOS		REPUESTOS	
SI:NO: X	SI: X	NO:	SI: X	NO:
DATOS DE PLACA				
Modelo = SIERRA M55A 50 Hz				
Capacidad = 8,3 m3/min				
Presión nominal de operación = 8,5 Barg				
Presión máxima de descarga = 8,7 Barg				
Velocidad del motor = 2973 m/min				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			

		OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Motor de accionamiento			X		
Acoplamiento mecánico					X
Intercooler				X	
Filtro de refrigerante				X	
Carcasa sistema de Transmisión				X	
Filtro de aire			X		
Motor del ventilador				X	
Ventilador					X
Depurador de aire				X	
Brazo hidráulico				X	
Válvulas de seguridad				X	
Cañerías de aire					X
Válvulas de condensado			X		
Válvulas solenoides de purga				X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	14	ÍNDICE OBTENIDO:			86%
CONCLUSIÓN		Regular			

Fuente: Autor

Bombas de condensado. Es una bomba centrífuga no autocebante multicelular vertical adecuada para el suministro de agua hacia el desaireador. El cuerpo de la bomba y la camisa exterior están asegurados mediante pernos de anclaje. La base tiene las conexiones de aspiración y descarga en el mismo nivel.

Figura 35. Bombas de condensado



Fuente: Autor

Tabla 20. Diagnóstico bombas de condensado

MARCA:		MÁQUINA:			
Grundfoss		Bombas de condensado			
MANUALES		PLANOS		REPUESTOS	
SI:NO:	X	SI:	X	NO:	SI:NO: X
DATOS DE PLACA					
Tipo = CR20-05 A-A-A-E-HQQE					
Modelo = A96500342P31222					
Frecuencia = 50Hz					
RPM = 2919					
Caudal = 21 m3/h					

Presión máxima = 10 Bar				
Temperatura máxima = 120 °C				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Motor				X
Acoplamiento de división estándar				X
Soporte del cabezal Del motor				X
Tornillo de purga de aire			X	
Tapón de cebado				X
Sello mecánico principal			X	
Carcasa de los rodetes				X
Cámaras de los rodetes			X	
Base de bombeo				X
Tapón de cebado de la base			X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	10	ÍNDICE OBTENIDO:		92%
CONCLUSIÓN	Bueno			

Fuente: Autor

Bombas de alimentación. Máquina centrífuga no autocebante vertical adecuada para el suministro de agua hacia el domo de vapor. En la caldera existen dos bombas del mismo tipo en la línea de distribución que se suplen la una a la otra en caso de no poder entrar en funcionamiento.

Figura 36. Bombas de alimentación



Fuente: Autor

Tabla 21. Diagnóstico bombas de alimentación

MARCA:		MÁQUINA:	
Grundfoss		Bombas 200 A/B	
MANUALES	PLANOS	REPUESTOS	
SI:NO: X	SI:NO: X	SI:NO:	X
DATOS DE PLACA			
Tipo = CR20-12 A-F-A-E-HQQE			
Modelo = A96500516P31222			
Frecuencia = 50Hz			

Velocidad = 2923 Rpm				
Caudal = 21 m ³ /h				
Presión máxima = 25 Bar				
Temperatura máxima = 120 °C				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Acoplamiento de división estándar			X	
Soporte del cabezal del motor				X
Tornillo de purga de aire				X
Tapón de cebado				X
Sello mecánico principal				X
Carcasa de los rodetes			X	
Cámaras de los rodetes				X
Base de bombeo				X
Tapón de cebado de la base				X
N° ASPECTOS EVALUADOS:	9	ÍNDICE OBTENIDO:		95%
CONCLUSIÓN	Bueno			

Fuente: Autor

Carcasas caldera HRSG. Son armazones que sirven para el transporte de los gases de escape de la turbina (ductos), y para el alojamiento de los intercambiadores de calor correspondientes al economizador, evaporador 1 y evaporador 2. Estas estructuras deben sellarse herméticamente para que no existan fugas de los gases e impedir pérdida de calor por transferencia de calor.

Figura 37. Carcasas caldera HRSG



Fuente: Autor

Tabla 22. Diagnósticocarcasas caldera HRSG

MARCA:		MÁQUINA:	
<i>Enviro Kinetics</i>		Carcasas Caldero HRSG	
MANUALES	PLANOS	REPUESTOS	

SI:NO: X	SI: X	NO:	SI:NO: X	
DATOS DE PLACA				
Temperatura = 140 °F				
Presión = 15 in WC				
Velocidad del viento = 100 mph				
Material = ASTM A36				
Aislamiento interior = Lana mineral				
PARTE O ACCESORIO	ESTADO			
	OBSOLETO	MALO	REGULAR	BUENO
Ducto de quemadores				X
Junta de expansión 1				X
Ducto de transición 1			X	
Carcasa evaporador 1			X	
Carcasa SCR				X
Carcasa evaporador 2			X	
Carcasa economizador				X
Ducto de transición 2			X	
Junta de expansión 2			X	
N° ASPECTOS EVALUADOS:	9	ÍNDICE OBTENIDO:		89%
CONCLUSIÓN	Regular			

Fuente: Autor

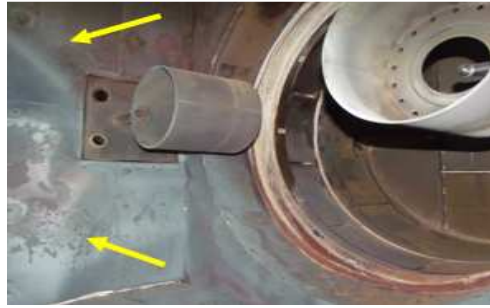
3.8.2 Equipos internos de la caldera HRSG. Para determinar el estado de los equipos internos de la caldera En base a los ensayos no destructivos END, en las áreas internas correspondientes al ducto de quemadores (hogar de la caldera), ducto de transición A, evaporador 1, SCR, y evaporador 2.

3.8.2.1 Inspección visual.

Hogar de la caldera. En la inspección se verifico el estado del hogar de la caldera así como el de los quemadores, se observó el deterioro del material que recubre las paredes y al aislamiento interno de la cámara, los quemadores no presentan novedad.

Las paredes metálicas se deformaron por la interacción de estas con la temperatura de los gases de combustión de la turbina.

Figura 38. Inspección interior ducto de quemadores



Fuente: Autor

Ducto de transición A. La inspección visual del ducto de transición muestra que las paredes metálicas que recubren al aislamiento interno también se encuentran deformadas debido a la temperatura de los gases que circulan por el ducto.

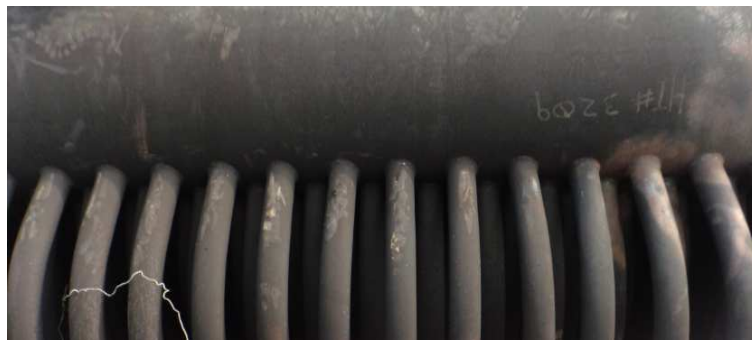
Figura 39. Inspección interior ducto de transición



Fuente: Autor

Cabezal superior evaporador 2. El estado general del cabezal superior no presenta corrosión generalizada o localizada, maltratos mecánicos es decir no existe defectos, únicamente se observa que se encuentra adherida a los tubos una leve capa de ceniza de los gases de combustión.

Figura 40. Inspección interior cabezal superior evaporador 2



Fuente: Autor

Cabezal inferior evaporador 1. En el cabezal inferior o tambor de lodos se observó que presenta un defecto localizado en su parte superior.

Este defecto se conoce como corrosión por erosión, y se produjo por la caída de gotas de condensado del soplador de hollín sobre la superficie del cabezal, lo cual desencadenó en un desgaste mecánico como se observa en la figura 41.

El área afectada mide aproximadamente 3x4 cm.

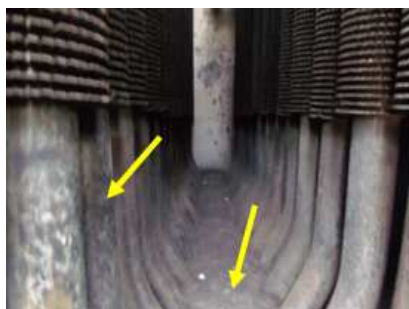
Figura 41. Inspección interior cabezal inferior evaporador 1



Fuente: Autor

Cabezal inferior evaporador 2. El estado mecánico del tambor de lodos del evaporador 2 visualmente no se observa defectos sobre sus superficies únicamente posee adhesión de ceniza de los gases de combustión como muestra la figura 42.

Figura 42. Inspección interior cabezal inferior evaporador 2



Fuente: Autor

3.8.2.2 Líquidos penetrantes. Se efectuó el ensayo de líquidos penetrantes a los cordones de los haces tubulares en la parte superior e inferior de los evaporadores 1 y 2. Los resultados de cada ensayo no mostraron porosidad agrupada, grietas, poros aislados ni profundos.

Figura 43. Ensayo de líquidos penetrantes



Fuente: Autor

3.8.2.3 Ultrasonido.

Haces tubulares evaporador 1 y 2 (Sector inferior). En los haces tubulares se realizó el ensayo de ultrasonido en las zonas de interés como muestra la figura 44, el registro de los espesores medidos se obtuvo mediante un equipo de ultrasonido SCAN-B.

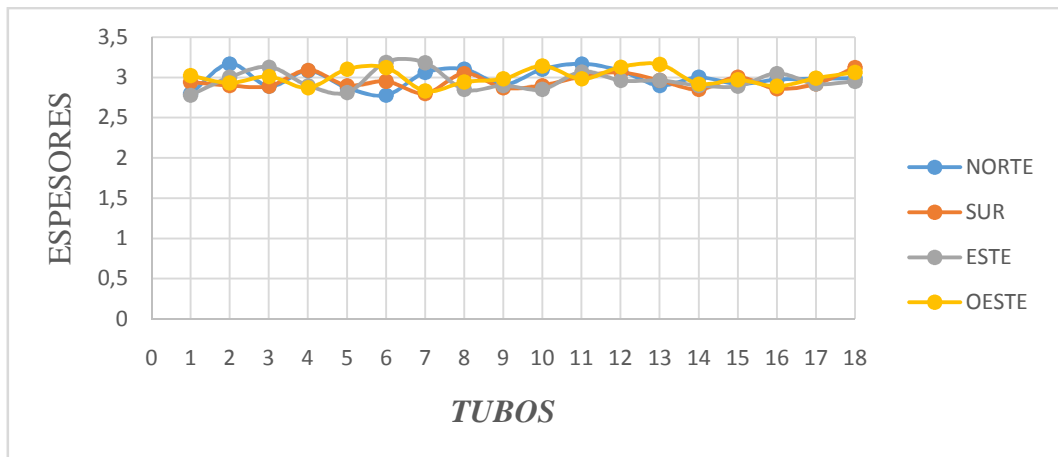
Figura 44. Ensayo de ultrasonido en haces tubulares



Fuente: Autor

En la figura 45 se muestra la tendencia de la medición de espesores de los tubos del evaporador 1 para el año 2014 en el ensayo el espesor mínimo encontrado fue de 2,67 mm durante la inspección (se aclara que esta medida es puntual).

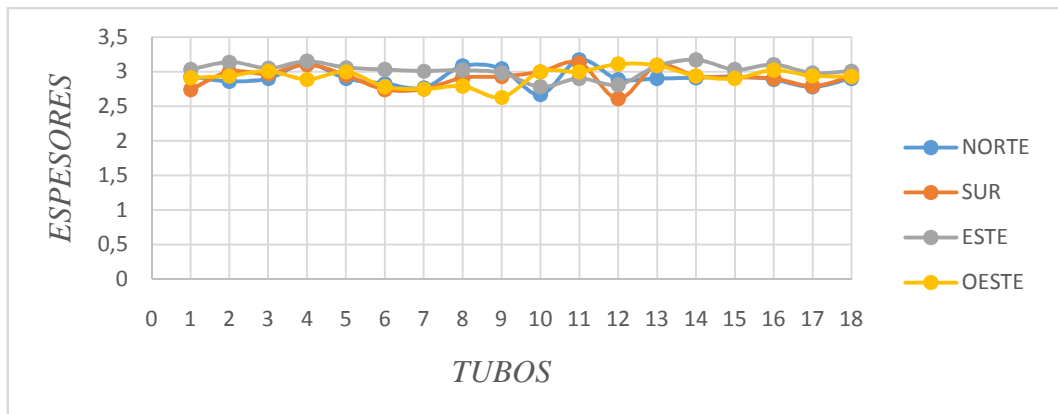
Figura 45. Medición de espesores haces tubulares evaporador 1



Fuente: Autor

En la figura 46 se muestra la tendencia de la medición de espesores de los tubos del evaporador 2 para el año 2014 en el ensayo el espesor mínimo encontrado fue de 2,98 mm durante la inspección.

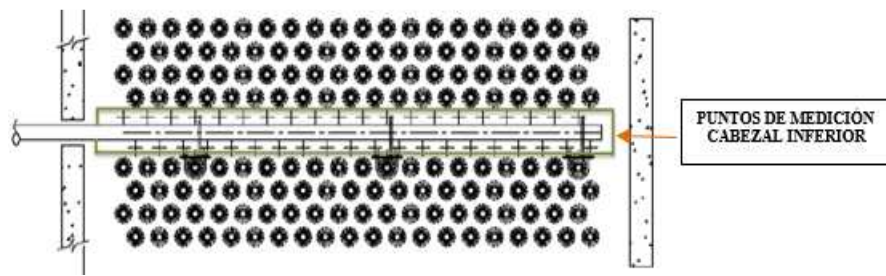
Figura 46. Medición de espesores haces tubulares evaporador 2



Fuente: Autor

Cabezal inferior evaporador 1. En el cabezal inferior se realizó un barrido para la medición de espesores, cabe recalcar que esta medición se tomó en las zonas accesibles y adecuadas de ensayo ya que el diseño de las carcassas de los evaporadores dificulta el registro y el alcance de los datos.

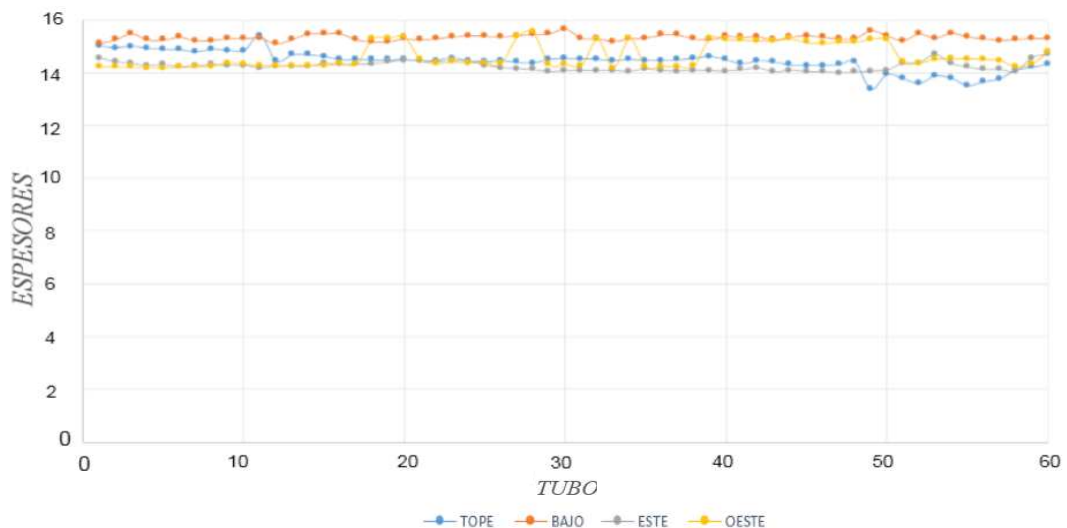
Figura 47. Ensayo de ultrasonido cabezal inferior



Fuente: Autor

En la figura 48 se muestra la tendencia de la medición de espesores de los tubos del cabezal inferior del evaporador 1 para el año 2014, en el ensayo el espesor mínimo encontrado fue de 13,39 mm durante la inspección, este espesor corresponde al área donde se encontró el defecto por erosión.

Figura 48. Medición de espesores cabezal inferior



Fuente: Autor

Como se observa en la figura 41 del cabezal inferior del evaporador los defectos encontrados durante la inspección son el espesor de 13,39 mm (defecto por erosión en el cabezal inferior del evaporador 1) y de 2,67 mm (medición puntual del haz tubular del evaporador 1) a estos defectos en una futura inspección se le deberá dar el seguimiento adecuado.

Además del ultrasonido los ensayos adicionales en otras zonas de la caldera no indican defectos por lo que el estado técnico de la caldera se considera regular ya que

se necesitó una reparación pequeña la cual fue efectuada por el personal de la empresa.

3.9 Análisis de criticidad dela caldera HRSG

Para conocer la priorización de programas y planes de mantenimiento en los equipos que permiten el funcionamiento de la caldera el análisis de criticidad se lo realizó por el método de criterios ponderados.

3.9.1 Análisis de criticidad por criterios ponderados. Para la realización de este método se llevó a cabo una encuesta a los ingenieros y operarios de la planta de vapor, el mismo que permite recolectar la información, los factores a ser evaluados para la caldera se presentan a continuación:

- Frecuencia de fallas (FF)
- Impacto operacional (IO)
- Flexibilidad operacional (FO)
- Costos de mantenimiento (CM)
- Impacto en seguridad higiene y ambiente (SHA)

3.9.1.1 Identificación de los equipos a estudiar. La identificación de los equipos se lo realizo como se indica en la tabla 10 estos equipos fueron seleccionadospor ser los más importantes para el proceso de generación de vapor.

3.9.1.2 Selección del personal a entrevistar. El personal seleccionado para contestar las encuestas del estudio de análisis de criticidad se basa en el orgánico funcional de la figura19de la planta de vapor que es el siguiente:

- Coordinador senior de facilidades de refinación
- Supervisor de operaciones de generación eléctrica, aire y vapor
- Tres técnicos de operaciones de generación de vapor

- Tres técnicos de operaciones de generación de aire.


3.9.1.3 Importancia del estudio. A las personas entrevistadas se les realizó una adecuada explicación de los alcances y la importancia de los resultados, para esto se dieron instrucciones sobre cómo llenar el formato de encuesta. El formato de encuesta se muestra en la tabla 23 y posee una serie de respuestas con una ponderación diferente.

Figura 49. Encuesta



Fuente: Autor

Tabla 23. Formato de encuesta


 EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD			
FORMATO DE ENCUESTA ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA CALDERA HRSG N° 5			
PERSONA:		ÁREA:	
EQUIPO:		FECHA:	
FRECUENCIA DE FALLAS			
Rango de Fallas		PUNTAJE	SELECCIÓN
ALTA: Más de 5 fallas por año		4	
PROMEDIO: 2 a 4 fallas por año		3	
BAJA: 1 a 2 fallas por año		2	
EXCELENTE: Menos de una falla por año		1	
IMPACTO OPERACIONAL			
Tipo de impacto operacional		PUNTAJE	SELECCIÓN
Parada total del equipo		10	
Parada parcial del equipo o repercute a otro equipo o subsistema		6	
Impacta a niveles de producción o calidad		4	
Repercute en costos operacionales asociados a disponibilidad		2	
No genera ningún efecto significativo		1	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL			
Tipo de flexibilidad		PUNTAJE	SELECCIÓN
No existe opción igual o equipo similar de repuesto		4	
Existe opción de respaldo compartido		2	
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (standby)		1	
COSTOS DE MANTENIMIENTO			
Rango de costo de mantenimiento		PUNTAJE	SELECCIÓN
USD 20000 en adelante		5	
USD 10000 a USD 20000		4	
USD 5000 a USD 10000		3	
USD 1000 a USD 5000		2	
USD 100 a USD 1000		1	
IMPACTO EN SEGURIDAD HIGIENE Y AMBIENTE			
Tipo de impacto		PUNTAJE	SELECCIÓN
Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización		5	
Afecta al medio ambiente e instalaciones produciendo daños severos		4	
Afecta a las instalaciones causando daños severos		3	
Provoca daños menores (ambiente seguridad) personal propio		2	

Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1	
No provoca ningún tipo de daño a las personas, instalaciones ni al ambiente	0	

Fuente: Autor

3.9.1.4 Recolección de datos. La información obtenida por las encuestas se recolectó y se clasificó en una hoja de cálculo como se muestra en la tabla 24, donde se obtiene el promedio de los factores ponderados que fueron evaluados para cada uno de los equipos.

Tabla 24. Recolección de datos

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD 					
RECOLECCIÓN DE DATOS	PROMEDIOS CARCASAS CALDERA HRSG				
PERSONA ENTREVISTADA	(FF)	(IO)	(FO)	(CM)	(SHA)
Coordinador sénior de facilidades de refinación	2	2	4	2	2
Supervisor de operación de Generación de Vapor	2	4	4	2	1
Técnico de operaciones de generación de vapor	2	2	4	2	1
Técnico de operaciones de generación de vapor	1	2	4	2	1
Técnico de operaciones de generación de vapor	2	4	4	2	1
PROMEDIOS	2	3	4	2	1

Fuente: Autor

Finalmente con los valores promedio y en base a la matriz de criticidad de la figura 4 se determinó el valor de criticidad final de los equipos como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Equipos críticos caldera HRSG

ANÁLISIS DE CRITICIDAD				EQUIPOS CRÍTICOS CALDERA HRSG				
EQUIPOS	FF	IO	FO	CM	SHA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	NIVEL
Indicadores de nivel	2	10	4	1	2	43	86	C
Válvula Bypass VBP	2	10	4	1	2	43	86	C
Actuador neumático	2	10	4	1	2	43	86	C
Desaireador	2	9	4	2	0	38	76	C
Domo de Vapor	2	8	4	1	3	36	72	C
Válvula de control de alimentación de agua	2	7	4	1	2	31	62	SC
Compresor	2	6	4	2	3	29	58	SC
Válvula de control de alimentación de vapor	2	6	4	1	2	27	54	SC
Ablandador	2	4	4	2	1	19	38	SC
Bombas de alimentación	2	8	2	1	2	19	38	SC
Tanque de amoníaco	1	8	4	2	2	36	36	SC
Ventilador de alta presión	1	8	4	2	2	36	36	SC

Bombas de condensado	2	7	2	2	0	16	32	SC
Carcasas Caldero HRSG	2	3	4	2	1	15	30	SC
Tanque Fuel Oil N°4	2	4	2	2	4	14	28	SC
Motor de agitación	1	6	4	1	0	25	25	NC
Válvulas TRIAC	1	6	4	1	0	25	25	NC
Cabezal de distribución de vapor	2	2	4	1	2	11	22	NC
Bombas dosificadora de químicos	2	4	2	1	2	11	22	NC
Tanque A5	2	2	2	2	0	6	12	NC
Quemadores	1	1	4	1	2	7	7	NC
Válvula de control de nivel del domo	1	1	4	1	0	5	5	NC
Bombas de combustible	1	1	2	1	2	5	5	NC
Sopladores de hollín	1	1	2	1	0	3	3	NC

Fuente: Autor

3.10 Inspección basada en riesgo IBR

Para conocer el adecuado programa de inspección para la caldera se utilizara las indicaciones de la norma API 581 y mediante el análisis cualitativo se determinará de manera general el nivel de (riesgo) del equipo.

3.10.1 Análisis cualitativo.

3.10.1.1 Categoría de probabilidad de falla. Para determinar la probabilidad de falla se utilizan las tablas recomendadas por API 581 del Anexo C las cuales indican los diferentes factores a los que se les debe asignar un valor de puntaje, ver tabla 26.

Tabla 26. Desarrollo de la probabilidad de falla

FACTORES	Puntaje
Factor de equipo	5
Factor de daño	18
Factor de inspección	-2
Factor de condición	6
Factor de proceso	6
Factor de diseño mecánico	2
Total	35
CATEGORÍA DE PROBABILIDAD	4

Fuente: Autor

3.10.1.2 Categoría de consecuencia. Para determinar la categoría de consecuencia se procedió similarmente al desarrollo anterior. Debido a que existen consecuencias tóxicas considerando los gases de escape de la turbina *TyphoonSGT 100* se obviará la parte B de la norma. Los resultados involucrados seleccionados se muestran en la tabla 27.

Tabla 27. Desarrollo de la consecuencia

FACTORES	Puntaje
Factor de cantidad	35
Factor de dispersibilidad	1
Factor de crédito	0
Factor de población	7
Total	43
CATEGORÍA DE CONSECUENCIA	C

Fuente: Autor

3.10.1.3 Determinación del nivel de riesgo. Una vez obtenido el valor de la probabilidad (4) y de la consecuencia (C), se procedió a determinar el valor de criticidad como se indica a continuación.

Tabla 28. Nivel de riesgo presente en la caldera de recuperación

CATEGORÍA DE PROBABILIDAD	5					
	4			X		
	3					
	2					
	1					
CATEGORÍA DE CONSECUENCIA	0	A	B	C	D	E

Fuente: Autor

El nivel de riesgo asociado al equipo es 4C y de acuerdo a la tabla 28 indica que el equipo se encuentra en un nivel de riesgo **Medio-Alto**.

CAPÍTULO IV

4. GESTIÓN INTEGRAL DEL GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR

4.1 Codificación de los equipos

Para llevar a cabo la gestión integral de mantenimiento de la caldera HRSG se hace necesario la codificación de las máquinas, equipos y sistemas, que lo conforman. La codificación permite asignar a las máquinas y equipos un nombre para identificarlas y una dirección donde ubicarlas, y nos permiten determinar lo siguiente:

Documentación. Reconocer el tipo de documentación (ficha técnica, esquema eléctrico, manual plano, despiece), su ubicación y la destinación del equipo correspondiente.

Repuestos. Tipo de repuesto (mecánico, eléctrico, instrumentación) si es reparable o es un consumible.

Equipos. Ubicación, definición de operación a qué zona y sección pertenece.

4.1.2 Estructura del código. Los equipos y máquinas de la caldera HRSG, que se encuentran ubicados en la planta de vapor, actualmente no se encuentran específicamente codificados, por tal razón se ha requerido codificarlos. La codificación empleada en mi trabajo se muestra en la tabla 29, la misma que se basa en el organigrama de codificación de EP PETROECUADRO RLL de la figura 50.

Tabla 29. Especificación de la codificación

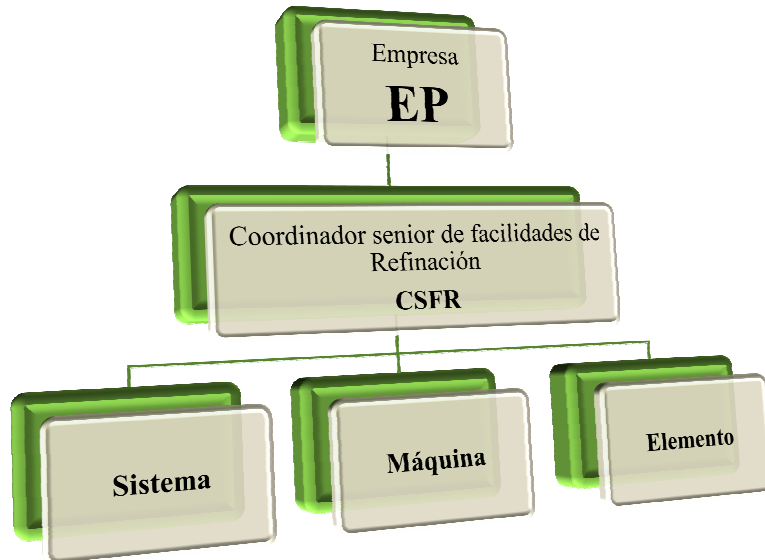
EMPRESA	ÁREA	SISTEMA	MARCA MÁQUINA-EQUIPO	ELEMENTO
1	2	3	4	5
AA	AAAA	AAA	AAAXXA	AAXXA

Fuente: Autor

AAA Caracteres alfanuméricos

XXX Caracteres alfabéticos

Figura 50. Organigrama de codificación en EP PETROECUADOR RLL



Fuente: EP PETROECUADOR

El proceso de recopilación de datos que se realizó para los equipos de la caldera HRSG nos ayudó a establecer el código técnico del equipo el cual queda establecido como indica la siguiente estructura:

“EP-CSFR-SDS-EK01-EV01”

Tabla 30. Estructura del código

ESTRUCTURA DEL CÓDIGO		
EMPRESA	EP PETROECUADOR	EP
ÁREA	Coordinación senior de Facilidades de Refinación	CSFR
SISTEMA	Sistema de distribución de vapor	SDS
EQUIPO	Domo de vapor marca Enviro Kinetics	EK01
TAG	Etiqueta	EV01

Fuente: Autor

La tabla 31 muestra la codificación de las diferentes máquinas, equipos y elementos considerados más importantes que colaboran en el funcionamiento del HRSG, ahorrándonos de esta manera un tiempo valioso en codificar accesorios, válvulas, etc.

Tabla 31. Codificación equipos caldera HRSG

EQUIPOS	CODIFICACIÓN	CANTIDAD	DESIGNACIÓN FINAL
Indicadores de nivel	EP-CSFR-PS-PEN-LI132	2	LI132 (A o B)
Válvula Bypass	EP-CSFR-GS-EK0-VBP01	1	VBP01
Actuador neumático	EP-CSFR-SDS-ELO01-AN01	1	AN01
Desaireador	EP-CSFR-FWS-EQ01-DA100	1	DA100
Domo de Vapor	EP-CSFR-SDS-EK03-DV101	1	DV101
Válvula de control de alimentación de agua	EP-CSFR-FWS-TR01-CTV01	1	CTV01
Compresor	EP-CSFR-ADS-IR01-COM03	3	COM(03,04,05)
Válvula de control de alimentación de vapor	EP-CSFR-SDS-TR02-CTV02	1	CTV02
Ablandador	EP-CSFR-FWS-GTC01-AB01	1	AB01
Bombas de alimentación	EP-CSFR-FWS-GF01-PV201	2	PV200(A o B)
Tanque de amoníaco	EP-CSFR-AS-EK07-REC05	1	REC05
Ventilador de alta presión	EP-CSFR-AS-AF01-K224	1	K224
Bombas de condensado	EP-CSFR-FWS-GF03-PV200	2	PV201(A o B)
Carcasas caldera HRSG	EP-CSFR-GDS-HRSG-EC01	7	EC(01,02,03,04,05,06,07,08)
Tanque Fuel Oil N° 4	EP-CSFR-FOS-TK04-REC04	1	REC04
Motor de agitación	EP-CSFR-FWS-BON01-DM01	1	DM01
Válvulas TRIAC	EP-CSFR-PS-TRI-XV13-	7	XV(134,135,136,137,138)
Cabezal de distribución de vapor	EP-CSFR-SDS-EK03-SDH01	1	SDH01
Bombas dosificadora de químicos	EP-CSFR-FWS-NEP01-DT203	2	DT203(A o B)
Tanque A5	EP-CSFR-FWS-TK01-A5	1	A5
Quemadores	EP-CSFR-FOS-ZEC01-QS01	2	QS01(A o B)
Válvula de control de nivel del domo	EP-CSFR-FOS-ZEC01-FV125	1	FV125
Bombas de combustible	EP-CSFR-FOS-VP01-PF202	2	PF202(A o B)
Sopladores de hollín	EP-CSFR-FOS-CB01-SH01	1	SH(01,02,03,04,05,06)

Fuente: Autor

4.1.3 Propuesta del plan de mantenimiento. En todo equipo o dispositivo se producen fallas y deterioros provocados por el uso y funcionamiento, lo cual conlleva al paro en la producción inesperada, sin embargo es viable tomar medidas que disminuyan al mínimo la posibilidad de fallas y conservar los equipos. Con el propósito de garantizar el estado óptimo en la caldera HRSG se debe planificar, programar,

controlar, y ejecutar el mantenimiento apropiado. En el presente trabajo los resultados de la jerarquía de equipos así como del estado técnico de la caldera nos indican que la máquina requiere generar el plan de mantenimiento apropiado para sus equipos internos como para los equipos que ayudan a su funcionamiento, de esta manera se realiza a continuación el plan y la gestión de mantenimiento.

4.1.3.1 *Ficha de datos técnicos de la caldera HRSG N°5.* En la tabla 32 se detalla la información técnica de la caldera HRSG N°5

Tabla 32. Ficha de datos técnicos de la caldera HRSG

FICHA DE DATOS TÉCNICOS DE LA CALDERA HRSG N°5	
	
Marca: Enviro Kinetics	Fecha de adquisición: Febrero 2013
País de origen: Estados Unidos	Año de fabricación: 2012
Vapor generado gases de escape: 29 300 lb/h	Costo de adquisición (\$): 2450652
Vapor generado con quemadores : 40 000 lb/h	Combustible: Fuel Oil # 4
Fecha de adquisición: Febrero 2013	# Intercambiadores de calor: 3
Presión de vapor: 150 psi	# Domos: 2
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
<p>Alto: 6.8 m Ancho: 2.5 m Largo: 19.36 m Peso: 51 toneladas</p>	
SECCIONES DE LA CALDERA HRSG	
DESAIREADOR <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 42000 lb de agua/h CHIMENEA A JUNTA DE EXPANSIÓN HOGAR CALDERA <ul style="list-style-type: none"> • 2 Quemadores <li style="padding-left: 20px;">Presión de combustible: 100 psi <li style="padding-left: 20px;">Velocidad de flujo: 66,5 ft/s EVAPORADOR 1 <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador de calor <li style="padding-left: 20px;">Evaporador tipo O <li style="padding-left: 20px;"># Tubos: 160 <li style="padding-left: 20px;"># Cabezales: 2 SCR	DOMO DE VAPOR <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 40000 lb de vapor/h • MAWP = 200 psi EVAPORADOR 2 <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador de calor <li style="padding-left: 20px;">Evaporador tipo O <li style="padding-left: 20px;"># Tubos: 160 <li style="padding-left: 20px;"># Cabezales: 2 ECONOMIZADOR <ul style="list-style-type: none"> • Intercambiador de calor <li style="padding-left: 20px;">Economizador tipo O <li style="padding-left: 20px;"># Tubos: N/D JUNTA DE EXPANSIÓN TRANSICIÓN B

<ul style="list-style-type: none"> • Parrilla de inyección • Catalizador 	CHIMENEA B
--	-------------------

Fuente: SeasteciCia. Ltda.

4.2 Plan de mantenimiento

El mantenimiento en la caldera HRSG debe ser una actividad rutinaria; muy bien controlada en el tiempo y por lo tanto; el desarrollo del plan de mantenimiento adecuado permitirá que la caldera funcione con un mínimo de paradas en la producción, ya que si llegara a fallar el equipo no se suministraría la cantidad de vapor adecuado para que funcione planta de Agua, planta Parsons y planta Universal. La gestión realizada, el análisis de criticidad, la evaluación del riesgo y la participación en la primera inspección de la caldera, ayudan a establecer el plan de mantenimiento adecuado el cual detalla las siguientes gamas de mantenimiento:

4.2.1 Gama de mantenimiento para el sistema de agua de alimentación:

Tabla 33. Gama de mantenimiento sistema de agua de alimentación

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (año)
1	Realice el retro lavado de la resina que se encuentra en el interior del ablandador	Diario	30
2	Verifique el nivel del tanque de agua	Diario	30
3	Revisar la red de tuberías desde el ablandador hacia el economizador	Diario	18
4	Verificar que la temperatura del desaireador se encuentre en el rango de 95°C a 105°C de encontrarse fuera de l rango regule la presión de entrada de vapor con la válvula de alimentación de vapor o válvulas de bypass	Diario	20
5	Inspección boroscópica del ablandador	Mensual	6
6	Examine la red de tuberías (indicios de corrosión) y juntas bridadas (fugas) desde el ablandador hacia válvula de control FV125	Mensual	6
7	Revisar y limpiar los elementos de la bomba 200 A/B	Mensual	6
8	Realizar un análisis de vibración al motor de las bombas 200 A/B	Mensual	6
9	Inspección de las tuberías conectadas al desaireador	Mensual	6
10	Inspección de la válvula de control de alimentación de agua	Mensual	6
11	Revisar y limpiar los elementos de las bombas 201 A/B	Mensual	6
12	Realizar un análisis de vibración al motor de la bomba 201 A/B	Mensual	6
13	Reajuste los pernos de anclaje de los motores y de las	Mensual	8

	bombas 200 y 201 A/B		
14	Cebado de la bomba 200 A/B y 201 A/B	Semestral	6
15	Inspección del rotor y estator de las bombas 200 A/B	Semestral	4
16	Inspección del rotor y estator de las bombas 201 A/B	Semestral	4
17	Limpieza e inspección de accesorios internos de la válvula de control de alimentación de agua	Semestral	4
18	Limpieza e inspección de indicadores de nivel 132 A/B	Semestral	4
19	Calibración del manómetro analógico del desaireador	Semestral	4
20	Calibración de instrumentos y elementos del sistema de control (SAA)	Anual	4
21	Limpieza de la válvula de venteo del desaireador	Anual	3
22	Regeneración de la resina del ablandador	Anual	3
23	Inspección interior del tanque de Agua	Anual	16
24	Limpieza del indicador de nivel del desaireador	Anual	4
25	Prueba de presión a la válvula de alivio del desaireador	Anual	4
26	Revisión y limpieza de válvulas de retención del desaireador	Anual	4
27	Cambio de juntas tóricas y limpieza de la válvula de control de alimentación de agua	Anual	3
28	Limpieza y cambio de los elementos internos de la válvula de control de flujo FV125	Anual	4
29	Limpieza del diafragma de la válvula FV125	Anual	4
30	Inspección boroscópica interna del desaireador y del cilindro del domo	16000 H	NE
31	Inspección por ultrasonido de la carcasa y de los casquetes toriesféricos	16000 H	NE
32	Cambio de las válvulas de alivio de presión	16000 H	NE
33	Cambio de rodamientos al motor de las bombas 200 A/B y 201 A/B	24000 H	NE
34	Reemplazo del sello mecánico de las bombas 200 A/B y 201 A/B	24000 H	NE

Fuente: Autor

4.2.1.1 Gama de mantenimiento para el subsistema dosificador de químicos:

Tabla 34. Gama de mantenimiento subsistema dosificador

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Revise el funcionamiento de las bombas	Diario	20
2	Examinar visualmente fugas de aceite en la base de la bomba	Diario	20
3	Controlar la dosificación de productos químicos en el agua de alimentación	Diario	20
4	Examinar el recipiente en el cual los químicos se combinan	Diario	20
5	Revisar el acoplamiento del cuerpo de la bomba	Semanal	6
6	Revisar la tubería de succión y descarga por signos de mancha de químicos de existir suciedad limpie y vuelva a pintar las zonas afectadas para impedir el avance del proceso de oxidación	Semanal	6

7	Inspección del diafragma de las bombas	Mensual	12
8	Cambio de aceite de la bomba dosificadora DT203 A/B	Semestral	12
9	Inspección del rotor y estator de las bombas DT203 A/B	Semestral	4
10	Comprobar la funcionalidad de agitación de las aspas	Semestral	2
11	Reemplazo de elementos internos de la bomba dosificadora	Anual	8

Fuente: Autor

4.2.2 *Gama de mantenimiento para el sistema de combustible.* Esta información se adjunta en la tabla 35

Tabla 35. Gama de mantenimiento sistema de combustible

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Verificar el nivel de combustible del tanque	Diario	20
2	Revise la presión de combustible de los manómetros PI107 y PI111	Diario	20
3	Inspeccione la red de distribución en especial las juntas bridadas de fuel oil en busca de fugas (Bombas al BMS)	Diario	12
4	Revisión del funcionamiento de bombas y de la secuencia de operación	Diario	12
5	Examinar las tuberías del BMS y las uniones flexibles de conexión de vapor y fuel oil en busca de fugas u otros daños	Semanal	6
6	Revise por las mirillas del ducto de quemadores las condiciones de fuego	Semanal	6
7	Verificar que el indicador 3D del final de carrera de la válvula XV110 realice el giro apropiado e inspeccione las conexiones eléctricas	Semanal	6
8	Revise el estado de los manómetros	Mensual	5
9	Reajuste los pernos de anclaje del motor de las bombas PF202 A/B	Mensual	6
10	Revise la bomba 202 A/B si existe manchas de producto límpielas	Semestral	3
11	Inspección del rotor y estator de las bombas PF202 A/B	Semestral	4
12	Reajuste los tornillos y pernos del ducto de quemadores	Semestral	4
13	Lubricación de partes internas de la bomba PF202 A/B (Desuso)	Semestral	4
14	Calibración del manómetro analógico PI107 y PI111	Semestral	4
15	Inspección de los paneles de control	Anual	3
16	Calibración de instrumentos y elementos del sistema de control (BMS)	Anual	3
17	Limpieza de las boquillas de los quemadores principales	Anual	4
18	Examinar los detectores de flama	Anual	4
19	Examinar ignitores	Anual	4
20	Inspección interior del tanque de Fuel Oil	Anual	16
21	Lubricación del actuador de piñón y cremallera de la	Anual	3

	válvula XV110		
22	Cambio de rodamientos al motor de la bomba PF202A/B	24000 H	NE
23	Cambio de elementos internos de la bomba PF202A/B	24000 H	NE

Fuente: Autor

4.2.3 *Gama de mantenimiento para el sistema de vapor.* Esta información se adjunta en la tabla 36.

Tabla 36. Gama de mantenimiento sistema de vapor

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Inspeccionar la red de distribución de vapor hacia los quemadores y hacia el desaireador para determinar si hay pérdidas en uniones, codos, tees, válvulas, etc.	Diario	10
2	Realizar el soplado de los haces tubulares.	Diario	20
3	Revise presión de modulación de vapor (BMS), su rango óptimo de trabajo es 130 a 170 psi	Diario	10
4	Inspección de las tuberías conectadas al domo de vapor	Diario	12
6	Verificar que el indicador 3D del final de carrera de la válvula XV134 realice el giro apropiado e inspeccione las conexiones eléctricas	Semanal	12
5	Revisión del aislante térmico de la tubería	Semanal	12
7	Verificar que la presión del manómetro PI135 sea 30 psi si no lo es proceda a regular la presión en la válvula PCV134	Semanal	13
8	Inspección de la válvula de control de alimentación de vapor	Mensual	6
9	Limpieza de la válvula de purga del soplador	Mensual	6
10	Examinar las conexiones del cabezal de distribución de vapor	Mensual	5
11	Lubricación del tren de engranajes del soplador de hollín	Trimestral	4
12	Inspección del motor de accionamiento del soplador	Semestral	6
13	Calibración del manómetro analógico del domo de vapor	Semestral	4
14	Limpieza de accesorios internos de la válvula de control de alimentación de vapor	Semestral	8
15	Calibración del manómetro analógico PI135	Semestral	4
16	Prueba de presión a las válvulas de alivio del domo de vapor	Anual	4
17	Limpiar el tubo lanza del soplador	Anual	18
18	Cambio de juntas tóricas y limpieza de la válvula de alimentación de vapor	Anual	6
19	Inspección de elementos internos de la válvula reguladora de presión PCV134	Anual	2
20	Lubricación del actuador de piñón y cremallera de la	Anual	8

	válvula XV134		
21	Inspección por ultrasonido de tuberías del cabezal de distribución de vapor	16000 H	NE
22	Inspección por ultrasonido de la carcasa y de los casquetes toriesféricos del domo de vapor	24000 H	NE
23	Cambio de las válvulas de alivio de presión	24000 H	NE

Fuente: Autor

4.2.4 Gama de mantenimiento para el sistema de gases.

Tabla 37. Gama de mantenimiento sistema de gases

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Llevar una data histórica de la temperatura de la chimenea esto ayudara a conocer cuando deberá ser necesario limpiar los tubos	Diario	20
2	Examinar externamente las carcasas por fuga de gases de escape	Diario	20
3	Revisar el estado del motor neumático y del mecanismo de accionamiento de la válvula de bypass	Diario	20
4	Inspección termográfica de las carcasas	Trimestral	4
5	Inspección y limpieza ejes de los dámpers del HRSG y chimenea A	Trimestral	4
6	Inspección de la chimenea A por fuga de gases de combustión	Semestral	1
7	Lubricación de chumaceras tipo brida	Semestral	2
8	Cambio de chumaceras tipo brida de los ejes de regulación de la válvula bypass	Anual	4
9	Limpieza válvula bypass y chimenea A	Anual	5
10	Reajuste de pernos de la válvula bypass y del alojamiento de rodamientos tipo brida	Anual	1
11	Cambio de chumaceras tipo brida de los ejes de regulación de la válvula bypass	24000 H	NE

Fuente: Autor

4.2.5 Gama de mantenimiento para el sistema de aire.

Tabla 38. Gama de mantenimiento sistema de aire

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Verificar que no existan fugas de aire en las uniones de las válvulas de control, la actividad deberán realizar en conjunto el área de compresores (red de distribución) y los operadores del HRSG (manifold y equipos)	Diario	20

2	Verifique que la presión de aire es la correcta (100 psi) en el indicador del compresor	Diario	16
3	Examinar los separadores de agua ubicados en los manifold de distribución de aire y del panel de control del BMS	Diario	20
	Drenar el condensado de los compresores	Diario	20
4	Verificar que la presión del manómetro PI114 sea 10 psi si no lo es proceda a regular la presión en la válvula PCV113	Semanal	6
5	Drenar los separadores de agua	Mensual	6
6	Inspeccionar la tubería que distribuye aire al BMS en busca de signos de corrosión	Mensual	3
7	Cambio del filtro de aire del compresor	Trimestral	2
8	Limpieza de los depuradores de aire del compresor	Trimestral	8
9	Engrase los motores del compresor y del ventilador	Semestral	6
10	Cambio del aceite lubricante y filtros del compresor	Semestral	3
11	Reemplazo del filtro de aire (Parker Balston) del manifold de distribución principal	Semestral	2
12	Limpieza e inspección de elementos del posicionador neumático PMV EP5	Semestral	3
13	Calibración del manómetro analógico PI114	Semestral	4
14	Inspección del rotor y estator de los motores del ventilador y del compresor	Semestral	4
15	Inspección de elementos internos de la válvula reguladora de presión PCV113	Anual	2
16	Lubricación del piñón y cremallera del actuador neumático	Anual	5
17	Calibración de instrumentos y elementos del sistema de control (Aire)	Anual	4
18	Reemplazo del refrigerante y del filtro del compresor	Anual	3
19	Reemplazo de elementos del posicionador neumático PMV EP5	16000 H	NE

Fuente: Autor

4.2.6 Gama de mantenimiento para el sistema de purga. Esta información se adjunta en la tabla 39.

Tabla 39. Gama de mantenimiento sistema de purga

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Inspeccionar las tuberías en busca de fugas	Diario	24
3	Purgar la caldera (Indicadores de nivel y domo de lodos)	Diario	44
4	Verificar que el indicador 3D del final de carrera de las válvulas XV136 XV137 y XV138 realice el giro apropiado e inspeccione las conexiones eléctricas	Semanal	6

5	Limpieza de los finales de carrera de válvulas TRIAC XV136 XV137 y XV138	Mensual	6
6	Verificar la existencia de señales de control en la pantalla de la caseta de operadores, de existir alguna novedad reportarla	Mensual	2
7	Lubricación del actuador de piñón y cremallera válvulas XV136 XV137 y XV138	Anual	8

Fuente: Autor

4.2.7 Gama de mantenimiento para el sistema de amoniaco.

Tabla 40. Gama de mantenimiento sistema de amoniaco

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Revisar la tubería de mezcla de aire y amoniaco	Diario	20
2	Verificar que el indicador 3D del final de carrera de la válvula XV123 realice el giro apropiado e inspeccione las conexiones eléctricas	Semanal	20
3	Inspección del sistema de tuberías	Mensual	6
4	Verificar que la presión en el manómetro PI133 sea 30 psi, si no lo es proceda a regular la presión en la válvula PCV121	Mensual	6
5	Reajuste las juntas bridadas del mezclador	Mensual	6
6	Limpieza del filtro silenciador del ventilador	Semestral	3
7	Calibración del manómetro analógico PI133	Semestral	4
8	Inspección de elementos internos de la válvula reguladora de presión PCV121	Anual	2
9	Calibración de instrumentos y elementos del sistema de control (Amoniaco)	Anual	4
10	Inspección ultrasónica del cuerpo y los casquetes toriesféricos	16000 H	NE
11	Inspección integral del tanque de amoniaco	16000 H	NE
12	Lubricación del actuador de piñón y cremallera de la válvula XV123	16000 H	NE
13	Cambio del filtro silenciador del ventilador	24000 H	NE
14	Cambio de rodamientos del motor del ventilador	24000 H	NE

Fuente: Autor

4.2.8 Gama de mantenimiento para el sistema de GLP.

Tabla 41. Gama de mantenimiento sistema de GLP

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS (Año)
1	Revisar las conexiones de las tuberías en busca de fugas	Diario	20
2	Verificar que el indicador 3D del final de carrera de la válvula XV104 realice el giro apropiado e inspeccione las conexiones electricas	Semanal	6

3	Verificar que la presión del manómetro PI102 sea 10 psi si no lo es proceda a regular la presión en la válvula PCV101	Semanal	6
4	Inspeccionar las uniones flexibles de conexión de vapor y fuel oil	Semanal	6
5	Calibración del manómetro analógico PI102	Semestral	4
6	Lubricación del actuador de piñón y cremallera de la válvula XV104	Anual	8
7	Inspección de elementos internos de la válvula reguladora de presión PCV101	Anual	2

Fuente: Autor

4.2.9 Gama de mantenimiento según la frecuencia de inspección. Para determinar la frecuencia de inspección de los haces tubulares se utilizaron las ecuaciones establecidas en la sección 2.19, el nivel de riesgo obtenido en la sección 3.10 y el Anexo Y lo cual nos ayudará a establecer un programa de monitoreo para las tuberías de los evaporadores 1 y 2 en las zonas de interés.

Cálculo del espesor admisible de trabajo de la tubería (t_{adm}):

$$t_{adm} = \frac{P * D}{2 * S + P} + 0,005D + e$$

Tabla 42. Datos Haces tubulares HRSG

DATOS TUBOS HRSG				
MAWP	Díámetro externo	Esfuerzo máximo ASME Sección II	Factor de espesor	Espesor nominal
P (psi)	D (in)	S (psi)	e	t nominal (mm)
200	2	2500	0	3,175

Fuente: Seasteci. Hoja de datos HRSG, p. 1-6

$$t_{adm} = \frac{200 * 2}{2 * 2500 + 200} + 0,005 * 2 + 0$$

$$t_{adm} = 2,2 \text{ mm}$$

Cálculo de la tolerancia de la corrosión (CA):

$$CA = t \text{ nominal} - t \text{ min admisible}$$

$$CA = 3,175 - 2,21$$

$$CA = 0,965 \text{ mm}$$

Cálculo del sobreespesor por corrosión (RCA):

$$RCA = CA - (t \text{ nominal} - t \text{ actual})$$

$$RCA = 0,965 - (3,175 - 2,67)$$

$$RCA = 0,46 \text{ mm}$$

Cálculo de la vida remanente (Vr):

$$Vr = \frac{RCA \text{ (mm)}}{VC \text{ (año)}}$$

$$Vr = \frac{0,46 \text{ (mm)}}{0,127 \text{ (mm/año)}}$$

$$Vr = 3,62 \text{ años}$$

Determinación del cofactor de criticidad dado el nivel de riesgo obtenido en la sección 3.10.

Tabla 43. Cofactor dado el nivel de riesgo

5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	A	B	C	D	E

Fuente: SOLANO, Harold. Desarrollo de un programa de inspección en una caldera recuperadora, p. 74

Cálculo de la frecuencia de inspección (FI):

$$FI = VR * Fc$$

$$FI = 3,62 * 0,4 \text{ años}$$

$$FI = 3,62 * 0,4 \text{ años}$$

$$FI = 1,45 \text{ años}$$

El método de cálculo empleado nos indica que la inspección de la caldera en los haces tubulares debe ser:

Tabla 44. Cálculo frecuencia de inspección

EVAPORADOR 1	t actual (mm)	RCA (mm)	Vr (años)	FI (años)
Haces tubulares (inferior)	2,67	0,46	3,62	1,45
Haces tubulares (superior)	NR	NR	NR	NR
EVAPORADOR 2	t actual (mm)	RCA (mm)	Vr (años)	FI (años)
Haces tubulares (inferior)	2,78	0,57	4,49	1,80

Haces tubulares (superior)	2,97	0,76	5,98	2,39
----------------------------	------	------	------	------

Fuente: Autor

Una vez determinado la frecuencia de inspección de los haces tubulares, el programa de inspección para mantenimiento predictivo que se propone establecer en el HRSG es el siguiente para el año 2015:

Tabla 45. Gama de mantenimiento en base a la frecuencia de inspección

N°	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	HORAS
1	Colocar nuevos sellos para garantizar la hermeticidad de las cubiertas laterales	FI	100
2	Colocar nuevos sellos para garantizar la hermeticidad de las cubiertas superiores	FI	
3	Realizar la limpieza de los haces tubulares	FI	
5	Realizar la limpieza de los cabezales superiores e inferiores	FI	
6	Reajuste de pernos de las cubiertas de la caldera	FI	

Fuente: Autor

Tabla 46. Programa de inspección

N°	ACTIVIDAD	ÁREAS
1	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> • Tubería de distribución de vapor. • Haces tubulares evaporador 1-2 y del economizador. • Cabezales • Ducto de gases de combustión • Quemadores • Dawncomers • Chimenea A y B
2	Inspección visual boroscópica o video endoscopia	<ul style="list-style-type: none"> • Cabezales superiores e inferiores • Domo de vapor • Desaireador
3	Ensayo de ultrasonido	<ul style="list-style-type: none"> • Haces tubulares evaporador 1 • Haces tubulares evaporador 2 • Economizador • Domo de lodos • Chimenea A y B
5	Ensayo de líquidos penetrantes	<ul style="list-style-type: none"> • Dawncomers • Soldaduras de los haces tubulares del evaporador 1 (Superior e inferior) • Soldaduras de los haces tubulares del evaporador 2 (Superior e inferior) • Economizador • Soldaduras longitudinal y circunferencial del domo de vapor y del desaireador.


6	Ensayo de metalografía	<ul style="list-style-type: none"> • Tambor de vapor • Tubería de distribución de vapor • Economizador • Haces tubulares evaporador 1 • Haces tubulares evaporador 2
---	------------------------	---

Fuente: Autor

4.3 Gestión de actividades

La gestión de tareas se lo realiza en base al plan de mantenimiento, a continuación se detalla las principales actividades, procedimiento de trabajo, repuestos, materiales y equipos que se requerirá para realizar el mantenimiento.

Gestión de actividades del sistema de agua de alimentación.

EQUIPO: ABLANDADOR	
<p>ACTIVIDAD: Inspección boroscópica del ablandador.</p> 	<p>FRECUENCIA: Mensual</p>
<p>PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si el ablandador se encuentra en el ciclo de servicio examine las tuberías en busca de señales de corrosión y fugas de agua. • Revisar el estado de válvulas y del manómetro superior. • Cierre las válvulas que permiten el paso de flujo hacia el ablandador. • Drene el agua interna del ablandador y permita el paso directo de agua al tanque A5. • Desenrosque los pernos del handholesuperior (1). • Con el boroscopio examine el recubrimiento de las paredes internas del ablandador para conocer si es necesario cambiarlo. • Realizar un análisis de dureza del agua presente en el ablandador. • Verifique que la dureza del agua se encuentre en 7 ppm (neutra). 	
<p>PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida 	

Guantes	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> Llave 1 1/16" (Handhole) Llaves de tubo
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> Boroscopio.
OBSERVACIONES	

EQUIPO: BOMBAS 200 A/B	
ACTIVIDAD: Revisar y limpiar los elementos de las bombas 200 A/B.	FRECUENCIA: Mensual

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Revise las aspas y los canales de ventilación del motor de la bomba que se encuentra fuera de operación, si existe suciedad proceda a:
Desenroscar los pernos de la tapa superior del motor utilizando llaves allen
Limpie el polvo o suciedad adherida a las aspas y a la base del ventilador
Coloque la tapa superior
- Verifique el estado del sello mecánico, realice lo siguiente:
Destornille la guarda del acoplamiento.
Examine el acoplamiento mecánico y el sello mecánico en busca de fugas de agua.
Reapriete el acoplamiento mecánico.
- Revisar los pernos de la base de sujeción y reapriételos.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Desactivar la bomba a cegar en la pantalla de control y encender la bomba de respaldo para evitar que el desaireador se quede sin agua.
- Utilice elementos de seguridad personal.
Ropa de seguridad
Botas y guantes de seguridad

MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> Guaípe. 	<ul style="list-style-type: none"> Llave 15/16" (tapón de cebado) y 3/4"

<ul style="list-style-type: none"> Solvente (LIMSOL) 	(base bomba). <ul style="list-style-type: none"> Llave allen 5/32" (Carcasa ventilador) Llave allen 8mm
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> El procedimiento descrito puede ser aplicado para las bombas 201 A/B. 	

EQUIPO: BOMBAS 200 A/B	
ACTIVIDAD: Realizar un análisis de vibración al motor.	FRECUENCIA: Mensual
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> Seguir el procedimiento de seguridad. Configurar en el analizador de vibraciones el motor con sus respectivos datos de placa. Cree la máquina asignándole un MID de identificación y los puntos donde se realizara el análisis. Proceda a colocar el acelerómetro en los puntos que indica la figura. Realice la medición de vibraciones. Finalizada la medición el analizador emitirá en segundos un reporte de evaluación el cual podrá ser visto en pantalla. Observe las recomendaciones emitidas por el equipo y posteriormente analice las vibraciones para un ajuste adecuado de la recomendación. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Para el analizador se debe tener precaución de que no existan señales de bluetooth a su alrededor, únicamente la emitida por el equipo ya que puede ocasionar interferencias. Manipular el acelerómetro con precaución debido a su campo magnético presente. 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de materiales. 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de herramientas.
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> Analizador de vibraciones DCX TRIO.
OBSERVACIONES	

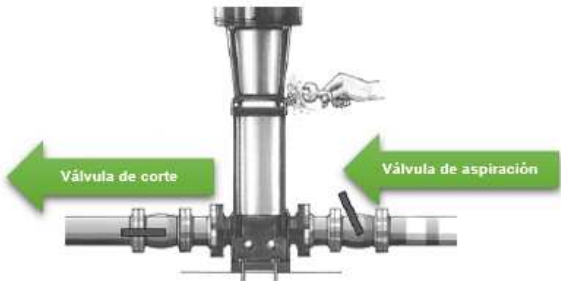
- El procedimiento descrito puede ser aplicado para las bombas 201 A/B.
- El análisis de vibraciones para su realización se gestionó con el departamento de ATP, el primer informe de vibración se puede observar en el Anexo D y F para las bombas 200 A/B y 201A/B respectivamente.
- Las primeras lecturas del motor de la bomba 200 A, se encuentran guardadas en el analizador DCX7-TRIO.
- Para tomar las mediciones de vibración nuevamente no será necesario volver a crear la máquina únicamente colocar el acelerómetro en los puntos indicados.

EQUIPO:		DESAIREADOR
ACTIVIDAD: Inspección de las tuberías conectadas al desaireador.		FRECUENCIA: Mensual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Examine las tuberías conectadas al desaireador en busca de corrosión. • Revise la hermeticidad de las juntas bridadas de las tuberías en el siguiente orden: Entrada de agua de alimentación (1) Cilindro domo (2) Casquete domo (3) Válvula de venteo (4) Entrada de vapor (5) la inspección en este elemento deberá realizarse desde en la tubería principal del domo de vapor, trampa de vapor y manómetro. Manómetro (6) Retorno de condensado (7) Válvula de seguridad (8) Salida de agua (11) Drenaje (13) Sobre nivel (12) • Ajuste los pernos de sujeción de las bridas. 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad 		

Arnés y línea de vida	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves corona
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	

EQUIPO:	VÁLVULA DE CONTROL DE ALIMENTACIÓN DE AGUA	
ACTIVIDAD: Inspección de la válvula de control de alimentación de agua.	FRECUENCIA:	
	Mensual	
		
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> Examine las juntas bridadas extremasy el capó en busca de fugas. Ajustela brida y los pernosdel bonete con un torque de 27 N-m. Examine la válvulaen busca de daños causadospor los gasescorrosivos o goteosde proceso. Compruebe si existen fugas de aire por el regulador de presión,de existirlas ajuste las juntas o tome acciones correctivas. Realice una prueba de accionamiento del actuador al cortar el suministro de aire. Observe el cambio de posición. 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> Cierre las válvulas de globo ubicadas a los costados de la válvula de control. Utilice elementos de protección personal. <p>Ropa de seguridad</p> <p>Botas de seguridad</p> <p>Arnés y línea de vida</p> <p>Guantes</p>		
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> Pintura Brocha Lubricante krytox 206 	<ul style="list-style-type: none"> Llaves 1/16, 7/8 y 9/16" Llave allen (6 mm) 	

REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES Ver anexo E	

EQUIPO: BOMBAS 200 A/B	
ACTIVIDAD: Cebado de la bomba 200 A/B.	FRECUENCIA: Semestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: <ul style="list-style-type: none"> Cierre la válvula de corte en el lado de descarga de la bomba. Permita que el agua circule desde el desaireador a la bomba dejando abierto la válvula de compuerta en el lado de aspiración. Desenrosque suavemente el tapón de cebado ubicado en el cabezal de la bomba, se deberá escuchar un escape de aire. Abra un poco la válvula de corte en el lado de descarga y encienda la bomba. Cierre el tapón de cebado solo si por el mismo sale un flujo constante de líquido. Seque el agua derramada en la camisa de la bomba. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD: <ul style="list-style-type: none"> Desactivar la bomba a cebar en la pantalla de control y encender la bomba de respaldo para evitar que el desaireador se quede sin agua. Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de materiales. 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> Llave 15/16" (tapón de cebado) Llave 1/4"

REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES <ul style="list-style-type: none"> El procedimiento indicado deberá ser realizado para la bomba PV200B ya que desde la puesta de funcionamiento del HRSG únicamente ha funcionado la bomba PV200A. El procedimiento descrito puede ser aplicado para las bombas 201 A/B. 	

EQUIPO: VÁLVULA DE CONTROL ALIMENTACIÓN DE AGUA	
ACTIVIDAD: Limpieza e inspección de accesorios internos de la válvula de control.	FRECUENCIA: Semestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: <ul style="list-style-type: none"> Seguir el procedimiento de seguridad. Abra las válvulas del bypass para permitir el paso de agua hacia el desaireador será necesario monitorear constantemente el nivel de agua del desaireador con el visor de nivel. Desenrosque los pernos de las bridas utilizando las llaves adecuadas. Desmonte la válvula y transpórtela a un lugar adecuado utilizando la argolla de la parte superior. Desenrosque los pernos y tuercas del bonete. Retirar el bonete en conjunto con el vástago. Revise el estado de los empaques del bonete, anillo de asiento, y vástago. Limpie internamente el cuerpo de la válvula así como el cuerpo del vástago utilice solvente. Sopletear el interior del cilindro y el cuerpo de la válvula. Lubrique la guía superior e inferior del vástago utilice krytox 206. Re ensamble la válvula. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD: <ul style="list-style-type: none"> Cierre las válvulas de globo ubicadas a los costados de la válvula de control. Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Guantes 	

MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Solvente (LIMSOL) • Brocha • Lubricante krytox 206 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 1 ¼" (BONETE) • Llaves ½" y 9/16"(yugo) • Llave 7/8" (brida conexión)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> • Ver anexo E • El procedimiento descrito aplica para la válvula de alimentación de vapor XV200 	

EQUIPO:	INDICADORES DE NIVEL
ACTIVIDAD: Limpieza e inspección de indicadores de nivel 132A/B.	FRECUENCIA: Semestral
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<p>El procedimiento se especifica para un solo indicador de nivel, si se desea realizar para los dos indicadores es necesario que la caldera este fuera de operación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deshabilitar la interfaz de comunicación del indicador de nivel. • Cerrar la válvula de conexión inferior del domo de vapor hacia el tubo vertical del indicador. • Cerrar la válvula de conexión superior para aislar completamente al indicador. • Abrir el tapón de venteo para liberar la presión del agua caliente presente en el indicador de nivel. • Purgar el indicador de nivel y recolectar el agua para realizar un estudio químico. • Remueva las correas de sujeción del transmisor de nivel. • Remueva la brida de drenado y coloque el indicador en un lugar apropiado. • Extraer el flotador del tubo vertical fijándose cuál es su dirección, realice una inspección por desgaste excesivo o limpie si es necesario. • Limpiar la pared del tubo vertical con cepillo es recomendable realizarlo con algún solvente. • Una vez limpiado el indicador, coloque en su sitio el flotador en la misma dirección de extracción. • Colocar el indicador de nivel y la brida base con su respectivo empaque. • Ajustar los pernos de la brida base y de las conexiones superiores e inferiores. • Ajustar las correas de sujeción del transmisor de nivel y asegurarse que la escala magnética indique cero. • Utilice un imán para que el flotador y la escala magnética coincidan. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<p>Utilizar elementos de protección personal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ropa de seguridad • Arnés con línea de vida • Casco • Botas de seguridad • Colocar en un estado adecuado la escalera de acceso al indicador de nivel. 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Solvente 	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo • Llave 1 1/8" (Brida domo de vapor)

	<ul style="list-style-type: none"> • Llave Brida inferior • Destornillador plano • Llaves de tubo
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • Tapón de venteo • Flotador magnetizado • Brida de drenado y resorte (2") • Resorte superior del flotador 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Escalera
OBSERVACIONES Ver Anexo H Los repuestos del indicador de nivel deben ser solicitados al proveedor (PENBERTHY)	

EQUIPO: DESAIREADOR	
ACTIVIDAD: Limpieza de la válvula de venteo del desaireador.	FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: <ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Purgue el desaireador. • Revise la válvula de venteo (4). • Con las llaves apropiadas desajuste la válvula de venteo y retírela del casquete del domo (3). • Limpie la tubería con solvente y cepillo. • Cerciórese que en el interior de la válvula no se encuentren residuos. • Si existen residuos es recomendable sustituir la válvula. • Arme la válvula con la tubería y colóquela en el casquete del domo. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD: <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la caldera (dámper chimenea A abierto) • Verifique que la temperatura del desaireador se encuentre estable en el termómetro (14) • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Gafas 	


Guantes	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Permatex • Teflón • Solvente (ABRO) 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llaves de tubo
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de globo de 1/2". 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	

EQUIPO: ABLANDADOR	
ACTIVIDAD: Regeneración de la resina del ablandador.	FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<p>Ciclo de Retro lavado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cierre la válvula (1) que distribuye el agua del sistema hacia la parte superior del ablandador. • Abrir la válvula de la parte inferior (2) para que el agua realice un proceso inverso al ciclo de servicio. • El flujo de agua ascendente a través del ablandador, elimina la turbidez y otros sedimentos que se acumulan durante el ciclo de servicio y los elimina del sistema por el drenaje. <p>Ciclo de regeneración de la resina</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coloque la salmuera en el tanque aledaño al ablandador. • Cierre las válvulas (1), (2), de entrada y salida de agua. • Inyecte la salmuera por la parte superior del ablandador (3). • La salmuera sustituirá los iones de Calcio (Ca⁺²) y Magnesio (Mg⁺²) por los iones de Sodio (Na⁺). • Permita la salida del flujo cargado de iones de (Ca) y (Mg) por la válvula (4) y posterior por el drenaje. <p>Ciclo de enjuague</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abrir la válvula (1) y de entrada de agua de alimentación. • Permita la circulación del agua por el ablandador y descargue la misma por el drenaje. • Este ciclo elimina el exceso residual de dureza y salmuera. • Restituya el funcionamiento normal del ablandador. 	

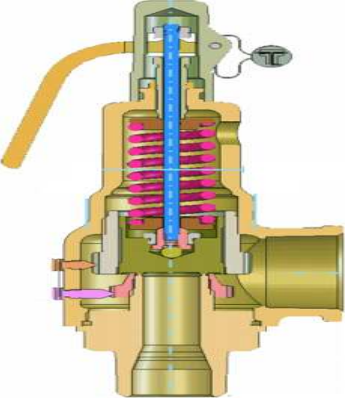
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Salmuera y sal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 1 1/16"
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
Ver anexo I	

EQUIPO: TANQUE DE AGUA A5	
ACTIVIDAD: Inspección interior del tanque de Agua.	FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Debido a que el tanque se encuentra recubierto para mantener el calor, es necesario acceder a su interior para realizar una inspección. • Seguir el procedimiento de seguridad. • Limpie la superficie a inspeccionar. • Coloque el acoplante en la superficie. • Realizar ensayo de ultrasonido en base a la norma API 653 en la pared, techo y piso del tanque. • Cerrar el tanque solo si el certificado de inspección fue emitido y no reporta ninguna novedad. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el tanque se encuentre vacío. • Abrir el manhole de la pared lateral y del techo. • Dejar ventilar los gases que se encuentran en el interior del tanque. • Limpiar el producto de las paredes internas y el piso. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	

MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Acoplante (Magnaflux) • Guaípe • Lijas 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llave 32 mm (Manhole-bridas).
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Medidor ultrasónico DM5E Scan-B.
<p style="text-align: center;">OBSERVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debido a la construcción de un nuevo tanque de agua se deberá proceder a realizar en este momento la inspección anteriormente indicada en el tanque para poder conocer: <ul style="list-style-type: none"> Si existen cambios en las condiciones físicas del mismo. Programar la intervención del tanque antes de que se produzca una falla. • La frecuencia de la nueva inspección lo determinara el personal calificado en esta área bajo cálculos adecuados lo cual afinara la frecuencia propuesta en este trabajo. 	

EQUIPO: DESAIREADOR	
ACTIVIDAD: Limpieza del indicador de nivel. <div style="text-align: center;">  </div>	FRECUENCIA: Anual
<p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cierre las válvulas de globo (1) y (2). • Abra la válvula de purga (3) del indicador de nivel. • Recoja el agua que se encuentra en el interior del visor de nivel en un recipiente adecuado. • Desenrosque las tuercas de conexión del visor de nivel a la te. • Retire el visor de nivel y colóquelo en un lugar apropiado. • Verifique que las válvulas de aguja y el tubo estén libres de impurezas. • Si el tubo se encuentra descolorido o con impurezas es recomendable cambiarlo. • Coloque el indicador en su sitio enroscando las tuercas de conexión. • Cerciórese que la válvula de purga se encuentre cerrada (3). • Abra las válvulas (1) y (2) para que permita el ingreso del líquido. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	

<ul style="list-style-type: none"> • Apagar la caldera HRSG • Utilice elementos de protección personal. <p>Ropa de seguridad</p> <p>Botas de seguridad</p> <p>Arnés y línea de vida</p> <p>Guantes</p>	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Solvente (ABRO) • Paños • Guaípe 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llaves de tubo • Llave 32 mm (Conexiones) • Llave 23mm (LC-200)
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES Ver anexo J	

EQUIPO:	DESAIREADOR
ACTIVIDAD: Prueba de presión a la válvula de alivio del desaireador.	FRECUENCIA: <p style="text-align: center;">Anual</p>
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: <ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Desenrosque la válvula de alivio utilizando las herramientas adecuadas. • Coloque la válvula en el banco de pruebas. • Suba la presión del banco de pruebas a un 103% (ASME I) de tara de la válvula. • Si la válvula no se dispara retírela del banco de pruebas. • Inspeccione el interior de la válvula límpiela y en lo posible repárela. • Si se considera necesario sustituir la válvula. • Coloque la nueva válvula en el desaireador. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD: <ul style="list-style-type: none"> • Apague la caldera HRSG • Cierre las válvulas de las bombas 200A/B • Purgue el desaireador. • Verifique en el termómetro análogo del desaireador que la temperatura se encuentre bajo los 100°C. 	

<ul style="list-style-type: none"> Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Guantes 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> Solvente (ABRO) Paños 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> Llave de tubo (20")
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> Válvula de seguridad (TECVAL o similar) 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> Banco de pruebas para válvulas de seguridad.
OBSERVACIONES	
<p>La actividad descrita anteriormente se lo puede realizar con el desaireador en operación aumentando la presión hasta el rango máximo de apertura; lo que involucra mayor riesgo al personal de la empresa por lo cual es necesario adquirir el banco de pruebas el mismo que no solo puede ser utilizado en la caldera sino también en otros equipos similares de la empresa.</p>	

EQUIPO: DESAIREADOR	
ACTIVIDAD: Revisión y limpieza de válvulas de retención.	FRECUENCIA: Anual
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: <ul style="list-style-type: none"> Seguir el procedimiento de seguridad. Cerrar las válvulas de compuerta anexas a la trampa de vapor (1), trampa de vapor bypass (2), válvula de retención tratamiento de agua (3) y trampa de vapor distribución del calderin (4). Desenrosque las tuberías de los accesorios con las llaves adecuadas. Realice una inspección de los accesorios. Desacople los accesorios y límpielos con solvente y cepillo. Ensamble los accesorios utilizando sellador y teflón. Reinstale los equipos. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD: <ul style="list-style-type: none"> Apague la caldera HRSG Cierre las válvulas de las bombas 200A/B 	

<ul style="list-style-type: none"> • Verifique en el termómetro análogo del desaireador que la temperatura se encuentre bajo los 100°C. • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Guantes 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Solvente (ABRO) • Cepillo • Paños • Permatex • Teflón 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llaves de tubo
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	

EQUIPO: VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO FV 125	
ACTIVIDAD: Cambio de juntas tóricas y limpieza de la válvula de alimentación.	FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Abra las válvulas de bypass para permitir el paso de agua hacia el desaireador será necesario monitorear constantemente el nivel de agua del desaireador con el visor de nivel; para que la caldera siga en operación. • Desenrosque los pernos de las bridas utilizando las llaves adecuadas. • Desmonte la válvula y transpórtela a un lugar adecuado utilizando la argolla de la parte superior. • Desenrosque los pernos y tuercas de la brida del prensaestopas, abrazadera del yugo, y del bonete. • Retirar el bonete en conjunto con el vástago tener precaución con las juntas tóricas. <p>Juntas tóricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sustituir las juntas tóricas del bonete, anillo de asiento, y del vástago. • Adhiera un lubricante a las juntas o empaques preferible que no sea en base a silicona. • Limpie internamente el cuerpo de la válvula así como el cuerpo del vástago utilice solvente. <p>Cilindro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarme el cilindro utilizando las herramientas respectivas. • Limpiar el resorte de accionamiento, y limpie su interior con aire a presión. <p>Vástago</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lubrique la guía superior e inferior del vástago utilice krytox 206. • Re ensamble la válvula y asegúrese de ajustar los pernos adecuadamente con un torque 96 N-m. • Inyectar aire al cilindro por la conexión lateral esta acción permitirá cerrar la 	

<p>válvula.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifique el accionamiento de la válvula cortando el suministro de aire lo que provocara que el vástago regrese a su posición original por la acción del resorte. • Pintelas zonas afectadas en caso de existir oxidaciónsevera. • Proceda a montar la válvula en su lugar de trabajo. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Cierre las válvulas de globo ubicadas a los costados de la válvula de control. • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Solvente • Brocha • Lubricante krytox 206 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 32 mm (Bonete) y 23 mm (Bridas conexión) • Llave 13 mm (Yugo) • Juego de ganchos o ganzúas
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Empaques o juntas tóricas (TRIMTECK). 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor • Racores de conexión
OBSERVACIONES	
Ver anexoE	

EQUIPO: VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO FV 125	
ACTIVIDAD: Limpieza y cambio de los elementos internos.	FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Abrir las válvulas de bypass del circuito de la válvula de control para suministrar agua al domo de vapor, esta actividad demandara que el operador controle el nivel del domo manualmente. • Desenrosque los pernos del cuerpo de la válvula (1). • Desmonte la válvula y colóquela en lugar apropiado. • Desenrosque los pernos del posicionador (2) y del vástago. • Retire el posicionador neumático con la debida precaución. • Afloje los pernos de la brida de empaque (3) y retírelos. • Levante el actuador (4). • Desenrosque los pernos del bonete (5) de manera uniforme. • Levante la brida del bonete teniendo precaución del tapón. • Retire el tapón (6) del cuerpo de la válvula (7) sujete apropiadamente las partes para evitar que se deslicen. • Inspecciones los elementos en busca de ralladuras o dobleces si existe un daño considerable sustituya las partes. • Remueva las juntas tóricas (8) utilizando ganzúas. • Retire el buje guía (9), asiento del buje (10), y la junta tórica (11) del cuerpo de la válvula. 	

- Inspeccione los elementos si existe daños proceda a cambiarlos.
- Las juntas o empaques deberán ser reemplazados en su totalidad no vuelva a utilizarlos y para su colocación lubríquelos previamente con grasa multiuso.
- Para volver armar la válvula revierta el proceso indicado; tome en cuenta que el ajuste de los pernos del bonete y del cuerpo de la válvula se realicen de acuerdo a la siguiente recomendación.

TAMANO DE VALVULA, NPS	PAR DE APRIETE ⁽¹⁾			
	Material de perno			
	SA193-B7		SA193-B8M ⁽²⁾	
EZ	Nm	Lb-ft	Nm	Lb-ft
1 o menor	129	95	64	47
1-1/2 o 2	96	71	45	33
3	169	125	88	65
4	271	200	156	115

1. Valores determinados a partir de pruebas de laboratorio.
 2. SA193-B8M recocido.
 3. Para otros materiales, solicitar los valores de par de apriete a la oficina de ventas de Emerson Process Management.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Desconectar el suministro eléctrico y de aire de la válvula.
- Utilice elementos de protección personal:
 Ropa de seguridad
 Botas de seguridad
 Gafas
 Guantes

MATERIALES:

- Grasa multiuso
- Guaipe

HERRAMIENTAS:

- Juego de llaves de boca
- Juego de ganchos o ganzúas
- Torquí metro

REPUESTOS:

- Kit de repuestos Fisher EZ 667.

EQUIPOS:

- Tecele hidráulico

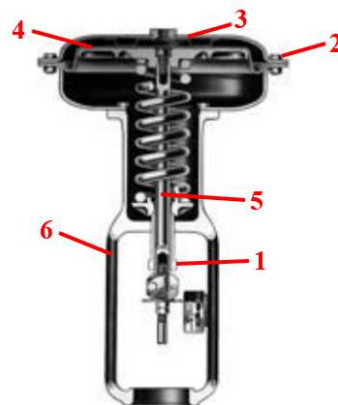
OBSERVACIONES

Ver anexo K

EQUIPO:

VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO FV 125

TAREA: Limpieza del diafragma.



FRECUENCIA:

Anual

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Seguir el procedimiento de seguridad como se indica, de no realizarlo podrían sufrir lesiones las personas encargadas de dar mantenimiento.
- Aflojar los pernos (2) de la tapa superior (3) y retírela.
- Inspeccione el diafragma (4) si existe un daño considerable sustitúyalo inmediatamente.
- Proceda a inspeccionar la parte interna del diafragma, de hallarse signos de

<p>corrosión pinte su interior.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gire el yugo (6) 180° a fin de que el resorte y el elementos de la cámara interna salgan. • Lubricar el vástago (5) con lubricante krytox 206 o similar. • Para volver armar revierta el proceso indicado. • Acoplar el actuador al cuerpo de la válvula. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar el suministro eléctrico y de aire de la válvula. • Desenrosque la tuerca de ajuste (1). • Retire la tuerca y verifique que el vástago (7) se mueve libremente, esto ayudara a que el resorte (8) no se encuentre comprimido. • Utilice elementos de protección personal: Ropa de seguridad Botas de seguridad Gafas Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante Krytox 206 • Pintura • Guaípe 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 23 mm (Bonete) • Llave 15 mm (Diafragma)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Kit de repuestos Fisher EZ 667. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecele hidráulico
OBSERVACIONES	

EQUIPO: DESAIREADOR	
ACTIVIDAD: Inspección boroscópica interna del desaireador y del cilindro del domo.	FRECUENCIA: 16000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Purgue el desaireador. <p>Manhole (9)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retire el recubrimiento térmico del desaireador. • Desenrosque los pernos del manhole y ábralo suavemente. • Dejar que se ventile el desaireador por un tiempo de 3 horas para evitar que se empañe la cámara del boroscopio. • Realice la inspección de las áreas internas del desaireador con el boroscopio. <p>Cilindro del domo (2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenrosque los pernos del casquete (3) del domo con un patrón cruzado. • Retire el casquete tomando la debida precaución para cuidar la válvula de venteo (4). • Dejar que se ventile el domo del desaireador por un tiempo de 3 horas. • Realice la inspección de las áreas internas del domo con el boroscopio. • Emitir el certificado de inspección con las novedades encontradas. 	

<p>Limpieza</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cerrar las válvulas de las bombas 201 A/B. • Abra la válvula de drenaje (13) • Limpiar internamente el desaireador y el domo con agua presurizada. • Verificar que el agua acumulada se purgue. • Cerrar el desaireador y colocar el recubrimiento. 	
<p align="center">PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apagar la caldera (dámper chimenea A abierto) • Verifique que la temperatura del desaireador se encuentre estable en el termómetro (14) • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Gafas Guantes • Al abrir el manhole y el casquete del domo; realícelo suavemente debido a que puede existir vapor acumulado en su interior. 	
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales. 	<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave 34 mm (Manhole y casquete)
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boroscopio
<p align="center">OBSERVACIONES Ver anexo L</p>	

EQUIPO:		DESAIREADOR	
<p>ACTIVIDAD: Inspección por ultrasonido de la carcasa y de los casquetes toriesféricos.</p>		<p>FRECUENCIA: 16000 H</p>	
<p align="center">PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La inspección deberá regirse a la norma ASME Sección V. • Verificar que el equipo de ultrasonido sea calibrado. • Retire el recubrimiento térmico del desaireador. • Prepare la superficie del desaireador (10) y (15). • Prepare la superficie del domo de vapor (1) y (2). • Coloque el acoplante apropiado sobre la superficie a inspeccionar. • Realice la medición de los espesores de las carcasas y casquetes toriesféricos, con el equipo de ultrasonido. • Guarde las mediciones en el historial del equipo. • Proceda a colocar el recubrimiento solo si el certificado de inspección fue emitido. 			
<p align="center">PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida Guantes 			
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acoplante (MAGNAFLUX) 		<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bloque de calibración espesores 	

<ul style="list-style-type: none"> • Lija • Cepillo de alambre • Paños 	
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor ultrasónico SCAN B
OBSERVACIONES Ver anexo L y Q	

EQUIPO: BOMBAS 200 A/B	
ACTIVIDAD: Cambio de rodamientos al motor de la bomba.	FRECUENCIA: 24000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Destornille la guarda del acoplamiento. • Desenroscar los pernos del acoplamiento (motor-bomba) utilice llaves allen. • Desmontar el motor. • Coloque el motor en un lugar apropiado. • Extraer los rodamientos lado conductor y lado conducido. • Cambiar los rodamientos. • Montar el motor. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Dejar fuera de operación a la bomba en la pantalla del cuarto de control. • Desconecte el suministro eléctrico. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Grasa • Penetrante 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave allen T8mm (Acoplamiento mecánico) • Juego de extractor de rodamientos • Llave 28 mm (Cabezal de la bomba) • Botadores de impacto
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • 1 Rodamiento 7309BE (lado acople) • 1 Rodamiento 6309.C4 (lado opuesto al acople) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecele hidráulico
OBSERVACIONES Ver Anexo H Motor Marca: Grundfoss Modelo: MG160MD2-42FF300-H3 Serial: 8333	

EQUIPO: BOMBAS 201 A/B	
ACTIVIDAD: Cambio de rodamientos al motor de la bomba.	FRECUENCIA: 24000 H

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Destornille la guarda del acoplamiento. • Desenroscar los pernos del acoplamiento (motor-bomba) utilice llaves allen. • Desmontar el motor. • Coloque el motor en un lugar apropiado. • Extraer los rodamientos lado conductor y lado conducido. • Cambiar los rodamientos. • Montar el motor. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Dejar fuera de operación a la bomba en la pantalla del cuarto de control. • Desconecte el suministro eléctrico. • Utilice elementos de seguridad personal. <p>Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes</p>	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Grasa • Penetrante 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave allen T 8mm (Acoplamiento mecánico) • Juego de extractor de rodamientos • Llave 28 mm (Cabezal de la bomba) • Botadores de impacto
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • 1 Rodamiento 7308BE.2CS (lado acople) • 1 Rodamiento 6206.2Z.C3 (lado opuesto al acople) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecele hidráulico
OBSERVACIONES	
<p>Ver Anexo H</p> <p>Motor Marca: Grundfoss</p> <p>Modelo: MG132SC2-38FF265-H3</p>	

EQUIPO: BOMBAS 200 A/B	
ACTIVIDAD: Reemplazo del sello mecánico.	FRECUENCIA: 24000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Destornille la guarda del acoplamiento • Desenroscar los pernos del acoplamiento (motor-bomba) utilice llaves allen. • Desmonte el motor de la bomba • Desenrosque los pernos del sello mecánico con una llave allen de maguito. • Aflojar los pernos del cabezal de la bomba. • Retire la camisa de recubrimiento de los impellers. • Desmonte el conjunto de difusores. • Coloque el conjunto de difusores de manera invertida en una entenalla para aflojar las tuercas de los espárragos. • Desmonte cada difusor, impellers y accesorios. • Observe el estado de los accesorios y límpielos. • Ensamble el conjunto de difusores y ajuste la contratuerca M8 del eje estriado con un torque de 22 Nm. 	

<ul style="list-style-type: none"> • Coloque los espárragos y ajuste sus pernos con un torque de 15 Nm. • Reemplace los o-rings del cabezal de la bomba y de la base. • Lubrique los o-rings con lubricante rocol N°22 o similar. • Coloque los difusores y la camisa en su posición adecuada. • Monte el cabezal de la bomba y asegúrese que el tapón de purga sea perpendicular al tapon de drenado. • El torque de apriete deberá ser de 80 Nm. • Coloque el nuevo sello mecánico y apriételo con un torque de 35 Nm. • Levante el sello mecánico y coloque el separador ubicado en la guarda del acoplamiento. • Ajuste los pernos del sello mecánico con una llave allen T 8 mm. • Monte el motor de la bomba y apriete los pernos de sujeción con un torque de 80 Nm. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Dejar fuera de operación a la bomba en la pantalla del cuarto de control. • Desconecte el suministro eléctrico. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante (ROCOL N°22) • Brocha • Solvente (LIMSOL) • Guaípe 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave allen T 8mm (Acoplamiento mecánico) • Juego de llaves (Boca)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • O-ring (cabezal de la bomba) • O-ring (base de la bomba) • Sello mecánico 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecle hidráulico • Torqui metro
OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> • Ver anexo H • El procedimiento descrito puede ser aplicado para las bombas 201 A/B. 	

Gestión de actividades subsistema dosificador de químicos.

EQUIPO: BOMBAS DOSIFICADORA DE QUÍMICOS	
ACTIVIDAD: Comprobar la funcionalidad de agitación de las asp.	FRECUENCIA: Semestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Levantar la tapa del recipiente. • Revisar la parte inferior del tanque verifique la existencia de adherencias de los 	

<p>químicos si los hay proceda a limpiarlos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Examine la red de tuberías de distribución del recipiente al desaireador busque posibles fugas de agua. Verificar el balanceo del conjunto (eje-acople-aspas de agitación), si existe desbalanceo proceda a realizar lo siguiente: Desconectar el suministro eléctrico Limpiar el motor y observar si existe holgura en el acople de la extensión del eje. Ajuste la base de sujeción. Realice una prueba de funcionamiento si persiste el desbalanceo será necesario disminuir la extensión del eje. Examine la red de tuberías de distribución del recipiente al desaireador busque posibles fugas de agua. Examine las conexiones eléctricas. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> Guaípe Solvente (ABRO) 	<ul style="list-style-type: none"> Llave 11 mm (Basedel motor).
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
El procedimiento indicado es necesario para garantizar una adecuada combinación de químicos con el agua de dosificación a la caldera.	

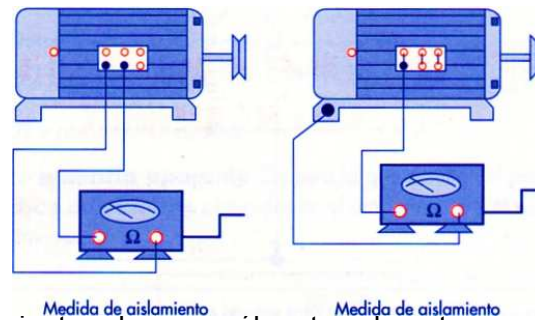
EQUIPO: BOMBAS DOSIFICADORA DE QUÍMICOS	
ACTIVIDAD: Cambio de aceite de la bomba dosificadora DT203 A/B.	FRECUENCIA: Semestral
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> Vierta el fluido de la cámara de aceite por el tapón de purga Cierre la cámara de aceite con el tapón de purga y abra el tapón superior Llene la cámara hasta el nivel como indica la figura con aceite MobilGear #626 Cierre la cámara Realice una prueba de funcionamiento de la bomba y verifique que el giro de la bomba sea como indica 3 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> Desconecte el suministro eléctrico. Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Consulte al especialista del tratamiento del agua si existe algún efecto de un 	

contacto directo con los químicos que puedan existir en el cuerpo de la bomba.	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Aceite mobilgear #626 (Aceite de viscosidad ISO 68) 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave allen 5/16" (Tapón de purga)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES Ver anexo M	

EQUIPO:	BOMBAS DOSIFICADORA DE QUÍMICOS	
ACTIVIDAD: Inspección del rotor y estator de las bombas DT203	FRECUENCIA:	A/B.
		Semestral

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Siga el procedimiento de seguridad
- Destape la caja de conexiones del motor
- Conecte el mega óhmetro como se indica en la siguiente figura en los cables de las bobinas



- Ponga en funcionamiento el mega óhmetro durante un tiempo de 30 a 60 segundos con una tensión de 5 a 10 KV por norma ANSI/IEEE 43-2000
- Mida la resistencia de aislamiento y llévelo en una data histórica
- Verifique si se encuentra dentro de un rango aceptable.

Límites orientativos para la resistencia de aislamiento	
Resistencia de aislamiento	Evaluación de aislamiento
2MΩ o menos	Malo
< 50 MΩ	Peligroso
50-100 MΩ	Regular
100-500 MΩ	Bueno
500-1000 MΩ	Muy bueno
> 1000 MΩ	Optimo

- Esta resistencia expresa la calidad del aislamiento entre dos elementos conductores

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Desconecte el suministro eléctrico
- Utilice elementos de seguridad personal
Ropa de seguridad
Botas de seguridad con suela aislante
Guantes

MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Solvente eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Destornillador plano
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Megaohmetro (MEGGER BM24)
OBSERVACIONES	
<p>El procedimiento indicado también podrá ser aplicado para los motores de las bombas PV200A/B, PV201A/B, sopladores de hollín y PF202A/B (Se deberá controlar con más énfasis debido a que no se encuentran en operación y la humedad se va incrementando dentro del motor).</p>	

EQUIPO: BOMBAS DOSIFICADORA DE QUÍMICOS	
ACTIVIDAD: Reemplazo de elementos internos de la bomba.	FRECUENCIA: Anualmente
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Desconectar las tuberías de succión y de descarga • Desmontar la bomba de la base y colocarlo en un lugar apropiado. • Desenrosque los tornillos (1) y retirar el cuerpo de la válvula (2) superior e inferior. • Desenrosque los tornillos de la carcasa del diafragma viton (3) esto liberara la carcasa del diafragma tubular (4). • Desenrosque los tornillos de la parte superior e inferior de la carcasa del diafragma tubular de esta manera se tendrá acceso al diafragma tubular el cual podrá ser sustituido. • Inspeccione las partes internas en busca de desgaste y reemplácelos según sea necesario. • Reemplace las juntas tóricas y lubríquelas con grasa de base litio. • Reemplazar el diafragma viton independientemente de su estado. • Para volver armar invierta el proceso anterior asegurándose que las piezas encajan correctamente. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Desconecte el suministro eléctrico. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes • Consulte al especialista del tratamiento del agua si existe algún efecto de un contacto directo con los químicos que puedan existir en el cuerpo de la bomba. 	

MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Grasa • Guaípe 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave allen 3/16 (Tornillos 1) • Llave allen ¼" (3)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Kit de repuestos (Neptune 515-T A 547-T). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecele hidráulico
OBSERVACIONES Ver Anexo M	

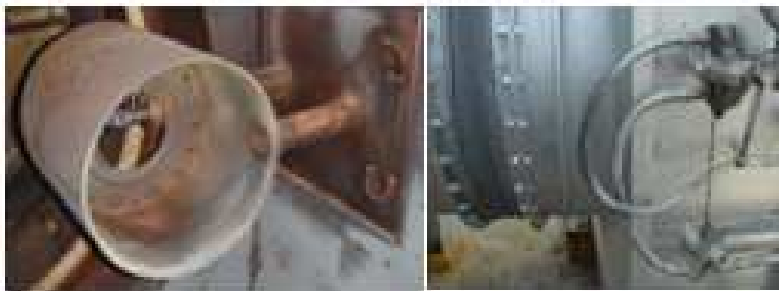
Gestión de actividades sistema de combustible.

EQUIPO: BOMBAS PF202 A/B	
ACTIVIDAD: Lubricación de partes internas de la bomba (Desuso).	FRECUENCIA: Semestral
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Drenar la bomba. • Desenrosque los pernos de la base de la bomba, retírela y colóquela en un lugar adecuado. • Marque el cabezal y la carcasa de la bomba a fin de asegurar un reensamblaje adecuado. • Afloje los pernos del cabezal y posteriormente los pernos de la carcasa. • Aplique a las partes internas una capa delgada de aceite SAE 30 sin detergente. • Girar el eje de la bomba una revolución completa. • Montar la bomba y motor revirtiendo el proceso indicado. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Desconecte el acoplamiento mecánico (motor-bomba). • Cerrar la válvula de compuerta de paso de fuel oil hacia la bomba. • Dejar que se enfríe el flujo residual de la tubería. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Aceite SAE 30 • Guaípe 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 13 mm (Cabezal) • Llave allen 1/16" (Carcasa) • Llaves 9/16" (Base de la bomba)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos
OBSERVACIONES	

El procedimiento indicado deberá ser ejecutado y controlado por el personal de mantenimiento debido a que la caldera por el momento no consume combustible.

EQUIPO: QUEMADORES	
ACTIVIDAD: Inspección de los paneles de control.	FRECUENCIA: Anual
 <p>PANEL BMS</p>	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Realice una inspección visual de todos los componentes y dispositivos del panel de control • Medir el aislamiento de los cables • Realizar un reajuste de todas las conexiones 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Usar una pulsera antiestática para evitar daños en los dispositivos electrónicos • Si la turbina se encuentra en funcionamiento para realizar el trabajo utilice: Ropa de seguridad Botas de seguridad con suela aislante Gafas Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Taype 	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de destornilladores • Juego de micro destornilladores • Corta cable • Tenaza de crimpar (RJ45) • Pulsera antiestática
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Multímetro
OBSERVACIONES	
<p>El procedimiento indicado deberá ser realizado también para el panel SBOX (Bomba dosificadora de químicos), AFCU JB A/B (Amoniaco), Ignición JB A/B (Quemadores), SH01-06 (Sopladores de hollín). (Ver Anexo N)</p>	

EQUIPO: QUEMADORES	
ACTIVIDAD: Limpieza de las boquillas de los quemadores principales.	FRECUENCIA: Anual



PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Dejar enfriar la caldera por 12 horas una apertura inmediata causara deformaciones al metal de recubrimiento.
- Desenrosque los pernos del acceso principal a los quemadores de manera uniforme.
- Inspeccionar los quemadores y las paredes laterales, si existe manchas de fuel oil proceda a limpiarlas.
- Verifique que las boquillas de los quemadores no se encuentran taponados por el producto, esto ocasionara una pérdida de eficiencia en la combustión.
- Si existe lo mencionado anteriormente proceda a retirar la pistola de inserción.
- Realice la limpieza de las boquillas y de la pistola de inserción.
- Asegúrese de destapar los orificios de la boquilla.
- Cambiar las tuberías de suministro de fuel oil y de vapor.
- Para volver armar el quemador invierta el proceso indicado anteriormente.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Apagar la caldera (dámper chimenea A abierto).
- Si la turbina se encuentra en funcionamiento para realizar el trabajo utilice:
Ropa de seguridad
Botas de seguridad
Gafas
Guantes
Mascarilla de filtro (Puede que el cierre del dámper del HRSG no sea hermético y partículas de gases de combustión traspasen al interior de los quemadores).

MATERIALES:

- Guaípe
- Paños
- Gasolina

HERRAMIENTAS:

- Llaves 19 mm (Acceso ducto)
- Llaves 22 mm (Pistola)

REPUESTOS:

- No se requiere el uso de repuestos.

EQUIPOS:

- No se requiere el uso de equipos.

OBSERVACIONES

EQUIPO: QUEMADORES

ACTIVIDAD: Examinar los detectores de flama.

FRECUENCIA:

Anual

		
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Realice un examen visual del detector • Retirar el detector de flama de su ubicación • Limpiar la superficie de los lentes con una solución de limpieza para eliminar las partículas contaminantes • Es necesario limpiar las lentes del dispositivo para asegurar la sensibilidad adecuada del sistema • Examine el detector en busca de abolladuras si existe un daño considerable sustituya el detector • Realice una prueba de funcionamiento. 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> • Apagar la caldera (dámper chimenea A abierto). • Si se encuentran encendidos los quemadores apáguelos pulsando el botón PERMIT TO START FIRING en el tablero de control del BMS. • Desconectar el suministro eléctrico • Utilice elementos de protección personal: Ropa de seguridad Botas de seguridad Gafas Guantes 		
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Limpia cristales con amonia D • Paño de algodón • Desengrasante 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave de tubo 22" • Llave allen 3/8" (Detector) 	
REPUESTOS:	EQUIPOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos. 	
OBSERVACIONES		

EQUIPO:	QUEMADORES
ACTIVIDAD: Examinar ignitores.	FRECUENCIA: Anualmente



PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Dejar enfriar la caldera por 12 horas una apertura inmediata causara deformaciones al metal de recubrimiento.
- Desenrosque los pernos (1).
- Extraer el ignitor (2) fijarse en la posición de salida.
- Verifique que no exista daños.
- Límpielo.
- Coloque el ignitor dentro del tubo guía del piloto (4) en el mismo sentido en que fue extraído.
- Ajuste los pernos (1).
- Examine las tuberías de suministro de GLP y de Aire.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Apagar la caldera (dámper chimenea A abierto).
- Si se encuentran encendidos los quemadores apáguelos pulsando el botón PERMIT TO START FIRING en el tablero de control del BMS.
- Desconectar el suministro eléctrico
- Utilice elementos de protección personal:
 Ropa de seguridad
 Botas de seguridad
 Gafas
 Guantes

MATERIALES:

- Guaípe
- Lija

HERRAMIENTAS:

- Llave 19 mm (1)
- Juego de llaves
- Cepillo

REPUESTOS:

- No se requiere el uso de repuestos.

EQUIPOS:

- No se requiere el uso de equipos.

OBSERVACIONES

Ver Anexo O

EQUIPO:	TANQUE DE FUEL OIL N°4
----------------	------------------------

ACTIVIDAD: Inspección interior del tanque de Fuel Oil.		FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Debido a que el tanque se encuentra recubierto para mantener el calor del Fuel Oil es necesario acceder a su interior para realizar una inspección. • Seguir el procedimiento de seguridad. • Limpiar la superficie a inspeccionar. • Colocar el acoplante en la superficie. • Realizar ensayo de ultrasonido en base a la norma API 653 para medir el espesor de la pared, techo y piso del tanque. • Cerrar el tanque solo si el certificado de inspección fue emitido y no reporta ninguna novedad. 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el tanque se encuentre vacío. • Abrir el manhole de la pared lateral y del techo. • Dejar ventilar los gases que se encuentran en el interior del tanque. • Inyectar vapor para contrarrestar los gases del interior. • Limpiar el producto de las paredes internas y el piso. • Utilice elementos de seguridad personal. Mascarilla de filtro Traje de PVC Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 		
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Acoplante (Magnaflux) • Guaípe • Lijas 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 24 mm (Manhole y Bidas) 	
REPUESTOS:	EQUIPOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor ultrasónico DM5E Scan-B 	
OBSERVACIONES		
<p>Debido a la construcción de un nuevo tanque de fuel oil se deberá proceder a realizar la inspección anteriormente indicada en el tanque, para poder conocer lo siguiente: La existencia de cambios en las condiciones físicas del mismo. Programar la intervención del tanque antes de que se produzca una falla.</p>		

EQUIPO:	VÁLVULAS TRIAC
----------------	----------------

ACTIVIDAD: Lubricación piñón y cremallera del actuador.		FRECUENCIA: Anual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Abrir las válvulas de bypass del circuito en donde se encuentre la válvula de control. • Desenrosque los pernos de las bridas (1). • Retirar la válvula y colocarla en un lugar adecuado. • Desenroscar los pernos de sujeción del final de carrera y retírelo del actuador (2). • Desajustar los tornillos de las tapas extremas (3) del actuador de manera uniforme. • Quitar las tapas (4) de los extremos utilice un martillo de goma. • Gire el eje del actuador (5) para expulsar los pistones. • Retire los elementos del actuador. • Comprobar el deterioro de los elementos si han sufrido daños reemplácelos. • Engrase ligeramente el piñón (6) y las cremalleras(7) con lubricante de complejo de litio. • Introducir el piñón y colocar los elementos complementarios en su lugar respectivo previamente lubricados. • Insertar los pistones y púselos hasta que ambos estén en contacto con el piñón. • Ajustar los pernos de las tapas extremas. • Coloque el final de carrera y realice una prueba de accionamiento a una presión 80 a 100 psi por las conexiones de aire (8). 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> • Desconecte el suministro eléctrico y de aire. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Mascarilla de filtro (Sistema RSC) 		
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Grasa Castrol LMX o Fina ceran WR2. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 18 mm (Bridas) • Llave 9 mm(Final de carrera) • Llave allen 3/16" (Tornillos actuador) • Desarmadores 	
REPUESTOS:	EQUIPOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Kit de repuestos (TRIAC 2RKL0080). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola de aire • Racores de acoplamiento 	
OBSERVACIONES		
<p>El procedimiento indicado podrá ser aplicado para las válvulas de control similares instaladas en la caldera HRSG. Ver Anexo P</p>		



EQUIPO: BOMBAS PF202 A/B	
ACTIVIDAD: Cambio de rodamientos al motor de la bomba.	FRECUENCIA: 24000 H
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Destornille la guarda del acoplamiento. • Desenroscar los pernos del acoplamiento (motor-bomba) utilice llaves allen. • Desmontar el motor. • Coloque el motor en un lugar apropiado. • Extraer los rodamientos lado conductor y lado conducido. • Cambiar los rodamientos. • Montar el motor. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Dejar fuera de operación a la bomba en la pantalla del cuarto de control. • Desconecte el suministro eléctrico. • Utilice elementos de seguridad personal. <p>Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes</p>	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Grasa • Penetrante 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave allen 1/8" (Acoplamiento) • Juego de extractor de rodamientos • Llaves 9/16"(Base bomba) • Botadores de impacto
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • 1 Rodamiento 6206-2Z-J/C3 (lado acople) • 1 Rodamiento 6206-22Z-J/C(lado opuesto al acople) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecla hidráulico
OBSERVACIONES	
Motor Marca: Nema Modelo: H5P2D-C Serial: 422696-002	

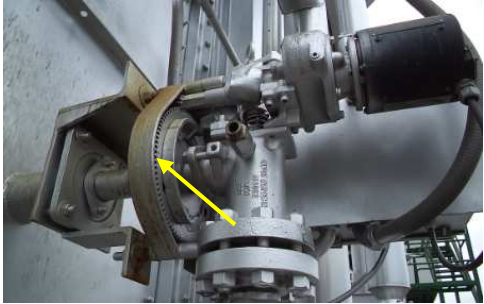
EQUIPO: BOMBAS PF202 A/B

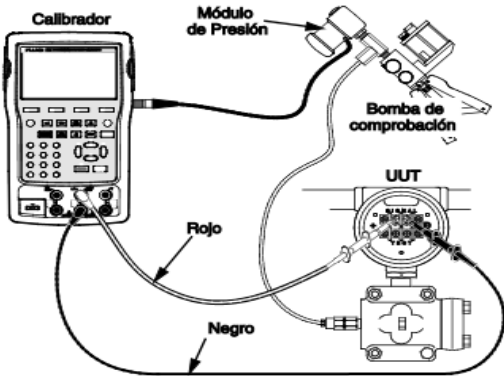
T ACTIVIDAD: Cambio de elementos internos de la bomba.		FRECUENCIA: 24000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Drenar la bomba. • Desenrosque los pernos de la base de la bomba, retírela y colóquela en un lugar adecuado. • Marque el cabezal y la carcasa de la bomba a fin de asegurar un reensamblaje adecuado. • Afloje los pernos del cabezal y posteriormente los pernos de la carcasa. • Inserte un pedazo de madera o una barra por el lado de succión y colóquelo en los dientes del rotor a fin de evitar que el eje rote. • Con un rache afloje la tuerca de seguro (1). • Retire los elementos indicados en la figura utilizando las herramientas apropiadas, para retirar el conjunto eje-rotor (11) utilice un martillo y una base de madera. • Sustituya todos los elementos por los del kit de repuestos y arme la bomba. • Aplique a las partes internas una capa delgada de aceite SAE 30 sin detergente. • Girar el eje de la bomba una revolución completa. • Montar la bomba en su lugar de funcionamiento. 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> • Desconecte el acoplamiento mecánico (motor-bomba). • Cerrar la válvula de compuerta de paso de fuel oil hacia la bomba. • Dejar que se enfríe el flujo residual de la tubería. • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 		
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Grasa Castrol LMX o Fina ceran WR2 • Aceite SAE 30 • Guaípe 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 13 mm (Cabezal) • Llave allen 1/16" (Carcasa) • Llaves 9/16" (Base de la bomba) • Pinzas para anillos de retención • Barra • Rache con juego de copas 	
REPUESTOS:	EQUIPOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Kit de repuestos VICKING PUMP HL-4195. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos 	
OBSERVACIONES		

Gestión de actividades sistema de vapor.

EQUIPO:		DOMO DE VAPOR	
ACTIVIDAD: Inspección de las tuberías conectadas al domo de vapor.		FRECUENCIA: Diaria	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:			
<ul style="list-style-type: none"> • Examine las tuberías conectadas al domo de vapor en busca de corrosión. • Revise la hermeticidad de las juntas bridadas en busca de fugas de los gases de escape por lo general una mancha negra indicara esta fuga. • La inspección se deberá realizar como se indica a continuación: Tubería y junta bridada desde el economizador a brida (4). Risers (2) y juntas bridadas desde el evaporador 1 al domo de vapor. Risers (3) y juntas bridadas desde el evaporador 1 al domo de vapor. • Si existen fugas de los gases de escape selle las juntas con fibra de vidrio. • Examine la hermeticidad de las juntas bridadas en busca de fugas de vapor y de condensado: Salida de vapor (5) Transmisor de presión (6) Manómetro analógico (6) Válvula de venteo (7) Válvulas de alivio (8) Purga (9) Conexiones indicador de nivel (10) • Si existen fugas de vapor y agua ajuste los pernos de las bridas. 			
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:			
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de protección personal. Casco Ropa de seguridad Botas de seguridad Arnés y línea de vida 			
MATERIALES:		HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Fibra de vidrio (Sellos para calderas). 		<ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves (Corona y Boca) 	
REPUESTOS:		EQUIPOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 		<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos. 	
OBSERVACIONES			
<p>La tarea a realizar es importante desde el punto de vista energético debido a que si existen fugas de gases de escape, de agua y vapor conlleva a una pérdida de eficiencia en la producción de vapor.</p> <p>Al sellar las fugas de gases de escape se debe realizar un seguimiento ya que si no se sella externamente será necesario parar la caldera y sellar desde el interior de las juntas.</p> <p>Ver Anexo Q</p>			

EQUIPO: SOPLADORES DE HOLLÍN	
ACTIVIDAD: Limpieza de la válvula de purga del soplador.	FRECUENCIA: Mensual
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Inspeccione los accesorios del soplador de hollín. • Desenrosque la válvula de purga con una llave de tubo. • Retirar la válvula de purga. • Inspeccione el interior de la válvula. • Separar los elementos internos. 	
	
<ul style="list-style-type: none"> • Cepillar y limpiar los elementos con solvente. • Limpiar el tren de engranajes, bridas y accesorios del soplador de hollín. • Armar la válvula y reinstalarla. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar la válvula de compuerta que permite el paso de flujo de vapor. • Permitir que el vapor residual de la tubería de distribución se condense y purgue por la bajante 1 y 2. • Verificar que por la válvula de purga no exista salida de vapor- • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Arnés y línea de vida (parte superior de las caldera) 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Solvente (ABRO) • Lija 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave de tubo 12" • Cepillo
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor y pistola de aire.
OBSERVACIONES	
<p>El procedimiento indicado es sumamente importante debido a que esta actividad permitirá que el vapor residual de las bajantes de los sopladores de hollín salga a la atmosfera y no produzcan el efecto de la figura 44 en el interior de la caldera.</p>	

EQUIPO: SOPLADORES DE HOLLÍN	
ACTIVIDAD: Lubricación de engranajes.	FRECUENCIA: Trimestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la suciedad adherida a los engranes con una brocha. • Sopletear los engranajes en un caso extremo de suciedad. • Aplicar lubricante para engranajes expuesto a condiciones climáticas adversas. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Arnés y línea de vida (parte superior de la caldera) 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante en aerosol (MOLYKOTE 321 CLYDE BERGEMAN) • Guaipe 	<ul style="list-style-type: none"> • Brocha
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor y pistola de aire.
OBSERVACIONES	

EQUIPO: DOMO DE VAPOR	
ACTIVIDAD: Calibración del manómetro analógico.	FRECUENCIA: Semestral
	

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Cierre la válvula de compuerta ubicada en la parte inferior del manómetro.
- Desenrosque el manómetro de la tubería de conexión utilizando las herramientas necesarias.
- Retire el manómetro y colóquelo en un lugar adecuado.
- Conecte el manómetro al módulo de presión (1).
- Accione la bomba de comprobación.
- Compare los valores entre el patrón calibrador fluke 744 y el manómetro.
- Si existe diferencia en los valores retire el manómetro.
- Abra la cubierta frontal del manómetro con una llave de cruz.
- Gire el tornillo de ajuste en sentido anti horario sujetando el puntero del manómetro.
- Coloque el puntero en el valor de cero en la escala.
- Vuelva a conectar el manómetro al módulo de presión.
- Accione la bomba de comprobación.
- Verifique que la escala del manómetro coincida con la escala del patrón calibrador.
- Instale el manómetro en el domo de vapor.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Utilice elementos de protección personal.
Casco
Ropa de seguridad
Botas de seguridad
Arnés y línea de vida

MATERIALES:

- No se requiere el uso de materiales.

HERRAMIENTAS:

- Llaves de tubo 12"
- Llave de cruz

REPUESTOS:

- No se requiere el uso de repuestos.

EQUIPOS:

- Bomba de comprobación 700HTP-2
- Fluke 744
- Manguera hidráulica de prueba

OBSERVACIONES

Al realizar este procedimiento se deberá comprobar los valores del manómetro calibrado con los valores del transmisor de presión en la tubería.
El procedimiento indicado podrá ser ejecutado para todos los manómetros analógicos de la caldera.

EQUIPO:

DOMO DE VAPOR

ACTIVIDAD: Prueba de presión válvulas de alivio.

FRECUENCIA:

Anual



PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Seguir el procedimiento de seguridad.
- Desenrosque la válvula de alivio utilizando las herramientas adecuadas.
- Coloque la válvula en el banco de pruebas.
- Suba la presión del banco de pruebas a un 103% (ASME I) o 110% (ASME VIII).
- Si la válvula no se dispara retírela del banco de pruebas.
- Inspeccione el interior de la válvula límpiela.
- Si se considera necesario sustituya la válvula.
- Coloque la nueva válvula en el desaireador.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Apague la caldera HRSG
- Cierre las válvulas de las bombas 200A/B
- Purgue el desaireador.
- Utilice elementos de protección personal.
 Ropa de seguridad
 Botas de seguridad
 Arnés y línea de vida
 Guantes

MATERIALES:

- Solvente (ABRO)
- Paños

HERRAMIENTAS:

- Llave 36 mm (Conexión Brida)

REPUESTOS:

- Válvula de seguridad (SPIRAX SARCO SA 216WCB o similar)

EQUIPOS:

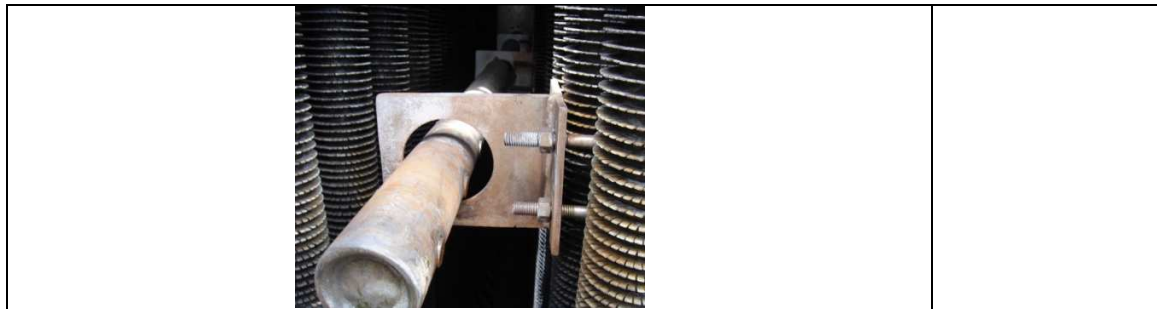
- Banco de pruebas para válvulas de seguridad.

OBSERVACIONES

EQUIPO: SOPLADORES DE HOLLÍN

ACTIVIDAD: Limpieza del tubo lanza.

FRECUENCIA:
Anual



PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

- Desenroscar los pernos en el siguiente orden:
Caja de montaje (1)
Soporte superior e inferior (2)
Junta bridada del tubo de lanza (3)
Aflojar el tornillo de seguridad de la brida (4)
Junta bridada soplador de hollín-tubo de alimentación (5)
- Desmontar el soplador de hollín utilice un tecla hidráulico.
- Inspeccione los accesorios del soplador, límpielos y lubríquelos.
- Retirar el tubo de lanza con la debida precaución.
- Transportar el tubo de lanza a un lugar adecuado.
- Limpie las boquillas del tubo y su superficie exterior.
- Inspeccione las partes internas en busca de corrosión.
- Pintar el soplador a fin de evitar el avance del proceso de corrosión.
- Rearmar el soplador revirtiendo el proceso anteriormente indicado.

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:

- Verificar que la caldera se encuentre fuera de operación.
- Cerrar la válvula de compuerta que permite el paso de flujo de vapor.
- Permitir que el vapor residual de la tubería de distribución se condense y purgue por la bajante 1 y 2.
- Verificar que por la válvula de purga no exista salida de vapor.
- Desconectar el suministro eléctrico.
- Utilice elementos de seguridad personal.
Ropa de seguridad
Botas de seguridad
Guantes
Arnés y línea de vida (parte superior de las caldera)

MATERIALES:

- Brocha
- Lija
- Guaípe

HERRAMIENTAS:

- Llave 25 mm (1) 19 mm (2) y (3)
- Playo (4)
- Llave 32 mm (5)
- Cepillo

REPUESTOS:

- No se requiere el uso de repuestos.


EQUIPOS:

- Tecla hidráulico
- Compresor y pistola de aire.

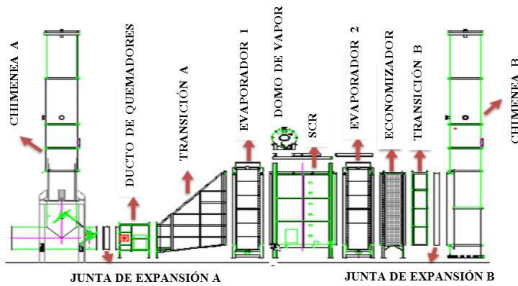
OBSERVACIONES

Ver Anexo R


EQUIPO:	CABEZAL DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR
ACTIVIDAD: Inspección por ultrasonido en tuberías.	FRECUENCIA: Anual

		
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Retire el recubrimiento térmico de la tubería y del cabezal. • Prepare la superficie a inspeccionar. • Realice el ensayo de ultrasonido en base a normas establecidas. • Lleve una data histórica de los valores obtenidos. 		
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:		
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 		
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:	
<ul style="list-style-type: none"> • Acoplante (Magnaflux) • Lijas • Paños 	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo • Juego de llaves boca y corona 	
REPUESTOS:	EQUIPOS:	
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor ultrasónico (DM5E SCAN-B) 	
OBSERVACIONES		
<p>El procedimiento indicado deberá ser realizado con la persona calificada para realizar la inspección quien deberá calcular el tiempo de la nueva inspección ajustando la frecuencia de realización de la tarea.</p>		

Gestión de actividades sistema de gases.

EQUIPO:	CARCASAS CALDERA HRSG	
ACTIVIDAD: Examinar externamente las carcasas por fuga de gases de escape.	FRECUENCIA: Diario	
		
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Revisar las juntas de las carcasas en el orden que indica la figura. 		


<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que estas no presentan fugas de gases de escape, una mancha negra indicara tal suceso. • Si existen fugas de gases de combustión proceda a ajustar los pernos de los contornos inspeccionados o selle las juntas con fibra de vidrio. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de seguridad personal. Mascarilla Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Arnés y línea de vida 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Sello (Fibra de vidrio) 	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves (Boca y corona) • Destornillador plano
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
<p>La inspección de las carcacas y juntas indicadas en este procedimiento es muy importante desde el punto de vista energético ya que si existen fuga de los gases de combustión de la turbina repercutirá en la eficiencia de la producción de vapor.</p>	

EQUIPO: CARCASAS CALDERA HRSG	
ACTIVIDAD: Inspección termográfica de las carcacas.	FRECUENCIA: Trimestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Prepare la cámara termográfica y ajuste los valores preestablecidos de emisividad y temperatura reflejada. • Para realizar la inspección se debe tener en cuenta lo siguiente: Las superficies radiantes alrededor de las carcacas. Un cielo nublado son condiciones ideales para realizar este proceso. • Inspeccione las secciones que se muestran a continuación. • Llevar el historial de las inspecciones para su comparación. • Si durante el transcurso de las inspecciones se manifiestan variaciones con tendencia de incremento de temperatura nos indicaran pérdidas excesivas de calor que usualmente son síntomas de aislamiento defectuoso o inadecuado. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad 	

Botas de seguridad Guantes	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de herramientas.
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> Cámara termográfica (FLIR)
OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> Ver Anexo S El procedimiento indicado en este trabajo es una guía para realizar el seguimiento termográfico de la caldera, el mismo está sujeto a cambios que deberá considerar el experto en este tema. El estudio de termografía en las secciones de la caldera se hace importante considerando que: <ul style="list-style-type: none"> ✓ En la inspección realizada en febrero del 2014 la sección del ducto de quemadores como la sección de transición A presento en sus áreas internas defectos como se observa en la figura 38 y 39. ✓ El empleo de termografía en las secciones de la caldera proporcionara una reducción en los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de detenciones imprevistas o no programadas, gracias al aporte que brinda en cuanto a la planificación de mantenimiento y al cuidado de este equipo tan valioso. 	

EQUIPO:		VÁLVULA BYPASS
ACTIVIDAD: Inspección y limpieza ejes de los dámpers del HRSG y chimenea A.		FRECUENCIA: Trimestral
		
HRSG	Chimenea A	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:		
<ul style="list-style-type: none"> Seguir el procedimiento seguridad. Inspección ejes dámpers HRSG lado este y oeste Revise la saliente de los ejes desde el cuerpo de la chimenea A hacia la chumacera. Verifique que no exista fuga de los gases de escape. Si existiese fugas limpie el hollín con cepillo y un solvente adecuado. Selle la fuga con un empaque de fibra de vidrio. Inspección ejes dámpers chimenea A lado este y oeste Revise la saliente de los ejes desde el cuerpo de la chimenea A hacia la 		

chumacera. <ul style="list-style-type: none"> • Verifique que no exista fuga de los gases de escape. • Si existiese fugas limpie el hollín con un solvente adecuado. • Selle la fuga con un empaque de fibra de vidrio. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Guantes Botas de seguridad Mascarilla 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Solvente (LIMSOL). • Cepillo de alambre. • Guaipe. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de herramientas.
REPUESTOS:	EQUIPOS:
No se requiere el uso de repuestos.	Escalera
OBSERVACIONES	

EQUIPO:	VÁLVULA BYPASS
ACTIVIDAD: Lubricación de chumaceras tipo brida.	FRECUENCIA: Semestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
Este trabajo no requiere que la caldera este fuera de operación. <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el mecanismo de accionamiento de la válvula bypass. • Afloje el perno de engrase de la chumacera tipo brida. • Utilizando la engrasadora llenar el compartimiento del rodamiento. • Ajuste el perno de engrase • Limpie el aceite. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
Utilizar elementos de protección personal. <ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla (El uso de la mascarilla se lo hace si existiese fuga de gases por los ejes de la válvula bypass.) • Ropa de seguridad • Arnés con línea de vida • Casco 	

<ul style="list-style-type: none"> • Botas de seguridad 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Grasa a base de complejo de litio N ° 2 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llaves allen 3/16" (Perno de engrase)
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Escalera
OBSERVACIONES	

EQUIPO: VÁLVULA BYPASS	
ACTIVIDAD: Limpieza válvula bypass y chimenea A.	FRECUENCIA: 24000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento seguridad. • Dejar que la caldera se enfríe por 24 horas (prendidos los quemadores) y 8 horas (gases de combustión) esta acción evitara una posible deformación del material que recubre al aislamiento térmico del ducto de quemadores y del ducto de transición A. • Regular la posición del dámper de la chimenea A en un 50%. • Desenrosque los pernos del acceso a los ductos del ducto de quemadores. • Limpie la chimenea A desde la parte superior en forma descendente hasta llegar al dámper. • Limpie las paredes de la válvula bypass. • Extraer la suciedad. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Apagar la turbina TyphoonSGT 100 • Verificar que la caldera se encuentre fuera de operación. • Como la limpieza se realizara a una altura peligrosa utilice los siguientes elementos de protección personal: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Arnés, línea de vida, cuerdas, etc. ✓ Casco ✓ Ropa de seguridad ✓ Botas de seguridad ✓ Mascarilla de filtro 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Solvente (LIMSOL). • Escobas. • Guaípe. 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de alambre
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
<p>La limpieza adecuada de la chimenea garantizara que no se produzca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido sulfúrico que se forma por la combinación del hollín con el agua de lluvia. 	

- Formación de incrustaciones.

EQUIPO: VÁLVULA BYPASS	
ACTIVIDAD: Cambio de chumaceras tipo brida de los ejes de regulación de la válvula bypass.	FRECUENCIA: 24000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Regular manualmente la válvula bypass para dejarla en un 50% abierta. • Desmontar el motor neumático ubicado en el lado este de la caldera. • Desenrosque los pernos de sujeción internos de los ejes del HRSG, de la chimenea A, pernos de las chumaceras, pernos de seguridad de los ejes ubicados en el lado este y oeste de la caldera. • Desmontar los ejes. • Limpie el hollín acumulado en su parte interior con un cepillo y un solvente adecuado. • Cambiar las chumaceras tipo brida fijándose que el grasero quede en la parte superior. • Montar los ejes y ajuste los pernos necesarios. • Montar el motor. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que se encuentre fuera de operación. • Dejar enfriar la caldera por unas 8 horas. • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Mascarilla de filtro (usar en el interior de la caldera) Botas de seguridad 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Solvente (LIMSOL). • Cepillo de alambre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 24 mm (Actuador-Chumaceras) • Llave (Pernos de seguridad) • Playo
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Chumaceras tipo brida DODGE 124220 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola de aire • Compresor.
OBSERVACIONES	
Los repuestos de las chumaceras deben ser solicitados al proveedor (DODGE-BALDOR)	

Gestión de actividades sistema de aire.

EQUIPO: ACTUADOR NEUMÁTICO	
ACTIVIDAD: Lubricación del piñón y cremallera.	FRECUENCIA: 8000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. 	

<ul style="list-style-type: none"> • Desenrosque los pernos de sujeción de la base del actuador. • Desmontar el actuador y colocarlo en un lugar adecuado. • Retire los protectores de tuercas y afloje las contratuercas (1). • Desenrosque los pernos (2) de las tapas laterales con un patrón de apriete cruzado. • Desmontar las tapas laterales (3) teniendo precaución de no dañar las juntas tóricas (4). • Gire el eje del actuador (5) para que permita la extracción de los pistones. • Aplique una fina capa de grasa de complejo de litio en el eje estriado y la cremallera (6). • Gire el eje del actuador para que permita el ingreso de los pistones. • Aplique una fina capa de grasa de complejo de litio en las juntas tóricas. • Ajuste los pernos de las tapas laterales y la contratuerca. • Coloque los protectores de tuercas. • Instale el actuador. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la caldera se encuentre fuera de operación (dámper de chimenea A abierto). • Aislar el actuador neumáticamente y eléctricamente. • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Grasa Castrol LMX o Fina ceran WR2. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 24 mm (Sujeción) 30 mm (Contratuerca) • Llave allen 3/8" (2) • Destornillador plano
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor. • Pistola de aire.
OBSERVACIONES	
Ver Anexo T	

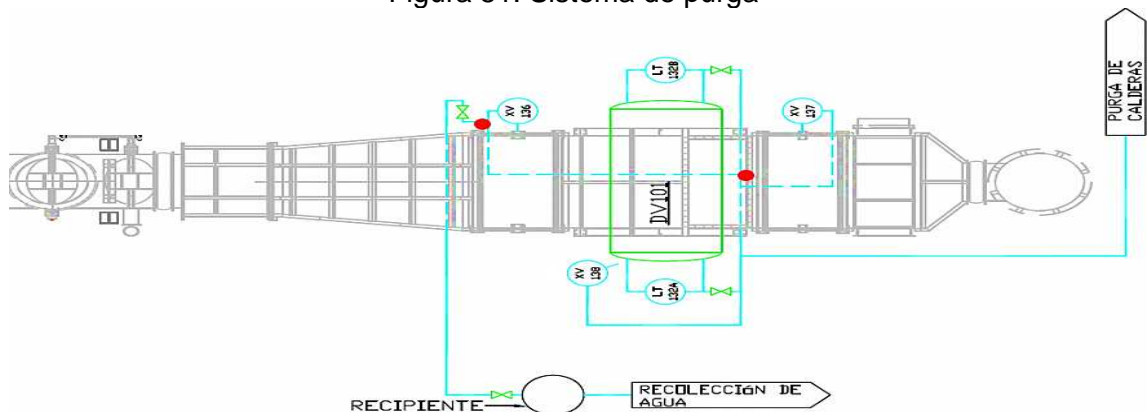
EQUIPO:	ACTUADOR NEUMÁTICO
ACTIVIDAD: Reemplazo de elementos del posicionador neumático PMV EP5.	FRECUENCIA: 16000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Afloje los pernos de las conexiones neumáticas, y de la base de sujeción del posicionador. • Desmonte el posicionador neumático y llévelo a un lugar adecuado. • Afloje los tornillos de la cubierta frontal del posicionador neumático. • Retire la cubierta frontal. • Retire el indicador de la leva de accionamiento. <p>Válvula piloto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenrosque el tornillo (1) y saque la válvula piloto (2). • Instale la nueva válvula piloto haciendo coincidir la muesca del carrete (3) con el 	

<p>astil de balanza (4).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste el tornillo 1. <p>Resorte de alimentación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sujete el extremo superior del resorte (1) y tire hacia abajo y hacia fuera. • Sustituya el resorte de alimentación por uno nuevo. • Coloque la rueda selectora del resorte (3) con la rueda selectora fija (4). • Presione el resorte hacia abajo para que encaje la guía (5) con el astil de balanza (2) • Verificar que la muesca del resorte (5) coincida con la muesca del astil de balanza (2). <p>Leva</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenrosque el tornillo (1) y gire en sentido anti horario la tuerca de bloqueo (2) hasta que se suelte. • Ajuste la leva (3) a la posición que se requiera verificando que el cojinete (4) este siempre montado sobre el lóbulo activo de la leva. • Apriete la tuerca de bloqueo (2). • Enrosque el tornillo (1). 	
<p>PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que se encuentre fuera de operación (dámper de chimenea A abierto). • Aislar al posicionador neumática y eléctricamente. • Utilice elementos de protección personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad 	
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales. 	<p>HERRAMIENTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Llave 24 mm (Sujeción actuador) 30 mm (Contratuerca) • Llave allen 3/8" (Pernos laterales) • Llave 10 mm (Posicionador) • Destornillador plano
<p>REPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Válvula piloto. • Resorte de alimentación. 	<p>EQUIPOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
<p>OBSERVACIONES Ver anexo U</p>	

<p>EQUIPO: REGULADORES DE PRESIÓN FISHER 67DS</p>	
<p>ACTIVIDAD: Regulación de la presión de la válvula PCV113.</p> 	<p>FRECUENCIA: Mensual</p>
<p style="text-align: center;">PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener el P&ID de los sistemas en donde se indica la presión a la cual deben estar ajustadas las válvulas • Visualice la presión indicada en el manómetro PI114 de la línea de tubería del sistema • Compruebe con el p&id • Si no presentan los valores indicados proceda a retirar la tapa de cierre (33) 	

<ul style="list-style-type: none"> • Gire el tornillo de ajuste (18) en sentido horario para aumentar la presión o en sentido antihorario para disminuir • Ajuste la contratuerca (19) para conservar el ajuste deseado y coloque la tapa de cierre 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alicates • Destornillador de estrella • Llave de tubo
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	
<p>El procedimiento indicado puede ejecutarse en las válvulas PCV121 y PCV 101. <i>Gestión de actividades sistema de purga.</i> El sistema de purga como se observa en la figura 51 posee dos puntos de interconexión donde convergen la purga de los indicadores de nivel, domo de vapor, y domo de lodos una línea de tubería se dirige al sistema principal de purga de las calderas mientras que otra tubería dirige el agua de purga hacia el conductímetro el mismo que puede controlar automáticamente la purga; en la actualidad este instrumento no brinda su funcionamiento ya que genera conflictos con el sistema y la purga se lo realiza en base a la experiencia de la empresa a cargo de la dosificación de químicos.</p>	

Figura 51. Sistema de purga



Fuente: Autor

Con los datos obtenidos del agua de alimentación de la tabla 6 se procedió a realizar el cálculo de la cantidad de agua que deberá ser purgada (SPIRAX SARCO).

Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

— (13)

Dónde:

\dot{Q} = Flujo masico de purga en la caldera, en $\frac{Kg}{h}$

F = TDS del agua de alimentación, en ppm o us/cm

B = TDS requeridos en el agua de caldera, en ppm o us/cm

S =Producción de vapor, en $\frac{Kg}{h}$

$$\dot{Q} = \frac{12,5}{3500 - 12,5} * 5900 \frac{ppm}{ppm} * \frac{kg}{h}$$

$$\dot{Q} = 21,15 \frac{kg}{h}$$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{\dot{Q}}{Q} \quad (14)$$

Dónde:

ρ = Densidad del agua de alimentación (T° del desaire ador 95°C tablas), en $\frac{Kg}{m^3}$

$m = \dot{Q}$ = Flujo masico calculado; en $\frac{Kg}{h}$

$v = Q$ = Flujo volumétrico de purga de la caldera, en $\frac{lt}{h}$

$$Q = \frac{21,15 \text{ kg}}{961,62 \text{ h}} * \frac{m^3}{kg}$$

$$Q = 0,022 \frac{m^3}{h} * 1000 \frac{lt}{m^3}$$

$$Q = 22 \frac{lt}{h}$$

El cálculo realizado nos indica que por cada hora se debe purgar 22lt, para conocer el volumen de salida por el sistema de purga instalado se procedió a medir el tiempo que demora en llenarse un recipiente de 2 litros para una válvula abierta al 25% se aclara que la válvula no debe abrirse a un 100% ya que resulta riesgoso para el personal (Ver Anexo V).La acción indicada anteriormente se lo realizo por el indicador de nivel 132B como por el recipiente de llenado.

Tabla 47. Volumen de salida de agua por las purgas

	#	Sector	Volumen (lt)	Tiempo (s)
Válvula 25% abierta (Recipiente y LT 132B)	1	Recipiente	2	19,01
	2	Recipiente	2	19,57
	3	Recipiente	2	20,76
	4	Recipiente	2	21,14
	5	Recipiente	2	19,52
	6	Indicador de nivel	2	20,78
	7	Indicador de nivel	2	19,32
	8	Indicador de nivel	2	20,65

	9	Indicador de nivel	2	21,45
	10	Indicador de nivel	2	20,04

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos por el cálculo realizado y en campo se propone que la purga se lo realice como indica la tabla 48 siempre y cuando el operador controle el nivel tanto del desaireador como del domo de vapor:

Tabla 48. Propuesta purga del sistema

PURGA	XV138	XV137	XV136	LT132A	LT132B	Recipiente
TIEMPO (s)	25	25	20	20	20	20

Fuente: Autor

EQUIPO:	INDICADORES DE NIVEL
ACTIVIDAD: Purgar la caldera.	FRECUENCIA: Diario
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad Purga indicador de nivel LT132B y LT132A • Retire la comunicación en la pantalla de control del transmisor de nivel a ser purgado, esta acción no requiere que la caldera se encuentre fuera de operación ya que el domo de vapor puede mantener su nivel solo con un indicador • Cierre las válvulas de conexión superior e inferior del indicador de nivel hacia el domo de vapor • Abrir la válvula de globo ubicada en la parte inferior del lado Este y Oeste de la caldera a un 25%. • Purgar los indicadores por el tiempo indicado en la tabla 48. • Recolectar el agua de purga en un recipiente adecuado para realizar un estudio químico Purga recipiente de recolección • Abrir la válvula de globo del recipiente a un 25% • Purgar el domo de lodos por el tiempo indicado en la tabla 48 • Recolectar el agua de purga en un recipiente adecuado para realizar un estudio químico • Al realizar este procedimiento no permita que el flujo se vierta directamente al piso donde se encuentran las tuberías del BMS ya que acelerara el proceso de corrosión 	

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
Utilizar elementos de protección personal.	
<ul style="list-style-type: none"> • Ropa de seguridad • Arnés con línea de vida • Casco • Botas de seguridad • Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente para recolección de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	


Gestión de actividades sistema de amoniaco.

EQUIPO: TANQUE DE AMONIACO	
ACTIVIDAD: Inspección del sistema de tuberías.	FRECUENCIA: Mensual
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Examine la red de tuberías soldadas desde el tanque de amoniaco hacia la válvula de control XV-123 busque señales de corrosión. • Verifique si existen fugas en las juntas bridadas de la válvula de control XV-123 y FC-124, en las uniones soldadas, y válvulas de compuerta para el efecto utilice un detector de gas. • Comprobar el funcionamiento de las válvulas de control. • Asegurarse que las válvulas de compuerta permanezcan cerradas. • En el tanque se debe verificar si las válvulas funcionan y cierran correctamente, cualquier anomalía indica la reparación o sustitución inmediata de la misma. • Examine la manguera que proviene del tanque de suministro al tanque de amoniaco en busca de torceduras. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de protección personal para inspección Mascarilla facial Botas de seguridad Guantes de goma 	

<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de protección personal en el caso de fugas Mascarilla Traje encapsulado Nivel A Botas de seguridad Guantes de goma 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales. 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de herramientas.
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Detector de gas (ALTAIR PRO).
OBSERVACIONES Ver anexoV	

EQUIPO: VENTILADOR DE ALTA PRESIÓN	
ACTIVIDAD: Revisar la tubería de mezcla de aire y amoniaco.	FRECUENCIA: Diario
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Inspeccione con el detector de gas las juntas bridadas del mezclador hacia el manifold de distribución de la parrilla de inyección. • Revisar las tuberías en busca de corrosión, de existir corrosión limpie la superficie y píntela. • Apriete los pernos de las juntas bridadas. • Revise las juntas y las mangueras metálicas flexibles del manifold de la parrilla de inyección en busca de organismos biológicos como los líquenes. 	
	
<ul style="list-style-type: none"> • Si existen estos organismos como indica la figura límpielos con un cepillo y solvente. 	

PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de protección personal para inspección Mascarilla Traje de PVC Botas de seguridad Guantes de goma 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Cepillo • Solvente (ABRO) • Lijas • Paños • Guaipe 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llave 27 mm (Manguera metálica flexible y bridas del mezclador)
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	

EQUIPO: VENTILADOR DE ALTA PRESIÓN	
ACTIVIDAD: Limpieza del filtro silenciador del ventilador.	FRECUENCIA: Semestral
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Desenrosque la tuerca de mariposa (1) de la parte superior del ventilador. • Retire la cubierta del filtro (2) e inspeccione el estado interno del mismo. • Retire el filtro y colóquelo en un lugar apropiado para su limpieza. • Coloque una cubierta sobre la tubería del filtro (3) para impedir que ingresen impurezas. • Limpie el filtro con una pistola reguladora de presión calibrada a 30 psi y a un ángulo de 40 a 45° entre el filtro y la pistola. • La limpieza no se lo debe realizar de manera perpendicular al filtro ya que se abrirá 	

los poros del papel filtrante. <ul style="list-style-type: none"> • Coloque el filtro que se ha limpiado en el porta filtro y a su vez la campana de protección. • Ajuste la tuerca de mariposa. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no exista suministro de gas desde el tanque de amoniaco. • Desconecte el suministro eléctrico al motor del ventilador. • Equipo de protección personal <ul style="list-style-type: none"> Mascarilla Botas Casco Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llave 28 mm (Ventilador)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pistola de aire con regulador de presión.
OBSERVACIONES	

EQUIPO: TANQUE DE AMONIACO	
ACTIVIDAD: Inspección ultrasónica del cuerpo y los casquetes toriesféricos.	FRECUENCIA: 16000 H
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • La inspección deberá regirse a la norma ASME Sección V. • Verificar que el equipo de ultrasonido sea calibrado. • Prepare del tanque retirando la pintura del recipiente y formando una cuadrícula de 200 mm. • Coloque el acoplante apropiado sobre la superficie a inspeccionar. • Realice la medición de los espesores de las carcasas y casquetes toriesféricos, con el equipo de ultrasonido. • Guarde las mediciones en el historial del equipo. • Pinte el equipo. • Poner en marcha el equipo solo si el certificado de inspección fue emitido. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de protección personal para inspección <ul style="list-style-type: none"> Mascarilla Traje de PVC Botas de seguridad Guantes de goma 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo • Lijas • Paños 	<ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de herramientas.

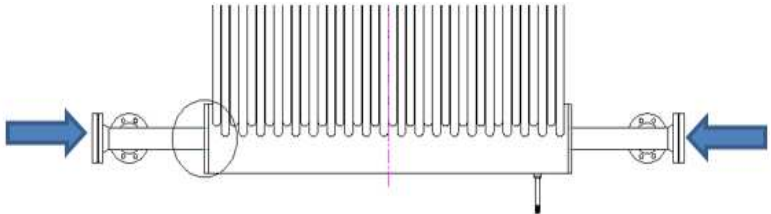
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de repuestos. 	<ul style="list-style-type: none"> Medidor de ultrasonido DM5E.
OBSERVACIONES	
Ver anexo W	

EQUIPO: VENTILADOR DE ALTA PRESIÓN	
ACTIVIDAD: Cambio del filtro silenciador del ventilador.	FRECUENCIA: 24000 H
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<ul style="list-style-type: none"> Seguir el procedimiento de seguridad. Desenrosque la tuerca de mariposa (1) de la parte superior del ventilador. Retire la cubierta del filtro (2) e inspeccione el estado interno del mismo. Retire el filtro y colóquelo en un lugar apropiado. Inspeccione internamente la tubería de soplado. Sustituya el filtro por uno nuevo de las mismas características. Coloque la campana de protección. Ajuste la tuerca de mariposa. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> Verificar que no exista suministro de gas desde el tanque de amoníaco. Desconecte el suministro eléctrico al motor del ventilador. Equipo de protección personal <ul style="list-style-type: none"> Mascarilla Botas Casco Guantes 	
MATERIALES:	HERRAMIENTAS:
<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> Llave 28 mm (Ventilador)
REPUESTOS:	EQUIPOS:
<ul style="list-style-type: none"> Filtro (EndustraFilter modelo P09RI-E045773). 	<ul style="list-style-type: none"> No se requiere el uso de equipos.

OBSERVACIONES

EQUIPO: VENTILADOR DE ALTA PRESIÓN	
ACTIVIDAD: Cambio de rodamientos del motor.	FRECUENCIA: 24000 H
	
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: <ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento de seguridad. • Desenrosque los pernos de la tubería de conexión filtro-soplador. • Retire la tubería. • Desenroscar los pernos del alojamiento de las aspas del soplador así como de la conexión de tubería hacia el mezclador. • Retire las cubiertas. • Desmontar el motor. • Coloque el motor en un lugar apropiado. • Extraer los rodamientos lado conductor y lado conducido. • Cambiar los rodamientos. • Montar el motor. 	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD: <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no exista suministro de gas desde el tanque de amoniaco. • Desconecte el suministro eléctrico al motor del ventilador. • Equipo de protección personal <ul style="list-style-type: none"> Mascarilla Botas Casco Guantes 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de materiales. 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Llave 32 mm (Tubería conexión) • Llave 28 mm (Ventilador) • Llave 20 mm (aspas)
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • 1 Rodamiento 6307 (lado acople) • 1 Rodamiento 6205 (lado opuesto al acople) 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de equipos.
OBSERVACIONES	

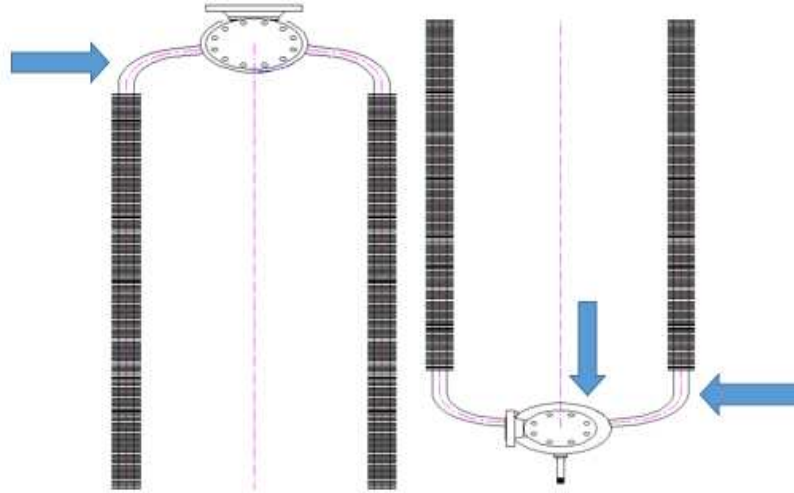
Gestión de actividades en base a la frecuencia de inspección.

EQUIPO: HACES TUBULARES	
ACTIVIDAD: Inspección de la caldera	FRECUENCIA: Anualmente
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:	
<p>El cálculo realizado mediante la medición de espesores determina que la nueva inspección deberá ser realizado en un año y medio por lo que queda a consideración seguir el siguiente procedimiento:</p> <p>Destapar las paredes laterales del evaporador 1, 2 y del economizador para colocarle nuevos sellos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenrosque las tuercas de las paredes laterales del evaporador 1 en el lado este y oeste de la caldera • Utilice la combinación de teclas hidráulicas para remover las paredes • Retire todos los sellos de fibra de vidrio colocados en el contorno de las paredes • Coloque una ligera capa de pegamento entre el contorno de las paredes y los nuevos sellos • Pegue los nuevos sellos de fibra de vidrio • Para cerrar la caldera coloque una ligera capa de grasa entre el nuevo sello y el contorno de la pared • El procedimiento descrito anteriormente servirá también para la remoción de las paredes del evaporador 2 y el economizador <p>Inspección visual del interior de la caldera</p> <ul style="list-style-type: none"> • La inspección y ensayos no destructivos deberán ser realizados con personal calificado en esta área los cuales podrán ser contratados o con personal de la misma empresa • Al realizar la inspección visual será necesario que un operador de la caldera acompañe al inspector para que tome apuntes respectivos en la bitácora de fallas. <p>Inspección boroscópica o video endoscopia de los cabezales superiores e inferiores de los haces tubulares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenrosque suavemente los pernos de la brida del domo de lodos y del cabezal superior 	
	
<ul style="list-style-type: none"> • El inspector realizara la inspección con un boroscopio o una cámara apropiada a fin de evaluar el estado interno de los cabezales ya que puede haber sólidos en las paredes internas o avance del proceso de corrosión debido al tratamiento de agua llevado <p>Realización de líquidos penetrantes a los cordones de soldadura del domo de lodos y el cabezal superior</p> <ul style="list-style-type: none"> • El ensayo de líquidos penetrantes deberá ser realizado en los cordones de soldadura donde exista un adecuado acceso • El inspector deberá evaluar y establecer un diagnostico rápidamente 	

- Si existe alguna novedad en la soldadura el cordón deberá ser reparado en base al WPS y PQR establecido

Limpieza de haces tubulares

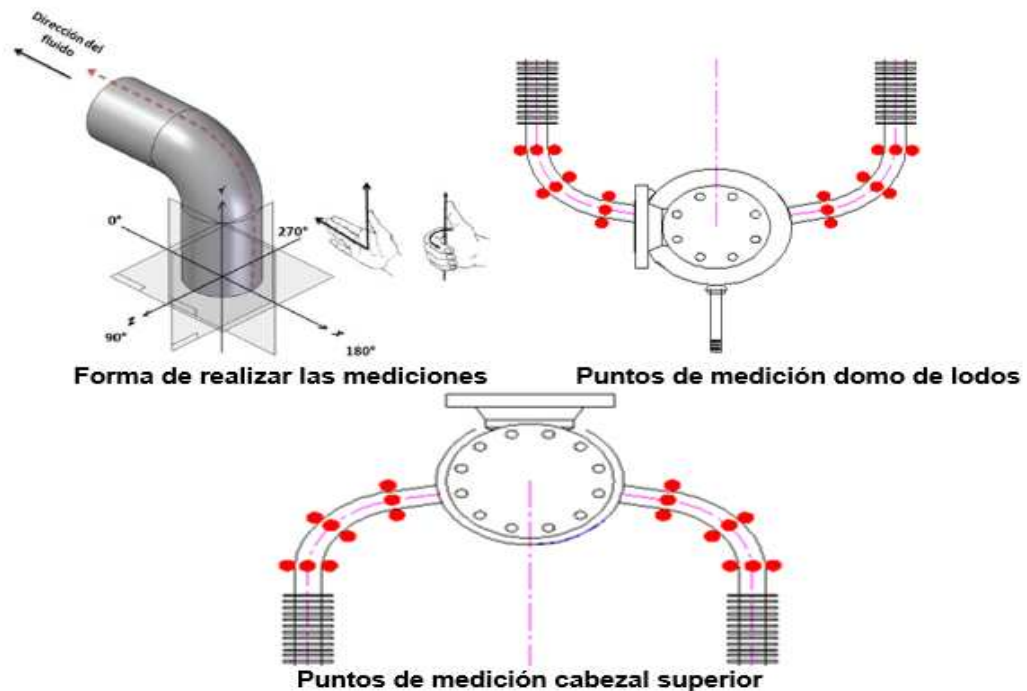
- Limpiar los haces tubulares especialmente las partes donde pueden ingresar herramientas



- Utilice cepillo para limpiar la superficie exterior de los tubos
- Si existe mucho hollín adherido a la superficie, limpie los haces tubulares y el tubo aleteado con limpiador de calderas SOTIN
- Aspire el hollín que se desprende y cae al piso

Medición de espesores por ultrasonido en haces tubulares

- En la **sección 3.7.2.3** de la presente tesis se puede observar la variación que presentan los espesores en la primera inspección realizada de la caldera, para realizar la nueva inspección realice lo siguiente:
- Prepare la superficie
- Mida los espesores con el equipo de ultrasonido en los siguientes puntos.



- Llevar la data histórica de los valores a fin de comparación con la anterior

inspección • Calcule la nueva frecuencia de inspección	
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD:	
<ul style="list-style-type: none"> • Apagar la caldera y dejar que se enfríe por 24 horas • Purgar el domo de lodos del evaporador 1 y 2 hasta que se encuentren totalmente vacíos • En la remoción de las tapas laterales asegurarse que los tecler hidráulicos estén sujetos firmemente para impedir lesiones severas de las personas que realicen el mantenimiento • Utilice elementos de seguridad personal. Ropa de seguridad Botas de seguridad Guantes Mascarilla de filtro (limpieza de caldera) Traje de PVC (limpieza de caldera) 	
MATERIALES: <ul style="list-style-type: none"> • Fibra de vidrio (sello) • Cemento de contacto • Bidon de 25 lt (SOTIN 22S) • Kit de tintas penetrantes (MAGNAFLUX) • Lija • Paños • Guaípe 	HERRAMIENTAS: <ul style="list-style-type: none"> • Juego de llaves (Boca-corona) • Juego de copas • Llave 32 mm (Brida domo de lodos) • Alicata • Cepillo • Espátula
REPUESTOS: <ul style="list-style-type: none"> • No se requiere el uso de repuestos. 	EQUIPOS: <ul style="list-style-type: none"> • Pistola de aire • Tecler hidráulico • Boroscopio • Video endoscopio • Aspiradora industrial
OBSERVACIONES	

4.4 Gestión de operación

La operación adecuada de la caldera complementara el mantenimiento indicado anteriormente, es así que si la caldera sale de operación por motivos de mantenimiento, por razones de no consumo de vapor o por situaciones impredecibles; demandara cuidados respectivos que deberán realizarse por parte de los operadores del equipo.

4.4.1 Cuidados en la caldera. Para mantener en un buen estado a la caldera cuando esta sale de operación los siguientes son los cuidados que se debería tener:

- Al apagar la caldera después de quitar la fuente de calor de la turbina Typhoon mediante el cierre de la válvula bypassVBP01 se debe también bloquear las líneas de vapor y de agua.
- Deje enfriar la caldera por 8 horas cuando el equipo ha funcionado con los gases de combustión y por 24 horas cuando los quemadores se han utilizado, transcurrido este tiempo podrá ingresar al interior de la caldera; si abre el equipo inmediatamente se producirá un choque térmico en las paredes interiores de los ductos lo que provocara mayor deformación de los mismos como indican las figuras 38 y 39.
- Si la caldera HRSG se apaga por un tiempo prolongado el cuidado adecuado es su conservación, la misma que puede darse de dos formas: Húmeda y seca.

En la conservación húmeda deberá llenarse el desaireador y domo de vapor al nivel máximo con agua dosificada de hidracina una vez llena se debe presurizar con N₂ a la presión atmosférica.

En la conservación seca se debe vaciar la caldera y seguidamente presurizarla con N₂ de esta manera se producirá una atmosfera inerte que evitara la corrosión de los tubos (GARCIA, 2011 págs. 76-80).

4.4.2 Procedimiento de operación durante el encendido. El tiempo que se encuentre fuera de operación la caldera determinará los siguientes tipos de encendido que se deberá realizar a la caldera (GARCIA, 2011 págs. 65-66):

Tabla 49. Tipos de arranque

TIPO DE ENCENDIDO	TIEMPO FUERA DE OPERACIÓN
Superfrío	Dos semanas
Frío	De 4 a 5 días
Templado	Horas por día

Fuente: Autor

A continuación se detalla el procedimiento de encendido superfrío de la caldera HRSG ya que es el encendido que requiere mayor cuidado y engloba a los demás.

4.4.3 Procedimiento en arranque superfrío

- Si se ha realizado la conservación de la caldera indicada anteriormente; para encender la caldera se deberá ingresar agua nueva del tanque A5 al desaireador y al domo de vapor hasta alcanzar el nivel del 50 % indicado en la pantalla de control, para realizar esta acción encienda las válvulas 200A/B y 201A/B.
- El agua nueva de suministro deberá ser tratada hasta el comienzo de la producción de vapor por el especialista químico en el subsistema de dosificación ya que presentara exceso de oxígeno disuelto.
- Realice el accionamiento (apertura-cierre) de las válvulas de control XV200, XV199, y FV125 para comprobar su posición con respecto a la señal de control.
- Verifique la existencia de señales en la pantalla de control.
- Revise que el nivel LT132A/B se encuentre emitiendo la señal en la pantalla de control y verifique su medida en el indicador tipo flag.
- Observe la temperatura del transmisor TT200 con este dato de referencia proceda a regular la apertura del actuador neumático XV145 de manera gradual en la pantalla de control.
- La graduación de la apertura del dámper deberá realizarse a un 10 % (inicial) para evitar un posible estrés térmico de los haces tubulares.
- Monitoree la temperatura indicada en el TT127 y compare esta con el dato de referencia y regule una vez más el actuador a fin de que las dos temperaturas coincidan. Al estabilizarse la temperatura la transferencia de calor por convección a los haces tubulares se incrementara.
- Coloque en modo automático los equipos de la caldera en la pantalla de control así el sistema DCS controlará la producción de vapor inicial.

- Permita que se establezca la caldera de recuperación, una vez estable proceda a realizar una inspección visual de la unidad.
- Guarde en la bitácora el proceso de arranque para futuras referencias y correcciones.

4.5 Gestión de repuestos

Los repuestos son piezas que se utiliza para reemplazar las originales en máquinas que debido a su uso diario han sufrido deterioro o una avería.

La gestión de repuestos en la empresa EP PETROECUADOR RLL, se realizara en base a la necesidad de los sistemas de la caldera a continuación se detalla los repuestos que se necesitan con sus debidos precios para un posterior análisis.

Tabla 50. Lista de repuestos y sus costos

LISTA DE REPUESTOS CALDERA HRSG					
ÍTEM	CANT.	REPUESTOS	CÓDIGO	P/U (\$)	VALOR
1	4	Kit de repuestos indicador de nivel penberthy	PEN-01	178,63	714,52
2	4	Válvula de globo de 1/2 "	GLV-01	33,68	134,72
3	2	Válvula de seguridad (TECVAl)	TEC-01	413	826
4	4	Kit de repuestos válvula de control Trimteck 2"	TRI-01	225,65	902,6
5	4	Kit de repuesto válvula de control trimteck 1 1/2"	TRI-02	225,65	902,6
6	1	Kit de repuestos Fisher EZ 667	FIS-01	371,65	371,65
7	2	Rodamiento 7309BE	ROD-01	50	100
8	4	Rodamiento 6309.C4	ROD-02	52,65	210,6
9	4	Rodamiento 7308BE.2CS	ROD-03	35	140
10	4	Rodamiento 6206.2Z.C3	ROD-04	42	168
11	2	Kit de montaje 96500335 grundfoss	BGR-01	288,95	577,9
12	2	Kit de conexión 96500335 grundfoss	BGR-02	135	270
13	2	Kit de impellers 96500335	BGR-03	586,88	1173,76
14	2	Kit de piezas de desgaste 96500335	BGR-04	100	200
15	2	Cierre mecánico 96500335	BGR-05	90	180
16	2	Kit de montaje 96500685 grundfoss	BGR-06	175,12	350,24
17	2	Kit de conexión 96500685 grundfoss	BGR-07	55	110
18	2	Kit de impellers 96500685	BGR-08	509,6	1019,2
19	2	Kit de piezas de desgaste 96500685	BGR-09	75	150
20	2	Cierre mecánico 96500685	BGR-10	85	170
21	6	Kit de repuestos (Neptune 515-T A 547-T)	NEP-01	272	1632
22	6	Kit de repuestos (Triac 2RKLT0080)	TRI-01	375	2250
23	12	Válvulas solenoides triac 4m310-08	TRI-02	49	588

24	6	Rodamiento 6206-2Z-J/C3	ROD-05	233,96	1403,76
25	6	Rodamiento 6206-22Z-J/C	ROD-06	225,21	1351,26
26	2	Kit de repuestos vikingpump HL-4195 (B287757)	VIK-01	77,77	155,54
27	3	Válvula de seguridad (SPIRAX SARCO SA 216WCB o similar)	SAR-01	572	1716
28	2	Válvula Fisher 95LD	FIS-02	75	150
29	2	Válvula 95HD	FIS-03	70	140
30	4	Chumaceras tipo brida DODGE 124220	DOD-01	239,65	958,6
31	4	Kit de repuestos posicionador PMVE5	PMV-01	100	400
32	3	Válvula Fisher 67DSX00N12	FIS-04	61	183
33	6	Filtro (EndustraFilter modelo P09RI-E045773)	EFM-01	79	474
34	4	Rodamiento 6307	ROD-07	45,92	183,68
35	4	Rodamiento 6205	ROD-08	56	224
36	6	Final de carrera EX Triac	SWL-01	189	1134
37	4	Separadores de agua	SEA-01	55,48	221,92
38	4	Filtro de aire (PARKER BALSTON D354256)	PKB-01	230	920
COSTO TOTAL					22757,55

Fuente: Autor

4.6 Gestión de herramientas y equipos

Las herramientas son objetos elaborados a fin de facilitar la realización de una tarea mecánica y requieren de la aplicación correcta de fuerza. Para realizar la gestión de mantenimiento es necesario poseer el conjunto de aparatos técnicos y de herramientas necesarias para la caldera HRSG, en la tabla 50 se detalla los equipos y herramientas con su respectiva codificación y costos.

Tabla 51. Lista de herramientas y costos

LISTA DE HERRAMIENTAS CALDERA HRSG					
ITEM	CANT.	REPUESTOS	CÓDIGO	P/U (\$)	VALOR
1	2	Juego de destornilladores (plano)	JPL-01	33,18	66,36
2	2	Juego de ganchos o ganzúas	JGG-01	88,54	177,08
3	2	Torqui metro	TOR-01	220	440
4	2	Juego de llaves de boca (25 piezas)	JLB-01	108,2	216,4
5	2	Juego de llaves de corona (20 piezas)	JLC-01	105	210
6	2	Juego de llaves allen forma T	LAT-01	41,57	83,14
7	2	Juego de llaves allen largas (métricas y en pulgadas)	JLA-02	22,14	44,28
8	2	Juego de alicates	JAL-02	37,34	74,68
9	2	Juego de alicates para anillos seeger	JLR-01	29,08	58,16
10	1	Juego extractor de rodamientos	JER-01	57,41	57,41
11	1	Juego de botadores de impacto	JB1-01	26,3	26,3

12	1	Juego micro destornilladores	JMI-01	245	245
13	2	Juego de llaves francesa	JFR-01	362,41	724,82
14	2	Llave de tubo (stillson 36")	LST-01	86,06	172,12
15	2	Llave de tubo (stillson 12")	LST-02	33,31	66,62
16	2	Llave de tubo (stillson 8")	LST-03	15	30
17	2	Martillo de goma	MGO-02	16,87	33,74
18	1	Juego de rachas (94 copas)	JRC-01	120	120
19	4	Playo	PLY-01	8	32
20	2	Alicate de presión	APR-01	21,5	43
21	2	Juego de destornilladores (estrella)	JDE-01	25,26	50,52
22	4	Espátula (Mango plástico)	EMP-01	3	12
23	1	Pie de rey	PRE-01	57,2	57,2
24	1	Pinza de crimpar RJ 45	PCR-01	12,99	12,99
25	1	Pinza de crimpar terminales aislados	PCR-02	4,5	4,5
26	1	Corta cable largo	CLA-01	16	16
27	1	Kit de acoples rápido y racores par aire	RAC-01	20	20
28	4	Pulsera antiestática con pinza de lagarto	PAT-02	5,99	23,96
COSTO TOTAL					3118,28

Fuente: Autor

Tabla 52. Lista de equipos y sus costos

LISTA DE EQUIPOS CALDERA HRSG					
ITEM	CANT.	REPUESTOS	CÓDIGO	P/U (\$)	VALOR
1	1	Analizador de vibraciones	DCX-01	2500	2500
2	1	Cámara termográfica (FLIR)	TGC-01	5750	5750
3	1	Cámara de gases (FLIR)	CGS-01	ATP	0
4	1	Equipo de alineación laser	EAL-01	6500	6500
5	1	Boroscopio	BOR-01	476	476
6	1	Medidor ultrasónico DM5E SCAN-B	ULT-01	1752	1752
7	1	Detector de gas de amoniaco ALTAIR PRO	ALT-01	320	320
8	2	Escalera extensible	LAD-01	445,07	890,14
9	1	Banco de pruebas para válvulas de seguridad.	BVS-01	3500	3500
10	1	Compresor	COM-01	170	170
11	1	Tecele hidráulico (2Ton)	TEH-01	1040	1040
12	4	Tecele	TEC-01	150	600
13	1	Bomba de alta presión (200/900 psi)	BAP-01	1200	1200
14	1	Fluke 744	FLU-01	5200	5200
15	1	Manguera hidráulica de prueba 700 HTH-1	MHP-01	549,95	549,95
16	1	Bomba hidráulica 700 htp-2	BHI-01	1100	1100
17	1	Pistola de aire	PAI-01	12	12
18	1	Pistola neumática de impacto 320 Nm (10 llaves tubo-estuche)	PNI-01	283,31	283,31

19	1	Regulador de presión de aire	RPA-01	30,61	30,61
20	1	Kit magnaflux 623529 (Yugo)	YMG-01	856,48	856,48
21	1	Cámara video endoscopia	CVE-01	1485	1485
22	1	Aspiradora de hollín	ADH-01	817,17	817,17
23	1	Multímetro profesional	MUL-01	100	100
24	1	Mega óhmetro	MGH-01	216,61	216,61
25	4	Detectores de llama DLX-100 Durag	DLL-04	1300	5200
COSTO TOTAL					40549,27

Fuente: Autor

4.7 Gestión de materiales

Los materiales son un conjunto de elementos que son necesarios para actividades o tareas específicas. En la caldera los materiales que serán requeridos para realizar las tareas de mantenimiento se detallan en la tabla 52 con su respectiva codificación y costos.

Tabla 53. Lista de materiales y sus costos

LISTA DE MATERIALES CALDERA HRSG					
ITEM	CANT.	REPUESTOS	CÓDIGO	P/U (\$)	VALOR
1	2	Guaípe (25 kg)	GUA-01	50	100
2	3	Solvente (Limsol 5 Lt)	SLV-01	25,06	75,18
3	4	Pintura anticorrosiva (gl)	PAC-01	4,25	17
4	6	Brocha	BRC-01	1,5	9
5	12	Lubricante KRYTOX 206 (Tubos gpl206)	KRY-06	57	684
6	4	Cepillo de alambre (Calderas Paquete 6 Uds.)	CAL-01	17,27	69,08
7	12	Permatex	PEX-01	6,73	80,76
8	12	Teflón	TEF-01	0,5	6
9	6	Salmuera (Ablandador 46 kg)	SAL-01	57,5	345
10	1	Acoplante para ultrasonido (4 oz paquete)	ACU-01	171,45	171,45
11	8	Lija fina (600 caja 25 U)	LFN-01	15	120
12	12	Penetrante	PTT-01	8,5	102
13	5	Aceite SAE 30 (5 lt)	SAE-30	26,49	132,45
14	5	Gasolina (Según necesidad 1 gl)	GAS-01	1,48	7,4
15	4	Limpia cristales con amonía D	LCA-01	4,17	16,68
16	1	Paños de algodón (50 kg)	PAG-01	165	165
17	10	Desengrasante (1 gl)	DES-01	9	90
18	12	Grasa Castrol LMX (Tubos 400 g caja)	LMX-01	19,43	233,16
19	6	Cinta de fibra de vidrio 2"x1/16"x30.48mts (Sello para caldera 815°C)	CFV-01	61,35	368,1
20	6	Lubricante en aerosol (Molykote 321 paquete 12 Unidades)	LAR-01	311,4	1868,4

21	4	Escoba	ESC-01	4,5	18
22	10	Cemento de contacto	CCO-01	2	20
23	4	Bidón de 25 lt SOTIN 22S o PAT 600	SOT-01	45,62	182,48
24	10	Kit de tintas penetrantes (MAGNAFLUX GAL01-5125)	MAG-01	663,6	6636
25	4	Guantes de cuero (caja 12 unidad)	GCU-01	55	220
26	12	Traje PVC	PVC-01	15,1	181,2
27	6	Recipientes para recolectar aceite	RPA-01	6	36
28	6	Recipientes para recolectar agua	RRA-01	6	36
29	2	Solvente eléctrico	SLE-01	4,5	9
30	6	Mascarilla facial	MSF-01	42,27	253,62
31	6	Mascarilla de filtro	MCF-01	22,58	135,48
32	4	Mascarilla anti polvo (caja 30 unid.)	MSP-01	10	40
33	6	Lubricante MobilGear 626 (40 cst 5 gal)	LMG-01	125,6	753,6
COSTO TOTAL					13182,04

Fuente: Autor

4.8 Gestión del recurso humano

Para que las personas se desempeñen de manera eficiente y eficaz es necesario determinar la cantidad de obreros necesarios para realizar las diferentes actividades de mantenimiento; las siguientes ecuaciones nos permitirán realizar el cálculo:

$$N = \frac{Q}{FT} \quad (15)$$

$$FT = HT * DLM \quad (16)$$

Dónde:

N = Cantidad de obreros

Q = Carga de trabajo, en horas

FT = Fondo de tiempo mensual de un obrero, en horas

HT = Hora de trabajo diario

DLM = Días laborables al mes

Tabla 54. Tiempo empleado en la ejecución de mantenimiento

SISTEMAS	HORAS
Sistema de agua de alimentación	339
Sistema de combustible	155
Sistema de vapor	170
Sistema de gases	81
Sistema de aire	137

Sistema de purga	90
Sistema de amoniaco	71
Sistema de GLP	52
Total horas de mantenimiento (Q)	1095

Fuente: Autor

Aplicando los valores de la tabla 54 el cálculo es el siguiente:

$$Q = 1095 \text{ Horas}$$

$$FT = 8 * (26) = 208 \text{ Horas}$$

$$N = \frac{1095 \text{ Horas}}{208 \text{ Horas}}$$

$$N = 5,26 \approx 5 \text{ Obreros}$$

4.8.1 Perfil profesional del recurso humano.

Tabla 55. Perfil profesional

PERFIL PROFESIONAL			
TÍTULO DEL PUESTO: Técnico de mantenimiento			
DETALLE DE FUNCIONES			
Disponibilidad de Equipos	Coordinar la ejecución del mantenimiento preventivo a través del seguimiento y control de los planes de mantenimiento; con la finalidad de asegurar la disponibilidad de equipos, y minimizar el mantenimiento correctivo y los costos de mantenimiento		
Vida útil de los equipos	Coordinar la ejecución del mantenimiento predictivo, en términos de cantidad, calidad, y oportunidad, a través del seguimiento y control de los planes de mantenimiento predictivo con el fin de optimizar la vida útil de los equipos.		
Calidad	Garantizar el cumplimiento de la política de calidad y el mejoramiento continuo a través del control de procesos, cumplimiento de normas y procedimientos		
Seguridad industrial	Velar por el cumplimiento de políticas de seguridad mediante auditorías de actividades de control y la prevención de accidentes con el fin de garantizar la integridad física de las personas.		
ASPECTOS FORMATIVOS CURRICULARES			
PERFIL	EDUCACIÓN	EXPERIENCIA	IDIOMA
Perfil deseable (1)	Ingeniero mecánico	Haber trabajado mínimo 3 años en esta área	Dominio del inglés
Perfil mínimo (2)	Tecnólogo mecánico	Haber trabajado mínimo 1 año en esta área	No lo requiere
(1) Tener buena actitud para el trabajo y lo ejerce con autonomía			
(2) Tener buena actitud para el trabajo y lo ejerce con apoyo			

HABIIDADES GESTIONALES Y RESPONSABILIDADES	
➤	Propone y promueve los necesarios cambios organizacionales y de estrategias
➤	Realiza las actividades en el tiempo establecido
➤	Anticipa los problemas y los resuelve eligiendo la solución más eficaz
➤	Respeto las políticas internas de trabajo
➤	Acata las disposiciones de los mandos superiores
➤	Cumple los planes de producción demandados y extras
➤	Maneja máquina y herramientas
➤	Promueve actividades que favorecen al desarrollo profesional a un nivel interfuncional
➤	Desarrolla planes de mantenimiento

Fuente: Autor

4.9 Gestión de documentación técnica

Los documentos para llevar una adecuada gestión de mantenimiento nos permitirán registrar información técnica de la caldera HRSG por lo cual propongo llevar los siguientes documentos.

Orden de trabajo.

Figura 52. Orden de trabajo

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD					
CALDERA HRSG					
Orden N°:		Fecha de inicio:			
Rev.:		Fecha de finalización:			
EQUIPO:		CÓDIGO:			
ORDEN DE TRABAJO					
UNIDAD EJECUTORA:					
TIPO DE MANTENIMIENTO	CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO	SERV. GENERALES	OTRO
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					
CAUSA					
SOLUCIÓN					

RECURSOS NECESARIOS					
Mano de obra		Materiales y repuestos		Equipos necesarios	
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
OBSERVACIONES:			TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO:		
REALIZADO POR:			FIRMA:		

Fuente: Autor

Orden de trabajo pendiente.

Figura 53. Orden de trabajos pendientes

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD					
CALDERA HRSG					
ORDEN DE TRABAJO PENDIENTE					
UNIDAD QUE REQUIERE EL TRABAJO:					
ORDEN N°			HORA DE SOLICITUD		
FECHA DE SOLICITUD			FECHA DE FINALIZACIÓN		
EQUIPO			CÓDIGO		
TIPO DE TRABAJO	ELÉCTRICO		SERVICIO		
	MECÁNICO		PARTE		
	SERV. GENERALES		PRIORIDAD		
DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO					
DAÑOS	AJUSTE	AVERÍA	REVISIÓN	REPARACIÓN	OTROS
OBSERVACIONES					

RECIBIDO POR:		FECHA:	
		HORA:	
UNIDAD EJECUTORA			
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:			
INICIO DE ACTIVIDAD:	Hora		FIN DE ACTIVIDAD:
	Fecha		Fecha
RECIBIDO POR:		FECHA:	
		HORA:	

Fuente: Autor

Solicitud de servicio externo.

Figura 54. Solicitud de servicio externo

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD				
CALDERA HRSG				
SOLICITUD DE SERVICIO EXTERNO				
JEFE DE MANTENIMIENTO:				
EQUIPO:		CÓDIGO:		
TIPO DE MANTENIMIENTO	PREVENTIVO	CORRECTIVO	PREDICTIVO	FECHA
Período de mantenimiento			Horas	
			Meses	
			Años	
DESCRIPCIÓN				
Elaborado por :			Autorizado por:	

Fuente: Autor

Requisición de compra.

Figura 55. Requisición de compra

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD	
CALDERA HRSG	
REQUISICIÓN DE COMPRA	

DEPARTAMENTO SOLICITANTE:					
FECHA DE PEDIDO:					
ADQUIRIR LOS SIGUIENTES REPUESTOS					
N°	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
FECHA MÁXIMA DE ENTREGA:					
Autorizado por:			Firma:		
Elaborado por:			Firma:		
Realizado por:			Firma:		

Fuente: Autor

Requisición de repuestos.

Figura 56. Requisición de repuestos

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD			
CALDERA HRSG			
REQUISICIÓN DE REPUESTOS			
EQUIPO:		CÓDIGO:	
Tipo de mantenimiento		Preventivo	
		Correctivo	
DESCRIPCIÓN			
REPUESTO A UTILIZAR			
Cantidad	Descripción de repuesto	Unidad	Cantidad
Período de mantenimiento		Horas	
		Meses	
		Años	
Autorizado por:		Firma:	
Realizado por:		Firma:	
Elaborado por:		Firma:	

Fuente: Autor

Bitácora de fallas.

Figura 57. Bitácora de fallas

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD					
CALDERA HRSG					
BITÁCORA DE FALLAS					
Fecha del reporte	Responsable	Descripción del fallo	Código máquina	Horas de funcionamiento	Horas fuera de funcionamiento

Fuente: Autor

Rutinas de mantenimiento.

Figura 58. Rutinas de mantenimiento

EP PETROECUADOR REFINERÍA LA LIBERTAD					
CALDERA HRSG					
INFORME RUTINAS DE MANTENIMIENTO					
FRECUENCIA					
Diaria		Mensual		Semestral	
Semanal		Trimestral		Anual	
TIEMPO UTILIZADO		TURNO			FECHA
		Día	Tarde	Noche	
REALIZADO POR:				FIRMA:	

Fuente: Autor

Reporte de ultrasonido.

Figura 59. Reporte de ultrasonido

CALDERA HRSG					
REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE ULTRASONIDO					
REPORTE N°		FECHA		INTERCAMBIADOR	

INSTALACIÓN		LUGAR		NORMA APLICADA					
EQUIPO DE ULTRASONIDO			ECUACIONES NORMA						
Marca:		Serie N°:							
Modelo:		Acoplante:							
ESPESOR ACTUAL				DATOS CALCULADOS					
# TUBO	SECTOR	Sentido				MIN	MAX	PROM	REMANENTE
		Norte	Sur	Este	Oeste				
1	I								
	II								
	III								
2	I								
	II								
	III								
3	I								
	II								
	III								
OBSERVACIONES									
GRÁFICO DISTRIBUCIÓN DE ESPEORES									

Fuente: Autor

Reporte Termográfico.

Figura 60. Reporte termográfico

REPORTE TERMOGRAFICO			
REPORTE N°		CALDERA	
FECHA DE INSPECCIÓN		SECCIÓN	
IMAGEN		CONDICIÓN	
PARÁMETROS CAMARA TERMOGRÁFICA			
Material		Emisividad	
Temperatura ambiente		Temperatura reflejada	
LADO ESTE			
TERMOGRAFÍA		FOTOGRAFÍA DIGITAL	
PUNTOS DE INTERES			
Ar1: Ar2: ΔT1: Sp1: Sp2: ΔT2:			
OBSERVACIONES			

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

5.1 Introducción

En la actualidad el concepto de mantenimiento no involucra solo reparar un equipo cuando este falla sino más bien garantizar que el equipo trabaje adecuadamente mediante el seguimiento adecuado y bajo el establecimiento de un programa de mantenimiento. Hoy en día existen diversos programas computacionales para la gestión de mantenimiento denominado software GMAO los mismos que permiten llevar un adecuado control del programa de mantenimiento, carga de trabajo, gestión de repuestos, gestión económica, etc. De entre todo el software gratuito que existe en la red se ha seleccionado el software RENOVEGEM 3.0. desarrollado por la empresa RENOVETEC, el cual permite gestionar la mayor parte de las plantas pequeñas y medianas adaptándose a las necesidades concretas de cada una de ellas mediante el control de todas las operaciones habituales de gestión del mantenimiento en una planta industrial:

- Gestiona los activos y descargos para realizar intervenciones de mantenimiento de forma segura
- Gestiona completamente el mantenimiento preventivo y correctivo, y lo crea de forma automatizada
- Gestiona el stock de repuestos y las compras de material

5.2 Requerimientos

El software RENOVEGEM trabaja bajo una parametrización completa del programa de forma sencilla y versátil, el programa necesita como mínimo una computadora Intel core 2 duo con 500 MB en Ram y Windows XP. El software es un archivo autoejecutable lo que significa que no se instala en el computador ya que al ser descomprimido se muestra una carpeta en donde se encuentra el ejecutable del programa.

5.3 Tutorial

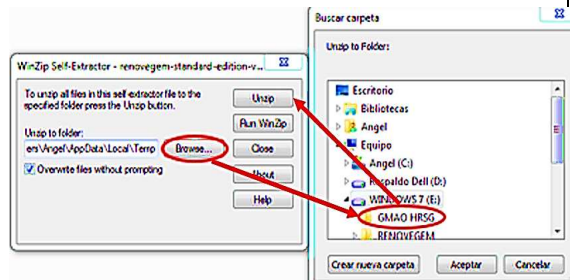
De acuerdo a la gestión de mantenimiento realizado en el presente trabajo se obtuvo los datos necesarios para el ingreso de información en el software GMAO a continuación se presenta los pasos a seguir para el adecuado manejo del software RENOVEGEM 3.0.

Ubicación del archivo ejecutable.

Tabla 56. Ubicación del software GMAO

PROCEDIMIENTO DE UBICACIÓN DEL SOFTWARE GMAO	
1. Cree una carpeta denominada GMAO HRSG y GESTIÓN HRSG en el disco duro de su PC.	2. En el cd anexo del presente trabajo se encuentra la carpeta SOFTWARE GMAO y en su interior el programa RENOVEGEM 3.0 seleccione el archivo y ábralo.
	
GESTION HRSG	GMAO HRSG

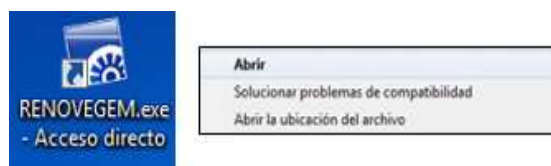
3. De clic en browser, seleccione la carpeta GMAO HRSG y posteriormente de clic en unzip y el programa se guardara en dicha carpeta.



4. En el interior de la carpeta GMAO HRSG se debe encontrar el archivo ejecutable RENOVEGEM.exe selecciónelo y cree un acceso directo al escritorio de la PC.



5. Seleccione el icono RENOVEGEM.exe –Acceso directo en el escritorio de su PC y ábralo.



6. Proceda a buscar en el cd anexo la carpeta SOFTWARE GMAO en cuyo interior se encuentra el archivo HRSG.journal; copie este archivo y péguelo en la carpeta GESTIÓN HRSG del disco duro de su PC.



Fuente: Autor

Ventana de inicio de RENOVEGEM.

Tabla 57. Acceso al programa

ACCESO AL PROGRAMA	
1.	<p>En la ventana de inicio del programa seleccione la pestaña abrir y busque el archivo HRSG.journal que se pegó en la carpeta GESTIÓN HRSG de su PC.</p>
2.	<p>La ventana de validación de usuario se mostrara y se deberá ingresar los siguientes datos: Usuario: admin Contraseña: 1234</p>



Nota: El usuario y contraseña final para acceder a la gestión del HRSG se observa en la portada del cd anexo.

3. La ventana principal del programa GMAO muestra un menú compuesto por iconos relacionados con los módulos relacionados para la gestión de mantenimiento.

Fuente: Autor

Módulos.



Módulo que nos permite crear las plantas a mantener

Módulo que permite la creación de equipos presentes en la planta

Módulo de gestión de empleados

Módulo para configuración y creación de equipos genéricos

Módulo para configurar el acceso de usuarios al programa



Módulo para la creación de gamas de mantenimiento y programación



Módulo para generación de órdenes de trabajo



Módulo de repuestos (Bodega)



Módulo para generación de reportes técnicos



Módulo de indicadores clase mundial



Módulo para generación de órdenes de compra

Módulos de acceso Premium (Podrán ser utilizados al adquirir el software para una versión profesional)



Opciones principales para ingreso- modificación de información.



Añadir: Permite que el usuario ingrese nuevos ítems de información



Borrar: Permite eliminar un código



Mostrar todo: Permite visualizar todos los ítems de una ventana



Mostrar subselección: Permite visualizar ítems seleccionados



Buscar: Esta opción se la usa para buscar ítems de una lista amplia



Ordenar: Permite ordenar ítems de una lista determinada



Informes rápidos: Acceso solo en versión premium

























Sincronizar: Acceso solo en versión premium



Cancelar: Permite cancelar una acción realizada



Aceptar: Permite confirmar la realización de una acción (Creación de equipos, creación de plantas, etc)

	Introducción de tipos de equipos genéricos
	Introducción de los protocolos de mantenimiento preventivo
	Introducción de datos masiva
	Configuración de avisos
	Configuración de correo
	Documentos
	Misceláneos
	Proveedores
	Modo de trabajo: Con conexión al servidor / Sin conexión al servidor
	Lista de EPIS precargadas por tarea
	Frecuencias
	Especialidades
	Crear gamas de mantenimiento
	Crear programación de las gamas
	Crear gamas de mantenimiento de forma automática
	Crear/Modificar gamas de mantenimiento de forma manual
	Ver programación de gamas pendientes de validar
	Ver programación pendiente de validar en formato calendario
	Nueva partida de entrada/Salida del almacén
	Visualizar el stock de repuesto
	Gestión de empleados
	Calendario laboral



Reportar trabajos realizados



Modificar un reporte ya creado

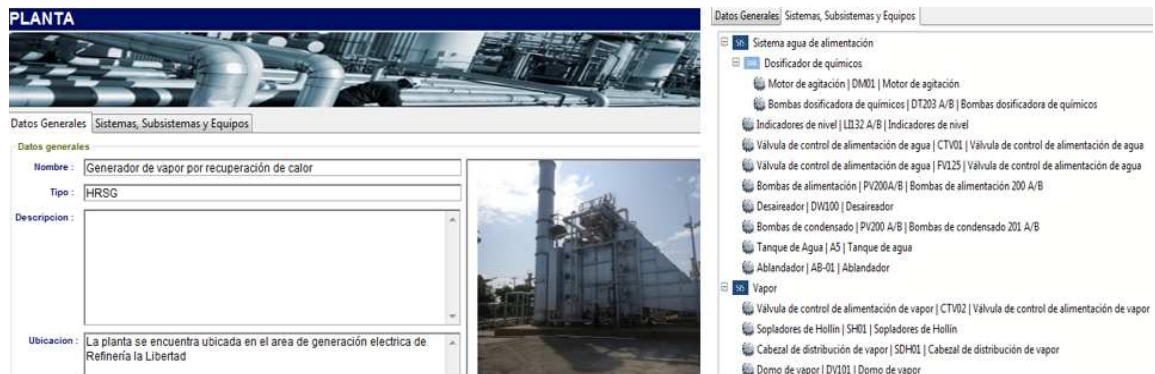
5.4 Gestión de mantenimiento asistido por ordenador en la caldera HRSG

Base de datos. De acuerdo con el procedimiento indicado en la tabla 55 el archivo HRSG.journal contiene la gestión de mantenimiento de la caldera; es así que partiendo de la ventana indicada en el paso 3 de la tabla 56 procedemos a indicar el manejo adecuado del programa con las gamas de mantenimiento desarrolladas.


Seleccione el módulo de plantas, la pestaña añadir y se mostrara un mensaje el cual deberá aceptarlo, esto permitirá visualizar la planta denominada Generador de vapor por recuperación de calor.



Al dar clic en la planta aparece la ventana donde se muestra los datos generales de la caldera y los sistemas de las cuales consta con sus respectivos equipos.



Regrese a la ventana principal de RENOVEGEM y seleccione el módulo de equipos esto desplegará la ventana en la cual se podrá observar los equipos mantenibles de la caldera.



Cod. Equipo :	Nombre Equipo	Tipo Equipo	Sistema	Sub Sistema	Imagen
A5	Tanque de Agua	Tanque de agua	Sistema agua de alimentación		
AB-01	Ablandador	Ablandador	Sistema agua de alimentación		
AN01	Actuador neumático	Actuador neumático	Aire		

Con clic en uno de los equipos de la lista ingresamos a la ventana que muestra los datos generales del equipo, parámetros característicos, datos adicionales, datos del proveedor, histórico de averías, tareas de mantenimiento preventivo, y el histórico de tareas realizadas.

Ficha Equipo



Datos Generales | Parámetros Característicos | Datos Adicionales | Datos Proveedor | Histórico de Averías | Tareas de Mantenimiento Preventivo | Hist. Tareas Realizadas

Cod. Equipo : Estado :

Equipo:

Planta :

Sistema : Sub Sistema :

Tipo Equipo :

Los parámetros de las pestañas anteriormente indicadas deberán ser llenadas por el usuario del programa “operadores” así tenemos que para los parámetros característicos se deben llenar los campos siguientes:

Ficha Equipo



Datos Generales | Parámetros Característicos | Datos Adicionales | Datos Proveedor | Histórico de Averías | Tareas de Mantenimiento Preventivo | Hist. Tareas Realizadas

Parametro :	Valor :	Unidad :	Observaciones :

Al ingresar a la pestaña de datos adicionales se abre la ventana donde el usuario podrá ingresar información si existe alguna novedad en el equipo.

Ficha Equipo




Datos Generales | Parámetros Característicos | Datos Adicionales | Datos Proveedor | Histórico de Averías | Tareas de Mantenimiento Preventivo | Hist. Tareas Realizadas

Datos Adicionales 1 :

Datos Adicionales 2 :

Datos Adicionales 3 :

En la pestaña datos de proveedores se desplegará la ventana donde podrá ser ingresado la información necesaria del proveedor de repuestos para dicho equipo.



Proveedores

Datos generales

Cod. Proveedor : 4

Nombre ó Razon : C.I.F. :

Direccion :

Telefono :

Persona Contacto :

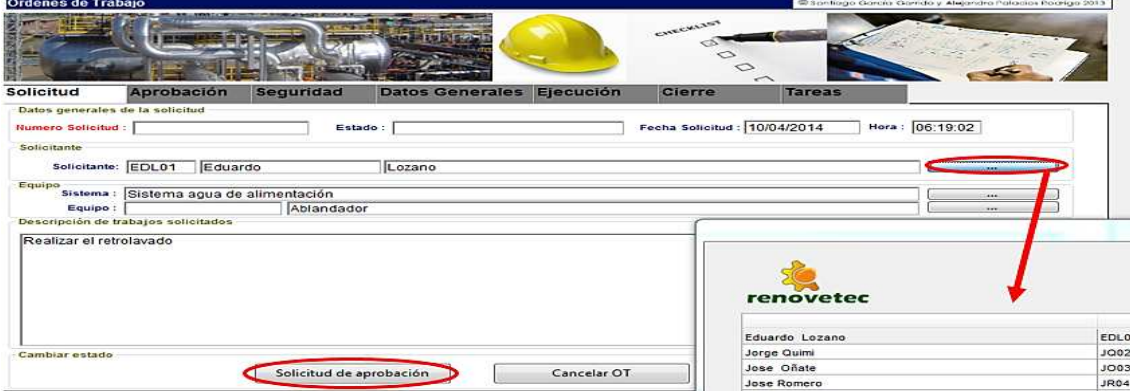
Tel. Persona Contacto :

Email Per.Contacto :

Equipo : AB-01 | Ablandador

Otros Datos :

Histórico de averías permite generar al usuario la solicitud para realizar un trabajo, la configuración de estos campos podrán realizarlo los usuarios; para el caso de la planta de vapor tenemos la lista de trabajadores como la siguiente ventana:



Ordenes de Trabajo

Solicitud | Aprobación | Seguridad | Datos Generales | Ejecución | Cierre | Tareas

Datos generales de la solicitud

Numero Solicitud : Estado : Fecha Solicitud : 10/04/2014 Hora : 06:19:02

Solicitante

Solicitante : EDL01 | Eduardo | Lozano

Equipo

Sistema : Sistema agua de alimentación

Equipo : Ablandador

Descripción de trabajos solicitados

Realizar el retrolavado

Cambiar estado

Solicitud de aprobación

Cancelar OT

renovetec

Eduardo Lozano	EDL01
Jorge Quimi	JQ02
Jose Oñate	JO03
Jose Romero	JR04
Edison Aguirre	EA01

La solicitud anterior deberá ser aprobada por el supervisor de la planta una vez aprobada se procede a ingresar la información de aprobación, datos generales de las

actividades a realizar, personas que deben ejecutar los trabajos, y el cierre respectivo de la orden.

Ordenes de Trabajo © Santiago García Garrido y Alejandro Palacios Rodrigo 2013

Solicitud | **Aprobación** | **Seguridad** | **Datos Generales** | **Ejecución** | **Cierre** | **Tareas**

Datos Orden
 Numero Orden : Estado :

Observaciones

Costes
 C. Mano Obra :
 C. Materiales :
 C. Compras : Coste TOTAL :

Otros datos
 Fecha Cierre : Hora Cierre :
 Estado :
 Horas Máquina Parada : Horas Sistema Parado : Horas Planta Parada :

Compras imputadas a la OT

Proveedor	Estado	Importe	Referencia

Tareas de mantenimiento preventivo, en esta ventana se observa las actividades mantenimiento fijadas previamente.

Ficha Equipo

Datos Generales | **Parámetros Característicos** | **Datos Adicionales** | **Datos Proveedor** | **Histórico de Averías** | **Tareas de Mantenimiento Preventivo** | **Hist. Tareas**

Cod. Tarea	Descripción	Frecuencia	Especialidad
138	Examinar los separadores de agua ubicados en los manifold de distribución de aire	Diario	MECANICA
139	Verificar que la presión del manómetro P1114 sea 10 psi si no lo es proceda a regul	Semanal	OPERACIÓN
140	Drenar los separadores de agua	Mensual	MECANICA
141	Inspeccionar la tubería que distribuye aire al BMS en busca de signos de corrosión	Trimestral	OPERACIÓN
142	Reemplazo del filtro de aire (Parker Balston) del manifold de distribución principal	Semestral	MECANICA
143	Limpieza e inspección de elementos del posicionador neumático PMV EP5	Semestral	MECANICA

Gestión de gamas de mantenimiento. Acceda al módulo gamas de mantenimiento y cree las gamas automática o manualmente.

Codigo : **Sistema :** **Especialidad :** **Frecuencia :**

De esta manera el usuario deberá ingresar el número de técnicos necesarios para realizar las actividades, las horas de dedicación en la gama, y la fecha de inicio de

programación. La información ingresada nos ayudará para realizar una orden de trabajo.

Gamas Mantenimiento



Datos Generales | Tareas

Datos generales

Codigo : 1

Sistema : Sistema agua de alimentación

Especialidad : MECANICA

Frecuencia : Diario

Enlace Gama :

Profesionales necesarios para la realización de esta gama

Tiempo de realización (horas) : 0,03 Técnicos necesarios : 2 Horas de dedicación al día de los técnicos a esta gama : 4

Fecha de inicio de la programación

Fecha inicio : 01/04/2014

Permiso de trabajo

Requiere permiso de trabajo : Sí No

Regrese al módulo de gamas de mantenimiento y seleccione el icono crear programación de las gamas y elija las fechas para la programación.

Elección de fechas

28 Crear programación de las gamas

Fecha desde : 01/04/2014 Fecha hasta : 01/04/2015

Seleccione la pestaña aceptar y de esta manera se creara la lista de órdenes de trabajo como indica la siguiente ventana.

Borrar Mostrar todo Mostrar subselección Buscar Ordenar Informes rápidos Validar Programación Sincronizar Programación con el servidor Terminar

Sistema :	Especialidad :	Frecuencia :	Estado :	Tipo Orden :	Fecha :
Sistema agua de alimentación	MECANICA	Diario	Abierta	Preventivo	01/04/2014
Sistema agua de alimentación	MECANICA	Diario	Abierta	Preventivo	02/04/2014
Sistema agua de alimentación	MECANICA	Diario	Abierta	Preventivo	03/04/2014
Sistema agua de alimentación	MECANICA	Diario	Abierta	Preventivo	04/04/2014

Valide la programación y regrese a la ventana principal de RENOVEGEM seleccione el módulo ordenes de trabajo y nos mostrara una lista la cual contiene la programación.

Añadir Borrar Mostrar todo Mostrar subselección Buscar Ordenar Informes rápidos Sincronizar Ver Calendario Fusionar órdenes Cancelar

N° :	Sistema :	Especialidad :	Frecuencia :	Fecha :	Estado :	Prioridad :	Tipo Orden :
276	Sistema agua de alimentación	MECANICA	Diario	31/12/2014	Abierta		Preventivo
275	Sistema agua de alimentación	MECANICA	Diario	30/12/2014	Abierta		Preventivo

Al hacer clic en un número de orden de la lista se desplazará la ventana la cual permitirá generar la orden de trabajo y a su vez imprimirla los campos solicitados deberán ser ingresados de acuerdo al criterio del administrador ya sean datos de seguridad, datos económicos, y otros.

Datos Generales | Datos Seguridad | Datos Económicos | Gama, Informes y Otros | Tareas

Datos Orden
 Numero Orden : 367 Estado : Abierta

Gama / Equipo
 Sistema : Sistema agua de alimentación Elegir Especialidad : MECANICA Frecuencia : Diario
 Equipo : DM01 Elegir

Ubicación de las tareas de la gama
 ...
 Abrir

Datos del la orden
 Prioridad : Inmediata (si no hay urgentes) Elegir Tipo de Orden : PREVENTIVO
 Fecha : 01/04/2015 Fecha solicitada : 01/04/2015

Datos del técnico
 Técnico Solicitado : EDL01 Eduardo Lozano Elegir

Orden de trabajo generado por el software

ORDEN DE TRABAJO				
Nº Orden: 367 Estado: Abierta Tipo: PREVENTIVO Prioridad: Inmediata (si no hay urgentes)		Sistema: Sistema agua de alimen Especialidad: MECANICA Equipo: DM01		
Fecha Solicitud: 10/04/2014 Fecha Programada: 01/04/2015 Hora Programada: 09:00:00		Técnico Asignado:		
Se requiere permiso de trabajo: <input type="checkbox"/>		Permiso de trabajo nº:		
Lista de EPI:				
Lista de precauciones:		Los químicos del recipiente deberán ser manejados adecuadamente		
Notas de aprobación:				
Descripción de la causa:		Examinar el recipiente		
Responsable Técnico (Nombre y Firma)		Fecha y Hora:		
Detalle técnicos:				
Num. Empleado	Nombre	Horas Empleado	Fecha/Hora Inicio	Fecha/Hora Fin
EDL01	Eduardo Lozano			
0				

La gestión de actividades de mantenimiento se realizará como se indicó anteriormente y con el ingreso de información adecuada se llevará un seguimiento para saber si las actividades programadas en el plan de mantenimiento se están cumpliendo y con la frecuencia adecuada.

Gestión de repuestos. Acceda al módulo de repuestos y de clic en el icono visualizar el stock de repuestos.



Nueva partida de entrada / salida del almacén

Visualizar el stock de repuesto

Se mostrará la ventana que indica los repuestos a usar en la caldera así como su cantidad.

       			
Equipo :	KKS :	Cantidad :	Imagen :
Kit de repuestos indicador de nivel penberthy Penberthy Flag	PEN01	1	
Válvula de seguridad teoval TECVAL Teoval VSG	GLV01	2	

Si existiese el requerimiento de un repuesto de la lista, esta necesidad se puede archivar para llevar un histórico de los repuestos consumidos esta acción se lo realiza de la siguiente manera:

Acceda al icono nueva partida del módulo de repuestos, se mostrara la ventana que indica que los repuestos presentan un tipo de partida de “Entrada”.

      			
Fecha Entrada :	KKS Equipo :	Tipo Partida :	Equipo :
00/00/00	GLV01	Entrada	Válvula de seguridad teoval TECVAL Teoval VSG
00/00/00	PEN01	Entrada	Kit de repuestos indicador de nivel penberthy Penberthy Flag
00/00/00	FIS01	Entrada	Kit de repuestos fisher EZ 667 Fisher EZ667
00/00/00	ROD01	Entrada	Rodamientos 7309BE
00/00/00	BGR01	Entrada	Kit de montaje bomba CR20-12 Grundfoss 985000335

Seleccione el icono añadir esto desplegará la ventana que nos ayuda a cambiar los estados del equipo a utilizar, el tipo de partida (Indica si ingresa o se utiliza un repuesto), fecha de utilización del repuesto, la orden de trabajo asociada y la cantidad utilizada; en este caso de ejemplo se consumirá 1 repuesto de la válvula de seguridad TECVAL.

Partidas de Entrada y Salida

Equipo :

Código del Equipo :

Tipo de Partida :

Fecha Entrada :

Cantidad :

Albarán :

Orden trabajo asociada

Establecido los parámetros anteriores el histórico se formara de la siguiente manera

Añadir	Borrar	Mostrar todo	Mostrar subselección	Buscar	Ordenar	Informes rápidos
Fecha Entrada :	KKS Equipo :	Tipo Partida :	Equipo :			
00/00/00	GLV01	Entrada	Válvula de seguridad teoval TECVAL Teoval VSG			
01/05/2014	GLV01	Salida	Válvula de seguridad teoval TECVAL Teoval VSG			

El procedimiento indicado anteriormente permitirá prevenir la ausencia de repuestos en bodega.

Gestión de empleados. Acceda al módulo de empleados y de clic en el icono de gestión de empleados.



Se mostrará la base de datos de la planta de vapor correspondientes a los operadores y técnicos de mantenimiento de calderas.

Añadir	Borrar	Mostrar todo	Mostrar subselección	Buscar	Ordenar	Informes rápidos	Sincronizar	Importar
Nombre :	Apellidos :	Cargo :	Especialidad :	Telefono :				
Eduardo	Lozano	Operador de caldera	OPERACIÓN					
Jorge	Quiimi	Operador	OPERACIÓN					
Jose	Oñate	Operador de caldera	OPERACIÓN					
Jose	Romero	Tecnico de mantenimiento	MECANICA					

Al seleccionar un nombre de la lista se ingresara a los datos de los trabajadores de la planta los cuales podrán ser modificados según se crea conveniente, estos campos nos servirán para asignar posteriormente las tareas que deberán realizar cada uno de ellos.

Empleados

Datos Generales | **Calendario Laboral**

Datos Orden

Código de Empleado : Código de Usuario :

Nombre :

Apellidos :

Dirección :

DNI : email :

Telefono : Extension :

Cargo :

Especialidad :

Jornada de trabajo del empleado y coste

Horas Jornada de Trabajo : Coste hora (€) :

En la pestaña de calendario laboral se podrá ingresar los días que estarán disponibles los trabajadores, de esta manera se evitara contradicciones en la selección del personal para la realización de una actividad.

El calendario laboral deberá ingresar el personal de la empresa de acuerdo a sus disposiciones en la ventana solo bastara dar clic para asignar el día de trabajo del personal.

Empleados

Datos Generales | **Calendario Laboral** Año

Guardar Calendario

Hacer clic sobre el día del mes para cambiar el estado

ENERO							FEBRERO							MARZO							ABRIL						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6			
6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15	7	8	9	10	11	12			
13	14	15	16	17	18	19	17	18	19	20	21	22	17	18	19	20	21	22	14	15	16	17	18	19			
20	21	22	23	24	25	26	24	25	26	27	28	29	24	25	26	27	28	29	21	22	23	24	25	26			
27	28	29	30	31									31						28	29	30						

MAYO							JUNIO							JULIO							AGOSTO						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6			
5	6	7	8	9	10	11	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	4	5	6	7	8	9			
12	13	14	15	16	17	18	16	17	18	19	20	21	21	22	23	24	25	26	11	12	13	14	15	16			
19	20	21	22	23	24	25	23	24	25	26	27	28	28	29	30	31			18	19	20	21	22	23			
26	27	28	29	30	31		30												25	26	27	28	29	30			

SEPTIEMBRE							OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6			
8	9	10	11	12	13	14	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	8	9	10	11	12	13			
15	16	17	18	19	20	21	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	15	16	17	18	19	20			
22	23	24	25	26	27	28	27	28	29	30	31		24	25	26	27	28	29	22	23	24	25	26	27			
29	30												29	30	31				29	30	31						

Gestión de compras. En la ventana de inicio de RENOVEGEM 3.0 acceda al módulo de compras esta acción mostrará la ventana que permitirá añadir la adquisición de una determinada compra en el caso específico de que el stock de repuestos se agote.

Gestión de Compras

Referencia : 001 Num. Orden de trabajo : 388

Estado : Enviada Proveedor Recibida : Sí

Proveedor : 5

Origen : Ablandador Importe : 300,00

Observaciones / Motivo de la compra :

Referencia :	Descripción :	Recibida :	Origen :	Estado :
001	Stock agotado	<input type="checkbox"/> Sí	Ablandador	Enviada Proveedor

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Costos parada de planta

La caldera HRSG en conjunto con las demás calderas instaladas en la planta de vapor suministran su producción a la planta de Agua, Parsons y Universal. En el caso de que la caldera HRSG salga de operación por una falla de sus equipos las consecuencias que se producen son las siguientes:

6.1.1 Planta de agua. En planta de agua el corte en el suministro de vapor afecta directamente en:

Tabla 58. Consecuencias en planta de agua

EQUIPO FUERA DE OPERACIÓN	CONSECUENCIA PRINCIPAL	CONSECUENCIAS SECUNDARIAS
CALDERA HRSG N° 5	La desalinización del agua de mar no se produce por la planta de agua	Corte en el suministro de agua potable para servicios básicos
		Corte en el suministro de agua para refrigeración en intercambiadores de calor

Fuente: Bunker RLL

6.1.2 Plantas de refinación. Si consideramos un corte en el suministro de vapor a las plantas de refinación por un tiempo aproximado de 4 horas las pérdidas económicas que se producen son:

Tabla 59. Producción de barriles en las plantas de procesamiento

UNIDADES DE PROCESAMIENTO		
PLANTA	Producción [Bls/día]	°API
PARSONS	25000	27,5
UNIVERSAL	9500	27,6

Fuente: Bunker RLL

Los barriles totales de producción de las dos plantas suman $34500 \frac{Bls}{día}$; y de acuerdo a los indicadores económicos del Banco central del Ecuador el precio del barril de petróleo presenta un valor de 99,43USD en la actualidad (Ver Anexo X).

$$Ptp = 34500 \frac{Bls}{día}$$

$$Ptp = 34500 \frac{Bls}{día} * \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}\right)$$

$$Ptp = 1437,5 \frac{Bls}{h}$$

$$Bnp = Ptp * hp(17)$$

$$Bnp = 975,75 \frac{Bls}{h} * 4 \text{ h}$$

$$Bnp = 5750 \text{ Bls}$$

$$Pp = Bnp * Cp(18)$$

$$Pp = 5750 \text{ Bls} * 99,43 \frac{USD}{Bls}$$

$$Pp = 571722,5 \text{ USD}$$

Dónde:

Ptp = Producción total de la parada de planta, Bls/día

Bnp = Barriles no procesados, Bls

Hp = Horas de paro de planta, en h

Pp = Pérdida de producción, en USD/Bl

Cp = Costo del barril de petróleo, en USD

En el cálculo realizado se obtiene que por 4 horas que las plantas de refinación se queden sin el suministro de vapor se pierde 571722,5USD.

6.2 Costos de la implementación de la gestión del mantenimiento

6.2.1 Costos de mano de obra. Los costos de mano de obra para el mantenimiento en la caldera se calcularán con la siguiente fórmula:

$$THM = HMP + HRI \quad (19)$$

Dónde:

THM : Total horas de mantenimiento, en h

HMP : Horas de mantenimiento preventivo, en h

HRI : Horas de reparaciones imprevistas (10 a 15% de HMP), en h

$$THM = (1\ 095 + 109,5) h$$

$$THM = 1\ 204,5 h$$

$$CMO = THM * \left(\frac{C}{H}\right) * CP(20)$$

CMO : Costos de mano de obra, en USD

THM : Total horas de mantenimiento, en h

C/H : Costo hora – hombre, en \$/h

CP : Cantidad de personal

Tabla 60. Costo de la mano de obra

MANO DE OBRA		
Recurso Humano	Costo/Hora (\$/h)	Cantidad de personal
Técnico	8,75	5

Fuente: RLL

$$CMO = THM * \left(\frac{C}{H}\right) * CP$$

$$CMO = 1\ 204,5 * \left(8,75 \frac{\$}{H}\right) * 5$$

$$CMO = 52\ 696,88 USD$$

6.2.2 Costos de repuestos, equipos, materiales y herramientas. En la siguiente tablase muestra un resumen del presupuesto total REMH.

Tabla 61. Resumen costos de REMH

RESUMEN DE COSTOS REMH	
REPUESTOS	22757,55
EQUIPOS	40549,27
MATERIALES	13182,04
HERRMIENTAS	3118,28
TOTAL	79607,14

Fuente: Autor

6.3 Costos de mantenimiento

En la siguiente tablase muestra la inversión total que se deberá realizar para conservar en un buen estado a la caldera.

Tabla 62. Costo de mantenimiento caldera HRSG

COSTOS DE MANTENIMIENTO CALDERA HRSG	
COSTO MANO DE OBRA	52696,88
COSTOS REMH	79 607,14
COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO	132304,02

Fuente: Autor

6.3.1 Costos consumo de combustible. Uno de los objetivos de la implantación de la caldera HRSG fue el ahorro de combustible en la planta de vapor, es así que la caldera en la actualidad genera 13000 lb/h de vapor con los gases de combustión; generando un ahorro de combustible como se indica en el siguiente análisis.

Tabla 63. Consumo de combustible HRSG encendida y apagada

MARZO (HRSG OFF)					OCTUBRE (HRSG ON)						
Día	Vapor generado (Lb/día)				Consumo de combustible gal/mes	Día	Vapor generado (Lb/día)				Consumo de combustible gal/mes
	CL2	CL4	CL3	CL5			CL2	CL4	CL3	CL5	
1	253748		378486		6177	1		310231		260282	2979
2	271030		392020		5835	2		299479		269426	2882
3	253664		402010		5868	3		302870		269426	3000
4	175445		351200		5594	4		297937		269426	3000
5	237227		302370		5869	5		307407		276778	3000
6	234211		299299		5263	6		308989		276621	2885
7	263298		283182		5897	7		309041		275836	3000
8	283194		358615		6321	8		307266		277591	2906
9	303944		379593		6300	9		127910	194510	281129	2909
10			294461	188405	5579	10			276518	272396	3000
11			263054	81410	3500	11			287537	273521	2734
12			254117	82041	3500	12		224327	94785	279204	2899
13			336752	106161	3710	13		322992		274422	3002
14			365201	140346	4769	14		315529		279858	2931
15	109541		357417		4517	15		276098	36759	279288	2903
16	50331		299564	100000	4909	16		280105		285456	2603
17	229095		332638		4592	17	198628	159163		276470	3000
18	222567		335994		4564	18	189368	96605		157712	3000
19	219860		333278		4570	19		298753		205039	3003
20	221132		331780		6083	20		320581		286554	3100
21	217137		335973		6073	21		282235		288812	3174
22	224176		321899		6072	22	35220	248923		288202	2994
23	236305		199026		5614	23	126035	68327		289529	2114
24	239167		358932		6093	24	139287	168000		293442	1956
25	28458		302425	100000	4244	25	142554	60000		289815	1974
26	242152		337177		5846	26	144069	55558		284101	2028
27	253673		337005		5847	27	145087	61372		284586	2051
28	220000		320000		6000	28	142341	46962		293810	1980
29	220000		320000		6000	29	141127	84237		290085	2149
30	220000		320000		6000	30	138925	72033		296488	2079
31	220000		320000		6000	31	139200	91360		287758	2168
TOTAL	16 571 186				167 206	TOTAL	17 189 303				83403

Fuente: Supervisor de calderas

De acuerdo a los precios de venta en los terminales de EP PETROECUADOR el precio de fue oil # 4 se estableció en 0,69 USD/gal (Ver Anexo X).

Consumo de combustible cuando la caldera HRSG se encuentra apagada.

$$\text{Costo combustible (HRSG OFF)} = \text{Consumo de combustible} * \text{Precio} \quad (21)$$

$$\text{Costo combustible (HRSG OFF)} = 167\,206 \left(\frac{\text{gal}}{\text{mes}} \right) * 0,69 \left(\frac{\text{USD}}{\text{gal}} \right)$$

$$\text{Costo combustible (HRSG OFF)} = 115\,372,14 \frac{\text{USD}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo combustible (HRSG OFF)} = 115\,372,14 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo combustible (HRSG OFF)} = \mathbf{1\,384\,465,68} \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Consumo de combustible cuando la caldera HRSG se encuentra prendida.

$$\text{Costo combustible (HRSG ON)} = \text{Consumo de combustible} * \text{Precio}$$

$$\text{Costo combustible (HRSG ON)} = 83\,403 \left(\frac{\text{gal}}{\text{mes}} \right) * 0,69 \left(\frac{\text{USD}}{\text{gal}} \right)$$

$$\text{Costo combustible (HRSG ON)} = 57\,548,07 \frac{\text{USD}}{\text{mes}}$$

$$\text{Costo combustible (HRSG ON)} = 57\,548,07 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo combustible (HRSG ON)} = \mathbf{690\,576,84} \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

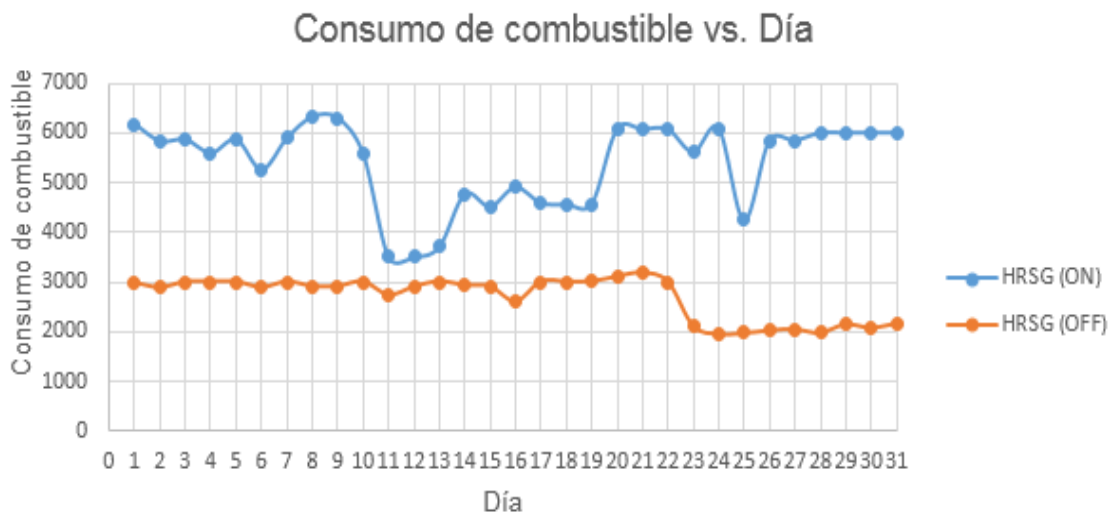
Ahorro de combustible Ac:

$$\text{Ac} = \text{Costo combustible (HRSG OFF)} - \text{Costo combustible (HRSG ON)} \quad (22)$$

$$Ac = 1\,384\,465,68 \frac{USD}{año} - 690\,576,84 \frac{USD}{año}$$

$$Ac = 693\,888,84 \frac{USD}{año}$$

Figura 61. Consumo de combustible



Fuente: Autor

En el cálculo realizado obtenemos que; cuando la caldera HRSG se encuentra prendida el consumo de combustible se reduce a la mitad lo que permite el ahorro y la mayor comercialización del combustible hacia otro sector.

6.4 Resultado y discusión

6.4.1 Análisis de costos de mantenimiento y paro de la caldera. Por una deficiente gestión de mantenimiento la producción de la empresa se ve afectada cuando surge un paro imprevisto en la caldera, este suceso produce el siguiente costo:

$$Pp = 571\,722,05 \text{ USD}$$

Con la gestión de mantenimiento que se propone llevar, la inversión para la conservación de la caldera es:

$$CTM = 132\,304,02 \text{ USD}$$

Relacionando los costos anteriores obtenemos lo siguiente:

$$CTM < Pp$$

$$132\,304,02 \text{ USD} < 571\,722,05 \text{ USD}$$

El resultado de la comparación es que el costo de inversión para mantenimiento es 4,3 veces menor al costo que produce una parada imprevista de la planta; esto implica que la gestión de mantenimiento propuesta disminuye pérdidas para la empresa así como también disminuye la probabilidad de que se produzcan fallas en la caldera.

6.4.2 *Análisis financiero real respecto de los costos de mantenimiento-ahorro de combustible.* La empresa constructora al momento de presentar el proyecto de la caldera recuperadora mostro los beneficios que se obtendrían con datos estimados, a continuación con los datos reales obtenidos en el presente trabajo se realizó la afinación de los beneficios.

Tabla 64. Inversión inicial de la caldera

DATOS INVERSIÓN CALDERA HRSG	
Inversión total	2450652
Años de depreciación	25
Tasa de interés activa	0,12

Fuente: SeasteciCia. Ltda.

6.4.3 *Recuperación de la inversión.* El funcionamiento continuo de la caldera implicará costos para su mantenimiento, para su operación, y costos que permiten ahorrar combustible los mismos que al transcurrir el tiempo incrementaran el flujo de efectivo que produce este equipo.

Para realizar el análisis de recuperación de la inversión del equipo se realizó la tabla 65 en la cual se muestra los egresos, ingresos, y el flujo de efectivo que produce la caldera con datos reales desarrollados en el presente trabajo.

Tabla 65. Egresos-Ingresos de la caldera HRSG

EGRESOS CALDERA HRSG										
AÑOS	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Costo inversión	2450652									
Amortización de la inversión		98 022	98 022	98 022	98 022	98 022	98 022	98 022	98 022	98 022
Mantenimiento caldera		132 304,02	132 304,02	132 304,02	132 304,02	132 304,02	132 304,02	132 304,02	132 304,02	132 304,02
Costo operación		60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
Otros		5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
TOTAL	2 450 652	295 326,0	295 326,0	295 326,0	295 326,0	295 326,0	295 326,0	295 326,0	295 326,0	295 326,0
INGRESOS CALDERA HRSG										
AÑOS	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ahorro de combustible		69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8	69 3888,8
Disminución mantenimiento de plantas		500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000
Disminución riesgo de explosión		300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	300 000	250 000	250 000
TOTAL		1 493 888,8	1 493 888,8	1 493 888,8	1 493 888,8	1 493 888,8	1 493 888,8	1 493 888,8	1 443 888,8	1 443 888,8
FLUJO DE EFECTIVO	-2 450 652	1 198 562,8	1 198 562,8	1 198 562,8	1 198 562,8	1 198 562,8	1 198 562,8	1 198 562,8	1 148 562,8	1 148 562,8

Fuente: FRI y Autor

Como se observa en la tabla 65 el flujo de efectivo presenta valores constantes lo que permite calcular la recuperación de la inversión como se indica a continuación:

Tabla 66. Flujo de efectivo

PERÍODO (AÑO)	FE HISTÓRICO ANUAL	FE HISTÓRICO ACUMULADO
1	-2 450 652	-2 450 652
2	1 198 562,8	-1 252 089,2
3	1 198 562,8	-53 526,4
4	1 198 562,8	1 145 036,5

Fuente: Autor

De acuerdo a los valores la recuperación de la inversión se da en el cuarto año debido a que el flujo de efectivo histórico acumulado es positivo, para un cálculo más exacto de la recuperación de la inversión realizaremos una regla de tres simple como se indica a continuación:



$$X = 0,55 \text{ mes} * 31 \frac{\text{día}}{\text{mes}}$$

$$X = 16,74 \text{ días} \approx 17 \text{ días}$$

El período de recuperación de la inversión de la caldera es a los 17 días del cuarto año ya que al final de este periodo el flujo de efectivo histórico acumulado es cero.

Tabla 67. Periodo de recuperación de la inversión de la caldera

RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN		
PERÍODO (AÑO)	FE HISTÓRICO ANUAL	FE HISTÓRICO ACUMULADO
3,05	53526,4	0

Fuente: Autor

6.4.4 Cálculo del VAN (Valor actual neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno). El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

La fórmula que permite calcular el valor actual neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (23)$$

Dónde:

V_t = Flujo de caja en cada periodo

I_0 = Valor de desembolso inicial de la inversión

n = Número de periodos considerados

i = Interés

La tasa interna de retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte (Interés), si la TIR supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

La fórmula que permite calcular la tasa interna de retorno es:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (24)$$

Dónde:

V_t = Flujo de caja en cada periodo t

I_0 = Valor de desembolso inicial de la inversión

n = Número de periodos considerados

r = TIR

Con las bondades que se puede obtener del software Excel se procede a calcular el VAN y el TIR como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 68. Cálculo del VAN y el TIR

Años	Flujo efectivo (FE) \$
2013	-2 450 652
2014	1 198 562,8
2015	1 198 562,8
2016	1 198 562,8
2017	1 198 562,8
2018	1 198 562,8
2019	1 198 562,8
2020	1 198 562,8
2021	1 148 562,8
2022	1 148 562,8
VAN	\$ 3 897 365,43
TIR	47%

Fuente: Autor

En el análisis financiero realizado se justifica que la aplicación de la gestión de mantenimiento es la adecuada debido los siguientes factores:

- El valor del VAN con datos reales de la aplicación de mantenimiento es mayor que cero esto indica que las cantidades de dinero futuras compensan todas las inversiones, los costos generados y el costo inicial de inversión.
- La TIR indica que mientras se encuentre funcionando la caldera y se aplique el mantenimiento propuesto el proyecto será rentable.
- Después de los 17 días del cuarto año la inversión realizada para la construcción de la caldera quedará saldada y se comenzará a obtener mayores beneficios.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La información recolectada de la caldera HRSG de Refinería La Libertad es muy importante ya que permite conocer los datos técnicos de cada equipo y parámetros de trabajo los cuales nos han permitido desarrollar la gestión de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los equipos.

Se conoció la estructura tecnológica del generador de vapor así como el funcionamiento y la operación que realizan los operadores del área en la planta de vapor.

Mediante el debido proceso se diagnosticó la criticidad y el nivel de riesgo que presenta cada uno de los equipos de la caldera, de esta manera se diseñó las políticas de mantenimiento adecuadas para los sistemas de alto impacto.

Con la elaboración del plan de mantenimiento para la caldera HRSG N° 5 se determinó las gamas de mantenimiento así como las actividades que se proponen a cumplir con la frecuencia respectiva en un tiempo determinado.

La elaboración de las fichas de mantenimiento nos permitió conocer el stock de repuestos, herramientas, equipos y materiales necesarios que se deben utilizar en la empresa para el adecuado mantenimiento de la caldera.

Los beneficios económicos que se obtuvieron mediante el diseño de la gestión de mantenimiento mostro que su aplicación reduce pérdidas económicas para la empresa y el tiempo de recuperación de la inversión se reduce al llevar en un buen estado a la caldera.

Mediante el software GMAO se automatizó la gestión de mantenimiento propuesta en el presente trabajo ya que en el software se posee la base de datos respectiva de

gamas de mantenimiento, de esta manera se puede elaborar ordenes de trabajo, gestionar compras y asignar actividades a los técnicos de mantenimiento en el tiempo establecido.

7.2 Recomendaciones

La gestión de mantenimiento nos muestra las frecuencias, los procedimientos, herramientas, repuestos, materiales y equipos que se debe emplear en los diferentes sistemas de la caldera y en los tiempos indicados para conservar en un buen estado a los equipos de la caldera.

Para un buen desarrollo del mantenimiento predictivo y preventivo debe existir el seguimiento adecuado de los equipos antes y después que se presente una falla para lo cual se elaboró los documentos de gestión y en los que se debe llenar toda la información.

Capacitar al personal de mantenimiento en el manejo del software para la gestión de mantenimiento de la caldera de esta manera si se considera podría ser aplicado en otros equipos.

Concientizar al personal de la planta de vapor sobre la importancia que conlleva una adecuada gestión de mantenimiento para obtener beneficios económicos en la empresa.

Aplicar el plan de mantenimiento elaborado para alcanzar una mayor confiabilidad operacional de los equipos mediante la optimización de los recursos humanos, materiales y equipos que posee la empresa.

Mediante la inspección realizada en el mes de Febrero se debe cambiar las planchas de metal que recubren las paredes interiores del ducto de quemadores y de la transición A.

El sistema de distribución de aire se debe rediseñar desde la planta de aire hacia las calderas ya que se constató que la mayoría de accesorios utilizados generan pérdidas y no presentan una distribución adecuada.

Se debe construir las cámaras que alojan los tanques de suministro de GLP y de Amoniaco bajo normas establecidas para evitar riesgos en el personal y a las personas que viven aledañas a la planta de vapor.

BIBLIOGRAFÍA

AGUIÑAGA, Arturo y GALÁN, Ángel. 2009.*Alternativas de cogeneración con ciclo combinado entre CFE Y PEMEX en SALAMANCA, GUANAJUATO. [Tesis].* México D.F. : s.n., 2009.

American Petroleum Institute 581. 2000.*Risk Based Inspection.* Washington : s.n., 2000.

BALBIR, Dhillon. 1985.*Quality control, Reliability and Engineering Design.* New York : s.n., 1985.

CALVO, Raquel. 2011.*Modelado del sistema de caldera HRSG de un ciclo combinado con el simulador ecosimpro y control del modeolo. [Tesis].* Madrid : s.n., 2011.

Confiabilidad.net. 2010. www.confiabilidad.net. www.confiabilidad.net. [En línea] 2010. [Citado el: 12 de 05 de 2010.] <http://confiabilidad.net/articulos/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/>.

Coordinación General de Imagen Empresarial EP Petroecuador. 2013.*El Petróleo en el Ecuador la nueva era petrolera.* Quito : s.n., 2013.

CUADRADO, Edwin. 2000.*Principios Básicos del Mantenimiento.* Riobamba : s.n., 2000.

FERRERO, Lisandro. 2012. www.materiales-sam.org.ar. www.materiales-sam.org.ar. [En línea] 2012. [Citado el: 10 de 09 de 2012.] <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/revista/22007/FerreroCompleto.pdf>.

GARCIA, Santiago. 2011.*Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado.* Madrid : Diaz de santos, 2011.

GUTIERREZ, E, AGUERO, Miguel y CALIXTO, Ivanesca. 2007. r2menlinea. [En línea] 2007. http://r2menlinea.com/w3/PT/PT013_Analisis_de_Criticidad_Integral_de_Activos.pdf.

MENA, José. 2010. Elaboración de estrategias de inspeccion y mantenimiento para equipos estáticos basadas en riesgo. Tesis. [En línea] 2010. [Citado el: 12 de 08 de 2010.] <http://hdl.handle.net/123456789/3138>.

MONTAÑA, Leonardo, ROSAS, Gustavo. 2006.*Diseño de sistema de mantenimiento con base en análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de falla en una planta de coque. TESIS.* Duitama : s.n., 2006.

MORA, Jorge. 2004.*Desarrollo de un programa de inspección bajo análisis de riesgo aplicado a la caldera acuotubular YB-7005 Refinería Esmeraldas. Tesis.* Guayaquil : s.n., 2004.

MOROCHO, Manuel. 2003.*Administración del mantenimiento.* Riobamba : s.n., 2003.

MUÑOZ, Gabriel y Veintimilla, Raúl. 2008.*DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA HMI PARA LA SECCION DE CALDEROS Y GENERACION ELECTRICA DE LA EMPRESA ENCHAPES. Tesis.* Latacunga : s.n., 2008.

PARRA, Carlos. 2005.*Implantacion del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en un sistema de producción.* Sevilla : s.n., 2005.

Petroecuador, EP. 2013.<http://www.eppetroecuador.ec/GerenciaRefinacion/index.htm>. Quito : Petroecuador, 2013.

PORT, Robert. 1997.*Guía nalco para el análisis de fallas en calderas.* México D.F : McGraw Hill, 1997.

Sección española ISA. 2000. www.isamex.org. www.isamex.org. [En línea] Noviembre de 2000. [Citado el: 22 de Noviembre de 2000.] <http://190.64.69.75/archivos/mecanica-general/CALDERAS/Curso%20ISA%20CONTROL%20CALDERAS%20DE%20VAPO R.pdf>.

SOLANO, Harold. 2012.*Desarrollo del programa de inspección en la caldera de recuperación de la empresa Carvajal.* Santiago de Cali : s.n., 2012.

SPIRAX SARCO. [En línea]

TAVARES, Augusto. 2006.*Administración moderna del mantenimiento.* Rio de Janeiro : s.n., 2006.

TRUJILLO, Gerardo. 2002.*El Mantenimiento Proactivo como una herramienta.* México : s.n., 2002.

URBAN, Josep. 2008. <http://mcsost-jur.blogspot.com/>. <http://mcsost-jur.blogspot.com/>. [En línea] 28 de Agosto de 2008. <http://mcsost-jur.blogspot.com/2008/08/pdca-mantenimiento-planificado.html>.