

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MÉCANICA

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico

**“PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA LOS CALDEROS VIESSMANN DE LA EMPRESA CONTINENTAL TIRE
ANDINA S.A.”**

AUTORES: Duchi Sánchez Javier Mauricio

Zúñiga Cabrera Raúl Andrés

DIRECTOR: Ing. John Calle, MSc.

Cuenca, Marzo del 2015

DECLARACIÓN

Nosotros, Duchi Sánchez Javier Mauricio y Zúñiga Cabrera Raúl Andrés, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación personal y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen dentro de este documento escrito.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



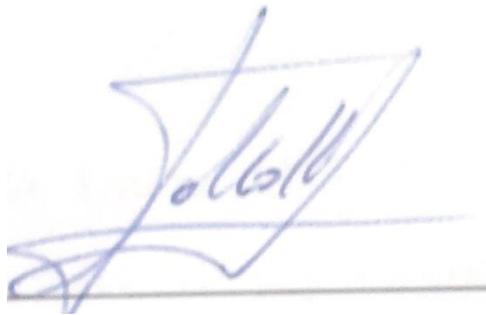
Duchi Sánchez Javier Mauricio



Zúñiga Cabrera Raúl Andrés

CERTIFICACIÓN

Certifico que bajo mi dirección los señores **Duchi Sánchez Javier Mauricio y Zúñiga Cabrera Raúl Andrés** desarrollaron el proyecto titulado: **“PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CALDEROS VIESSMANN DE LA EMPRESA CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A.”**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'John Calle', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Ingeniero John Calle, MSc.
DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento al Tlgo. Mec. Carlos Ordoñez por abrirnos las puertas del departamento de casa de fuerza de la “Compañía Continental Tire Andina” y permitirnos estudiar sus instalaciones para poder realizar este trabajo de investigación.

A nuestro Director de Tesis el Ingeniero John Calle que con paciencia y sabiduría ha sabido encaminar correctamente el desarrollo de este trabajo.

Finalmente agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, por habernos impartido los conocimientos a través de sus docentes y lograr que nos formemos de la mejor manera dentro de sus instalaciones.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo quiero dedicar a mi hija Anahí Duchi, por ser mi inspiración y mi motivo de superación, a mi madre que gracias a su apoyo y a sus sabios consejos me ayudaron a conseguir esta meta, a mi padre que con su ejemplo de lucha siempre me enseñó que todo se puede conseguir con sacrificio y dedicación a mis hermanos Oscar y Mónica que siempre me apoyaron y me brindaron su ayuda en este largo trayecto, a mis abuelitos y a mis tíos que siempre tenían las palabras de aliento idóneas para continuar hasta llegar al final tan deseado y anhelado, y por ultimo a una persona que físicamente no se encuentra a mi lado pero que espiritualmente estuvo conmigo a mi tío Román Sánchez que desde el cielo siempre ha guiado mi caminar.

Javier

Este trabajo final le dedico con todo mi corazón a DIOS por haberme brindado la paciencia y sabiduría para sacar adelante este proyecto final, con mucho cariño y amor para mis padres Raúl y Blanca quienes con su ejemplo de sacrificio y perseverancia, han sido pilar fundamental en mi vida gracias por todo el apoyo brindado en toda circunstancia y a todo momento.

Raúl

ÍNDICE

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CALDEROS VIESSMANN	13
1.1 Datos generales de la empresa.	2
1.2 Análisis del estado actual de los calderos.	3
1.2.1 Datos de placa del caldero.	3
1.2.2 Partes del caldero.	4
1.2.3 Consumos de bunker y Generación de vapor.	5
1.2.4 Distribución del vapor dentro de la planta de producción.	6
1.2.5 Análisis de los calderos	7
1.3 Diagnóstico de la situación actual de los calderos.	19

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DEL MANTENIMIENTO DE CALDEROS PIROTUBULARES.....	19
2.1 Sistemas fundamentales del caldero.....	32
2.2 Análisis del mantenimiento de los componentes del caldero pirotubular.....	34
2.2.1 Cámara de combustión del caldero.....	34
2.2.1.1 Espejo frontal y posterior	35
2.2.1.2 Haz de tubos	36
2.2.1.3 Sensor de nivel de agua.....	36
2.2.1.4 Visor de nivel de agua del caldero	37
2.2.1.5 Manómetros	38

2.2.1.6 Válvula de seguridad	38
2.2.1.7 Válvula de purga de fondo	39
2.2.1.8 Válvula anti-retorno (check).....	40
2.2.1.9 Válvula de globo (salida de vapor).....	40
2.2.2 Sistema de alimentación de agua al caldero.....	41
2.2.2.1 Máquina de tratamiento por osmosis inversa	41
2.2.2.2 Tanque de almacenamiento	43
2.2.2.3 Bomba de una etapa.....	44
2.2.2.4 Desaireador.....	45
2.2.2.5 Bomba de alimentación.....	46
2.2.2.6 Economizador	47
2.2.3.1 Tanques de almacenamiento.....	48
2.2.3.2 Bomba de lóbulos para la alimentación de bunker al caldero	49
2.2.3.3 Tubería de conducción de bunker hacia el caldero.....	50
2.2.3.4 Filtro dúplex	50
2.2.3.5 Bomba de tornillos	51
2.2.3.6 Calentador de bunker	52
2.2.4 Sistema de combustión.....	53
2.2.4.1 Servomotor	54
2.2.4.2 Equipo de tiro forzado	55
2.2.4.3 Atomizador.....	56
2.2.4.4 Controlador digital.....	56
CAPÍTULO III	
PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO	58
CAPÍTULOS III	59
3.1 Introducción.....	59
3.2 Objetivos de la función de mantenimiento	59
3.3 Propuesta de plan de mantenimiento	60
3.3.1 Gestión de mantenimiento.....	70
3.3.2 Propuesta de software de mantenimiento.....	112

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO	123
4.1 Costo de mantenimiento.....	124
4.2 Cálculo del costo del mantenimiento.....	127
4.2.1 Costos fijos	127
Conclusiones.	131
Recomendaciones.	132
Bibliografía	133
Anexos.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción anual de la empresa Continental Tire Andina S.A. [1].....	3
Tabla 2: Datos del caldero Viessmann	4
Tabla 3: Consumo de combustible de los calderos 1 y 2 [3]	5
Tabla 4: Consumo de vapor por la planta [3].....	6
Tabla 5: Distribución de las prensas en la planta	6
Tabla 6: Componentes que se inspeccionaron en el 2014 del caldero 1	12
Tabla 7: Inspección de los componentes del caldero 2 en el año 2014.....	19
Tabla 8: Inspección de los componentes del caldero 2 en el año 2014.....	19
Tabla 9: Componentes del caldero piro-tubular	32
Tabla 10: Viscosidades de aceite a diferentes temperaturas	52
Tabla 11: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo de la cámara de combustión del caldero pirotubular Viessmann.....	61
Tabla 12: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alimentación de agua del caldero pirotubular Viessmann	63
Tabla 13: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alimentación de combustible del caldero pirotubular Viessmann	66
Tabla 14: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de combustión del caldero pirotubular Viessmann	68
Tabla 15: Base de datos de los sistemas del caldero pirotubular Viessmann	115
Tabla 16: Costos de repuestos.....	127
Tabla 17: Sueldos mensuales del personal de mantenimiento	128
Tabla 18: Sueldo anual del personal de mantenimiento.....	128
Tabla 19: Sueldo total del personal de mantenimiento	129
Tabla 20: Costo servicios prestados.....	129
Tabla 21: Proyección del costo de mantenimiento para 5 años	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes constructivas del caldero [2]	4
Figura 2: Parte inferior del hogar del caldero 1	8
Figura 3: Banco de tubos del caldero 1 (2014)	11
Figura 4: Banco de tubos del caldero 2 (mantenimiento del 2014)	18
Figura 5: Caldero pirotubular	31
Figura 6: Esquema de caldero piro tubular [2]	35
Figura 7: Espejo del caldero	35
Figura 8: Baqueteado de haz de tubos	36
Figura 9: Sensor de nivel de agua	37
Figura 10: Visor de nivel de agua	37
Figura 11: Manómetro con sifón tipo R	38
Figura 12: Válvula de seguridad de caldero	39
Figura 13: Válvula neumática y válvula manual para purgas de fondo	39
Figura 14: Válvula check instalada a la salida de vapor del caldero	40
Figura 15: Esquema de una válvula de interrupción para caldero	41
Figura 16: Máquina de tratamiento de osmosis inversa	42
Figura 17: Membrana de tratamiento de osmosis inversa	43
Figura 18: Tanque de almacenamiento de agua osmotizada	43
Figura 19: Bomba monoblock de una etapa	44
Figura 20: Bomba centrífuga [10]	45
Figura 21: Desaireador	46
Figura 22: Válvula de control de ingreso de agua	46
Figura 23: Filtro de ingreso de agua	47
Figura 24: Sistema de control del economizador	48
Figura 25: Tres tanque de almacenamiento de bunker	49
Figura 26: Bomba de lóbulos	49
Figura 27: Tubería de ingreso de bunker al caldero y tubería de	50
Figura 28: Filtro Dúplex	51
Figura 29: Bomba de tornillos	51
Figura 30: Calentador de bunker	52
Figura 31: Temperatura de ingreso de bunker (100°C)	53

Figura 32: Quemador instalado en planta.....	53
Figura 33: Servomotor [14]	54
Figura 34: Servomotor	55
Figura 35: Motor del ventilador de aire de tiro forzado para el caldero.....	55
Figura 36: Atomización.....	56
Figura 37: Quemador con controlador digital [17].....	57
Figura 38: Ingreso a software [18].....	113
Figura 39: Ingreso de base de datos y base de datos lista [18].....	114
Figura 40: Base de datos[18]	114
Figura 41: Ingreso a planes, crear plan de mantenimiento	118
Figura 42: Plan de mantenimiento creado	118
Figura 43: Equipos y planes de mantenimiento a ser ligados	119
Figura 44: Plan de mantenimiento y equipos ligados	119
Figura 45: Plan de mantenimiento ligado a equipos	120
Figura 46: Plan de mantenimiento anual de cada equipo	121
Figura 47: Opciones de plan de mantenimiento anual	121
Figura 48: Plan de mantenimiento anual de todos los equipos	122

INTRODUCCIÓN

Actualmente en toda industria es de suma importancia alargar la vida útil de sus diferentes equipos y componentes mediante un plan de mantenimiento con el objetivo de conseguir mejores resultados a base de una buena gestión de planificación, es por esta razón que el presente trabajo está enfocado en cómo gestionar la prolongación de la vida útil de los diferentes sistemas y componentes de un caldero pirotubular.

Para conseguir un excelente plan de mantenimiento es indispensable realizar un análisis preliminar del equipo en estudio con el objetivo de poder obtener un diagnóstico acertado de la situación actual del componente que vamos a estudiar, para posteriormente investigar las diferentes acciones y recomendaciones que se pueden realizar.

Un punto muy importante es el desarrollo de los diferentes procesos de las acciones a ser realizadas, con el objetivo de facilitar el trabajo con normas claras y puntuales que puedan ser un gran apoyo para conseguir alargar la vida útil de los diferentes componentes y accesorios del caldero pirotubular.

Finalmente es indispensable agilizar la gestión de mantenimiento, con herramientas modernas que puedan ser de gran apoyo en todo momento; tanto en la planificación desarrollada como en análisis de resultados de todos los accesorios sometidos a este proceso.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CALDEROS VIESSMANN

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS CALDEROS VIESSMANN

1.1 Datos generales de la empresa.

- ✓ **Razón Social:** Continental Tire Andina S.A.
- ✓ **Nombre Comercial:** Continental Tire Andina S.A.
- ✓ **Representante Legal:** Ing. Philpp von Hirschheydt
- ✓ **Dirección de la Unidad Productiva:** Panamericana Norte km 2,8 – Sector Parque Industrial
- ✓ **Teléfono:** 2862 – 155 **Fax:** 7863 – 236
- ✓ **Rama de la actividad:** Fabricación de cubiertas de Caucho para equipo o maquinaria móvil
- ✓ **Fecha del inicio de funcionamiento de la planta industrial:** 16 de agosto de 1955
- ✓ **Régimen de funcionamiento:** 24 h/día, 30 días / mes, 12 meses al año
- ✓ **Clasificación:** Industria – Grande
- ✓ **Cámara a la que está afiliada:** Cámara de Industrias
- ✓ **Principales productos o servicios:** Llantas para vehículos y maquinarias livianos y pesados
- ✓ **Mercado:** Local, Nacional e Internacional.

En 1955 ERCO “Ecuadorian Rubber Company”, fue fundada en la ciudad de Cuenca, en 1962 produce la primera llanta y en el 1987 Continental AG de Hannover-Alemania compra las acciones de General Tire y Rubber Company, en todo el mundo. ERCO empieza a exportar sus productos a toda Sudamérica en 1993, asume la marca Continental y crea en su red una nueva imagen corporativa “Continental General Tire” tecnicentro de servicios quien desde 1996 exporta llantas a 17 países de Latinoamérica. En 1999 ERCO consolida su liderazgo en el mercado local y muestra su rápido crecimiento en el mercado internacional.

La planta tiene una gran producción de llantas al año entre las principales marcas de llantas que se fabrican son las siguientes: Continental, General tire, Barum, Sportiva, Viking, Vanco.

Tabla 1: Producción anual de la empresa Continental Tire Andina S.A. [1]

N°	PRODUCTO	PRODUCCION ANUAL	UNIDAD
1	Llantas radial	1378735	U
2	Llantas bias	280435	U
3	Llantas radial (camión)	10500	U
4	Llantas bias (camión)	123537	U
TOTAL		1793207	U

Uno de los elementos fundamentales para garantizar los procesos de fabricación es la generación de vapor; para esto la empresa en la actualidad cuenta con dos calderos de marca VIESSMANN que generan vapor de agua sobre calentada con las siguientes

especificaciones:

- ✓ Presión: 18.5 Bar
- ✓ Temperatura: 204° C
- ✓ Volumen: 18 toneladas vapor hora

Todo el control del proceso de generación de vapor y el mantenimiento se basa en estas especificaciones, debido a que la producción de la planta se lleva a cabo durante las 24 horas del día durante todo el año.

1.2 Análisis del estado actual de los calderos.

Los calderos de marca VIESSMANN fueron puestos en servicio en el mes de enero del año 2012 y posteriormente se realiza el mantenimiento a finales del mismo año.

1.2.1 Datos de placa del caldero.

En la siguiente tabla podemos apreciar los datos de placa obtenidos del caldero

Tabla 2: Datos del caldero Viessmann

CALDERO VISSMAN MODELO VITOMAX 200-HS				
Caldera de vapor de alta presión				
Tipo	M75A068			
Numero de producción	7.373.186.100.001.100			
Año de fabricación	2011			
Presión de funcionamiento admisible	PS = 20 bar			
Vapor de salida	aceite	=	16.62	$\frac{m^3}{h}$
	gas		16.8	
Capacidad total de agua	V =		24.83	m^3
			30.9	
Presión de prueba	PT = 37.9 bar			

1.2.2 Partes del caldero.

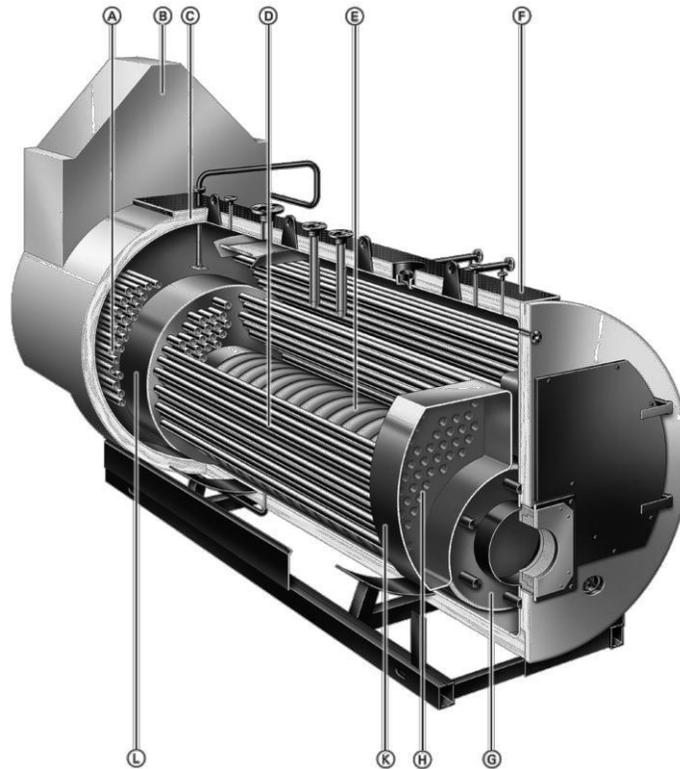


Figura 1: Partes constructivas del caldero [2]

- A** Tercer paso de humos
- B** Intercambiador de calor de humos/agua (economizador)
- C** Aislamiento de alta eficiencia de materiales compuestos de 120 mm de espesor.
- D** Segundo paso de humos.

- E** Hogar.
- F** Plataforma para transitable.
- G** Acoplamiento del quemador
- H-K** Espejo frontal
- L** Espejo posterior.

1.2.3 Consumos de bunker y Generación de vapor.

✓ Consumos de bunker mensuales de los calderos.

En la tabla 6 se observa el consumo de combustible de los dos calderos estos valores están dados en galones.

Tabla 3: Consumo de combustible de los calderos 1 y 2 [3]

Consumo de bunker en galones			
Mes	Año		
	2012	2013	2014
Enero	192088	156094	167958
Febrero	162366	183824	188582
Marzo	189818	225154	194685
Abril	189043	208859	202401
Mayo	174710	215569	206439
Junio	78401	227169	222575
Julio	0	252133	232554
Agosto	237672	177902	236228
Septiembre	214230	229600	232137
Octubre	217774	224095	245444
Noviembre	189036	203908	252608
Diciembre	130864	145455	263457

✓ Vapor consumido en la planta.

En la tabla siete se presenta el vapor consumido por la planta por cada mes esto se expresara en toneladas vapor:

Tabla 4: Consumo de vapor por la planta [3]

Vapor consumido			
Mes	Año 2012	Año 2013	Año 2014
	TN/MES	TN/MES	TN/MES
Enero	10069	7394	9489
Febrero	9500	9416	10481
Marzo	9390	12169	11062
Abril	9293	11968	10316
Mayo	8090	12425	10944
Junio	11059	11809	12143
Julio	0	14456	12687
Agosto	12399	10045	12787
Septiembre	11797	12849	12396
Octubre	11129	12357	13447
Noviembre	9392	11573	12847
Diciembre	6146	8005	8545

1.2.4 Distribución del vapor dentro de la planta de producción.

El vapor generado por los calderos se distribuye a la planta para la vulcanización de las llantas dentro de las prensas que se encuentran distribuidas en las diferentes zanjas de la planta. La empresa cuenta con 8 zanjas en las cuales se encuentran 107 prensas distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 5: Distribución de las prensas en la planta

Nombre	Cantidad de prensas	Descripción
Zanja A	1 prensa en expansión	Se produce llanta radial ¹ aro 17
Zanja B	10 prensas	Se produce llantas bias ² aro 14, 15 y 16
Zanja C	10 prensas	Se produce llanta bias para camión
Zanja D	36 prensas	Se produce llantas radial aro 13 y 14
Zanja E	10 prensas	Se produce llantas radial aro 13, 15 y 16
Zanja F	12 prensas	Se produce llantas radial aro 14, 15 y 16
Zanja G	5 prensas	Se produce llantas radial aro 17
Zanja H	13 prensas	Se produce llanta radial para camión.

¹ Se llama construcción **RADIAL** por que las cuerdas forman radios desde el centro de la llanta hacia las pestañas.

² El termino **BIAS** significa inclinación, entonces este tipo de construcción hace relación a el ángulo de trayectoria de la cuerda de nylon en el centro línea de la llanta curada; es el parámetro predominante que afecta la forma y contorno de la llanta.

1.2.5 Análisis de los calderos

Para el análisis de la situación de los calderos primero se tiene en cuenta el informe presentado por la empresa NALCO³, la misma que realizó la inspección de los calderos de marca VIESSMANN en los años 2012 y 2013, de dicho informe se tomara en cuenta ciertos datos relevantes y para el informe del año 2014 la inspección fue realizada por los autores del presente trabajo.



CALDERO 1.

Se indica que a tres semanas de entrar en operación el caldero, se realiza la primera inspección del mismo (marzo del año 2012) y se observa que existe un ensuciamiento en gran escala.

El 3 de diciembre del 2012 se detecta una contaminación con bunker, en el agua de alimentación y condensado, debido a una perforación en uno de los tubos del calentador de bunker, lo cual ocasiono que el condensado se mezcle con el bunker.

Se realiza la inspección en el lado del agua, el caldero se encontró en mejores condiciones respecto a lo que se pudo observar en la inspección inicial, en esta última inspección se observó que el principal problema fue la adhesión de hidrocarburo en las paredes del caldero ocasionado por la contaminación del agua de alimentación con bunker, igualmente algunos tramos de los tubos presentaron esta contaminación sobre su superficie.

Las paredes se encuentran con menor presencia de residuo de hierro en comparación a lo encontrado a inicios del año 2012, como se puede apreciar en las siguientes fotografías.

Se aprecia dos partes bien definidas en la pared del caldero, existe una línea bien definida que separa la cámara de agua de la cámara de vapor, lo que muestra un buen control de nivel de agua dentro de la cámara de agua.

³ **NALCO:** es la empresa encargada de distribuir los químicos que se utilizan en los diferentes procesos de la producción de vapor.

En la parte inferior se observó los tubos limpios a pesar de que se sabe que en esta zona se recolecta los lodos de la caldera, se pudo distinguir que las tuberías se encuentran en condiciones óptimas. En el fondo se encontró hidrocarburo adherido a la pared de los calderos, los mismos que fueron extraídos manualmente.



Figura 2: Parte inferior del hogar del caldero 1

Las consecuencias de existir material hidrocarburihero adherido en las paredes y superficies del caldero constituyen una situación peligrosa. El hidrocarburo es un excelente aislante del calor y su presencia sobre las superficies expuestas a altas temperaturas puede producir serios sobrecalentamientos y daños al caldero.

Acciones correctivas en el caldero correspondientes al año 2012.

En base al informe entregado por parte de la empresa NALCO, se procede a realizar las siguientes acciones correctivas con el personal de mantenimiento del departamento de casa de fuerzas.

- ✓ Se desarma el quemador y se retira el atomizador.
- ✓ Se desarma el atomizador, se procede a limpiarlo, al igual se limpian las bujías de encendido.
- ✓ Se desarman las válvulas de purga de fondo del caldero, se cambian estoperos de la válvula, se realiza el asentamiento de la válvula.

- ✓ Se abre la compuerta de gases del caldero para que la empresa TRATAAGUAS⁴ realice la desollinización de los tubos (baqueteado de los tubos).
- ✓ Se des carboniza el deflector de llama del caldero.
- ✓ Se retiran sensores de nivel de agua dentro del domo del caldero, se los limpian.
- ✓ Se procede a desmontar el sensor de conductividad, se encuentra con una gran acumulación de lodos, se realiza limpieza.
- ✓ Se realiza el cambio de rodamientos del motor del ventilador de tiro forzado.
- ✓ Se lava y se vuelve a lacar el estator del motor.

De acuerdo a los registros de mantenimiento del caldero, el mismo ingresa a mantenimiento nuevamente en diciembre del 2013, se tomaran los datos relevantes del informe presentado por la empresa NALCO.

En el lado del agua del caldero se constata la ausencia total del bunker en la inter-fase agua-vapor (la contaminación se dio a finales del 2012). Se evidencia una línea regular y continúa del agua, lo que indica niveles estables de agua de la caldera durante la operación. También se observa que las paredes de las dos fases se encuentran más limpias y pasivadas, sin embargo aún se observa presencia de hierro férrico combinado con magnetita, en especial en la fase de vapor.

También se observa la ausencia de restos de bunker en la línea de inter-fase de los espejos (anterior y posterior). De igual manera las superficies del espejo correspondiente a la fase agua se observan limpias y con una mayor pasivación de la metalurgia, mientras que en la superficie de la fase vapor también se observa pasivación de la metalurgia con una menor presencia de polvillo de hierro de fácil remoción cubriendo la superficie.

En la sección de los tubos y el domo del hogar de la llama se observa pasivación, no se encontró incrustaciones asociadas a sales de calcio-magnesio y sílice.

La bandeja del purificador se halló completamente limpia de residuos de bunker, también se aprecia menos presencia de polvillo de hierro adherida a la superficie del domo y

⁴ **Trataaguas:** empresa que se dedica a la producción de agua clarificada y ozmotizada para los calderos VIESSMANN de la empresa Continental.

bandeja purificadora de vapor. Se pudo constatar en esta inspección la ausencia de residuos de bunker en los sitios en donde era muy evidente la contaminación en la inspección pasada.

Se halló una menor presencia de limallas y polvillos de hierro en las superficies y tubos de la caldera en comparación con la primera inspección. En las superficies de la cámara de vapor se observa que ha disminuido la presencia de hierro férrico y las paredes se hallan en su mayoría pasivadas. No se observan incrustaciones de ningún tipo, tampoco corrosión localizada debido al oxígeno disuelto. Se encuentra una gran cantidad de hollín depositada en el economizador y el colector de la chimenea. No se observa depósitos duros en los tubos por el lado de la llama.

Acciones correctivas en el caldero correspondientes al año 2013.

Con las recomendaciones del informe presentado por la empresa NALCO, se procede a realizar el mantenimiento con el personal del departamento casa de fuerzas, el mantenimiento se da teniendo en cuenta las recomendaciones que estos realizan.

- ✓ Se realiza la desollinización de los tubos.
- ✓ Desmontaje de las válvulas de purga de fondo manual y automático, se realiza asentamiento con pasta de esmeril, se construye empaques con cordón grafitado.
- ✓ Se retira tapas del domo de vapor, se cambian los empaques de estas tapas por empaques originales de la VIESSMANN.
- ✓ Se retira válvula de seguridad y al desmontar se observa canales producidas por fuga de vapor en la misma, se asienta con pasta de esmeril.
- ✓ Limpieza del visor de llama.
- ✓ Limpieza del difusor de llama, se encuentra con hollín solidificado.
- ✓ Limpieza de las bujías de encendido se encuentran en buen estado y con la calibración dentro de los rangos establecidos. El cable de las bujías no se le cambia continua el mismo cable.
- ✓ En las puertas laterales se reemplaza el cordón de lana de vidrio de 1 ¼” por uno nuevo.
- ✓ Se cambia los rodillos del motor del ventilador de tiro forzado del caldero.

- ✓ Reemplazan el visor de nivel de agua del domo por presentar desgaste en el vidrio prismático.
- ✓ Se desmonta sensores de conductividad encontrándose con gran cantidad de lodo, se limpia y se coloca con empaques de grafito.
- ✓ En los quemadores se realiza limpieza, y se realiza un reajuste de cañerías y cables.
- ✓ Se chequea conexiones de los pre-calentadores.

El último registro de mantenimiento del caldero se da en diciembre del 2014 y esta inspección es desarrollada con el equipo de mantenimiento del departamento casa de fuerza, en el mismo que formamos parte los autores de esta tesis.

Se observa que las superficies de los tubos se encuentran limpias y libres de incrustaciones severas que se deba tomar en cuenta. El nivel del agua dentro del domo presenta una línea muy regular en todo su trayecto lo que indica un excelente control del nivel de agua dentro de este. Las paredes del hogar del caldero se encuentran limpias.

En las fotografías de esta sección del caldero se puede observar que existe una pequeña capa de polvo blanco lo cual demuestra la existencia de calcio en el agua de alimentación del caldero lo que podría llevar a un futuro a tener posibles incrustaciones en esta sección. No se observa ningún tipo de corrosión a lo largo de los tubos.

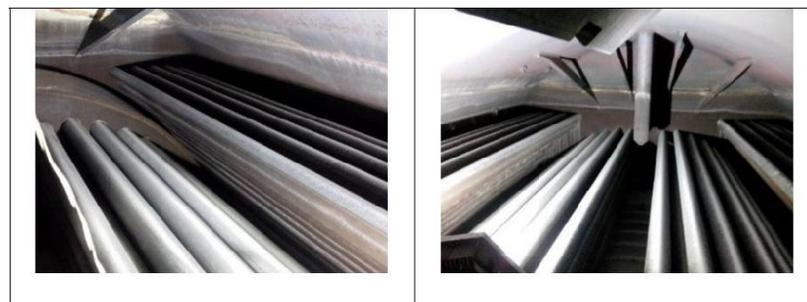


Figura 3: Banco de tubos del caldero 1 (2014)

Se pudo observar que el refractario del atomizador en el caldero se encuentra en muy mal estado. Las boquillas del atomizador se encuentran con una pequeña acumulación de bunker, las bujías de encendido del caldero se encuentran deterioradas. Los tubos de humo se encuentran con exceso de suciedad, los mismos que en el interior contienen

incrustaciones que forman un segundo espesor. En la chimenea de escape de humos de los calderos se encuentran con una gran cantidad de hollín. El hogar de la llama se encuentra sucio, este ensuciamiento es muy común en esta parte del caldero.

Tabla 6: Componentes que se inspeccionaron en el 2014 del caldero 1

ZONA	CALDERO 1	ZONA	CALDERO 1
Camara de la llama		Tubos del lado de la llama	
Refractario del reflector de las boquillas de combustión		Tubos del lado de la llama luego de limpiarlos	

Acciones correctivas en el caldero correspondientes al año 2014.

Con las recomendaciones realizadas en el informe realizado por los autores de este trabajo y conjuntamente con el personal de mantenimiento del departamento casa de fuerzas se procede a realizar el siguiente mantenimiento.

- ✓ En la válvula de seguridad del caldero se realiza un mantenimiento en el mismo que consiste en el realizar el asentamiento de la válvula.
- ✓ Se cambia la válvula de purga de fondo.
- ✓ Se desarma la bomba B10-1 de alimentación de bunker al caldero a la misma que se procede a dar el mantenimiento correspondiente, en el que se procede a hacer el cambio de rodamientos de la bomba, el sello mecánico no presenta daño por ende no se lo cambia.
- ✓ Se cambian los rodamientos de los motores de las bombas de alimentación de bunker al caldero (B10-1, B10-2).

- ✓ Se realiza un lavado con agua a presión de los tubos por el lado del agua.
- ✓ Se retiran los sensores de conductividad, estos se encuentran con una gran acumulación de lodos; también se presenta en la parte inferior del electrodo incrustaciones las mismas que fue muy difícil de retirarlas, el retiro de estas incrustaciones se lo realizó con un cepillo de acero.
- ✓ Se retira deflector de la llama y se procede a realizar la limpieza del mismo.
- ✓ Se cambian los empaques de las tapas posterior y frontal del caldero, se colocó un cordón de manta cerámica.
- ✓ Se reemplaza cables y bujías de encendido del caldero, la reposición se la realiza por estar en mal estado los mismos.
- ✓ Se cambian empaques de las tapas de ingreso a la cámara de agua.
- ✓ Se realiza el baqueteado de los tubos por el lado de los humos, la limpieza de estos presenta inconvenientes debido a que estos se encuentra con demasiadas incrustaciones.

✓ **CALDERO 2.**

Se indica que a tres semanas de entrar en operación el caldero, se realiza la primera inspección del caldero (marzo del año 2012), se observa que existe un ensuciamiento en gran escala.

El 3 de diciembre del 2012 se detecta una contaminación con bunker tanto del agua del caldero, así como del agua de alimentación y condensado, debido a una perforación en uno de los tubos del calentador de bunker, lo cual ocasiono que el condensado se mezcle con el bunker.

Se realiza la inspección en el lado del agua, el caldero se encontró en mejores condiciones respecto a lo que se pudo observar la inspección inicial, en esta última inspección se observó que el principal problema fue la adhesión de hidrocarburo en las paredes del caldero ocasionado por la contaminación del agua de alimentación con bunker, igualmente algunos tramos de los tubos presentaron dicho material sobre su superficie, se pudo notar que este caldero presento un mayor grado de agregación de material hidrocarbúfero, por

lo cual es necesario realizar un lavado alcalino con el propósito de desprender dicho material adherido tanto en la pared como en los tubos de los calderos.

Las paredes se encuentran con menor presencia de residuo de hierro en comparación a lo encontrado a inicios del año 2012.

Se aprecia dos partes bien definidas en la pared del caldero, existe una línea bien especificada que separa la cámara de agua de la cámara de vapor, lo que muestra un buen control de nivel.

En la parte inferior se observó los tubos limpios a pesar de que se sabe que en esta zona se recolecta los lodos de la caldera, se pudo distinguir que las tuberías se encuentran en condiciones óptimas. En el fondo se encontró hidrocarburo adherido a la pared de los calderos, los mismos que fueron extraídos manualmente.

Las consecuencias de que en las paredes y superficies del caldero se encuentre adherido material hidrocarburofero constituyen una situación peligrosa. El hidrocarburo es un excelente aislante del calor y su presencia sobre las superficies expuestas a altas temperaturas puede producir serios sobrecalentamientos y daños al caldero.

Acciones correctivas en el caldero correspondiente al año 2012

Teniendo en consideración las recomendaciones realizadas por la empresa NALCO, en su informe luego de realizado la inspección a los calderos el equipo mantenimiento del departamento casa de fuerza realiza los siguientes correctivos.

- ✓ Se desarma el quemador y se retira el atomizador.
- ✓ Se desarma el atomizador, se procede a limpiarlo, al igual se limpian las bujías de encendido.
- ✓ Se desarman las válvulas de purga de fondo del caldero, se cambian estoperos de la válvula, se realiza el asentamiento de la válvula.
- ✓ Se abre la compuerta de gases del caldero para que la empresa TRATAAGUAS realice la limpieza de los tubos (baqueteado de los tupos por el lado de la llama).

- ✓ Se des carboniza el deflector de llama del caldero.
- ✓ Se retiran sensores de nivel de agua dentro del domo del caldero, se los limpian.
- ✓ Se procede a desmontar el sensor de conductividad, se encuentra con una gran acumulación de lodos, se realiza limpieza.
- ✓ Se realiza el cambio de rodamientos del motor del ventilador de tiro forzado.
- ✓ Se lava y se realiza la corrección de la laca aislante del estator del motor del ventilador de tiro forzado.

De acuerdo a los registros de mantenimiento del caldero el mismo ingresa a mantenimiento nuevamente en diciembre del 2013, se tomaran los datos relevantes del informe presentado por la empresa NALCO.

En el lado del agua del caldero se constata la ausencia total del bunker en la inter-fase agua-vapor (la contaminación se dio a finales del 2012). Se evidencia una línea regular y continúa del agua, lo que indica niveles estables de agua de la caldera durante la operación. También se observa que las paredes de las dos fases se encuentran más limpias y pasivadas, sin embargo aún se observa presencia de hierro férrico combinado con magnetita, en especial en la fase de vapor.

Las superficies del espejo correspondiente a la fase agua se observan limpias y con una mayor pasivación de la metalurgia, mientras que en la superficie de la fase vapor también se observa pasivación de la metalurgia con una menor presencia de polvillo de hierro de fácil remoción cubriendo la superficie.

Se evidencia pasivación de los tubos y del domo del hogar, no se encontró incrustaciones asociadas a sales de calcio-magnesio y sílice. El ensuciamiento asociadas a limalla y de polvillos encontrados en la primera inspección anual han disminuido.

La bandeja del purificador de vapor se halló completamente limpia de residuos de bunker, también se aprecia menos presencia de polvillo de hierro adherida a la superficie de la

bandeja. Se pudo constatar en esta inspección la ausencia de residuos de bunker en los sitios en donde era muy evidente en la inspección pasada.

Se halló una menor presencia de limallas y polvillos de hierro en las superficies y tubos de la caldera que en la primera inspección. En las superficies de la cámara de vapor se observa que ha disminuido la presencia de hierro férrico y las paredes se hallan en su mayoría pasivadas.

No se observan incrustaciones de ningún tipo, tampoco corrosión localizada debido al oxígeno disuelto.

Se encuentra una gran cantidad de hollín depositada en el economizador y el colector de la chimenea. No se observa depósitos duros en los tubos por el lado de la llama

Acciones correctivas en el caldero correspondientes al año 2013

Con el equipo de mantenimiento del departamento casa de fuerzas se procede a dar las acciones correctivas al caldero, teniendo presente las sugerencias que realiza en su informe la empresa NALCO.

- ✓ Se realiza el baqueteado de los tubos por el lado de la llama.
- ✓ Se procede a realizar el desmontaje de la válvula de purga de fondo, tanto manual como la automática, se realiza asentamiento con pasta de esmeril, se construye estoperos de cordón grafitado.
- ✓ Se retira tapa del domo de vapor, se cambian los empaques de estas tapas por los originales de la VIESSMANN.
- ✓ Se retira válvula de seguridad y al desmontar se observa un desgaste en el asiento de la misma el cual pudo ser producido por fuga de vapor, se realiza el asentamiento con pasta de esmeril.
- ✓ Limpieza del visor de llama.
- ✓ Limpieza del difusor de llama, se encuentra con hollín solidificado.

- ✓ Limpieza de las bujías de encendido las mismas que se encuentran en buen estado y con la calibración dentro de los rangos establecidos. Dentro del informe hacen referencia que en este caldero no se reemplaza el cable de bujías.
- ✓ En la puerta tanto frontal como posterior se cambia el cordón de lana de vidrio de 1¼". Se menciona que en este caldero no se realiza el reemplazo completo de este cordón, el reemplazo únicamente es realizado en los tramos que presentan mayor deterioro.
- ✓ Se cambia los rodillos del motor del ventilador de tiro forzado del caldero.
- ✓ Proceden a realizar la limpieza de los vidrio del visor de agua dentro del domo del caldero.
- ✓ Se desmonta sensores de conductividad encontrándose con gran cantidad de lodo, se limpia y se coloca con empaques de grafito.
- ✓ En los quemadores se realiza limpieza, y se realiza un reajuste de cañerías y cables.
- ✓ Se chequea conexiones de los pre-calentadores.

El último mantenimiento del caldero se registra en diciembre del 2014 y esta inspección es desarrollada con el equipo de mantenimiento del departamento de casa de fuerza en conjunto con los autores de esta tesis.

Se observa que las superficies de los tubos se encuentran limpias y libres de incrustaciones severas que se deba tomar en cuenta. El nivel del agua dentro del domo presenta una línea muy regular en todo su trayecto lo que indica un excelente control del nivel de agua dentro de este. Las paredes del hogar del caldero se encuentran limpias.

Las boquillas del atomizador se encuentra con una pequeña acumulación de bunker, los cables de las bujías de encendido del caldero se encuentra rotas. Los tubos de humo se encuentran demasiado sucios, los mismo que en el interior contienen incrustaciones las misma que forman un segundo espesor. En la chimenea de escape de humos de los calderos se encuentran con una gran cantidad de hollín.



Figura 4: Banco de tubos del caldero 2 (mantenimiento del 2014)

Mantenimiento correctivo y preventivo realizado en los calderos VIESSMANN 1 y 2 en diciembre del 2014.

- ✓ Se realiza el remplazo de la válvula de seguridad de este caldero debido a que se encuentra roto el resorte de esta válvula.
- ✓ En las válvulas de purga de fondo manual y automática se procede a realizar el asentamiento con pasta de esmeril.
- ✓ Se desarma la bomba B10- 4 de alimentación de bunker a los calderos, se le da el mantenimiento correspondiente el mismo que consiste en el cambio de rodamiento de la bomba el sello mecánico no presenta daño por tal motivo no se lo remplaza por uno nuevo.
- ✓ Se cambian rodamientos de los motores de las bombas de alimentación de bunker al caldero (B10-3 y B10-4)
- ✓ Se realiza un lavado de los tubos por el lado del agua este lavado se lo hace con agua a presión.
- ✓ Se retiran los sensores de conductividad del caldero se encuentran con una gran acumulación de lodos, también se evidencia en la parte inferior del electrodo incrustaciones las mismas, que fueron muy difícil de retirarlas; la extracción de estas incrustaciones se las realizo con un cepillo de acero.
- ✓ Se cambia el visor de nivel de agua del domo.
- ✓ Se retira el deflector de llama del caldero y se le realiza la limpieza correspondiente.
- ✓ Se cambian los empaques de la tapa posterior y frontal del caldero en este caldero se lo reemplaza con cordón de lana de vidrio
- ✓ Se repara refractario de la puerta posterior del caldero.

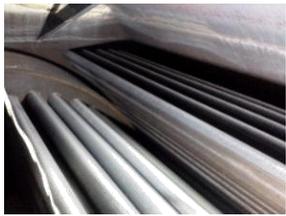
- ✓ Se reemplaza cables y bujías de encendido del caldero.
- ✓ Se cambia servomotor auxiliar del caldero.
- ✓ Se cambian empaques de las tapas de ingreso a la cámara de agua de los calderos.
- ✓ Se realiza el baqueteado de los tubos del caldero por el lado de los humos, la limpieza de estos se los hace con dificultad debido a que estos se encuentra con demasiadas incrustaciones.

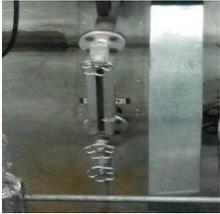
Tabla 7: Inspección de los componentes del caldero 2 en el año 2014

ZONA	CALDERO 2	ZONA	CALDERO 2
Cámara de la llama		Tubos de fuego	
Refractario del deflector de las boquillas de combustión		Tubos de fuego luego de la limpieza	

1.3 Diagnóstico de la situación actual de los calderos.

Tabla 8: Inspección de los componentes del caldero 2 en el año 2014

CALDEROS VISSMANN SITUACIÓN ACTUAL			
Fecha de la última inspección: Diciembre del 2014			
Nº	Foto y designación del elemento	Ultima intervención en el 2014	Diagnóstico del elemento
CÁMARA DE COMBUSTIÓN DEL CALDERO 1			
1	Haz de tubos 	<ul style="list-style-type: none"> - Lavado con agua a presión por el lado del agua. - Por el lado de la llama baqueteado de los tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> - En el lado del agua no existe incrustaciones. - Por el lado de la llama existe un excesivo grado de incrustaciones.

2	<p>Tapas del hogar</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza del hollín acumulado, se cambian empaques. 	<ul style="list-style-type: none"> - En el refractario existe salpicaduras de bunker.
3	<p>Espejo posterior y frontal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza del hollín acumulado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentran con demasiada acumulación de hollín.
4	<p>Sensores de nivel de agua.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza y reajuste de la rosca del sensor en el flansh. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen fugas de vapor por el flansh, de igual manera por la rosca de los sensores, hay acumulación de lodos en la parte inferior del electrodo.
5	<p>Visor de nivel de agua.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuera de servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esta fuera de servicio por presentar fuga de vapor.
6	<p>Válvula de seguridad.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento con pasta de esmeril. 	<ul style="list-style-type: none"> - Está trabajando, pero existe desgaste en la base de sellado de la válvula.

7	<p>Sensor de conductividad.</p> 	<p>- Limpieza de los electrodos.</p>	<p>- Presenta una gran acumulación de lodos en la parte inferior del electrodo.</p>
8	<p>Manómetros.</p> 	<p>- No registra mantenimiento.</p>	<p>- Las presiones no son reales.</p>
9	<p>Válvula neumática para la purga de fondo.</p> 	<p>- Cambio de los estoperos del vástago, y se limpia el asiento.</p>	<p>- Presenta desgaste en el asiento, el mando neumático no sirve.</p>
10	<p>Válvula manual para la purga de fondo.</p> 	<p>- Cambio de válvula.</p>	<p>- Trabaja con normalidad, es nueva esta válvula.</p>
CÁMARA DE COMBUSTIÓN DEL CALDERO 2			
11	<p>Haz de tubos</p> 	<p>- Lavado con agua a presión en la cámara de agua. - Por el lado de la llama baqueteado de los tubos.</p>	<p>- En el lado del agua no existe incrustaciones. - Por el lado de la llama existe un excesivo grado de incrustaciones</p>

12	<p>Espejo posterior y frontal</p> 	<p>- Limpieza del hollín acumulado.</p>	<p>- Se encuentran con demasiada acumulación de hollín.</p>
13	<p>Sensores de nivel de agua.</p> 	<p>- Cambio del sensor.</p>	<p>- Hay acumulación de lodos en la parte inferior del electrodo</p>
14	<p>Visor de nivel de agua.</p> 	<p>- Cambio del visor.</p>	<p>- Se encuentra trabajando con normalidad.</p>
15	<p>Válvula de seguridad.</p> 	<p>- Cambio de la válvula.</p>	<p>- Está funcionando con normalidad, fue reemplazada recientemente.</p>
16	<p>Manómetros.</p> 	<p>- No registra mantenimiento.</p>	<p>- Las presiones no son reales.</p>

17	<p>Válvula manual para la purga de fondo.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los estoperos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe desgaste en el asiento de la válvula.
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA			
18	<p>Planta de tratamiento de aguas por osmosis inversa.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los rodamientos del motor de la bomba de agua ozmotizada. - No registra mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las membranas es el principal elemento de esta planta las mismas que se encuentran saturadas.
19	<p>Tanque de almacenamiento de agua ozmotizada.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrección de la pintura exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se observa corrosión por la parte exterior, no existen fugas.
20	<p>Bombas de alimentación de agua al desaireador.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los rodamientos del motor y bomba. - Reemplazo del sello mecánico de la bomba, retenedores, cambio de eje de la bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentran trabajando, existe demasiada vibración.

21	<p>Valvulas check a la salida de las bombas de alimentacion de agua al desaireador.</p> 	<p>- Limpieza del eje y compuerta de la válvula.</p>	<p>- Se encuentran trabajando pero no existe un buen sellado por parte de la compuerta.</p>
22	<p>Válvula manual.</p> 	<p>- No registra mantenimiento</p>	<p>- Se encuentra con un ligero ensuciamiento, lo que ayuda a que la válvula presente un ligero endurecimiento tanto al cerrar y abrir.</p>
23	<p>Válvula neumática para el control automático de ingreso de agua.</p> 	<p>- No registra mantenimiento.</p>	<p>- Trabaja con normalidad, existe corrosión, el control electrónico está deteriorado.</p>
24	<p>Válvulas manuales para del by pass.</p> 	<p>- No registra mantenimiento.</p>	<p>- Se encuentran sucias, también existe corrosión en el vástago de la válvula.</p>
25	<p>Desaireador de los calderos.</p> 	<p>- Cambio de los estoperos de las válvulas de control de este elemento, asentamiento de las válvulas, limpieza y cambio de los empaques de los visores de nivel.</p>	<p>- En general se encuentra funcionando, se evidencia corrosión en las válvulas de control, existe desgaste en los vidrios del visor de nivel de agua.</p>

26	<p>Válvula manual a la salida del desaireador.</p> 	<p>- No registra mantenimiento.</p>	<p>- Presenta oxido en el vástago, y presenta un endurecimiento en el vástago al cerrar y abrir la válvula.</p>
27	<p>Filtro de agua de la bomba de alimentación de agua a los calderos.</p> 	<p>- Limpieza semanal del filtro.</p>	<p>- Se encuentra con una gran acumulación de sedimentos.</p>
28	<p>Bombas de alimentación de agua a los calderos.</p> 	<p>- Cambio de los rodamientos del motor, cambio semanal del aceite de las chumaceras, cambió del “o” ring de cada una de las etapas, limpieza de todos sus elementos.</p>	<p>- Las etapas de la bomba presentan un desgaste, ensuciamiento, también se evidencia un rozamiento entre el impulsor y la carcasa.</p>
29	<p>Válvula check a la salida de la bomba de alimentación de agua a los calderos.</p> 	<p>- No registra mantenimiento.</p>	<p>- La válvula no sella correctamente el flujo de agua.</p>

30	<p>Válvula proporcional (controla el paso de agua a los calderos).</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazo de la cremallera de apertura y cierre de la válvula. 	<ul style="list-style-type: none"> - La cremallera de apertura y cierre de la válvula se encuentra deteriorada.
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE A LOS CALDEROS			
31	<p>Tanque de almacenamiento de bunker.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrección de la pintura exterior de los tres tanques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentra en buen estado la parte exterior, pero por el interior no se puede dar un pronóstico de su estado.
32	<p>Bombas de bunker (B9-1, B9-2)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los rodamientos de la bomba y del motor, cambio del aceite del reductor, reemplazo del sello mecánico de la bomba, cambio de retenedores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentra trabajando, pero presenta fugas de bunker por el sello mecánico.
33	<p>Bombas de bunker B9-3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de rodamientos de la bomba y del motor, cambio de aceite del reductor, reemplazo del sello mecánico de la bomba, cambio de los retenedores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esta bomba no trabaja muy seguido por ende presenta resecamiento en retenedores y sello mecánico lo que provoca que se deterioren estos elementos, lo que provocaría fugas de aceite y del mismo combustible.

34	<p>Bomba de bunker B9-4.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los rodamientos de la bomba y del motor, cambio de aceite del reductor, remplazo del sello mecánico de la bomba, cambio de los retenedores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esta bomba no trabaja muy seguido por ende presenta resecamiento en retenedores y sello mecánico lo que provoca que se deterioren estos elementos, lo que provocaría fugas de aceite y del mismo combustible.
35	<p>Filtros dúplex antes del ingreso de bunker al caldero.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza tres veces por semana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentran con exceso de suciedad.
36	<p>Filtros de bunker de las bombas de alimentación de bunker a los calderos.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza semanal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presentan suciedad, pero trabajan con normalidad.
37	<p>Bombas de alimentación de combustible a los calderos.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los rodamientos de los motores, inspección de los tornillos de las bombas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta un desgaste en los tornillos, el sello mecánico presenta una avería normal por el continuo trabajo
38	<p>Pre calentador de bunker.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cada caldero cuenta con dos precalentadores. - Remplazo del precalentador 1 por estar quemado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se encuentran funcionando con normalidad.

39	<p>Servomotor de combustible.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazo por uno nuevo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta fuga de combustible, se encuentra trabajando.
SISTEMA DE COMBUSTIÓN			
40	<p>Servomotor de aire.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio por un nuevo servomotor 	<ul style="list-style-type: none"> - Luego de un corto periodo de trabajo se quema.
41	<p>Bujías de encendido.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de las bujías y los cables de las mismas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Luego de un periodo corto de trabajo hay que reemplazar el cable de bujías por uno nuevo.
42	<p>Motor del ventilador de aire de tiro forzado.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de los rodamientos, limpieza y lacado del estator. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existe excesiva vibración.
43	<p>Ventilador de aire de tiro forzado.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Balanceo de este elemento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al igual que en el motor presenta una excesiva vibración.

44	<p>Foto célula.</p> 	<p>- Se revisan conexiones eléctricas y limpieza general.</p>	<p>- Por la vibración del quemador, existe un pequeño juego en su cavidad.</p>
45	<p>Ventilador de enfriamiento para los servomotores y la foto célula.</p> 	<p>- Cambio de los rodamientos, lavado y lacado del estator del motor.</p>	<p>- Existe un pequeño juego en los alojamientos de los rodamientos.</p>

Conclusiones:

- ✓ El control del mantenimiento no es el adecuado.
- ✓ No existe un historial detallado del mantenimiento de cada uno de los elementos del caldero.
- ✓ No existe un buen stock de repuestos.
- ✓ El mantenimiento que se realiza en el departamento es un mantenimiento correctivo y no preventivo.
- ✓ No existe procedimientos definidos para la realización del mantenimiento.
- ✓ No existe control del combustible de alimentación al caldero.
- ✓ No existe control del mantenimiento de las membranas de la planta de osmosis
- ✓ No existe un control rutinario para los manómetros
- ✓ No existe un plan de mantenimiento para accesorios (válvulas: manual, proporcionales, check, de compuerta, etc.)

CAPÍTULO II

**ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE
DEL MANTENIMIENTO DE CALDEROS
PIROTUBULARES**

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DEL MANTENIMIENTO DE CALDEROS PIROTUBULARES

La generación de calor y vapor con el mínimo consumo de energía y de la forma menos contaminante posible, así como la consecución de la máxima fiabilidad y disposición de servicio de las instalaciones son los requisitos fundamentales que deben cumplir las estaciones térmicas de grandes edificios e instalaciones industriales.



Figura 5: Caldero pirotubular

Un caldero piro tubular de agua sobrecalentada está diseñado para trabajar a temperaturas de impulsión admisibles superiores a 120°C y una presión de servicio admisible de 6 a 25 bares, un típico caldero para uso en sistemas centralizados de calefacción e instalaciones industriales. [2]

Un caldero es aquel en los que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en un recipiente atravesado por dichos tubos.

El vapor producido por los mismos suele tener un título de vapor cercano al 1, es decir, que el contenido de agua por unidad de masa es bajo (3%), no siendo necesario instalar equipos auxiliares complementarios.

2.1 Sistemas fundamentales del caldero

A continuación tenemos los componentes fundamentales que forman un caldero piro-tubular:

Tabla 9: Componentes del caldero piro-tubular

CAMARA DE COMBUSTIÓN DEL CALDERO			
Espejo frontal y posterior		Válvula de seguridad	
Haz de tubos		Válvula de purga de fondo	
Sensor de nivel de agua		Válvula anti retorno (check)	
Visor de nivel de agua del caldero		Válvula de globo (salida de vapor)	

Manómetros		Sensor de conductividad	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA AL CALDERO			
Máquina de tratamiento por osmosis inversa		Des aireador	
Tanque de almacenamiento		Bomba de alimentación	
Bomba de una etapa		Economizador	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE AL CALDERO			
Tanques de almacenamiento		Filtro dúplex	

Bomba de lóbulos		Bombas de tornillos	
Tubería de conducción de bunker		Calentador de bunker	
SISTEMA DE COMBUSTIÓN			
Servomotor		Atomizador	
Motor de tiro forzado		Controlador	

2.2 Análisis del mantenimiento de los componentes del caldero pirotubular

2.2.1 Cámara de combustión del caldero

También conocido como hogar del caldero es una bóveda o túnel localizada en su interior, en este se desarrolla la combustión producida por la mezcla de combustible, vapor de atomización y aire, toda la masa de gases calientes originada en el hogar son los que atraviesan el túnel de tubos transfiriendo por convección el mayor porcentaje de calor generado hacia el agua para transformarlo en vapor, el hogar es completamente hermético y cuidadosamente sellado con material refractario que

impide la existencia de fugas, la temperatura del hogar oscila entre los 900 °C y 1400 °C.

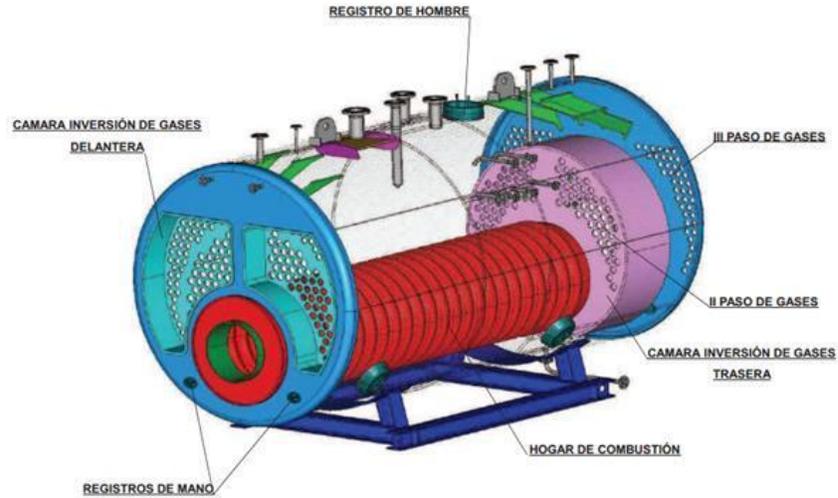


Figura 6: Esquema de caldero piro tubular [2]

2.2.1.1 Espejo frontal y posterior

Los espejos son tapas que lleva el cilindro llamado envolvente en cada uno de sus extremos, estas tapas están constituidas de muchos agujeros en donde van colocados los tubos del hogar.

Uno de los componentes principales de los espejos son los materiales no metálicos que poseen la propiedad de no deformarse o fundirse cuando se someten a la acción de temperaturas elevadas.

También deben resistir otras influencias destructivas como abrasión, presión, ataque químico y cambios bruscos de temperatura.



Figura 7: Espejo del caldero

Es por estas razones que se recomienda una vez al año cambiar los empaques de los espejos y verificar el estado del refractario.

En caso de que el refractario se encuentre con fisuras debemos corregir las mismas con un cemento de alta temperatura que sea de bajo contenido de cemento con resistencia de 3.200 °F. (1.760 °C.)[4]

Para la aplicación de este cemento es necesario un batido especial y un vibrado para su compactación, además el cemento debe cumplir estas dos especificaciones.

- ✓ muy bueno para la abrasión y desgaste
- ✓ Tener 81% de alúmina.

2.2.1.2 Haz de tubos

Son conjuntos formados por una cantidad variable de tubos, por los cuales circulan los gases de la combustión por su interior. Son los encargados de la transmisión por convección.

Necesariamente después de un ciclo de trabajo de un año se debe limpiar interiormente estos tubos (baqueteada) tanto del lado del agua como del lado de la llama, lo más recomendable es realizar esta limpieza con agua a presión de esta manera se evitará mayor desgaste del área de servicio de los tubos.[5]



Figura 8: Baqueteado de haz de tubos

2.2.1.3 Sensor de nivel de agua

Para lograr que un caudal de vapor coincida con los requisitos de la planta, se necesita un buen control de nivel de agua del caldero, los indicadores de nivel son propensos a

daños por la corrosión de los químicos del agua que ingresa al caldero y erosión durante la purga de fondo, especialmente en el lado del vapor.

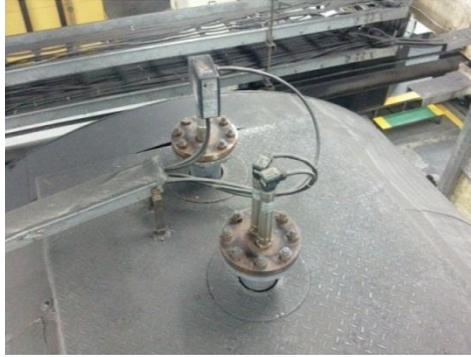


Figura 9: Sensor de nivel de agua

Si los pasos de vapor están estrangulados, se puede dar lecturas falsas del nivel real del agua, es por esta razón que el indicador de nivel debe renovarse en cada revisión anual. La falta de mantenimiento puede producir endureciendo de la estopada⁵ que bloquea la válvula de alimentación de agua lo que puede ocasionar que el hogar del caldero se quede sin agua.

2.2.1.4 Visor de nivel de agua del caldero

Por el simple hecho que el caldero trabaja a temperaturas que pueden llegar a los 1200 °C y presiones de 25 bares, es indispensable un requisito muy exigente para el cristal indicador de nivel de agua, este debe soportar tensiones termicas creciente por lo tanto el cuerpo del indicador debe ser estable y rígido.



Figura 10: Visor de nivel de agua

⁵ **Estopada:** Es una junta mecánica o empaquetadura de material adaptable que sirve para sellar bien las uniones entre caras mecánicas.

El cristal suelen perder transparencia debido a las condiciones del agua o por la corrosión. Por consiguiente, para garantizar la lectura del nivel de agua se debe realizar una limpieza trimestral con una solución a base de amoniaco.

2.2.1.5 Manómetros

El caldero posee varios manómetros que son indicadores de presión y temperatura de acuerdo a la función que estén realizando, estos tienen 150 mm de diámetro y son del tipo de tubo de bourdon, tienen marcado la presión de trabajo normal y la presión/diseño de trabajo máximo permisible.



Figura 11: Manómetro con sifón tipo R

Para comprobar que este accesorio brinde lecturas correctas, es fundamental que una vez al año se lo desmonte de su posición de trabajo y se lo envíe al laboratorio de metrología para su verificación. [6]

Para garantizar la visibilidad se recomienda trimestralmente realizar una limpieza del visor con una solución a base de amoniaco.

Este equipo al ser libre de mantenimiento y al trabajar bajo condiciones normales es decir que se encuentre bien dimensionado de acuerdo a la presión que va a sensar puede tener una vida útil de 7 años.

2.2.1.6 Válvula de seguridad

Uno de los accesorios importantes del caldero es la válvula de seguridad. Su función es proteger el cuerpo del caldero de sobrepresión y evitar que explote. Hay muchos tipos diferentes de válvulas de seguridad, todas deben cumplir el siguiente criterio. [7]

- La válvula de seguridad deberá dar salida a un caudal de vapor equivalente a la potencia térmica de la caldera.

- El rango de capacidad de descarga total de la válvula de seguridad debe estar dentro del 110% de la presión de diseño del caldero
- Debe haber un margen adecuado entre la presión normal de trabajo de la caldera y la tara de la válvula de seguridad.

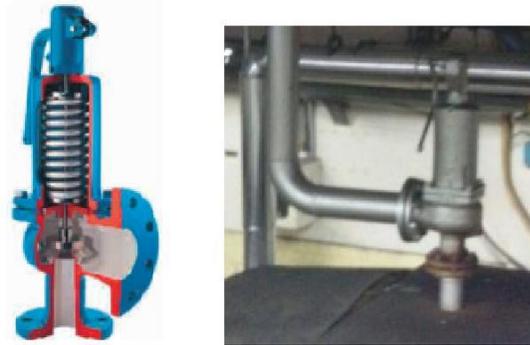


Figura 12: Válvula de seguridad de caldero

Es primordial que esta válvula sea chequeada mensualmente en busca de fugas o la existencia de algún ruido extraño, pero anualmente se la debe desmontar y verificar el estado de sus componentes interiores especialmente en el sistema de disparo es decir si se encontrara el resorte roto o el vástago deformado se debe reemplazar por una nueva.

2.2.1.7 Válvula de purga de fondo

Esta se limita a una válvula de corte, que permita sacar de manera brusca cierta cantidad de agua desde el fondo del caldero, llevándose con él parte del lodo e impurezas sólidas que se encuentran allí. Esta apertura se realiza cada 8 horas por un lapso de 5 segundos, es por esta razón que esta válvula tiene una vida útil de 10 años.

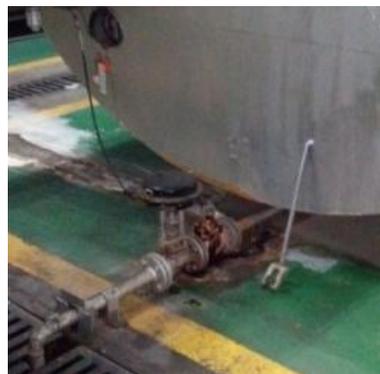


Figura 13: Válvula neumática y válvula manual para purgas de fondo

Por ser corto el período de trabajo de esta válvula es libre de mantenimiento, sin embargo es necesario trimestralmente realizar un chequeo visual de posibles fugas y mensualmente realizar una lubricación del vástago. [8]

2.2.1.8 Válvula anti-retorno (check)

Esta es una válvula de servicio unidireccional, la cual se abre por el efecto de la dirección del fluido y se cierra automáticamente, la función principal de esta válvula en el caldero es de evitar que el vapor regrese al hogar.



Figura 14: Válvula check instalada a la salida de vapor del caldero

El principal inconveniente que presenta este tipo de válvula son las fugas.

- ✓ Fugas tanto en la cubierta como en las juntas: Esto es generalmente debido a los pernos incorrectamente apretados de la cubierta.
- ✓ Fugas a través de los asientos: Esto es generalmente debido a que la superficie del asiento se encuentre con un desgaste o un disco que se encuentre desalineado pueden ser la causa de la fuga de vapor

Es por estas razones que trimestralmente se debe realizar una inspección visual del estado de la válvula en buscas de dichas fugas y una vez al año se debe desarmarla y verificar que no exista desgaste en el interior de esta.

2.2.1.9 Válvula de globo (salida de vapor)

El caldero tiene instalada una válvula de interrupción (también conocida como válvula de salida de vapor) esta es una válvula de globo en ángulo del modelo de husillo que aísla el caldero de vapor y su presión del proceso o la planta.



Figura 15: Esquema de una válvula de interrupción para caldero

Como mantenimiento preventivo es fundamental que se lubrique la rosca del vástago mensualmente, con el objetivo de evitar la corrosión del torque de operación además es importante chequear visualmente la presencia de fugas. [9]

Una vez al año se recomienda abrir esta válvula y reemplazar el sello de vástago para garantizar el funcionamiento normal de esta durante otro período de 365 días.

2.2.2 Sistema de alimentación de agua al caldero

El aseguramiento de la calidad del agua de alimentación al caldero se consigue cumpliendo con los requerimientos de las normas que definen los parámetros involucrados en el tratamiento del agua, para obtener este resultado este sistema está compuesto por varios equipos los cuales le da ciertas características al agua de alimentación del caldero.

2.2.2.1 Máquina de tratamiento por osmosis inversa

Esta máquina es la base para conseguir el equilibrio, cuando se ponen en contacto dos fluidos con diferentes concentraciones de sólidos disueltos se mezclarán hasta que la concentración sea uniforme.



Figura 16: Máquina de tratamiento de osmosis inversa

Esta máquina consta de las siguientes partes:

- ✓ Drive electrónico
- ✓ Manómetros
- ✓ Bomba
- ✓ Válvulas de globo
- ✓ Membranas

Dentro de esta máquina el aspecto más relévate es la membrana semipermeable que es aquella estructura que contiene poros, al igual que cualquier filtro, de tamaño molecular. El tamaño de los poros es tan minúsculo que no podría dejar atravesar un grano de azúcar.

Es por esta razón que es de suma importancia que una vez al año se limpie y pulverice la membrana con lo que alargamos la vida útil de la membrana y garantizamos el filtrado del agua.

Para este procedimiento de suma importancia se recomienda utilizar agua de buena calidad y sin cloro, lo más recomendable es utilizar agua permeada. [10]

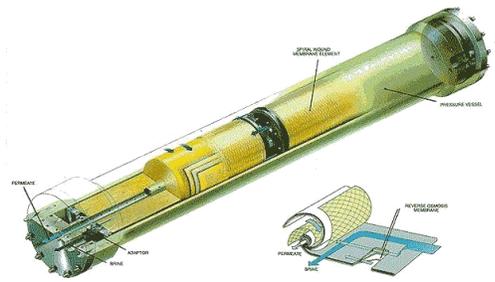


Figura 17: Membrana de tratamiento de osmosis inversa

2.2.2.2 Tanque de almacenamiento

Este tanque de almacenamiento de agua osmotizada está construido de acero inoxidable que cuenta con un volumen de almacenamiento de 42268 galones.



Figura 18: Tanque de almacenamiento de agua osmotizada

Este tanque es libre de mantenimiento sin embargo es necesario que una vez al año vaciar el tanque y realizar una inspección visual del interior de este con el fin de analizar el estado del interior en busca de posibles fisuras, en caso de que existiera una fisura se la debe sellar de inmediato con un equipo de soldadura TIG⁶.

Este tanque se encuentra a la intemperie por lo que es indispensable darle una capa de pintura cada año para así poder evitar la corrosión y oxido alargado de esta manera la vida útil de este equipo.

⁶ TIG: Tungsteno Inerte Gas

2.2.2.3 Bomba de una etapa

Se utiliza para succionar agua del tanque hacia el des-aireador, esta bomba centrífuga de un etapa también es conocida como roto-dinámica y es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. Esta bomba es ideal para bombear agua limpia sin sólidos abrasivos, tiene una capacidad de caudal constante por ende un elevado rendimiento.

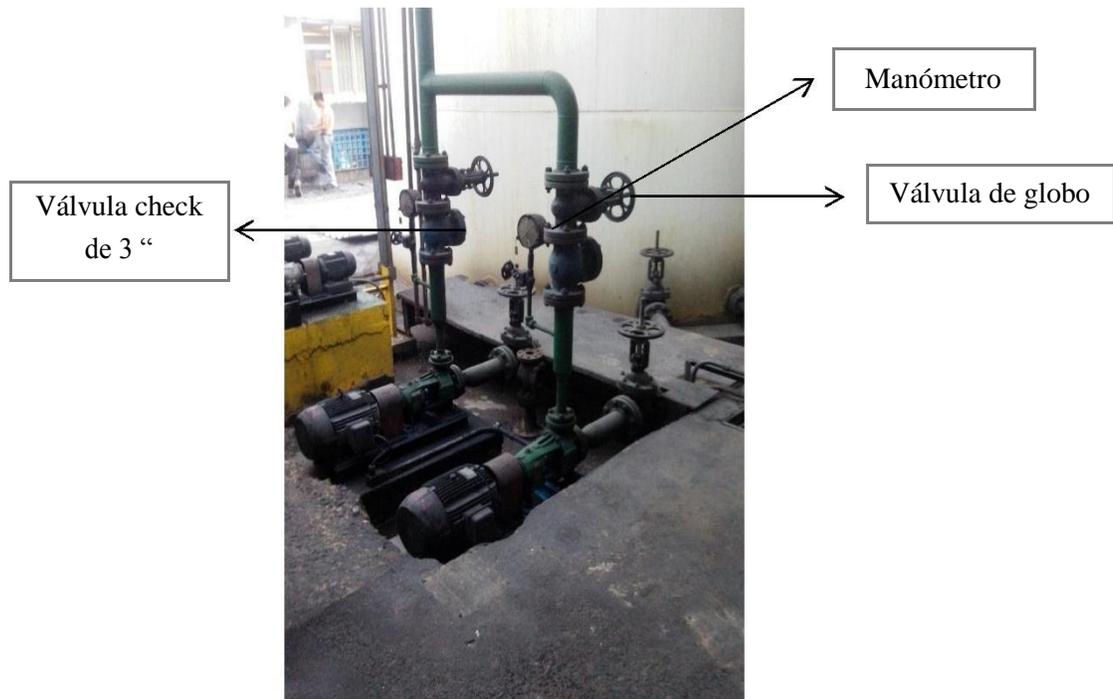


Figura 19: Bomba monoblock de una etapa

Esta bomba empieza a tener mal funcionamiento cuando existe un aumento en la temperatura en los rodamientos y cojines, esto se debe a dos motivos que son los siguientes:

1. Lubricación: siempre debe existir la cantidad de aceite adecuada en esta bomba, es por esto que es fundamental una vez al año reemplazar los retenedores para evitar pérdidas de aceite por fugas.[11]
2. Alineación: La unidad debe operar con un des-alineamiento máximo de 0,0003” un des-alineamiento mayor que sobrepase esta tolerancia puede

causar vibración, desgaste excesivo de los bujes de acoplamiento, cojinetes, entre otros. [10]

En el motor de la bomba una vez al año se debe cambiar los rodamientos y barnizar el devanado del motor.

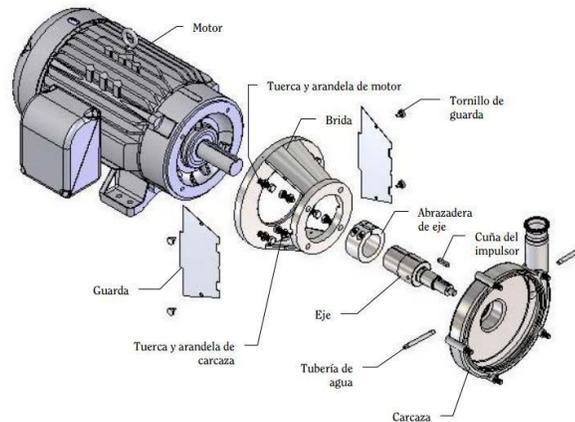


Figura 20: Bomba centrífuga [10]

La válvula check debe recibir el mismo mantenimiento descrito en el numeral 2.2.1.8 (Válvula anti retorno check), al igual que el proceso de mantenimiento para la válvula de globo se describe en el numeral 2.2.1.9 (Válvula de globo), finalmente la descripción y acciones a tomar con los manómetros se explica en el numeral 2.2.1.5 (Manómetros)

2.2.2.4 Desaireador

Este tiene como principal objetivo la retirada del aire que queda encerrado en la materia a procesar. Es aconsejable extraer el aire debido a que su presencia durante el tratamiento actuaría como una resistencia térmica adicional, absorbiendo una fracción de calor destinada al producto, disminuyendo de esta forma la eficacia del intercambio térmico. Por otra parte, la presencia de aire en la mezcla favorece la aparición de procesos de oxidación.



Figura 21: Desaireador

El des-aireador es prácticamente libre de mantenimiento, las partes internas en acero inoxidable garantizan larga vida, sin embargo tiene accesorios que obligadamente necesitan acciones de mantenimiento, dentro de estos el más relevante es la válvula de control de ingreso de agua.



Figura 22: Válvula de control de ingreso de agua

En esta válvula es indispensable que semanalmente se lubrique el vástago para garantizar su funcionamiento normal y una vez al año se debe desarmar, cambiar sellos mecánicos y estopero, además se debe limpiar y asentar sus partes internas con una pasta de esmeril, anualmente también se debe realizar el mantenimiento preventivo de las válvulas de globo y válvulas check que complementan este accesorio.

También es fundamental en el des aireador una limpieza trimestral de los visores de nivel, dicha acción se la debe realizar con una solución a base de amoníaco.

2.2.2.5 Bomba de alimentación

La alimentación de agua al caldero se realiza por medio de una bomba de 10 etapas por medio de impeler, esta es la responsable de garantizar un abastecimiento constante

para evitar que este se recaliente o explote, el control de encendido de la bomba se lo realiza con el sensor de nivel de agua que se encuentra montando en el caldero.

Los accesorios que acompañan a esta bomba son una válvula check en la descarga para evitar que el agua regrese a la bomba cuando esta se apague y dos válvulas de cierre, una a la entrada y otra a la salida de la bomba para poderla aislar si se necesita dar un mantenimiento a la misma.

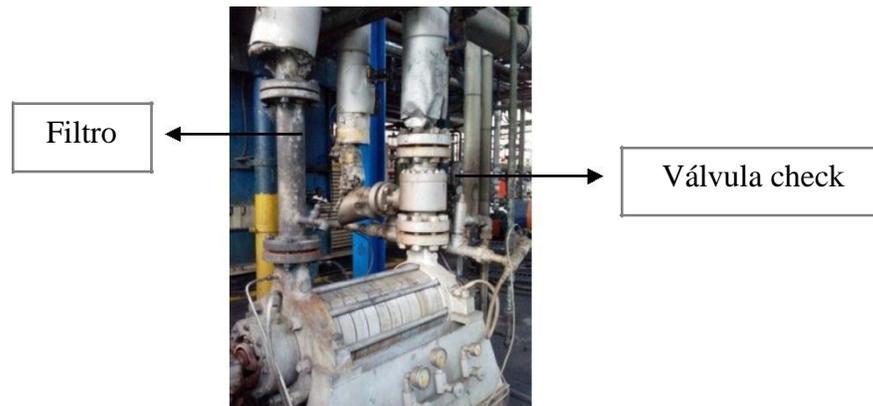


Figura 23: Filtro de ingreso de agua

Estas bombas requieren muy poco cuidado y mantenimiento; sin embargo, lo poco que se requiere es extremadamente importante. Las tareas de mantenimiento preventivo consisten principalmente en probar si hay fugas, lubricación y limpieza, esta actividad se la puede realizar una vez al año.

Pero es indispensable que el filtro de agua sea sometido a una limpieza semanal, esta limpieza se la puede realizar con agua a presión.

2.2.2.6 Economizador

Los economizadores son dispositivos que reducen drásticamente los costos de combustible, recuperando calor, y mejorando el rendimiento de la caldera. El corazón del economizador es el serpentín de tubos en forma de espiral. Estos tubos son soldados por arco de alta frecuencia, lo que garantiza una óptima transferencia de calor hacia el agua.



Figura 24: Sistema de control del economizador

El accesorio más relevante del economizador es la válvula de control ya que esta es la que regula el ingreso del agua, este procedimiento es automático puesto que esta válvula es accionada neumáticamente por un controlador electrónico.

Se recomienda una inspección anual de la válvula y el actuador, el principal problema de estas válvulas es el desgaste de las compuertas en este caso se recomienda rectificarlas con una pasta de pulir. [12]

2.2.3 Sistema de alimentación de combustible al caldero

Este caldero utiliza como combustible el bunker el mismo que debe ser pulverizado y atomizado antes de que pueda ser sometido al proceso de combustión. De la forma como se desarrolle esta operación dependerá el eficiente o ineficiente quemado del combustible seleccionado.

$$T. \text{ Combustible} = 90 \text{ C}$$

$$P. \text{ Atomización} = 12 \text{ PSI}$$

2.2.3.1 Tanques de almacenamiento

El tanque de almacenamiento de combustible residual debe permanecer en lo posible en condiciones ambientales normales, es decir, sin elementos de calentamiento que puedan acelerar el fenómeno de la estratificación. La presencia de un elemento calentador puede ocasionar cambios en las propiedades del combustible, esto no permite que se envíe al quemador un combustible homogéneo.



Figura 25: Tres tanque de almacenamiento de bunker

Estos elementos son libres de mantenimiento, pero el hecho de que se encuentren al aire libre es necesario darles una capa de pintura una vez al año, para evitar la oxidación y la corrosión.

2.2.3.2 Bomba de lóbulos para la alimentación de bunker al caldero

Las bombas de lóbulos están constituidas esencialmente por dos rotores o engranajes exteriores, de forma lobular encerrados en un cuerpo.

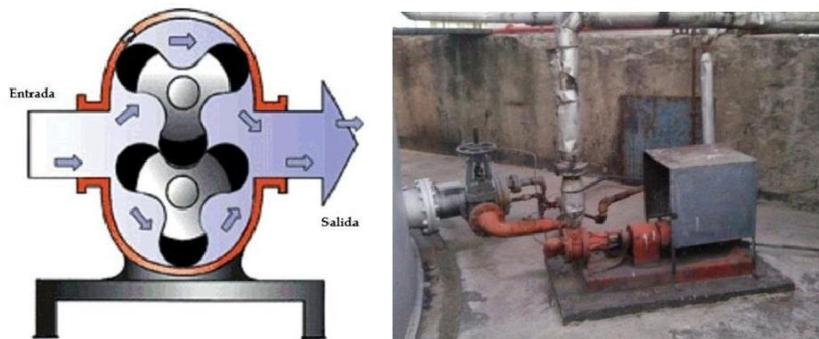


Figura 26: Bomba de lóbulos

Es muy importante inspeccionar visualmente el sello mecánico (retén) regularmente para ver si existen fugas, los rodamientos y engranajes son lubricados con aceite 15W40. El nivel del aceite deberá ser mantenido en el centro de la mirilla del lado de la caja de engranajes. El aceite deberá ser cambiado cada 4000 horas bajo condiciones normales y cada 2000 horas bajo condiciones severas es decir que trabajen durante tiempo prolongado sin parar.[13]

2.2.3.3 Tubería de conducción de bunker hacia el caldero

Las líneas de conducción del tanque de almacenamiento deberán tener un diámetro mínimo de 3 a 4 pulgadas. El tanque diario debe tener una temperatura entre los 40 y 60 grados centígrados. La temperatura del combustible en la boquilla debe estar entre los 80 y 90 grados centígrados.



Figura 27: Tubería de ingreso de bunker al caldero y tubería de

Esta tubería es otro accesorio que se encuentra libre de mantenimiento pero es fundamental que tenga un color de distinción para no confundirla por esta razón se recomienda dar una capa de pintura cada año y mensualmente es recomendable hacer una inspección general para chequear fugas.

2.2.3.4 Filtro dúplex

Este filtro siempre estará en funcionamiento ya que el fluido nunca se tendrá que suspender para limpiar las canastas, estos filtros son indispensables para proteger equipos del quemador evitando partículas que podrían dañarlos.



Figura 28: Filtro Dúplex

Existen dos filtros que funcionan en paralelo para facilitar el acceso a la canasta del filtro. La canasta cuenta con un mango que evita el contacto con los residuos, cuando se trabaja con bunker como elemento a ser filtrado, es recomendable limpiar este filtro tres veces por semana, esta acción es sumamente fácil y consiste en lavar y pulverizar los filtros con agua a presión para que puedan ser nuevamente reutilizados.

2.2.3.5 Bomba de tornillos

La bomba de tornillo es un tipo de bomba hidráulica considerada de desplazamiento positivo, que se diferencia de las habituales.

Esta bomba utiliza un tornillo helicoidal excéntrico que se mueve dentro de una camisa y hace fluir el líquido entre el tornillo y la camisa.

Es ideal para bombear fluidos viscosos, con altos contenidos de sólidos, que no necesiten removerse.



Figura 29: Bomba de tornillos

La bomba deberá lavarse y/o limpiarse a intervalos regulares de un año cuando el líquido transportado da lugar a incrustaciones (sedimentos).

Una vez al año es fundamental desarmar la bomba y reemplazar retenes y rodamientos tanto de la bomba como del motor.

Se debe reemplazar el aceite de esta bomba después de 5000 horas de trabajo aproximadamente cada 6 meses, dependiendo de la temperatura de trabajo se elige la viscosidad del aceite.

Tabla 10: Viscosidades de aceite a diferentes temperaturas

TEMPERATURA AMBIENTE	-125°C A 5°C	6°C A 40°C	MAS DE 40°C
TIPO DE ACEITE	SAE30	SAE40	SAE90

Después de esta bomba, existe un filtro de bunker el cual se recomienda limpiarlo semanalmente; este mantenimiento consiste en el lavado de cada uno de los filtros, se debe tener en cuenta que existen dos filtros para cada caldero.

2.2.3.6 Calentador de bunker

Para un buen proceso de combustión el bunker debe estar a una temperatura adecuada para asegurarse que la combustión ocurra bajo condiciones óptimas con lo cual garantizamos la reducción de los agentes contaminantes y aumentamos la eficiencia.



Figura 30: Calentador de bunker

A los calentadores se los considera como un dispositivo de seguridad que evita que el combustible llegue frío hacia el quemador del caldero. El calentador está dotado de un

termostato en el que se coloca la temperatura a la cual se desea que llegue el bunker (100°C)



Figura 31: Temperatura de ingreso de bunker (100°C)

En los calentadores de bunker no existe un mantenimiento definido puesto que cuando se quema la niquelina que proporciona el calor se debe reemplazarla de inmediato, con una exigencia de trabajo de 24 horas al día este accesorio tiene una vida útil de 6 meses aproximadamente.

2.2.4 Sistema de combustión

La combustión es una reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañado de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama. Este desprendimiento de energía se aprovecha en el caldero como una fuente de energía que se transforma en energía utilizable entonces se trata de encontrar un equilibrio entre el rendimiento y las emisiones contaminantes a través del control de la mezcla aire-combustible.



Figura 32: Quemador instalado en planta

El sistema de combustión consta de las siguientes partes:

2.2.4.1 Servomotor

En el quemador existen tres servomotores uno de combustible, uno de aire y un auxiliar, este dispositivo es muy importante para la mezcla aire combustible, este es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.

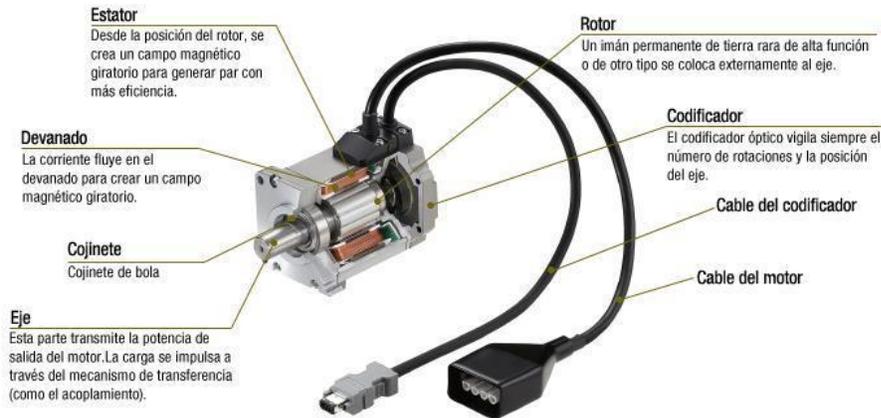


Figura 33: Servomotor [14]

Este componente es de suma importancia para la mezcla aire-combustible, es por eso que anualmente se debe realizar las siguientes operaciones. [14]

- ✓ Verificación de la taco-dinamo, conexiones, rizado, imanes estator (magnetización)
- ✓ Control de conectores y conexiones de la placa de bornes.
- ✓ Análisis de vibraciones, equilibrio del rotor.
- ✓ Control del par del freno.
- ✓ Limpieza de todas las piezas y accesorios del motor.
- ✓ Control de todas las partes mecánicas del motor, eje, chavetero, alojamiento de rodamientos, etc.
- ✓ Verificación del bobinado del rotor, si fuera necesario, impregnación con barniz.
- ✓ Cambio de rodamientos y juntas.



Figura 34: Servomotor

2.2.4.2 Equipo de tiro forzado

Este motor se encarga de la distribución de aire para la mezcla de la combustión.



Figura 35: Motor del ventilador de aire de tiro forzado para el caldero

El mantenimiento de los motores eléctricos constituye uno de los aspectos fundamentales para garantizar la óptima operatividad de los mismos, y por consiguiente, la confiabilidad del proceso productivo.

Los motores eléctricos están propensos a sufrir desgastes en sus componentes mecánicos, especialmente en los rodamientos o cojinetes.

El material aislante es otro componente aún más importante, ya que si éste falla la máquina puede quedar inutilizable. Las fallas en el aislamiento de las máquinas eléctricas son producidas por degradación del material aislante debido a fatigas mecánicas y eléctricas, contaminación, temperatura y humedad.

Es por estas razones que se recomienda que una vez al año se desarme el motor y se realice una limpieza total, cambiar los rodamientos y los cojinetes y una parte muy importante dar una capa de barniz al devanado del motor.

Un aspecto muy importante es que una vez al año se debe realizar un balanceo del ventilador de tiro forzado, con lo que garantizamos que no exista vibración en el quemador.

2.2.4.3 Atomizador

El atomizador es una unidad de tipo fluido-mecánico que cumple la función de permitir que el combustible que ingresa como una corriente fluida continua, se convierta en una niebla de pequeñas gotillas de diámetro variable.



Figura 36: Atomización

Las gotillas muy finas (orden de una micra o menos) se evaporan rápidamente, mientras que las gotillas de diámetro cercano a 100 micras o superiores tienen muchas dificultades para evaporarse.

El bunker contiene impurezas que se van depositando en los filtros de línea, latiguillos, bomba, en la boquilla etc. Con el tiempo la caldera deja de rendir al 100% y se produce un mal funcionamiento y deterioro de la misma.

Es recomendable, una vez al año, limpiar todos los elementos que estas impurezas puedan llegar a saturar y por lo tanto provocar un mal funcionamiento.

Con una brocha y si es posible con un aspirador iremos retirando todo el hollín que veamos. Es aconsejable colocarse una mascarilla para no inhalar el hollín.

El siguiente paso será desmontar el cañón de combustión para tener acceso al disco estabilizador, electrodos de encendido y la boquilla inyectora.

2.2.4.4 Controlador digital

Las principales características de un controlador digital son:

Controlador electrónico auto vigilado.

- ✓ Microprocesador duplicado redundante.
- ✓ Conexión directa de electroválvulas.
- ✓ Conexión directa de tantos presostatos como sean necesarios.
- ✓ Controlador electrónico digital multifuncional: doble micro, con funciones de programador, control de mezcla, control de estanqueidad, control de potencia y funcionamiento ininterrumpido TRD/72 horas.
- ✓ Sustituye al control de estanqueidad de electroválvulas de gas.

Otra de las características principales del control electrónico de la mezcla es que se dispone de un servomotor para cada elemento de ajuste de esta manera, se evitan las holguras mecánicas del sistema de levas y varillas de un quemador mecánico. [15]

Además, al quedar las posiciones de los servomotores grabadas en la memoria del controlador y del terminal de usuario, la sustitución de estos elementos es muy rápida, pudiendo volver a ajustar el quemador en un espacio de tiempo mucho más breve que en un quemador mecánico.

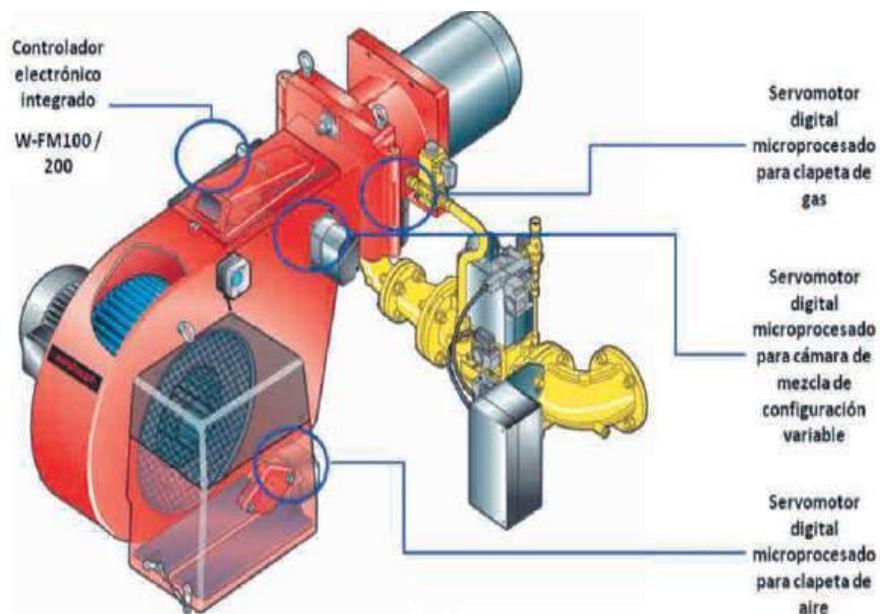


Figura 37: Quemador con controlador digital [17]

Una vez al año se debe se debe destapar el controlador y únicamente absorber el polvo que se encuentre el interior y aplicar un limpiador de contactos dieléctrico.

CAPÍTULO III

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

CAPÍTULOS III

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1 Introducción

El objetivo principal de este documento es aportar las pautas, recomendaciones y referencias que permitan a los técnicos dedicados a la organización, planificación y gestión de mantenimiento aplicar criterios comunes y procedimientos coherentes en la definición y configuración de los Planes de Mantenimiento Preventivo, enfocados con garantías de éxito.

La puesta en práctica de cualquier modalidad de mantenimiento se basa en la aplicación sistemática de métodos y procedimientos predefinidos en un Plan, por ello, para la definición de un Plan de Mantenimiento preventivo (PMP)⁷, nuestra primera recomendación es seguir también un procedimiento. En este capítulo, que constituye el núcleo del documento, se define de forma esquemática un procedimiento genérico de trabajo para la estructuración de un PMP eficaz.

3.2 Objetivos de la función de mantenimiento

El mantenimiento constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50%, es por esta razón que el mantenimiento tiene los siguientes beneficios

⁷ PMP: Plan de Mantenimiento Preventivo

- ✓ Cumplimiento y mejoramiento de las metas de producción de la planta garantizada por una mayor disponibilidad operacional de los equipos.
- ✓ Reducción importante de las fallas de los equipos y de los costos involucrados por disminución de los trabajos de emergencia o de los accidentes o incidentes ocasionados por fallas mayores de los equipos.
- ✓ Menor desperdicio de tiempo, de materiales y mayor calidad de los trabajos de mantenimiento y de los productos de la planta, lo que genera menores costos anuales y mayores ahorros de divisas, si los repuestos son importados.
- ✓ Reducción de accidentes y de riesgos para el personal y para el funcionamiento de planta.
- ✓ Extensión de la vida útil y menores gastos de reemplazo de los equipos.
- ✓ Personal mejor entrenado, con mayor capacidad técnica, más ordenado lo que traduce en un ambiente de trabajo más limpio y seguro.
- ✓ Mayor disponibilidad de herramientas adecuadas por ser seleccionadas por manos técnicas y estar mejor cuidadas. Además de que serán manejadas de manera experta y segura, conservadas más responsablemente por los trabajadores.

3.3 Propuesta de plan de mantenimiento

Luego de realizar el levantamiento de información del estado actual de todos los componentes del caldero, estudiado y analizado el estado del arte del mantenimiento correctivo y preventivo se presenta un plan para la ejecución del mantenimiento. De esta forma aseguramos la funcionalidad del departamento y el de cada uno de los componentes del mismo, con este plan ejecutándolo correctamente se alargará la vida útil de los componentes intervenidos en este plan, complementando esta acción con los reportes de actividades de mantenimiento preventivo, que servirán para tener registrado un historial de las acciones ejecutadas. Anexo 1.

En las siguientes tablas, tenemos una descripción general de las diferentes acciones de mantenimiento y su frecuencia aplicada a cada uno de los componentes y accesorios del caldero pirotubular Viessmann.

Tabla 11: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo de la cámara de combustión del caldero piro-tubular

PROCEDIMIENTO Y FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CAMARA DE COMBUSTIÓN			
Nº	COMPONENTE	MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN GENERAL
2.2.1.1	Espejos 	Cambio de empaqué de espejo y reparación de refractario	1.- Verificar que el caldero se encuentre sin presión 2.- Abrir la compuerta del caldero 3.- Preparar cemento refractario (81 % de alúmina) 4.- Corregir fisuras de refractario 5.- Extraer empaques viejos 6.-Limpiar espejos y colocar empaques nuevos
2.2.1.2	Haz de tubos 	Limpeza de tubos de fuego y tubos de agua	1.- Chequear y documentar el estado de los tubos 2. Lavar tubos interiormente (baqueteado) 3.- Se recomienda lavar con agua a presión para evi desgaste en el área de servicio
2.2.1.3	Sensor de nivel de agua 	Limpeza de lodos y cambio de sensor	1.- Desconectar eléctricamente el sensor 2.- Aflojar los pernos de flansh del sensor 3. Limpiar lodos de la cavidad de sensor 4.- Cambio de empaques de flansh y montar el sens
2.2.1.4	Visor de nivel de agua 	Limpeza de visor Chequear posibles fugas	1.- Limpiar el visor con una solución a base de amo 1.- Inspección visual de posibles fisuras del visor 2.- Verificar que no existan fugas alrededor del viso

2.2.1.5	Manómetro 	Limpieza de visor	1.- Limpiar el visor con una solución a base de amoníaco
		Chequeo de fugas	1.- Chequeo visual de fugas
		Realizar metrología	3.- Desmontar manómetro y enviarlo al laboratorio de metrología, chequear estado de alojamiento de rosca
2.2.1.6	Válvula de seguridad 	Chequeo de fugas	1.- Inspección visual de fugas o ruidos extraños
		Desmontar	1.- Desmontar y desarmar la válvula, chequeo visual 2.- Asentar componentes internos / Reemplazar válvula 3.- Armar válvula y montar en el caldero
2.2.1.7	Válvula de purga de fondo 	Lubricación del vástago	1. Lubricación del vástago de la válvula
		Chequeo de fugas	1.- Cheo de fugas por el vástago de la válvula, por los neplós y por el diafragma
2.2.1.8	Válvula chech 	Chequeo de fugas	1.- Chequeo visual de fugas por
		Desarmar válvula	1.- Revisar ajustes de pernos 2.- Desmontar válvula, limpieza de componentes internos 3.- Armar válvula y montar en el caldero
2.2.1.9	Válvula de globo 	Lubricación	1.- Lubricación de vástago roscado de válvula
		Inspección de fugas	2.- Chequeo visual de fugas
		Desmontar	1.- Desmontar válvula, limpieza de componentes internos 2.- Cambio de sello mecánico, armar y montar válvula
Realizado por: Javier Duchi/Raúl Zúñiga			

Tabla 12: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alimentación de agua del caldero pirot

PROCEDIMIENTO Y FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA			
N°	COMPONENTE	MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN GENERAL
2.2.2.1	Máquina de tratamiento por osmosis inversa 	Tanque de almacenamiento	1.- Revisar posibles fugas dentro del sistema, corre ser necesario
		Panel eléctrico	1.- Limpiar polvo, lijar contactos y aplicar dieléctri
		Membrana	1.-Desmontar membrana y limpiar con agua a pres
		Motor	1.- Cambiar rodamientos y aplicar barniz en devan
		Bomba	1.- Desarmar bomba, limpiar componentes interno 2.- Cambiar rodamientos y retenes de la bomba 3.- Cambiar empaques mecánicos y sellos de la bo 4.- Armar y colocar aceite nuevo
2.2.2.2	Tánque de almacenamiento almacenamiento 	Inspección visual de posibles fugas	1.- Inspeccionar visualmente fugas 2.- Se existir fugas de debe de sellar enseguida con de soldadura TIG
		Pintura	1.- Limpiar tanque y lijarlo 2.- Pintar tanque de almacenamiento

2.2.2.3	Bomba de agua		
		Inspeccionar fugas	1.- En bomba, manómetros, válvula de globo y check
		Lubricación	1.- Lubricar válvulas de globo, chumaceras y chequear nivel de aceite de bombas
		Alineamiento	1.- Calibrar alineamiento entre motor y bomba
		Motor	1.- Cambio de rodamientos y barnizar el devanado
		Bomba	1.- Cambio de retenes, sellos, rodamientos y aceite
Para válvula check y válvula de globo: REVISAR procedimientos 2.2.			
2.2.2.4	Desaireador		
		Válvula de control	1.- Lubricación de vástago de la válvula 2.- Cambiar sellos mecánicos y estopero, además asentar componentes internos con pasta de esmeril
		Visores de nivel	1.- Limpiar con una solución a base de amoníaco
		Fugas	1.- Chequeo general de fugas del sistema
		Para válvula check y válvula de globo: REVISAR procedimientos 2.2.	

2.2.2.5	Bomba de alimentación 	Chequeo de fugas	1.- Chequeo general de fugas del sistema
		Filtro de agua	1.- Limpiar filtro con agua a presión y pulverizarlo
		Bomba	1.- Limpieza de impeles, cambio de sellos mecánicos, rodamientos y aceite
		Motor	1.- Cambio de rodamientos y barnizar el devanado
		Para válvula check y válvula de globo: REVISAR procedimientos 2.2	
2.2.2.6	Economizador 	Chequeo de fugas	1.- Inspección visual de fugas o ruidos extraños
		Válvula de control	1.- Desarmar válvula, limpiar componentes interno y rectificar compuertas con pasta de esmeril
		Válvula de globo	1.- Lubricar vástago roscado 1.- Limpieza de componentes internos y cambio de sellos
		Control de nivel	1.- Limpiar y aplicar limpiador de contactos dieléctrico
Realizado por: Javier Duchi/Raúl Zúñiga		Observaciones:	
Fecha: 04/03/2015			

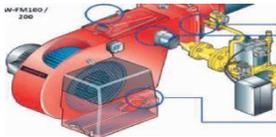
Tabla 13: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de alimentación de combustible del caldero

PROCEDIMIENTO Y FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE			
Nº	COMPONENTE	MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN GENERAL
2.2.3.1	Tanques de almacenamiento 	Chequeo de fugas	1.- Chequeo de fugas de los tres tanques y de sus accesorios y ajuste de pernos de flansh
		Pintura	1.- Pintar tanques por el exterior para evitar la oxidación
2.2.3.2	Bomba de lobulos 	Chequeo de fugas	1.- Chequeo visual de fugas por retenes de bomba y por accesorios como válvulas de globo
		Lubricación	1.- Cambio de aceite de bomba
		Bomba	1.- Cambiar rodamientos, retenes, sellos mecánicos y aceite, chequear estado de matrimonio bomba-motor
		Motor	1.- Cambiar rodamientos y barnizar el devanado
2.2.3.3	Tuberías de conducción 	Inspeccionar fugas	1. Inspeccionar posibles fugas en tuberías de conducción de bunker y en sus accesorios
		Pintar	1.- Pintar tuberías de conducción de bunker

2.2.3.4	<p>Filtro duplex</p> 	Limpieza	1.- La limpieza de los filtros duplex se la debe realizar tres veces por semana, esta limpieza es recomendable realizarla con agua a presión, para garantizar que no quede agua en el filtro se lo debe soplear.
2.2.2.5	<p>Bomba de tornillos</p> 	Chequeo de fugas	1.- Chequeo general de fugas
		Lubricación	1.- Cambiar de aceite de bomba
		Bomba	1.-Limpieza interior de bomba, cambio de rodamientos, retenes, sellos mecánicos y aceite
		Motor	1.- Cambio de rodamientos y barnizar el devanado
		Manómetro	1.- Desmontar y enviar a laboratorio de metrología
2.2.3.6	<p>Calentador de bunker</p> 	Cambio de calentador	1.- Tener en stock de bodega estos accesorios puesto que cuando se quema la niquelina interna de lo debe reemplazar
<p>Realizado por: Javier Duchi/Raúl Zúñiga</p> <p>Fecha: 04/03/2015</p>			Observaciones:

Tabla 14: Procedimiento y frecuencia del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de combustión del caldero pirotubular Vi

PROCEDIMIENTO Y FRECUENCIA PARA EL MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE COMBUSTIÓN			
N°	COMPONENTE	MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN GENERAL
2.2.4.1	Servomotor 	Taco-dinamo	1.- Verificar conexiones, rizado e imanes de estat
		Vibración	1.- Chequeo de vibraciones, equilibrio de rotor
		Freno	1.- Control de par de freno
		Rodamientos	1.- Cambiar rodamientos y barnizar el devanado
		Motor	1.- Verificación de estado de bobinado e impregnación de barniz en devanado
2.2.4.2	Tiro forzado 	Motor	1.- Cambio de rodamientos
		Matrimonio	1.-Barnizar devanado 1.- Chequear estado de componentes mecánicos entre motor y alabes
		Alabes	1.- Realizar balanceo de turbina
2.2.4.3	Atomizador 	Limpieza	1.- Se debe realizar la limpieza de este component ya que el bunker puede traer consigo impurezas q afecten directamente el funcionamiento de este equipo

2.2.4.4	<p>Controlador digital</p> 	Limpieza	1.- Se debe realizar absorber el polvo que se encuentre en el interior de este componente y luego aplicar un limpiador de contactos dieléctrico
2.2.4.5	<p>Ventilador</p> 	Limpieza Alabes Motor	1.- Limpieza general de todos sus componentes 2.- Análisis de vibraciones de alabes 3.- Cambio de rodamientos y chequeo general
2.2.3.6	<p>Bujías</p> 	Limpieza	1.- Limpiar anualmente el electrodo de las bujías, este proceso puede ser repetido en dos ocasiones después de esto es recomendable reemplazar las bujías
<p>Realizado por: Javier Duchi/Raúl Zúñiga</p> <p>Fecha: 04/03/2015</p>			Observaciones:

3.3.1 Gestión de mantenimiento

Una vez que en este documento se ha realizado la revisión de todos los sistemas que constituyen el caldero piro-tubular, obteniendo como resultado el análisis del estado actual y conjuntamente con la bibliografía tomada como referencia; nuestro siguiente objetivo a desarrollar es el procedimiento a seguir en el PMP para cada uno de los sistemas del caldero piro-tubular y sus accesorios con la finalidad de garantizar la vida útil del elemento a intervenir.

Estos procedimientos deben contener la información necesaria para garantizar un mantenimiento efectivo brindando la seguridad necesaria al operador y en el menor tiempo posible; es por estas razones que los procedimientos a ser aplicados deben contener la siguiente información.

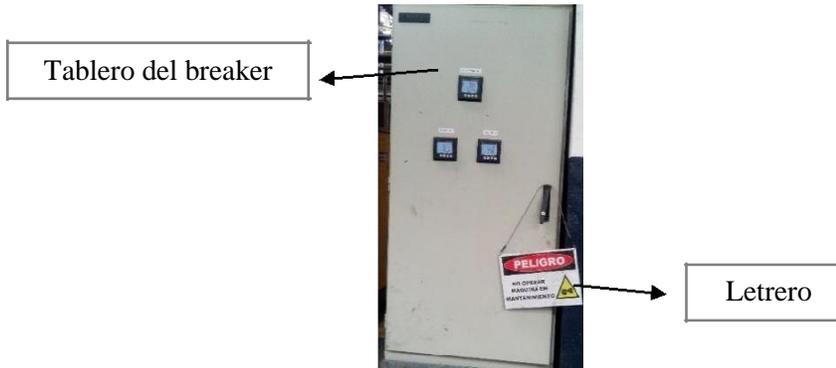
1. Un formato de procesos unificado
2. Nombre del sistema y componente en el que se va a realizar el mantenimiento
3. Código del componente, por si se necesita consultar alguna teoría
4. Imágenes detalladas de las diferentes partes de los componentes que serán intervenidos
5. Detalle paso a paso de las acciones de mantenimiento de cada componente

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

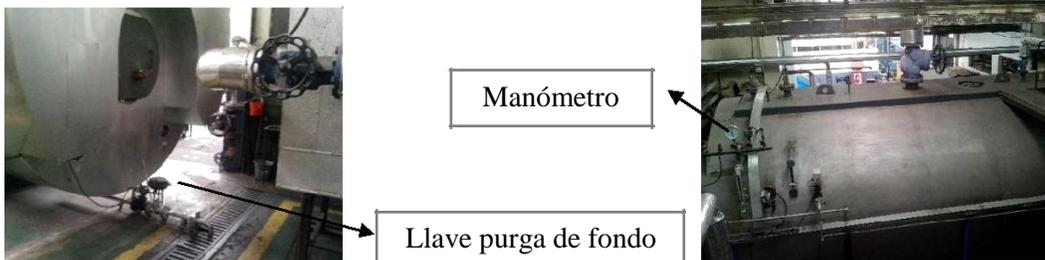
Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara y sistema de combustión
Componente	Apertura y cierre de las puertas del caldero

1. Apagar el caldero.
2. Bajar el breaker general del caldero y colocar el letrero “**NO OPERAR MAQUINA EN MANTENIMIENTO**”



3. Abrir la llave de purga de fondo del caldero para liberar la presión del hogar.
4. Verificar que el manómetro del domo del caldero indique máximo 3 bares de presión, si esto no sucede, dejar que la llave de purga siga liberando la presión.



5. Una vez que el caldero esté libre de presión, proceder aflojar los pernos M12 de las tapas del caldero con una llave corona #19.
6. Abiertas las tapas del caldero, verificar con un pirómetro laser que la temperatura dentro del hogar se encuentre a temperatura ambiente.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara y sistema de combustión
Componente	Apertura y cierre de las puertas del caldero



Pernos M12

7. Comprobada la temperatura en el hogar del caldero, proceder con el mantenimiento de los siguientes componentes:

- a.** Espejo frontal y posterior (código: 2.2.1.1)
- b.** Haz de tubos (código: 2.2.1.2)
- c.** Sensor de nivel de agua (código: 2.2.1.3)
- d.** Visor de nivel de agua (código: 2.2.1.4)
- e.** Válvula de seguridad (código: 2.2.1.6)
- f.** Válvula de purga de fondo (código: 2.2.1.7)
- g.** Servomotor (código: 2.2.4.1)
- h.** Tiro forzado (código: 2.2.4.2)
- i.** Atomizador (código: 2.2.4.3)
- j.** Controlador digital (código: 2.2.4.4)
- k.** Ventilador (código: 2.2.4.5)
- l.** Bujías (código: 2.2.3.6)

Para realizar el cierre de las puertas del caldero continuar de la siguiente manera:

- 8.** Comprobar la rosca de los agujeros en donde van ubicados los pernos de sujeción de las tapas si fuera necesario, retocar rosca dañada con machuelo M12*1.75.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara y sistema de combustión
Componente	Apertura y cierre de las puertas del caldero



Base del hogar

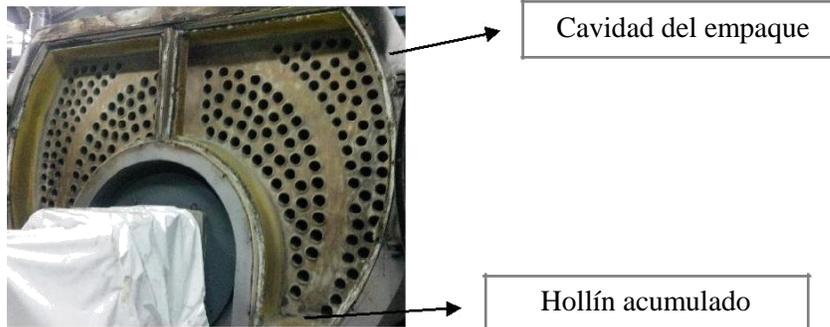
9. Limpiar rosca de los pernos, colocar grasa grafitada en los pernos.
10. Colocar y ajustar pernos M12 en las puertas del caldero con llave de corona #19.
11. Visualmente verificar que las puertas del caldero se encuentren bien asentadas en la base del hogar del caldero.
12. Cerrar la llave de purga de fondo.
13. Retirar letrero “**NO OPERAR MAQUINA EN MANTENIMIENTO**”.
14. Reponer breaker general del caldero.
15. Encender el caldero.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Espejos frontal y posterior	Código	2.2.1.1

1. Limpiar hollín acumulado en los espejos.
2. Retirar empaques dañados de las tapas del caldero
3. Cortar 9 metros de cordón de manta cerámica
4. Limpiar alojamiento de empaque para garantizar que este asiente correctamente
5. Colocar cordón en la cavidad de la puerta del caldero



6. De ser necesario aspirar el hollín acumulado en los espejos.
7. Observar que el cordón se encuentre bien ubicado en su cavidad para no tener inconvenientes en el cierre de las tapas del caldero.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Sistema	Cámara de combustión		
Componente	Haz de tubos	Código	2.2.1.2

1. Limpiar con un cepillo de acero cada uno de los tubos.
2. Aspirar el hollín de los tubos.
3. Lavar con agua a presión cada tubo.
4. Chequear estado de limpieza y repetir el proceso si fuera necesario.
5. Si las incrustaciones dentro de los tubos fueran excesivas coordinar con el gerente de mantenimiento del departamento para realizar un lavado químico.
6. Proteger todo el sistema del quemador con plástico para evitar la acumulación de hollín en sus componentes.



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

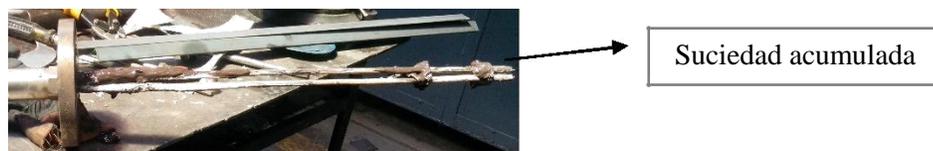
Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Sensor de nivel de agua	Código	2.2.1.3

1. Retirar los 8 pernos de diámetro 7/8” con una llave 15/16”
2. Desconectar el sistema eléctrico
3. Marquillar cada uno de los cables eléctricos
4. Retirar el sensor de su posición original



5. Si existiera fugas entre el sensor y el flansh, se procede de la siguiente manera
 - a. Con llave de tubo de 12” proceder a aflojar el sensor de la rosca del flansh
 - b. Retirar los dos sesores
 - c. En el nuevo flansh, colocar los sensores y ajustarlos
 - d. Proceder a limpiar los electrodos, retirando toda la suciedad acumulada, de existir incrustaciones limpiar con un cepillo de acero teniendo cuidado de no dañar el aislante del electrodo



6. Si no existiera fuga entre la rosca del flansh y los sensores, realizar unicamente el procedimiento descrito en el numeral 7.4
7. Colocar los sensores en su lugar de trabajo

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Sensor de nivel de agua	Código	2.2.1.3

8. Limpiar los pernos y colocar grasa grafitada en la rosca
9. Colocar pernos y ajustarlos con una llave 15/16"
10. Realizar las conexiones eléctricas de acuerdo a lo maquillado.
11. Visualmente comprobar que el empaque entre los flansh se encuentre centrado.
12. Después de encendido el caldero, con una solución jabonosa comprueba que no existan fugas.

Empaque de Chesterton 304



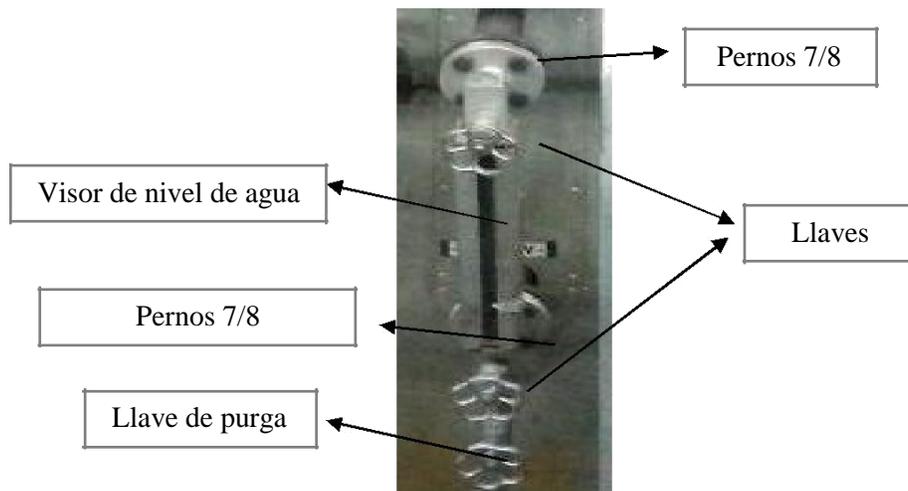
Rosca entre flansh y sensor

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Visor de nivel de agua	Código	2.2.1.4

1. Para realizar el mantenimiento preventivo del visor:
 - a. Cerrar llaves de ingreso de agua
 - b. Abrir la llave de purga hasta desalojar todos los lodos existentes en el visor.
 - c. En la cara exterior del visor limpiar con una solución a base de amoniaco



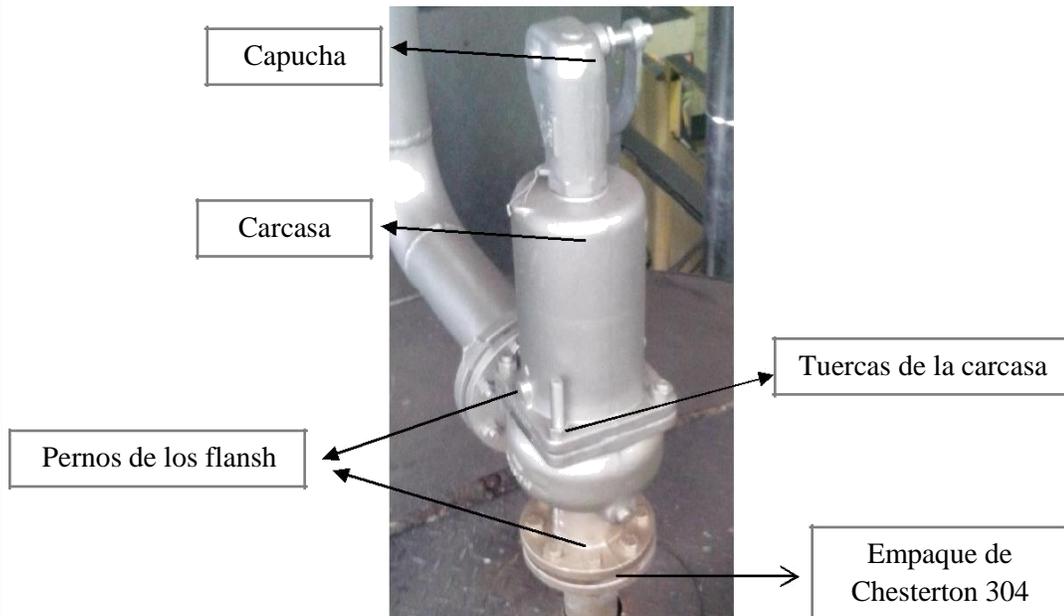
2. Para reemplazar el visor:
 - a. Liberar la presión del domo del caldero.
 - b. Aflojar 8 pernos 7/8" con una llave 15/16".
 - c. Retirar visor dañado.
 - d. Limpiar lodos internos.
 - e. Realizar dos empaches de chesterton 304 para los flansh del visor.
 - f. Colocar de nuevo el visor con los empaques.
 - g. Ajustar los 8 pernos con una llave 15/16"

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Válvula de seguridad	Código	2.2.1.6

1. Retirar la capucha de la válvula
2. Retirar las 4 tuercas de ½” de la carcasa de la válvula, con una llave de corona de 3/4”, este paso se debe de hacer con cuidado, debido a que al retirar esta parte se libera la presión del resorte de la válvula.
3. Se retira la carcasa y el eje del resorte de la válvula.
4. Proceder a realizar el asentamiento con pasta de esmeril, colocando la pasta de esmeril en la tapa de la guía y proceder a girar el eje de esta tapa.
5. Retirar el exceso de pasta de esmeril y revisar que las grietas producidas por el vapor han desaparecido.
6. Si la válvula presenta excesivo desgaste en el asiento, proceder a cambiar la válvula por una nueva para realizar este paso se debe de retirar los pernos de los flansh de la válvula.
7. Colocar la válvula nueva y ajustar nuevamente los pernos 5/8*3”.



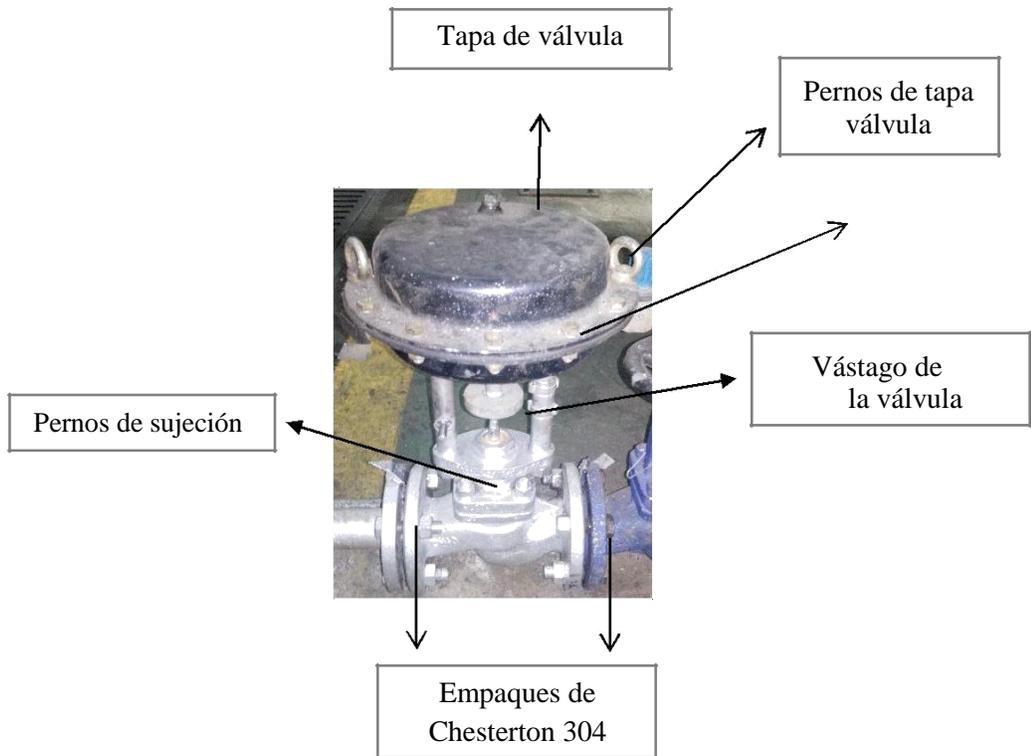
Pg. 1/1

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Válvula purga de fondo	Código	2.2.1.7

1. Retirar palanca manual de la válvula si estuviera montada.
2. Identificar 4 pernos que sujetan el vástago de la válvula.
3. Con una llave de corona #24 aflojar los pernos.
4. Retira vástago de la válvula.
5. Observar si existe desgaste en la tapa y asiento de la válvula, si este fuera el caso colocar pasta de esmeril en la tapa y en el asiento de la válvula, hacer girar la tapa por un tiempo prolongado hasta que desaparezca el desgaste en el asiento.
6. Montar el vástago de la válvula y ajustar los pernos.
7. Verificar visualmente que la base del vástago que encuentre centrada y asentada a la base de la válvula.

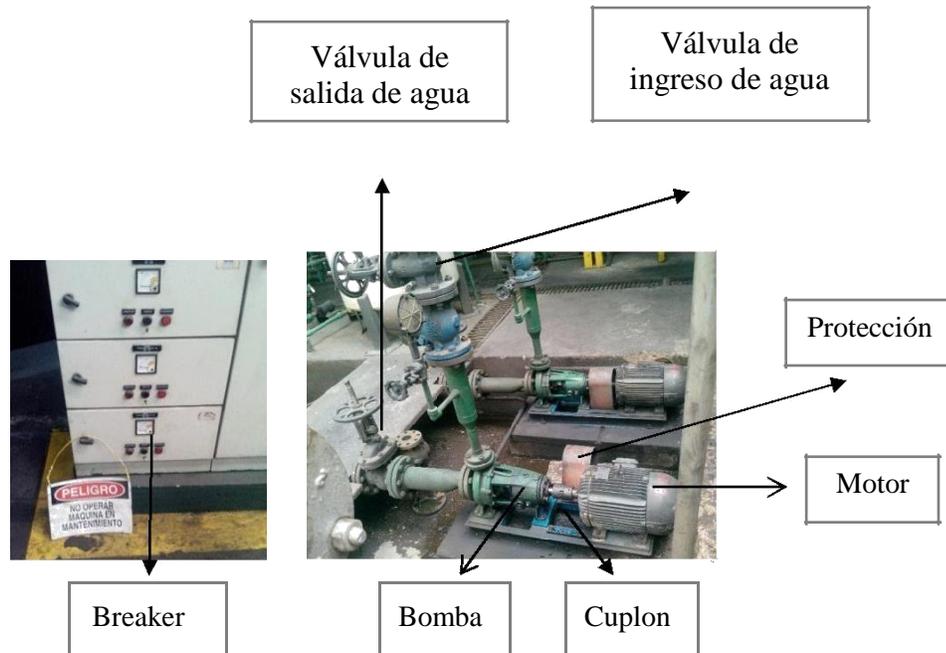


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Bomba de una etapa	Código	2.2.2.3

1. Por seguridad, colocar letrero de “MÁQUINA EN MANTENIMIENTO”
2. Cerrar la válvula de globo de ingreso de agua a la bomba
3. Bajar breaker eléctrico
4. Desconectar el motor eléctrico
5. Con una llave de 1/2”, retirar protección del acople entre motor y bomba
6. Aflojar con una llave allen 3/16”, 2 prisioneros del cuplon entre motor y bomba
7. Con una llave 5/8” retirar pernos de la base del motor

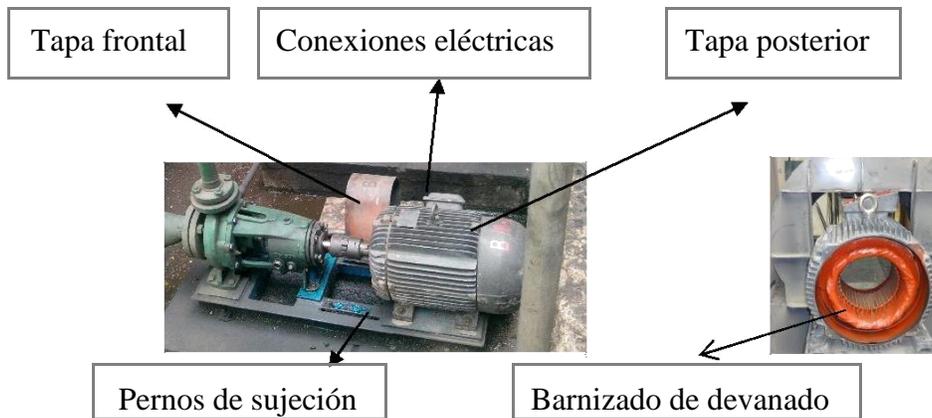


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Motor - Bomba de una etapa	Código	2.2.2.3

1. Con una llave 7/16, retirar la tapa del ventilador
2. Con una llave allen 3/16, aflojar prisionero de ventilador Retirar ventilador del motor
3. Con una llave 9/16", retirar cuatro pernos que sujetan las tapas del devanado del motor
4. Extraer tapa frontal y posterior del motor
5. Extraer el rotor del motor
6. Con la ayuda de una prensa hidráulica, retirar los rodamientos del rotor
7. Chequear el código del rodamiento, solicitar uno en bodega de repuestos y con la ayuda de la prensa hidráulica colocar en el rotor del motor
8. Realizar lacado del devanado del estator, dejar secar una hora
9. Colocar el rotor en el estator, teniendo cuidado del bobinado del estator
10. Colocar tapa frontal y posterior, ajustar pernos
11. Colocar ventilador y apretar prisionero
12. Colocar tapa del ventilador y ajustar los cuatro pernos de este
13. Colocar el medio cuplon en el eje del motor y apretar prisioneros
14. Colocar el motor en el puesto de trabajo

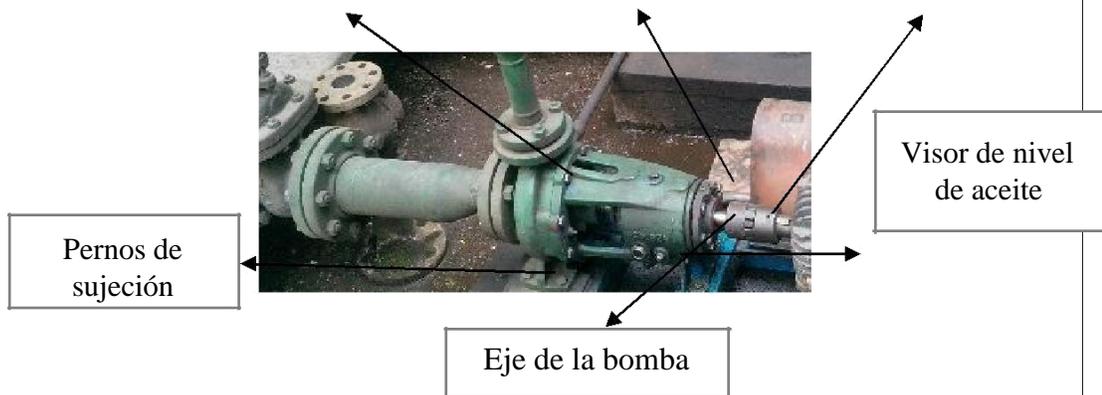


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Bomba - Bomba de una etapa	Código	2.2.2.3

1. Con una llave 5/8”, aflojar pernos del impulsor de la bomba y sujeción de la bomba
2. Retirar sello mecánico de la bomba
3. Retirar acople del eje
4. Con una llave 9/16”, retirar cuatro pernos de la tapa posterior de la bomba
5. Retirar eje de la bomba
6. Retirar aceite de las cavidades de los tres rodamientos
7. Retiro en la prensa de rodamientos del eje
8. Colocar rodamientos nuevos en el eje
9. Colocar nuevamente el eje en la bomba
10. Colocar sello mecánico en el eje 1 ¼”
11. Colocar impulsor en el eje
12. Ajustar pernos de las tapas de la bomba
13. Colocar acople para el cuplón
14. Montar bomba en su posición de trabajo, ajustar pernos de sujeción
15. Colocar cuplon entre motor y bomba
16. Realizar alineación de bomba y motor

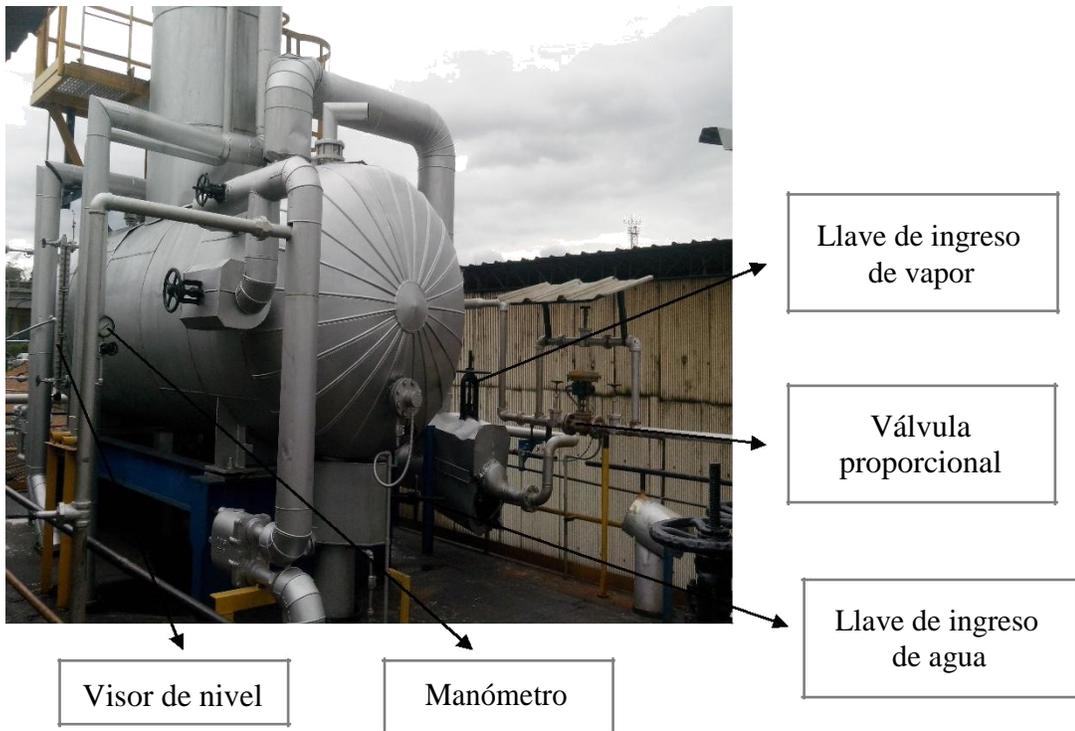


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Desaireador	Código	2.2.2.4

1. Por seguridad, colocar letrero de “**MÁQUINA EN MANTENIMIENTO**”
2. Cerrar válvulas de ingreso de agua e ingreso de vapor
3. Purgar el agua y vapor interno
4. Revisar posibles fisuras, de existir corregirlas con un equipo de soldadura TIG
5. Realizar limpieza de cámara interior con lija
6. Pintar exterior, con pintura Aluminio de alta temperatura



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

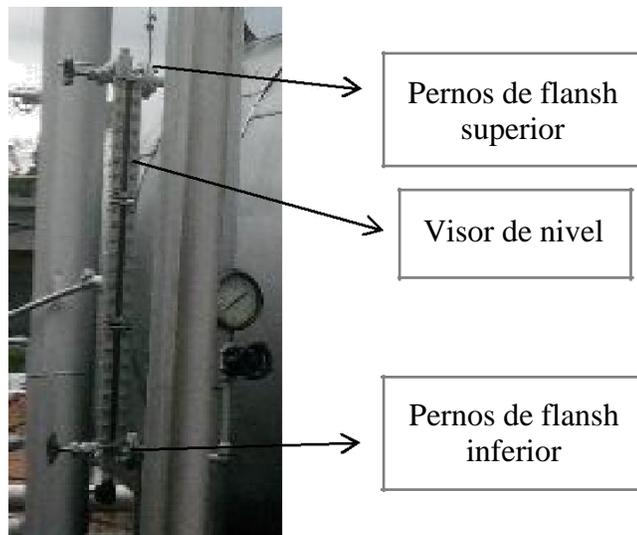
Conjunto	Sistema de alimentación del agua		
Componente	Visor de nivel de agua - Desaireador	Código	2.2.2.4

Para realizar el mantenimiento preventivo del visor:

1. Cerrar llaves de ingreso de agua y vapor
2. Abrir la llave de purga hasta desalojar todos los lodos existentes en el visor
3. Limpiar el visor con una solución a base de amoniaco

En caso de existir fuga reemplazar el visor:

1. Cerrar llaves de ingreso de agua y vapor
2. Purgar el agua y vapor interno
3. Aflojar 8 pernos 7/8” con una llave 15/16”
4. Retirar visor dañado
5. Limpiar lodos internos
6. Realizar dos empaches de chesteron 304 para los flansh del visor
7. Colocar de nuevo el visor con los empaques
8. Ajustar los 8 pernos con una llave 15/16”



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Válvula proporcional Desaireador	Código	2.2.2.4

Para realizar el mantenimiento preventivo de la válvula proporcional

1. Lubricar el vástago de válvula
2. Con una solución espumosa verificar la existencia de fugas

Para realizar mantenimiento interno de la válvula

1. Cerrar llaves de bloqueo, de aire al diafragma y desconectar eléctricamente
2. Con dos llaves de 3/4" aflojar 8 pernos de los flansh y extraer la válvula
3. Con una llave de 1/2", aflojar pernos de base de válvula para liberar el vástago
4. Con una llave 7/16" aflojar los 12 pernos de la tapa superior de la válvula y sacar los 8 resortes internos
5. Con un dado y de 1" y una extensión larga, aflojar la tuerca interna para liberar completamente el vástago
6. Limpiar el interior de la válvula, asentar base de vástago con pasta de esmeril
7. Cambiar sellos mecánicos y chequear diafragma (Cambiar de ser necesario)
8. Construir dos empaques de Chesterton 304 para flansh
9. Armar vástago con sus partes y montar válvula en el sistema



Tapa de válvula

Pernos de tapa
válvula

Vástago

Pernos de flansh

Conexiones eléctricas

Llaves de bloqueo

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Bomba de alimentación	Código	2.2.2.5

1. Por seguridad, colocar letrero de “MÁQUINA EN MANTENIMIENTO”
2. Bajar breaker eléctrico del motor
3. Cerrar llave de ingreso de agua
4. Abrir llave de purga, para drenar el agua del sistema
5. Retirar conexión eléctrica del motor
6. Con una llave 5/8”, aflojar pernos de sujeción de válvula check
7. Con una llave 5/8”, aflojar pernos de sujeción del filtro
8. Con una llave 5/8”, aflojar pernos de ajuste de flansh de entrada y salida de agua
9. Con una llave 9/16, retirar pernos del cuplon
10. Con una llave 5/16”, retirar cañerías de lubricación
11. Con una llave 5/8, aflojar pernos de sujeción del motor eléctrico
12. Aflojar pernos de sujeción de la bomba
13. Retirar pernos de flansh, entre entrada y salida de agua
14. Extraer bomba y motor



Breaker de motor de bomba



Llave de ingreso de agua

Motor

Conexiones eléctricas

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Motor - Bomba de alimentación	Código	2.2.2.5

1. Con una llave 7/16, retirar la tapa del ventilador
2. Con una llave allen 3/16, aflojar prisionero de ventilador Retirar ventilador
3. Con una llave 9/16", retirar cuatro pernos que sujetan las tapas del devanado del motor
4. Extraer tapa frontal y posterior del motor
5. Extraer el rotor del motor
6. Con la ayuda de una prensa hidráulica, retirar los rodamientos del rotor
7. Chequear el código del rodamiento, solicitar uno en bodega de repuestos y con la ayuda de la prensa hidráulica colocar en el rotor del motor
8. Realizar lacado del devanado del estator, dejar secar una hora
9. Colocar el rotor en el estator, teniendo cuidado del bobinado del estator
10. Colocar tapa frontal y posterior, ajustar pernos
11. Colocar ventilador y apretar prisionero
12. Colocar tapa del ventilador y ajustar los cuatro pernos de este
13. Colocar el medio cuplon en el eje del motor y apretar prisioneros
14. Colocar el motor en el puesto de trabajo



Cañerías

Cuplon



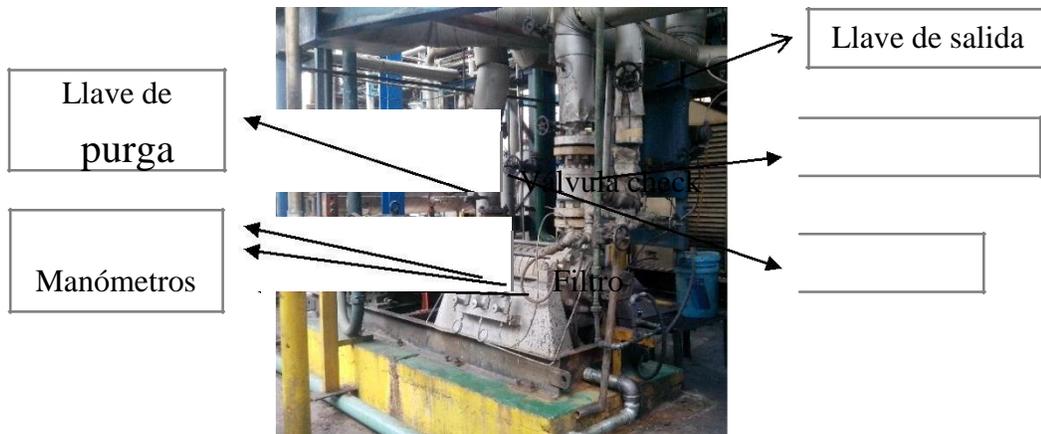
Motor barnizado

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Bomba – Bomba de alimentación	Código	2.2.2.5

1. Llevar bomba a la mesa de trabajo, Numerar etapas de la bomba
2. Retirar cada una de las etapas hasta quedar únicamente con el eje
3. Limpieza del eje y de cada una de las etapas
4. Cambiar empaques de cada una de las etapas
5. Comprobar juego entre impulsor y carcasa, de existir juego excesivo o demasiado apriete, enviar a taller mecánico para fabricar bujes nuevos
6. Colocar verticalmente el eje de la bomba sobre un tubo de 10”, con el objetivo de armar cada una de las etapas de la bomba y comprobar que gire sin problema.
7. Colocar pernos de sujeción para las etapas
8. Armar chumacera de la bomba, cambiar de ser necesario
9. Llevar bomba a su puesto de trabajo, colocar pernos de sujeción y ajustarlos
10. Construir 2 empaques de Chesterton 304 para flansh
11. Colocar empaques en flansh y ajustar los pernos
12. Abrir llaves de entrada y salida de agua
13. Alinear motor y bomba con tolerancia de 0,0003”

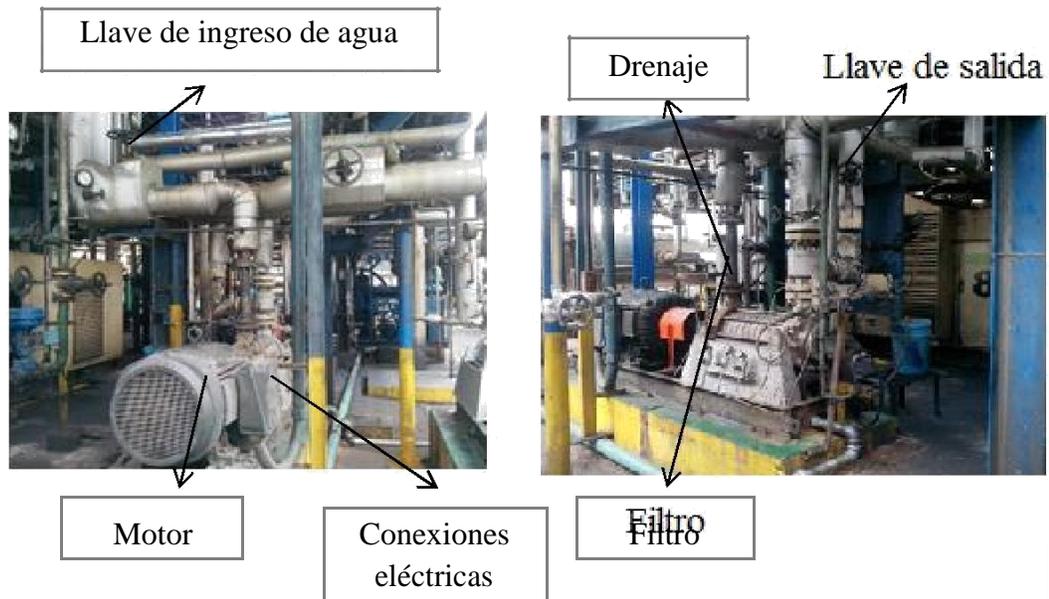


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Filtro – Bomba de alimentación	Código	2.2.2.5

1. Por seguridad, colocar letrero de “**MÁQUINA EN MANTENIMIENTO**”
2. Cerrar llaves de entrada y salida de agua
3. Abrir llave de purga para drenar agua del sistema
4. Con una llave 5/8”, aflojar pernos de sujeción del filtro
5. Extraer filtro
6. Lavar con agua a presión
7. Pulverizar el filtro
8. Colocarlo en el sistema
9. Ajustar pernos de sujeción del filtro



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Economizador	Código	2..2.2.6

1. Por seguridad, colocar letrero de “**MÁQUINA EN MANTENIMIENTO**”
2. Comprobar que el caldero este totalmente apagado
3. Con un pirómetro, comprobar que no exista temperatura superior a la ambiente ni gases de los humos del caldero
4. Con una llave de 3/4” aflojar los 12 pernos de la tapa del economizador
5. Retirar la tapa
6. Con linterna y mascarilla de seguridad, ingresar al economizador
7. Limpiar la acumulación de hollín
8. Construir dos empaques de Chesterton 304 de la medida de la tapa
9. Colocar empaques y tapa
10. Colocar grasa grafitada en rosca de pernos y ajustar con la tapa



Pernos de tapa

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Válvula proporcional Economizador	Código	2.2.2.6

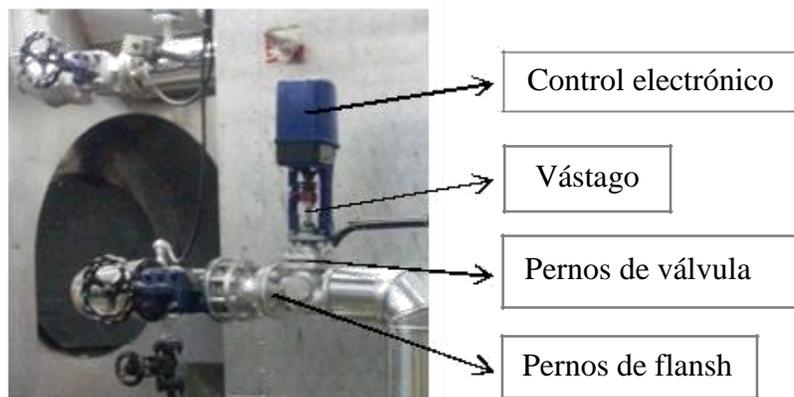
Para mantenimiento general

1. Lubricar vástago de válvula
2. Con una solución espumosa, verificar la existencia de fugas flansh

Para mantenimiento preventivo

Por seguridad, colocar letrero de “MÁQUINA EN MANTENIMIENTO”

1. Comprobar que el caldero se encuentre sin presión
2. Desconectar eléctricamente la válvula
3. Destapara cabeza electrónica y aplicar limpiador de contactos dieléctrico
4. Con una llave 5/8”, aflojar pernos de los flansh
5. Extraer la válvula
6. Con llave allen 3/16”, aflojar pernos de laterales
7. Con dos llaves de 1/2”, aflojar vástago roscado
8. Retirar 2 resortes internos y la mitad del vástago
9. Extraer las compuertas y rectificarlas con pasta de esmeril
10. Cambiar sello mecánica
11. Construir 2 empaques de Chesterton 304 a la medida de los flansh
12. Armar válvula y montar en su lugar de trabajo



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

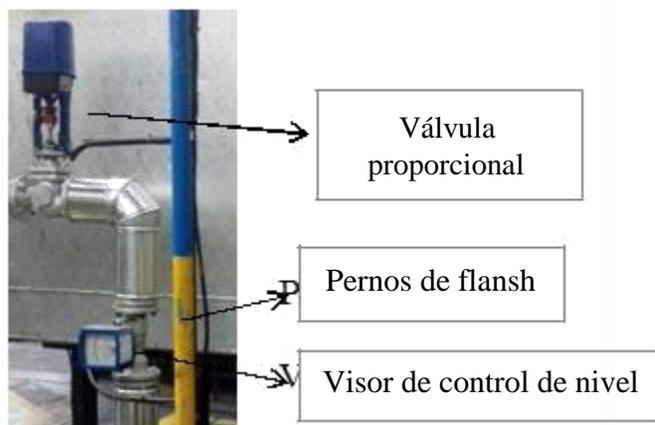
Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Medidor de agua - Economizador	Código	2.2.2.6

Para mantenimiento general

1. Limpiar visor con una solución a base de amoniaco
2. Con una solución espumosa, comprobar la existencia de fugas en el sistema

Para mantenimiento preventivo

1. Por seguridad, colocar letrero de “MÁQUINA EN MANTENIMIENTO”
2. Con una llave 5/8”, aflojar 8 pernos de los flansh
3. Extraer controlados
4. Con una llave 1 1/8”, extraer controlador
5. Limpieza interna de controlador
6. Construir dos empaques de Chesterton 304 a la medida de los flansh
7. Colocar teflón en la rosca del controlador y montar en su posición de trabajo
8. Colocar empaques en los flansh
9. Colocar pernos de los flansh y ajustarlos



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Bomba de lóbulos	Código	2.2.3.2

Para mantenimiento de rutina

1. Verificar estado de retenes y nivel de aceite
2. Cada 400 horas de trabajo cambiar aceite
 1. Verificar que la bomba no esté en funcionamiento
 2. Sacar tapón de aceite del reductor, dejar caer el aceite en una bandeja
 3. Sopletear con aire a presión el interior del reductor
 4. Colocar el tapón y llenar con aceite 15W40 hasta el nivel optimo

Para mantenimiento preventivo

1. Por seguridad, colocar letrero de “**MÁQUINA EN MANTENIMIENTO**”
2. Ubicar posición física de tablero eléctrico de control
3. Desenergizar motor eléctrico, bajando breaker del tablero eléctrico



Panel de control



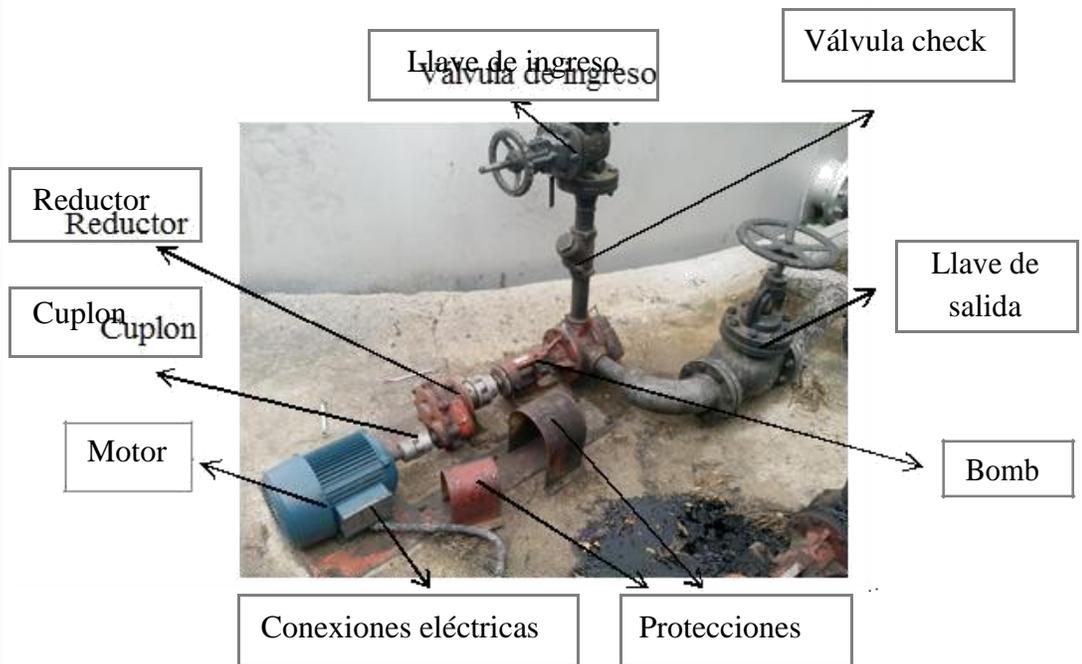
Breaker

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Bomba de lóbulos	Código	2.2.3.2

4. Desconectar motor eléctrico
5. Cerrar llaves de entrada y salida de bunker
6. Retirar pernos de flansh de salida e ingreso de bunker
7. Con una llave de ½”, retirar protecciones
8. Con una llave allen 3/16”, aflojar los dos prisioneros de cada cuplon
9. Con una llave 5/8” aflojar pernos de sujeción de motor y bomba
10. Retirar el motor, reductor y bomba; llevarlo a la mesa de trabajo



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Motor – Bomba de lóbulos	Código	2.2.3.2

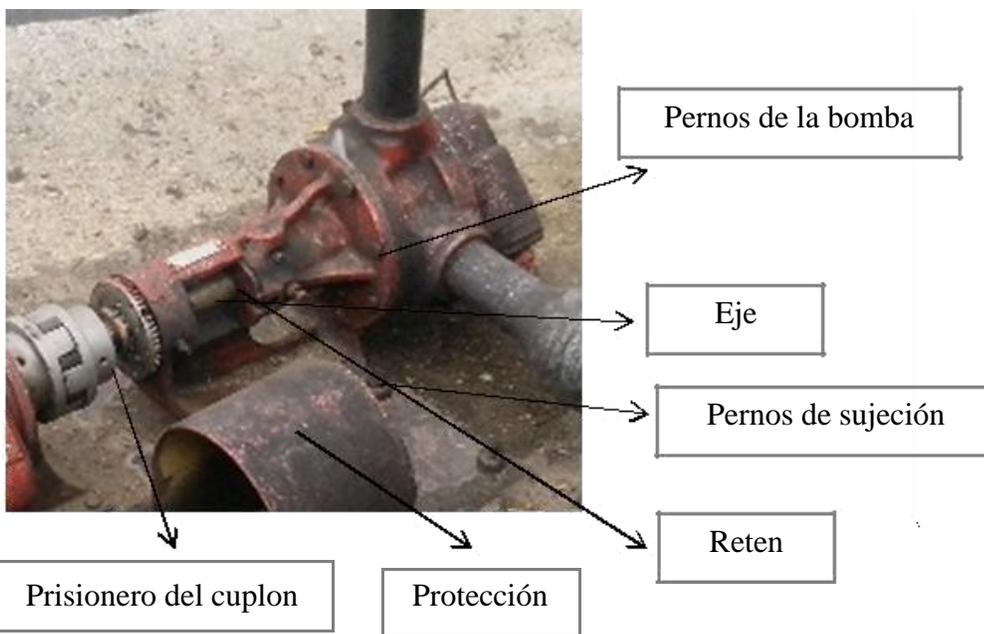
1. Con una llave 7/16, retirar la tapa del ventilador
2. Con una llave allen 3/16, aflojar prisionero de ventilador Retirar ventilador del motor
3. Con una llave 9/16”, retirar cuatro pernos que sujetan las tapas del devanado del motor
4. Extraer tapa frontal y posterior del motor
5. Extraer el rotor del estator
6. Con la ayuda de una prensa hidráulica, retirar los rodamientos del rotor
7. Chequear el código del rodamiento, solicitar uno en bodega de repuestos y con la ayuda de la prensa hidráulica colocar en el rotor del motor
8. Realizar lacado del devanado del estator, dejar secar una hora
9. Colocar el rotor en el estator, teniendo cuidado del bobinado del estator
10. Colocar tapa frontal y posterior, ajustar pernos
11. Colocar ventilador y apretar prisionero
12. Colocar tapa del ventilador y ajustar los cuatro pernos de este
13. Colocar el medio cuplon en el eje del motor y apretar prisioneros
14. Colocar el motor en el puesto de trabajo

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Bomba – Bomba de lóbulos	Código	2.2.3.2

1. Aflojar los pernos del impulsor de la bomba y sujeción de la bomba
2. Retirar sello mecánico de la bomba y retirar acople del eje
3. Con una llave 9/16”, retirar cuatro pernos de la tapa posterior de la bomba
4. Retirar eje de la bomba
5. Retirar en la prensa los rodamientos del eje y colocar nuevos rodamientos
6. Colocar nuevamente el eje en la bomba
7. Colocar sello mecánico en el eje 1 ¼”
8. Colocar impulsor en el eje
9. Ajustar pernos de las tapas de la bomba
10. Colocar acople para el cuplón
11. Montar bomba en su posición de trabajo, ajustar pernos de sujeción
12. Colocar cuplon entre motor y bomba
13. Realizar alineación de bomba y reductor, tolerancia 0,0003”

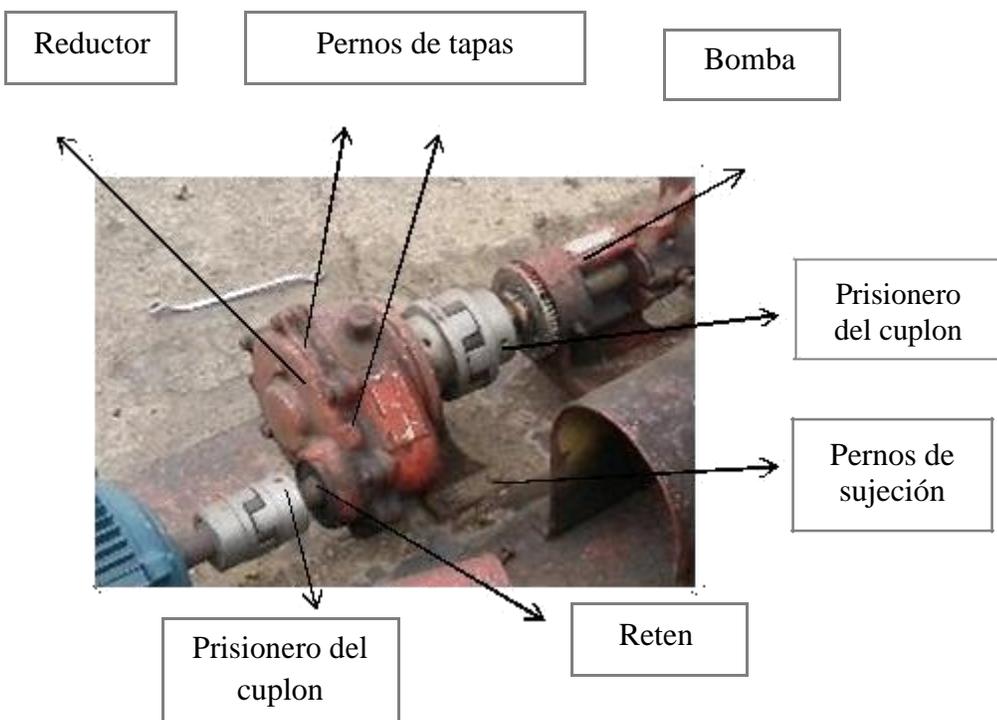


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Reductor – Bomba de lóbulos	Código	2.2.3.2

1. Extraer medio cuplon del eje, tener cuidado con la chaveta
2. Con una llave 11/16”, aflojar 8 pernos de tapa delantera y posterior
3. Extraer ejes, piñones y retenes
4. Con la ayuda de la prensa hidráulica extraer rodamientos
5. Limpiar cavidad y cambiar retenes
6. Fabricar empaques de papel victoria para las tapas posteriores y delanteras
7. Colocar ejes en la carcasa
8. Colocar empaques, colocar tapas y ajustar pernos
9. Montar en posición de trabajo
10. Alinear con motor y bomba
11. Colocar aceite 15W40, hasta el nivel normal

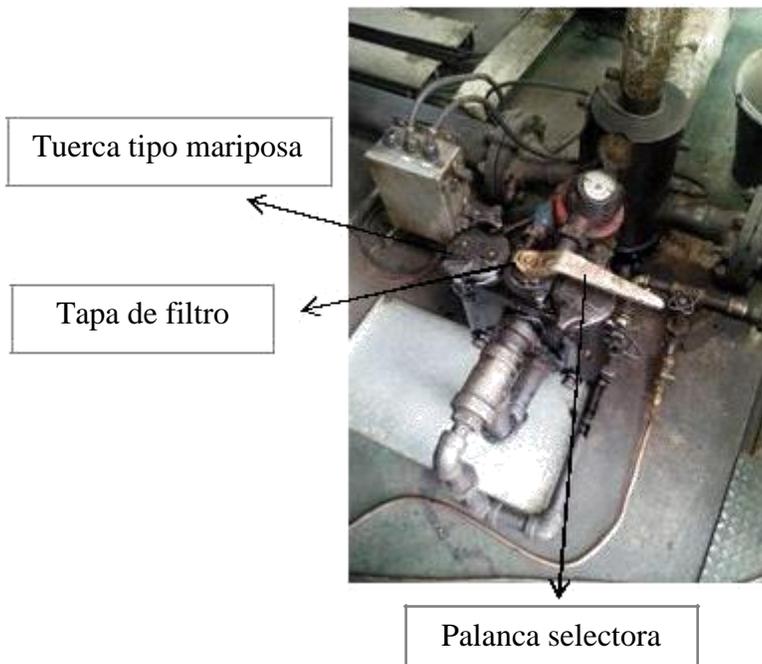


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Filtro dúplex	Código	2.2.3.4

1. Identificar el filtro que primero será puesto en mantenimiento
2. Con la llave de ¼” de vuelta, seleccionamos la circulación de bunker del filtro que va a continuar trabajando
3. Abrimos las tuercas de mariposa
4. Extraemos el filtro de la cavidad
5. Lavar el filtro con querex
6. Pulverizarlo con aire a presión
7. Repetir pasos 5 y 6 por tres ocasiones
8. Colocar el filtro en su cavidad
9. Cerrar la tapa del porta filtros
10. Ajustar las tuercas tipo mariposa
11. Colocar la palanca de selección en posición normal de trabajo



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Bomba de tornillos	Código	2.2.3.5

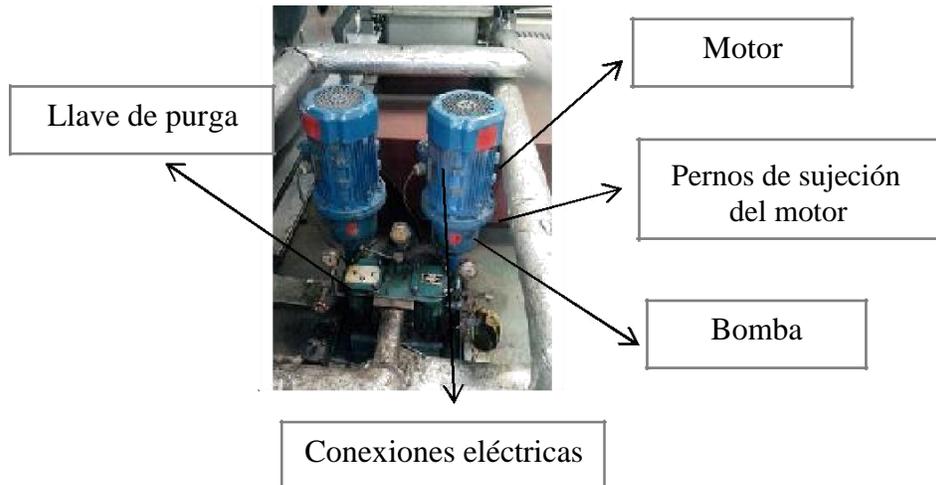
1. Por seguridad, colocar letrero de “**MÁQUINA EN MANTENIMIENTO**”
2. Desenergizar por completo el motor eléctrico, bajar breaker
3. Desconectar motor eléctrico
4. Cerrar llave de bye pass
5. Abrir llave de drenaje
6. Con una llave allen de 3/8”, aflojar pernos de sujeción del motor
7. Extraer motor de la bomba
8. Con una llave de 3/4”, aflojar 6 pernos de sujeción de la bomba y extraer



Panel de control



Breaker



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Bomba – Bomba de tornillos	Código	2.2.3.5

1. Con una llave de 11/16”, aflojar 6 pernos de sujeción de la bomba
2. Retirar la bomba de su lugar de trabajo
3. Retirar sello mecánico de la bomba
4. Con una llave 9/16”, retirar cuatro pernos de la tapa posterior de la bomba
5. Retirar ejes de la bomba, es importante señalar la posición de los lóbulos
6. Retirar en la prensa hidráulica los rodamientos y colocar nuevos
7. Colocar los ejes y lóbulos en la carcasa
8. Colocar sellos mecánicos
9. Colocar tapa y ajustar pernos
10. Montar bomba en su puesto de trabajo



Llave de purga

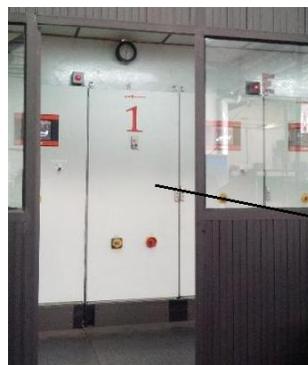
Pernos de sujeción

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Pre-calentador de bunker	Código	2.2.3.6

11. Por seguridad, colocar letrero de “**MÁQUINA EN MANTENIMIENTO**”
12. Bajar breaker del pre-calentador a ser intervenido
13. Desconectar eléctricamente el pre-calentador
14. Cerrar llave de ingreso de bunker, esta se encuentra en el filtro dúplex
15. Con una llave 9/16”, retirar pernos de sujeción
16. Retirar el accesorio de su puesto de trabajo
17. Colocar accesorio nuevo
18. Colocar pernos de sujeción y apretarlos
19. Realizar conexiones eléctricas, abrir llave de ingreso de bunker y subir breaker



Breaker

Panel eléctrico



Pernos de

eléctricas sujeción

Conexiones

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Servomotor	Código	2.2.4.1

1. Con una llave hexagonal 5/32” retirar los 4 pernos allen de sujeción del servomotor.
2. Con la llave hexagonal 5/32” retirar el prisionero del acople del servomotor.
3. Realizar la desconexión eléctrica del servomotor, antes de realizar la desconexión colocar las marquillas en cada uno de los cables que desconecta para luego realizar la conexión.
4. Retirar el servomotor y remplazarlo por uno nuevo.
5. Colocar los 4 pernos de sujeción del servo y ajustar.
6. Colocar el acople con su respectivo prisionero.
7. Ejecutar la conexión eléctrica del servomotor según las marquillas.
8. Revisar el ajuste de los pernos de sujeción del servomotor y del prisionero del acople del servomotor, este paso se debe de realizar antes de encender el caldero.

Pernos de sujeción



Cable de conexión

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Tiro forzado	Código	2.2.4.2

1. Desconectar el breaker del motor y colocar letrero “**NO OPERAR MAQUINA EN MANTENIMIENTO**”.
2. Abrir las tapas de la cámara en donde se encuentra el motor y el ventilador de tiro forzado.



Cámara del ventilador de tiro forzado

Tapas de la cámara

3. Desconectar el motor del ventilador y colocar las respectivas marquillas en los cables de conexión.
4. Aflojar los 4 pernos de la base del motor.



Cables de conexión

Pernos de la base del motor

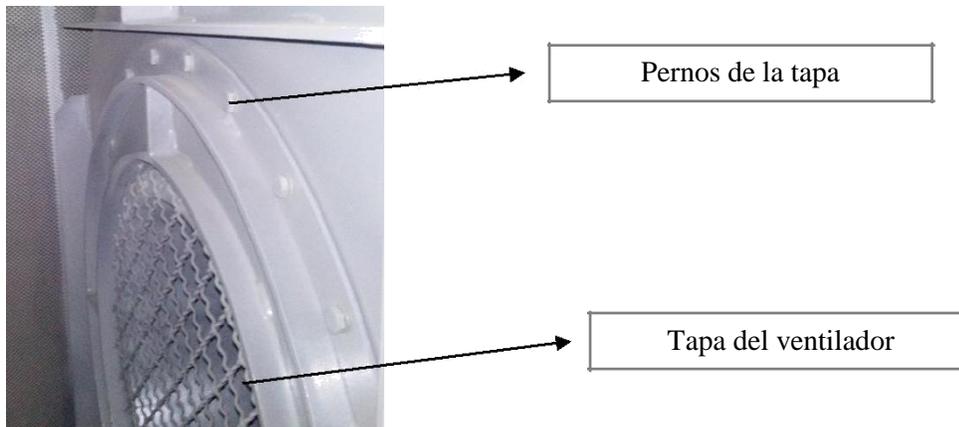
5. Retirar los pernos de la protección del ventilador de tiro forzado.
6. Retirar el perno de sujeción entre el eje del motor y el ventilador de tiro forzado.
7. Con un extractor proceder al retiro del ventilador.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Cámara de combustión		
Componente	Tiro Forzado	Código	2.2.4.2

8. Con un brazo hidráulico desmontar el motor de su base.



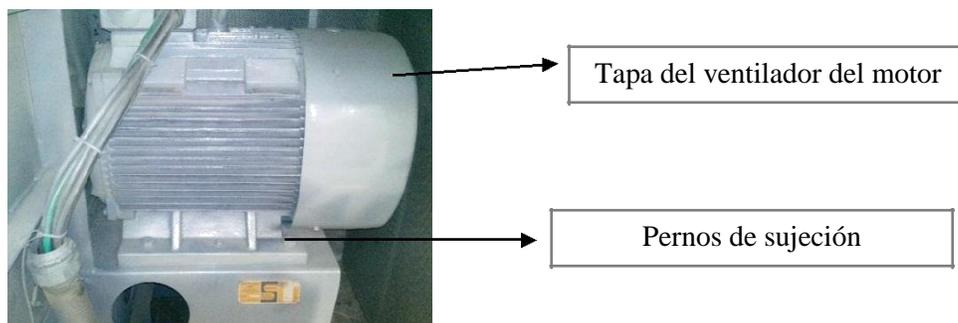
8.1 Llevar el motor a la mesa del taller y con una llave 7/16 sacar la tapa del ventilador del motor

8.2 Con una llave de 3/4" aflojar pernos de las tapas de sujeción del rotor del motor.

8.3 Con una llave allen aflojar el prisionero del ventilador del motor y sacar el ventilador.

8.4 Extraer el rotor y llevarlo a la prensa para sacar los rodamientos del eje.

8.5 Colocar los rodamientos nuevos en el eje del rotor del motor



8.6 Lavar el devanado del estator y si es necesario corregir el lacado del devanado.

8.7 Colocar el rotor en el estator.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE
FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Tiro forzado	Código	2.2.4.2

- 8.8** Colocar las tapas de sujeción del rotor.
- 8.9** Ajustar los pernos de las tapas del motor.
- 8.10** Colocar el ventilador y ajustar el prisionero.
- 8.11** Montar la tapa del ventilador del motor y ajustar los pernos.
- 8.12** Llevar el motor a su sitio de montaje, proceder con el brazo hidráulico a montar el motor en su base, ajustar pernos de la base.
- 8.13** Montar el ventilador de tiro forzado en el eje del motor, ajustar perno de sujeción.
- 8.14** Ubicar la tapa del ventilador de tiro forzado y ajustar sus pernos.
- 8.15** Ejecutar la conexión eléctrica del motor de acuerdo a las marquillas en los cables.
- 9.** Colocar las tapas de la cámara del ventilador de tiro forzado.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE
FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Atomizador	Código	2.2.4.3

1. Ingresar al hogar del caldero, realizar el retiro de la boquilla del atomizador con una llave ajustable #18.
2. Retirada la boquilla del atomizador, lavar cada una de las partes de la boquilla con diésel, luego del lavado pulverizar con aire a presión.
3. Ingresar a la cámara y colocar nuevamente la boquilla del atomizador y ajustarla con la llave ajustable #18.

Boquilla del atomizador

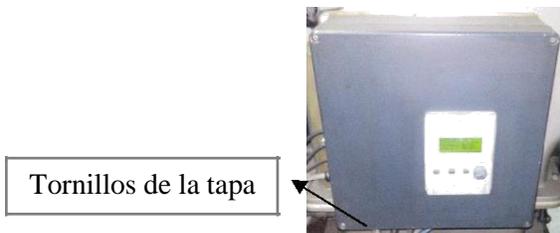


**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Controlador digital	Código	2.2.4.4

1. Con un desarmador plano aflojar los 4 tornillos de la tapa del controlador.
2. Quitar la tapa del controlador.
3. Con una brocha de 1” retirar el polvo y grasa acumulada en los componentes electrónicos.
4. Con un limpiador dieléctrico proceder a limpiar cada uno de los componentes del controlador.
5. Colocar grasa para componentes eléctricos en los contactores.



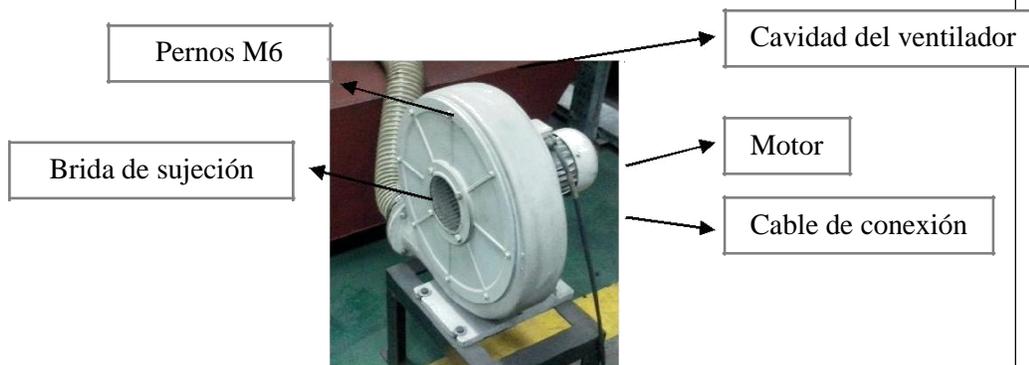
6. Colocar la tapa del controlador y ajustar los tornillos con el desarmador plano.
7. Revisar visualmente que todos los contactores estén ubicados en su lugar de trabajo y que no existan cables eléctricos sueltos.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE
FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Ventilador	Código	2.2.4.5

1. Colocar marquillas en los cables de conexión del motor
2. Con un desarmador plano retirar brida de sujeción del ducto de transporte de aire al quemador.
3. Ubicar 4 pernos de la base de sujeción del ventilador y con una llave corona #12 aflojar pernos, desmontar el motor-ventilador.



4. Llevar el motor-ventilador al taller, identificar 8 pernos M6 que sostienen la tapa de la cavidad del ventilador, aflojar estos pernos con la llave de corona #10.
5. Aflojar perno de sujeción del ventilador con el eje del motor.
6. Desacoplar el ventilador y el motor.
7. Limpiar el ventilador con diésel
8. Para el mantenimiento del motor realizar lo siguiente:
 - a. Identificar los 4 pernos de la tapa del ventilador del motor y aflojar los mismos.
 - b. Sacar el prisionero del ventilador del motor.
 - c. Extraer el ventilador del motor.
 - d. Con una llave corona #10 aflojar 4 pernos de las tapas de sujeción de las tapas del rotor del motor.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE
FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Ventilador	Código	2.2.4.5

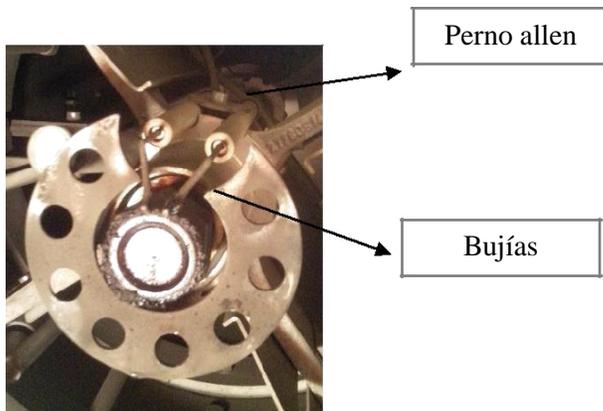
- a. Retirar el rotor del motor y con un extractor de rodamientos sacar los rodamientos del eje.
 - b. Colocar los rodamientos nuevos en el eje del rotor.
 - c. Montar el rotor en el estator del motor
 - d. Poner las tapas de sujeción del rotor del motor y ajustar los pernos.
 - e. Ubicar el ventilador del motor en el eje del rotor y apretar el prisionero del mismo.
 - f. Colocar tapa del ventilador, ajustar pernos.
9. Montar motor y el ventilador, ajustar el perno de sujeción del ventilador en el eje del motor.
 10. Montar el motor-ventilador en la base.
 11. Colocar la tapa de la cavidad del ventilador.
 12. Ejecutar la conexión eléctrica del motor de acuerdo a las maquillas.
 13. Ejecutar el montaje del ducto de transporte de aire al quemador.
 14. Revisar que la brida del ducto de transporte de aire se encuentre ajustada.
 15. Revisar que las conexiones eléctricas estén de acuerdo a las marquillas y si fuese necesario remitirse a los planos de este elemento.

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA
CALDERO PIROTUBULAR**

Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo

Conjunto	Sistema de combustión		
Componente	Bujías	Código	2.2.3.6

1. Ingresar al hogar del caldero, con un calibrador tomar la distancia de las puntas de las bujías a la boquilla del atomizador para luego colocarlas de la misma manera.
2. Extraer perno allen de sujeción de las bujías
3. Quitar el cable con las bujías de encendido, si el cable no presentar rotura, ejecutar la limpieza del mismo, también limpiar las bujías.
4. Si el cable de las bujías se encuentra roto y deteriorado reemplazarlo por uno nuevo.
5. Montar y ajustar perno allen de los cables y bujías a la distancia tomada en el punto 1.
6. Salir del hogar del caldero y cerrar la tapa posterior del caldero.
7. Observar que las bujías quede a su distancia original y si no lo está corregir esta distancia.



3.3.2 Propuesta de software de mantenimiento

Una vez que se ha logrado establecer el cronograma de actividades con los respectivos procesos y frecuencias de las acciones a realizar, hoy en día es indispensable contar con el apoyo de herramientas que faciliten desarrollar la gestión de mantenimiento tanto en la programación de la diferentes intervenciones como en el almacenaje de los reporte de dichas actividades, es por esto que se recomienda utilizar un software de mantenimiento que nos agilite las diferentes funciones de administración del mantenimiento.

Se conoce como software al equipamiento de un sistema informático, que comprende en un conjunto de componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas, es por esta razón que en este documento hemos visto la necesidad de introducir el plan de mantenimiento del caldero viessmann dentro de un software; el mismo que nos va a facilitar la programación de la diferentes tareas de mantenimiento.

Un software de mantenimiento debe ser capaz de:

1. Almacenar la información detalla de cada componente
2. Almacenar las diferentes estructuras del mantenimiento
3. Ingresar catálogos y fotografías de los diferentes componentes y sus accesorios
4. Brindar la facilidad de actualizar la información existente
5. Almacenar la planificación por un período mínimo de 5 años
6. Es indispensable que contenga un stock de repuestos en lazado directamente con un centro de costos
7. Facilitar el ingreso y lectura de reportes de las acciones de mantenimiento que ya ha sido cumplidas

En base a estas especificaciones se ha optado por el software conocido como MP⁸, del mismo que vamos a describir paso a paso como realizar la programación del plan de mantenimiento.

⁸ MP software, Solución integral para control y administración del mantenimiento

Lo primero que debemos hacer es crear un usuario y un acceso directo con el nombre del proyecto que se va a realizar, en nuestro caso le hemos dado el nombre de caldero pirotubular.

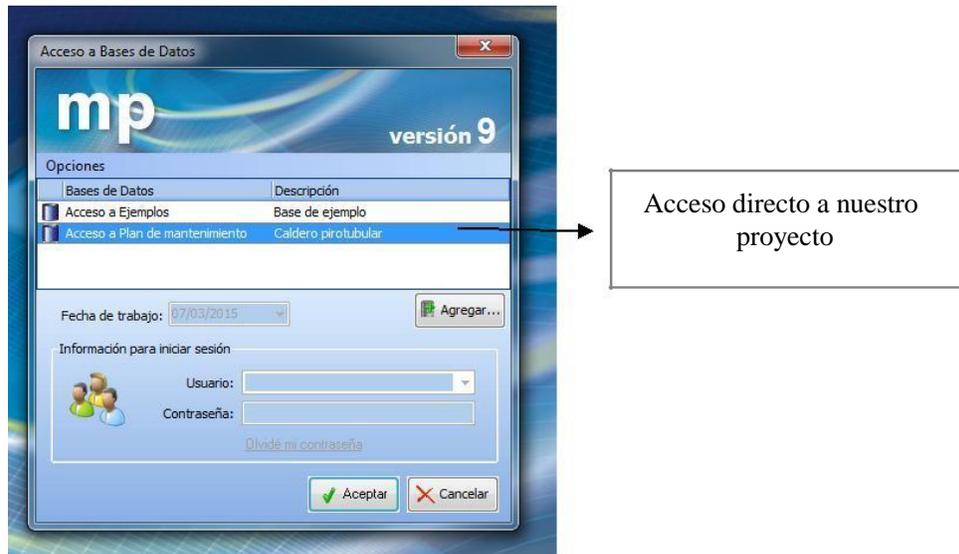


Figura 38: Ingreso a software [18]

Después de haber ingresado es indispensable crear una base de datos de todos los sistemas y componentes del caldero pirotubular viessmann, para esta operación nos dirigimos a la opción equipos dentro que se encuentra dentro de la pestaña de catálogos; en este punto podemos empezar a ingresar la información, es importante mencionar que el software nos brinda la opción de ingresar fotografías y catálogos de los componentes

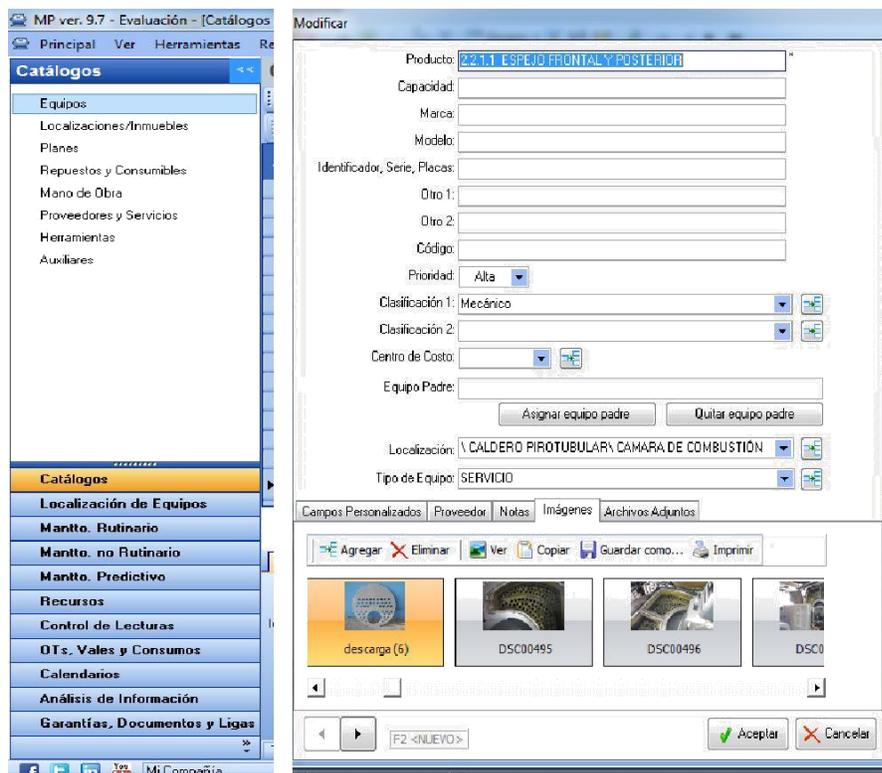


Figura 39: Ingreso de base de datos y base de datos lista [18]

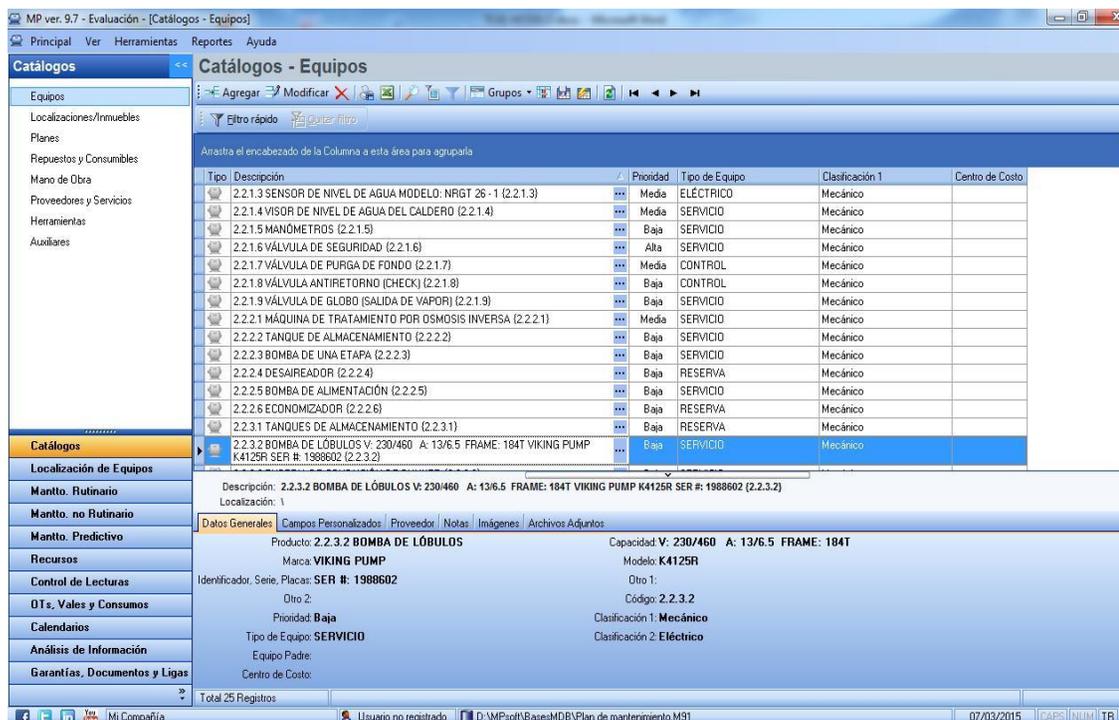


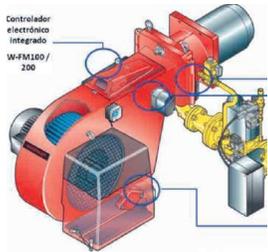
Figura 40: Base de datos [18]

A continuación tenemos nuestra base de datos que será ingresada en el software.

Tabla 15: Base de datos de los sistemas del caldero piro-tubular Viessmann

CÓDIGO	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
2.2.1.3	Sensor de nivel de agua 	G ¾V: 230 v H: 1000 mm A: 4 – 20 mA / 500 Ω Modelo: NRGT 26 - 1 P máx: 32 bar (464 PSI) T máx: 238°C (460 °F)
2.2.1.6	Válvula de seguridad 	P: 20 bar TS: 350°C Fig 901 en ISO 4126-1
2.2.2.5	Bomba – Des-aireador 	Dresser, Rio de Janeiro Modelo: 65-40 CPX 160 Q: 26 ³/h P: 23.5 bar RPM: 3480 Año: 1998 ITEM: ET-1 CHE400255
2.2.2.6	Válvula de control 	Thrust actuator Typ/type: 5,0 KN Serie: 531287 Voltage: 230 V (± 10%) 50/60 HZ Control speed: 0,30/0,45 mm/s rated current: 110/149 mA
	Bomba de lóbulos	Marca: VIKING PUMP SER #: 1988602 K4125R REDUCTOR: PART N°:551 – 005 627

2.2.3.2		<p>LUBRICANT MOTOR OIL</p> <p>ABOVE 33 °C USE SAE 30</p> <p>BELOW 39°C USE SEA 10W</p> <p>MOTOR DE BOMBA:</p> <p>V: 230/460 A: 13/6.5 FRAME: 184T</p> <p>TMAX: 40°C RPM:1745</p>
2.2.3.4	<p>Filtro</p> 	<p>Marca: KRAL Type: DLC</p> <p>2600.BAAB.00024</p> <p>WERK – Nr. 358861 serial-no</p> <p>Baujahr 2013 year Australia</p>
2.2.3.5	<p>Bomba de tornillo</p> 	<p>Marca: KRAL Type: LFM - 26.BBAP.00015</p> <p>SN 358865 Year 2013 Tmin: -10 max:</p> <p>180 °C</p> <p>p/pmax30,0 / 40,0 bar 3.450 ⁻¹</p> <p>— = 60,5 380,0 — ²</p>
2.2.3.6	<p>Calentador</p> 	<p>Max Weishaupt GmbH D-88475Schwendi</p> <p>Mod. WEV3/01 S: 16612912 P:</p> <p>51230001020</p> <p>V: 220-230 /380-400 V, 3~, 50-60 Hz</p> <p>A: 56,3 / 34,1 A P: 22,4 KW</p> <p>M oil: 500 kg/h Pmax: 32 bar</p>

2.2.4.1	<p style="text-align: center;">Servomotor</p> 	<p>Marca: SIEMENS SQM48.497A9 20Nm IP54 LMV 5x System Made in Germany >30s/90°</p>
2.2.4.4	<p style="text-align: center;">Quemador</p> 	<p>Burner typeWKMS7973-A Destination Country Version ZM Protection IP54 serial: 40057368 Cat Year: 2011 Gas T. Rating min 2150 max 1200kw Oil: MS min 190 max 1068 kg/h Control Voltage: 220 V,1 ~, 60 Hz 10 A gl Mains Voltage: 460V,3~, N, PE 60 Hz E 0,66kw</p>

Como segundo paso dentro de la opción de CATALOGOS, vamos a seleccionar PLANES en esta pestaña vamos a crear los diferentes planes de mantenimiento para cada uno de los sistemas del caldero piro-tubular y sus accesorios, esta información se encuentra detallada en NUMERAL 3.3, es indispensable mencionar que en esta opción también se puede introducir fotografías y catálogos de procedimientos.

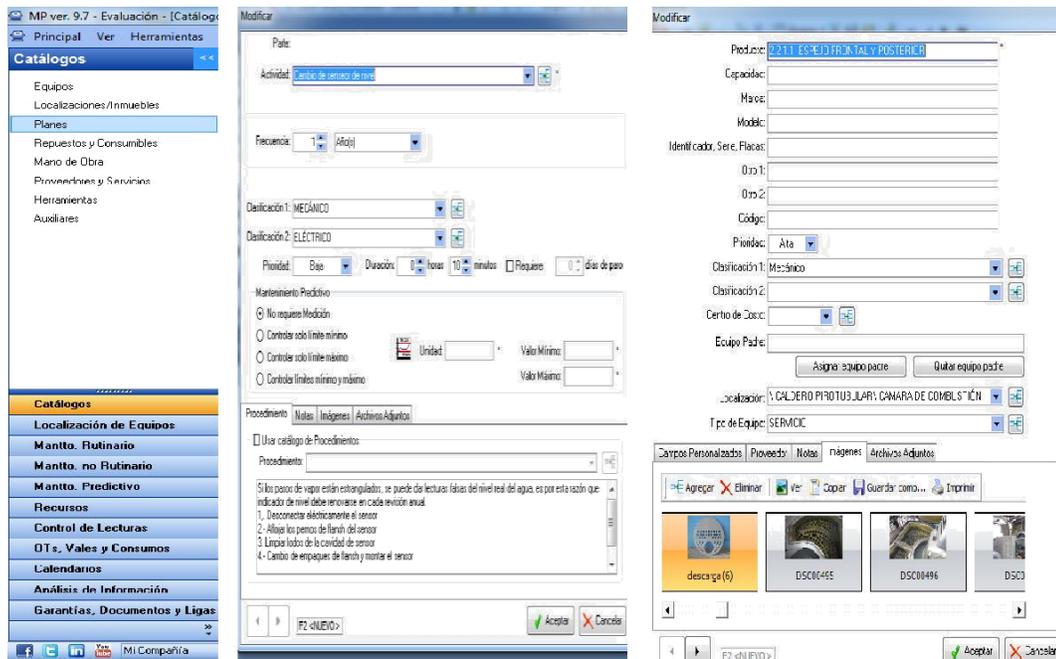


Figura 41: Ingreso a planes, crear plan de mantenimiento

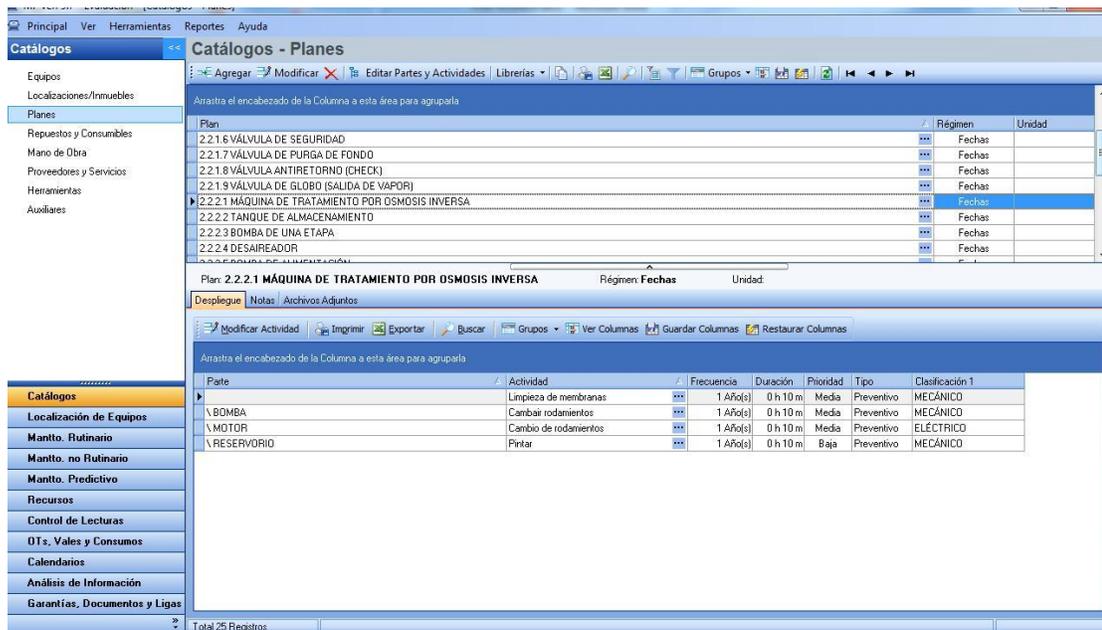


Figura 42: Plan de mantenimiento creado

Como tercer punto y muy importante es fusionar el catálogo de equipos con el catálogo de mantenimiento, para este procedimiento nos dirigimos a la opción MATENIMIENTO DE RUTINA y dentro de este buscamos la opción Asociación Equipos-Planes y procedemos a ligar los diferentes sistemas con sus accesorios con las diferentes acciones de mantenimiento que correspondan.

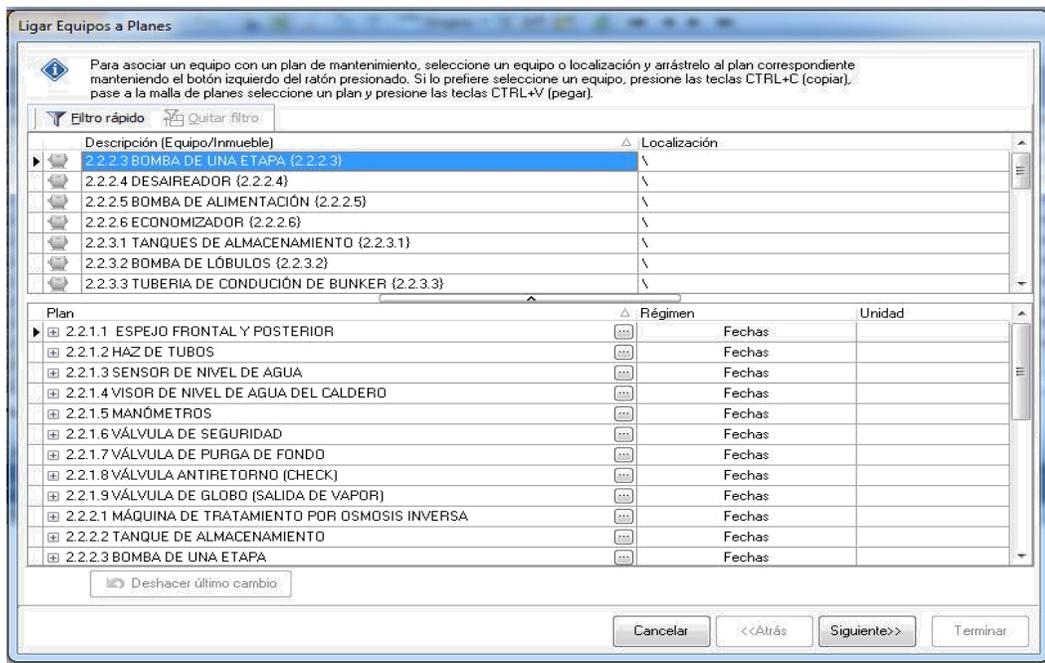


Figura 43: Equipos y planes de mantenimiento a ser ligados

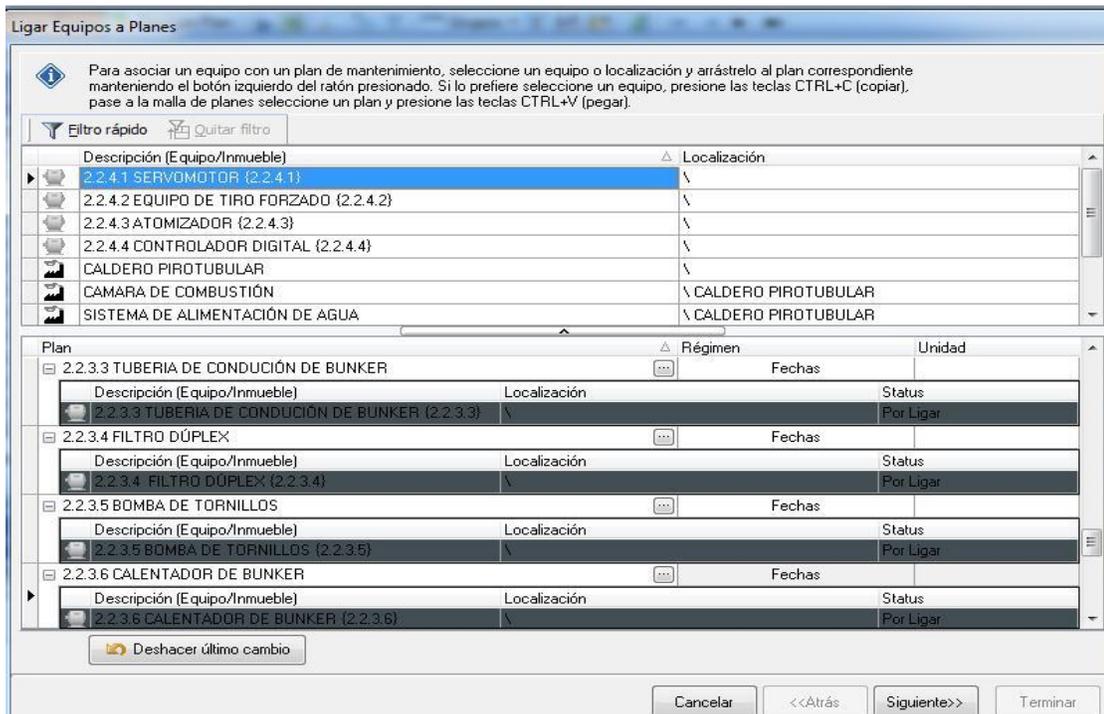


Figura 44: Plan de mantenimiento y equipos ligados

Tipo	Descripción (Equipo/Inmueble)	Plan ligado	Régimen
2.2.2.1	MÁQUINA DE TRATAMIENTO POR OSMOSIS INVERSA (2.2.2.1)	2.2.2.1 MÁQUINA DE TRATAMIENTO POR OSMOSIS IN	Fechas
2.2.2.2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO (2.2.2.2)	2.2.2.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Fechas
2.2.2.3	BOMBA DE UNA ETAPA (2.2.2.3)	2.2.4.4 CONTROLADOR DIGITAL	Fechas
2.2.2.4	DESAREADOR (2.2.2.4)	2.2.2.4 DESAREADOR	Fechas
2.2.2.5	BOMBA DE ALIMENTACIÓN (2.2.2.5)		
2.2.2.6	ECONOMIZADOR (2.2.2.6)	2.2.2.6 ECONOMIZADOR	Fechas
2.2.3.1	TANQUES DE ALMACENAMIENTO (2.2.3.1)	2.2.2.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Fechas
2.2.3.2	BOMBA DE LÓBULOS V: 230/460 A: 13/6.5 FRAME: 184T VIKING PUMP K41	2.2.3.2 BOMBA DE LÓBULOS PARA LA ALIMENTACIÓN	Fechas
2.2.3.3	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE BUNKER (2.2.3.3)	2.2.3.3 TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE BUNKER	Fechas
2.2.3.4	FILTRO DÚPLEX (2.2.3.4)	2.2.3.4 FILTRO DÚPLEX	Fechas
2.2.3.5	BOMBA DE TORNILLOS (2.2.3.5)	2.2.3.2 BOMBA DE LÓBULOS PARA LA ALIMENTACIÓN	Fechas
2.2.3.6	CALENTADOR DE BUNKER (2.2.3.6)	2.2.3.6 CALENTADOR DE BUNKER	Fechas
2.2.4.1	SERVOMOTOR (2.2.4.1)	2.2.4.1 SERVOMOTOR	Fechas

Parte	Actividad	Frecuencia	Duración	Prioridad	Tipo	Clasificación 1
MOTOR ELÉCTRICO	Cambiar aceite	6 Meses	0 h 10 m	Baja	Preventivo	MECÁNICO
	Cambiar rodamientos	1 Año(s)	0 h 10 m	Baja	Preventivo	MECÁNICO
	Cambio de retenes	1 Año(s)	0 h 10 m	Media	Preventivo	MECÁNICO
	Lubricación	1 Año(s)	0 h 10 m	Baja	Preventivo	MECÁNICO
	barnizar devanado	1 Año(s)	0 h 10 m	Baja	Preventivo	ELECTRICO
	Cambio de rodamientos	1 Año(s)	0 h 10 m	Baja	Preventivo	ELECTRICO

Figura 45: Plan de mantenimiento ligado a equipos

4.- Como punto final nos dirigimos a la opción de CALENDARIOS, aquí podemos obtener calendarios mensuales, trimestrales, semestrales o anuales de cada uno de los sistemas de nuestro plan de mantenimiento con sus respectivas acciones y procedimientos, estos calendarios tienen dos tipos de formatos.

En este punto se puede dar doble click sobre la fecha que nos indica el software y podemos visualizar la descripción de la acción así como el procedimiento a seguir.

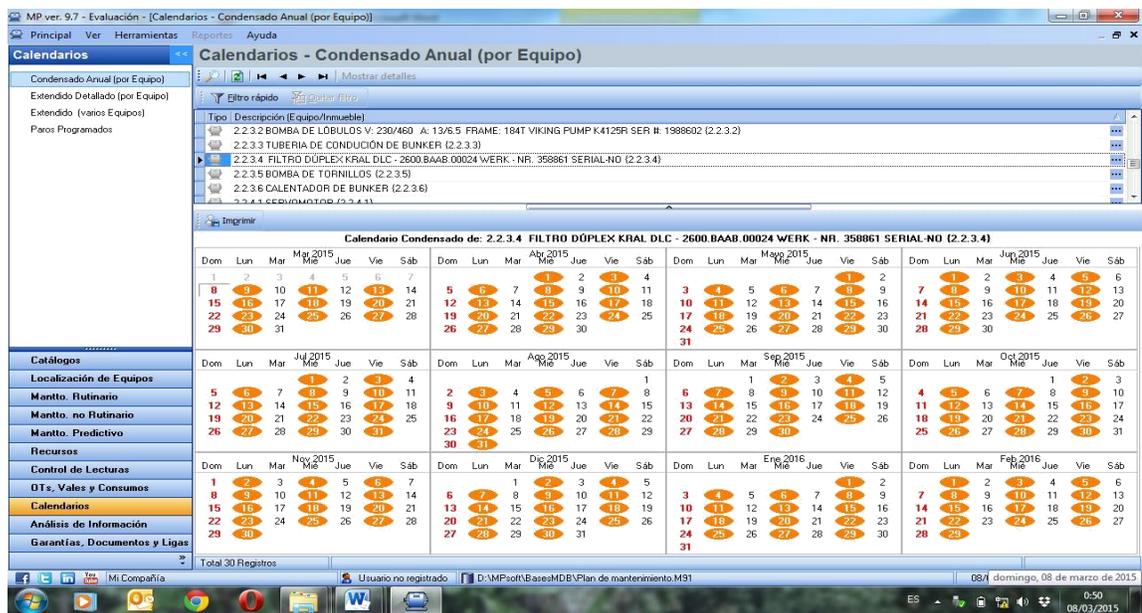


Figura 46: Plan de mantenimiento anual de cada equipo

Dando doble click en los iconos amarillos podemos ver el detalle de la actividad a realizar con su respectivo proceso e información adicional.

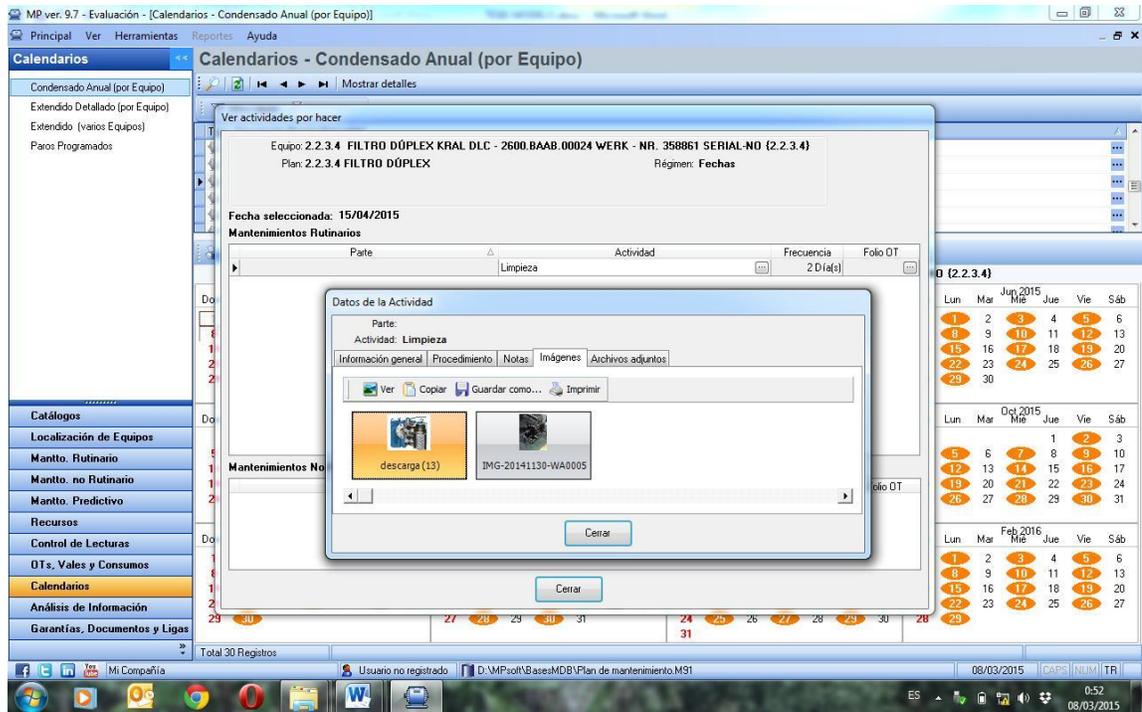


Figura 47: Opciones de plan de mantenimiento anual

Formato de calendario anual de mantenimiento, de igual manera podemos dar doble click en el círculo y nos aparecerá el detalle del mantenimiento que vamos a realizar junto con otros datos adicionales como procesos, fotografías y catálogos.

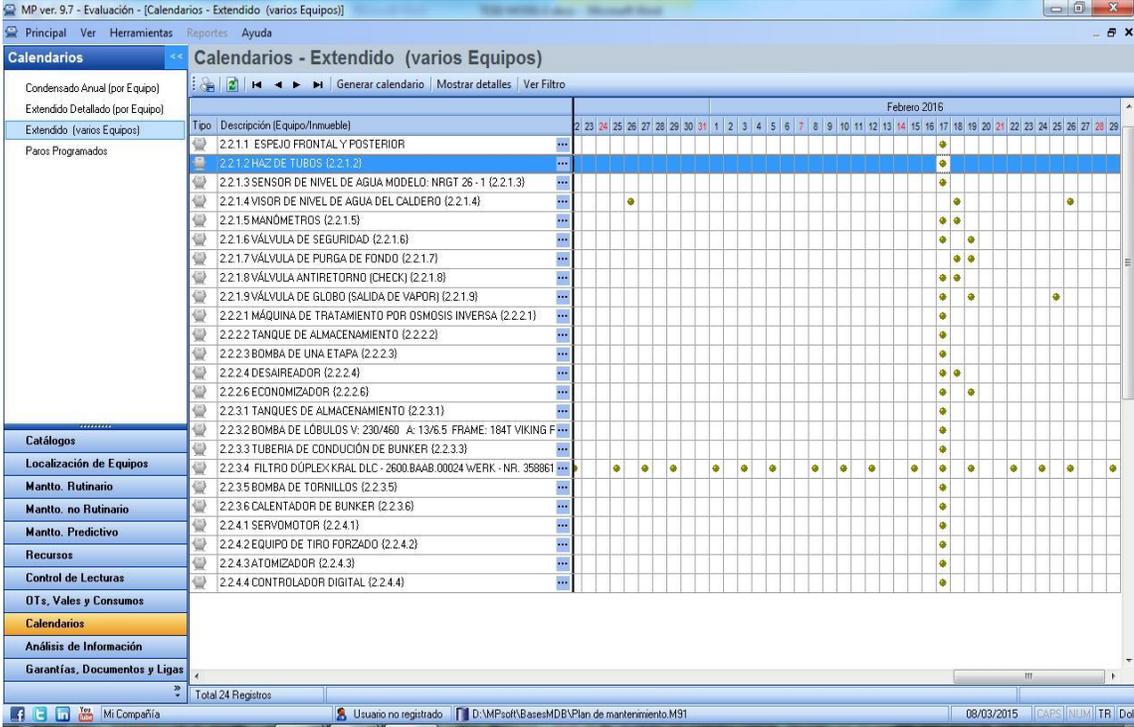


Figura 48: Plan de mantenimiento anual de todos los equipos

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO

Optimizar el mantenimiento en una empresa a través de una filosofía de trabajo que permita mejorar los procesos, alargar la vida útil de los equipos, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y operación de los equipos, y sobre todo, una reducción significativa de los costos de producción y mantenimiento, es la misión primordial de una gerencia moderna y de calidad.

Históricamente, se han hecho mucho énfasis en la planificación, programación y control de las paradas de planta. Es importante señalar que todo proyecto debe ir acompañado de una planificación de negocio donde la visión, objetivos, estrategias y las expectativas de la corporación se reflejen en retorno sobre la inversión.

El componente a tomar en cuenta en los proyectos de paradas de planta es tener una visión y misión del plan estratégico de inversión. El diseño de este plan lo influyen factores internos y externos que los equipos naturales de trabajo deben tomar en cuenta, tales como aspectos comerciales y financieros de la empresa, los compromisos con los clientes, las proyecciones de flujo de caja y la flexibilidad requerida en cuanto a la fecha de ejecución y duración de la parada.

En los proyectos de paradas de planta, la mayor demanda de los recursos llegan cuando una planta es parada por un largo periodo de tiempo, lo que implicará crear un horario o programa de mantenimiento. Por norma general, una larga lista de trabajo se planifica en un período de tiempo.

El plan de trabajo debe ser modificado. Se deben contratar equipos especiales para cubrir los trabajos adicionales requeridos y las necesidades especiales.

4.1 Costo de mantenimiento.

Es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico. El sector de mantenimiento en la planta o en la empresa puede ser considerado por algunos gerentes como un gasto, para otros

como una inversión en la protección del equipo físico, y para algunos como un seguro de producción. La actitud del gerente pasará a sus empleados (sean mecánicos u operarios) afectando directamente en los resultados

Costos Fijos: Los costos fijos en el mantenimiento están compuestos principalmente por la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo, así como todo gasto originado por el engrase de las máquinas o mantenimiento.

Desde el punto de vista del mantenimiento, estos costos son gastos que aseguran el mantenimiento en la empresa y la vida útil de la maquinaria a mediano y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo limita la cantidad de inversiones programadas, y al principio representa un ahorro para la empresa que después se traduce en mayor incertidumbre y gastos mayores para mantener a la empresa en su nivel óptimo.

Costos Variables: Dentro de los costos variables de mantenimiento nos encontramos básicamente con el de la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo será consecuencia de las averías imprevistas en la maquinaria, como de las reparaciones programadas por otros tipos de mantenimiento a la maquinaria.

Parecería que no fuera posible reducir este tipo de gasto de mantenimiento, dado que este viene directamente de la necesidad de realizar una reparación para poder seguir produciendo. La manera de reducir este tipo de gasto no pasa por dejar de hacer mantenimiento correctivo, si no por evitar que se produzcan las averías inesperadas. [16].

Mantener una base de datos

Un sistema de costeo genera una gran cantidad de datos e información que debería servir principalmente:

- ✓ Para diferenciar los diferentes tipos de costos presentes en el proceso de mantenimiento,
- ✓ Para proveer información relevante que ayudará a los administradores a tomar mejores decisiones,
- ✓ Para proveer información para planear, controlar y medir eficiencia.

La base de datos debe ser mantenida, con costos apropiadamente codificados y clasificados, para que la información relevante de costos pueda ser obtenida y así responder a cada uno de los requerimientos anteriores.

Los costos futuros, tanto como los pasados, se necesitan para el proceso de toma de decisiones. Entonces los costos obtenidos desde la base de datos deben ser ajustados para un análisis permanente de cambio de precios y estrategias. Es importante la clasificación de costos para evaluar los impactos financieros de las decisiones de expandir o contraer, pero en la base de datos no están clasificados según la relevancia ya que esta adquiere su significado de acuerdo al escenario en que esté o vaya a enfrentar la organización.

Objetivo de costo para el control

El objetivo de costos consiste en precisar lo que cuesta la función de mantenimiento. Los objetivos de un programa de costos tienen por propósito reducir el costo global de mantenimiento a un nivel mínimo.

Pueden elaborarse objetivos de costos para piezas específicas de maquinarias, grupo de máquinas, equipo auxiliar, funciones de apoyo o instalaciones. Los objetivos de costo en maquinarias se expresan en valores monetarios de mano de obra o material para el mantenimiento, cargable a la máquina, equipo auxiliar u horas-hombre de mano de obra.

4.2 Cálculo del costo del mantenimiento.

4.2.1 Costos fijos



Materiales: Stock de repuestos.

Tabla 16: Costos de repuestos por año

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Precio unitario</i>	<i>Precio Total</i>
Manómetro 1/4" de 0 a 100 Psi	2	u	95,80	191,60
Plancha de empaque Chesterton 354	1	u	1.000,00	1.000,00
Válvula de purga de fondo de 2"	2	u	1.340,00	2.680,00
Cordón de manta cerámica de 1¼"	20	m	15,00	300,00
Visor de nivel de agua PN 40-22/2000	2	u	3126,64	6.253,28
Pasta de esmeril para asentamiento de válvulas	1	u	4,50	4,50
Empaque OVAL GASKET 320 X 420	4	u	348,82	1.395,26
Empaque OVAL GASKET 220 X 320	4	u	209,29	837,16
Cable de encendido de las bujías Ignición cable 1740mm WK70/3 silicón	2	u	138,08	276,16
Rodamiento 6314-C3	4	u	430,67	1722,68
Plancha de empaque Chesterton 1/64" de espesor	1	u	83,74	83,74
Cold solvent limpiador de bobinado de motor	4	gal	26,24	104,96
Rodamiento 6306-2Z	4	u	33,28	133,12
Rodamiento 6202-2RS	4	u	11,88	47,52
Manómetro 2.1/2" 3000 PSI. 1/4"L.C."	4	u	95,00	380,00
Electrodo de nivel de agua	2	u	1170,22	2.340,44
Válvula de seguridad del caldero DN65 PN40 20bar	2	u	3230,65	6.461,30
Empaque Fibre glass tape 15x2	4	u	29,45	117,80
rodamiento 6203-2Z	4	u	2,92	11,68
Pre calentador de combustible	2	u	7195,66	14.391,32
Pintura anticorrosivo Apexior	5	gal	276,16	1.380,80
Brocha de 4"	2	u	4,28	8,56
Valvula de bola 1/2" 300 Psi	2	u	12,00	24,00
			TOTAL	40.145,88

✓ **Mano de obra directa.**

Para realizar el cálculo de los sueldos del personal del departamento se tomó las siguientes consideraciones:

Sueldo mensual: dentro de este rubro no se ha considerado las horas extras que requieran en casos de emergencia durante la operación de la maquinaria.

Décimo cuarto sueldo: se consideró un salario básico dividido para 12 meses para tener un costo mensual.

Décimo tercer sueldo: para el cálculo de este costo se consideró el 12% del sueldo mensual y de esta forma obtuvimos un costo mensual para los respectivos cálculos.

Gerente de mantenimiento: para este rubro se consideró el 80% de su sueldo, esta consideración se la hizo debido que el 80% de su trabajo está enfocado en el mantenimiento y el otro 20% se enfoca en otras actividades dentro del departamento.

✓ **Sueldo mensual**

Tabla 17: Sueldos mensuales del personal de mantenimiento

Calculo de sueldos de mano de obra directa			
<i>Descripción</i>	<i>Mecánico</i>	<i>Ayudante</i>	<i>Gerente de mantenimiento</i>
Sueldo mensual	1200	1100	1200
Aporte al IEES mensual	113,4	103,95	113,4
Décimo cuarto sueldo	29,5	29,5	29,5
Décimo tercer sueldo	144	132	144
Vacaciones	50	45,83	50
Sueldo mensual	1536,9	1411,28	1536,9

✓ **Sueldo anual**

Tabla 18: Sueldo anual del personal de mantenimiento

Cargo	Sueldo mensual	Sueldo anual
Gerente de mantenimiento	1536,9	18442,8
Mecánico	1536,9	18442,8
Ayudante	1411,28	16935,4

✓ **Sueldo total del personal de mantenimiento.**

Este sueldo es el valor mensual que recibe cada uno de los miembros del equipo de mantenimiento, el equipo de mantenimiento está integrado por 8 personas las mismas que se encuentran trabajando en grupos de 2 personas y en la modalidad de 4 equipos tres turnos, es decir que el departamento de mantenimiento labora las 24 horas del día y los siete días de la semana.

Tabla 19: Sueldo total del personal de mantenimiento

Sueldo total			
Cargo	Cantidad	Sueldo anual	Sueldo total
Gerente de mantenimiento	1	18442,8	18442,8
Mecánico	4	18442,8	73771,2
Ayudante	4	16935,40	67741,6
Total			159955,6

✓ **Mano de obra contratada.**

Tabla 20: Costo servicios prestados.

<i>Empresa</i>	<i>Descripción</i>	<i>Mano de obra</i>	<i>Material</i>	<i>Total</i>
Trata-aguas	Inspección y Limpieza de los Tubos Internos por el lado de Fuego - Lado de Agua - Economizador - Chimeneas	2000	1200	3200
Aflomotors	Ventiladores de Aire de Combustión	2000	500	2500
			Total	5700

✓ **Calculo del costo de mantenimiento para cinco años.**

En la siguiente tabla se realiza la estimación del costo de mantenimiento para un periodo de cinco años, para costo de mantenimiento del primer año se realizó la suma de los siguientes valores (Stock de repuestos + mano de obra directa+ mano de obra

contratada), para los siguientes cuatro años se tuvo la misma consideración pero con la diferencia de que se le sumo un 5% de alza a cada uno de los rubros.

Para el 5% de alza en cada uno de los rubros, se tuvo en consideración la inflación anual del país la misma que se mantiene en este porcentaje.

Tabla 21: *Proyección del costo de mantenimiento para 5 años*

Descripción	1° año	2° año	3° año	4° año	5° año
Mano de obra directa	159955,6	167953,38	176351,049	185168,6015	194427,032
Mano de obra contratada	5700	5985	6284,25	6598,4625	6928,38563
Repuestos	40145,88	42153,174	44260,8327	46473,87434	48797,5681
Total anual	205801,48	216091,554	226896,1317	238240,9383	250152,985

El cálculo de los costos variables en este presente trabajo se va a obviar porque aquí se hace referencia a los costos del mantenimiento correctivo y al no tener un historial detallado de los costos de mantenimiento correctivo no se podrá realizar una proyección de estos gastos.

Con el plan de mantenimiento preventivo propuesto en el presente trabajo se pretende reducir los costos variables, de esta forma reducir valores por mantenimiento correctivo y lo que es importante reducir al máximo las paradas innecesarias en la planta de producción.

Conclusiones.

En la actualidad existen muchos programas de mantenimiento preventivo pero las empresas por ahorrar estos costo evitan estos programas, pero a un corto plazo se ve repercutido con paradas innecesarias en la producción las mismas que presenta grandes pérdidas de tiempo y sobre todo la producción de la planta.

Luego de realizar el análisis del estado actual de los calderos y de cada uno de sus componentes se evidencio que en el departamento de casa de fuerzas no existe un plan de mantenimiento preventivo, por el contrario en su mayor parte se realiza un mantenimiento correctivo en cada uno de los mismos, por tal motivo se evidencia que existen paradas de innecesarias en estos elementos los mismos que son de vital importancia para la producción de la planta.

Al no contar con un plan de mantenimiento preventivo, al realizar el levantamiento de información se llegó a la conclusión que muchos de estos elementos con un alto grado desperfectos lo que implica en muchos casos pérdidas de eficiencia en su proceso de producción.

Otros de los inconvenientes es el stock de repuestos que se tiene en el departamento y en la bodega general, este stock en muchos de los casos no es el adecuado por esta razón el mantenimiento se tiene que extender por un largo tiempo o en muchos de los casos el elemento queda desarmado y se le deja fuera de servicio.

No existe un historial detallado de los mantenimientos realizados a estos elemento, al no contar con estos historiales no se puede precisar que elementos son los que comúnmente se dañan y de esta forma prever el stock o la compra de los mismos.

De igual manera no existen procesos definidos de mantenimiento, el inconveniente que genera al no tener es que el personal que realiza el mantenimiento siempre debe de ser el mismo.

Con el presente trabajo se ejecutó un levantamiento de información, un estudio del mantenimiento, y por último se presentó un plan de mantenimiento preventivo el mismo que se pone en consideración de la empresa para su implementación.

Recomendaciones.

Se recomienda implementar este presente trabajo en el mantenimiento de los componentes que forman parte del departamento cas de fuerzas con esto se lograra obtener un mejor resultado en el mantenimiento, evitar paradas innecesarias de la producción, elevar y precautelar la vida útil de los equipos.

Dentro de este documento se encuentra una demo de un gestor de mantenimiento, se recomienda obtener uno de estos, este gestor nos ayudara a llevar de mejor manera del desarrollo del mantenimiento y nos ayudara a crear una base de datos detallada de los mantenimientos realizas y ejecutados en el departamento.

Se realizó los procedimientos de mantenimiento de los componentes y subcomponentes que se encuentran involucrados en la generación de vapor, se sugiere revisarlos y ponerlos en práctica dentro del proceso de mantenimiento.

Es indispensable que en la bodega exista el stock suficiente de repuestos para el año de mantenimiento preventivo.

Realizar un historial detallado de los mantenimientos realizados y para este punto, va a ser de gran ayuda el software de gestión de mantenimiento este nos facilitara el trabajo y recopilara toda la información en una base de datos que la podremos tener en cualquier momento.

Bibliografía

- [1] Continental Tire Andina. (2014). Departamento de producción. Azuay-Cuenca.
- [2] Viessmann. (2010). Catálogo del caldero Vitomax, Vitomax 200 HS. *Datos técnicos*. Alemania.
- [3] Continental Tire Andina. (2014). Archivo del departamento Casa de Fuerzas. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- [4] Sener, Secretaría de energía. (2009). Beneficios del aislante térmico en la industria.
- [5] Ygenis. (2008). Manual de instalación y mantenimiento de calderas de vapor.
- [6] Spirax Sarco. (2001). Instrucciones de instalación y mantenimiento. *Manómetros con sifón y válvula*.
- [7] Spirax Sarco. (2002). Válvula de seguridad para aplicaciones de vapor, gases y líquidos.
- [8] Spirax Sarco. (2009). Válvula de purga de fondo de caldero con actuador o manual.
- [9] FlowTek. (2011). Manual de instalación y mantenimiento, válvulas de bola.
- [10] IQD. (s.f.). Claves para un correcto funcionamiento de plantas de ósmosis inversa.
- [11] Flowserve. (2013). Instrucciones para el usuario, Bomba centrífuga FP. *Instalación, operación, mantenimiento*.
- [12] Spirax sarco. (2004). Válvula de control. *BVC DN 3120*.
- [13] Inoxpa. (2010). Instrucciones de instalación y mantenimiento. *Bomba lobular SLR*.
- [14] Eurodrive. (2013). Servomotores sincros. *Instrucciones de funcionamiento*.
- [15] Gobierno de España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2012). Guía básica. *Calderas industriales eficientes*.
- [16] Gonzales, R., Guevara, A., Hernandez, R., Moreno, K., & Zambrano, J. (1 de Septiembre de 2012).

GONZALES Carlos ISO 9000 – QS 9000 – ISO 14000 Normas internacionales de administración de calidad, sistemas de calidad y sistemas ambientales McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

García, Santiago, Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, Tercera Edición, Díaz Santos, 2004.

Rey, Sacristán, Francisco, Mantenimiento Total de la Producción, Cuarta Edición, Fundación Confemetal, 2004.

Crespo, Adolfo, Ingeniería de Mantenimiento, Tercera Edición, AENOR, 2002

Anexos

Anexo 1. Modelo de ficha de control de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA CALDERO PIROTUBULAR			
Ficha de control para el mantenimiento preventivo y correctivo			
Conjunto	Sistema de alimentación de combustible		
Componente	Filtro dúplex	Código	2.2.3.4
Realizado por		Turno	
Fecha: _____			
Informe de actividades:			

			
Observaciones:			

Anexo 2. Modelo de ficha de control de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO – DEPARTAMENTO CASA DE FUEZA CALDERO PIROTUBULAR			
Procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo			
Conjunto	Sistema de alimentación de agua		
Componente	Motor - Bomba de una etapa	Código	2.2.2.3
Realizado por		Turno	
Fecha: _____			
Informe de actividades:			

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Tapa frontal</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Conexiones eléctricas</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Tapa posterior</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Pernos de sujeción</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Barnizado de devanado</div> </div>			
Observaciones:			

