



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

ITM

**“CAPACITACIÓN EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
A OPERADORES DE CALDERAS”**

OPCIÓN

TESIS PROFESIONAL

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

JUVENTINO ISMAEL LEÓN HUCHÍN

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO

2019

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Mérida

DEPENDENCIA: DEPTO. METAL-MECÁNICA
No. DE OFICIO: O-141/2018

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Mérida, Yucatán, 06/JUNIO/2018

C. JUVENTINO ISMAEL LEÓN HUCHÍN
PASANTE DE INGENIERÍA MECÁNICA
PRESENTE.

De acuerdo al fallo emitido por su asesor, el Ingeniero Industrial en Mecánica EMILIANO ALBERTO CANTO QUINTAL, y a la comisión revisora integrada por el Ingeniero Mecánico JUAN DE DIOS BUSTOS TORRES, los Ingenieros Industriales en Mecánica RAMÓN NOVELO CORAL, y MELCHOR DE LOS REYES NARVÁEZ RODRÍGUEZ y considerando que cubre los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación de los Institutos Tecnológicos le autorizamos la impresión de su trabajo profesional por la Opción (TESIS PROFESIONAL), cuyo tema es:

“CAPACITACIÓN EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A OPERADORES DE CALDERAS ”

ATENTAMENTE
“IN HOC SIGNO VINCES”

M.C. MELCHOR DE LOS R. NARVÁEZ RODRÍGUEZ
EL JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA.
/acg.



SEP Instituto Tecnológico de Mérida, Km.5 Carretera Mérida-Progreso A.P 911
C.P 97118 Mérida Yucatán, México, Tels. 964-50-00, Ext. 10001, 10401
10601, 10201 e-mail: itm@itmerida.mx <http://www.itmerida.mx>



RECONOCIMIENTO
A LA CALIDAD SEP
2012
100 POR CIENTO EN
SUS PROGRAMAS DE
BUENA CALIDAD



INDICE

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1.	2
DESCRIPCIÓN DE LA CALDERA.	2
1.1. Generador de vapor	2
1.2. Cuerpo de la caldera.....	3
1.2.1. Cámara de combustión (hogar).	4
1.2.2. Fluxes.....	4
1.2.3. Chimenea.	4
1.2.4. Cabezal.....	4
1.3. Funcionamiento en la planta.....	5
DIAGRAMA 1.1. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.	7
DIAGRAMA 1.2. DIAGRAMA DEL PROCESO.	8
DIAGRAMA 1.3. CICLO COMPLETO DE GENERACION DE VAPOR.....	9
CAPITULO 2. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	10
2.1. Manómetro de presión de vapor	11
2.2. Presión de trabajo de límite alto y controles de modulación de presión.....	12
2.3. Válvula de venteo.	13
2.4. Bajo nivel de agua y regulación de bomba.....	14
2.5 Válvulas de seguridad.....	15
2.6. Columna de agua.	16
2.6.1. Mirilla de nivel de agua.....	16
2.7. Drenaje de Válvula de vidrio.	17
2.8. Purgas de fondo.....	18
2.8.1. Proceso de purgado.....	19
2.8.2. Tanque de condensados.....	21
2.9. Motor modulador (modutrol).	21
2.9.1. Forma de trabajo.	22
2.9.2. Acoplamiento del Change-Over combustible.....	24
2.9.3. Modo de funcionamiento.....	25

2.10. Tablero de control.	26
2.10.1. Microprocesador CB780/CB784	27
2.10.2. Funciones de interruptor run/test.....	30
2.10.3. Selección de combustible.	30
2.11. Transformador de la ignición.	31
2.12. Electrodo.....	32
DIAGRAMA 2.1. DIAGRAMA DEL ELECTRODO.	33
2.12.1. Calibración de los electrodos	34
2.13. Detector de flama.	35
DIAGRAMA 2.2. DIAGRAMA DE LA FOTOCELDA.	36
2.14. Tren de gas típico.....	37
2.14.1. Controles de la alimentación de gas.	39
2.14.1.1. Válvula piloto.	39
2.14.1.2. Regulador de presión de gas piloto.	40
2.14.1.3. Válvula de cierre de piloto de gas.	40
2.14.1.4. Medidor de presión de gas.....	41
2.14.1.5. Válvula de regulación principal de presión de gas.	41
2.14.1.6. Llave de cierre de gas principal.....	41
2.14.1.7. Válvula mariposa de gas.	42
2.14.1.8. Válvulas principales de gas.....	42
2.14.1.9. Válvula principal de ventilación de gas.	43
2.14.1.10. Interruptor de baja presión.	43
2.14.1.11. Interruptor de alta presión.	44
2.14.1.12. Conexión de fugas.....	44
2.15. Tren de Diésel típico.	45
DIAGRAMA 2.15.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE DIÉSEL.	47
2.15.2. Bomba de succión y alimentación de combustible diésel.....	48
2.15.2.1. Válvula de alimentación.....	49
2.15.2.2. Manómetro de salida de combustible.....	49
2.15.3. Compresor de aire.	49
2.15.3.1. Motor de bomba de aire.....	51
2.15.3.2. Filtro de aire.....	51

2.15.3.3. Válvula de retención.....	51
2.15.3.4. Tanque receptor de aire-aceite.....	51
2.15.3.5. Mirilla de nivel aceite lubricante.....	51
2.15.3.6. Serpentín de enfriamiento de aceite lubricante.	51
2.15.3.7. Tubo de llenado de aceite y filtro de lubricante.	51
2.15.4. Filtro de aceite.	52
2.15.5. Tubería de retorno de diésel.	54
2.15.6. Regulador diésel.	55
2.15.7. Modulador de diésel.	56
2.15.8. Manómetro de válvula reguladora.....	57
2.15.9. Boquilla pulverizadora.	57
2.15.9.1. Marcado de las boquillas estándar.	58
2.15.9.2. Tipo de boquilla.....	60
2.15.10. Válvula solenoide principal.....	61
2.15.11. Interruptor de baja presión de aceite.	61
2.15.12. Sensor de posicionamiento combustible diésel.	61
2.15.13. Manómetro de aire presurizado.....	64
2.16. Ventilador de Tiro Forzado (VTF)	64
CAPITULO 3.	67
GENERALIDADES SOBRE EL AGUA.	67
3.1. Formación de cieno o lodo.....	67
3.2. Formación de incrustaciones.....	68
3.3. Corrosión.....	70
3.4. El tratamiento de agua.....	71
3.4.1. Procedimiento.....	71
CAPITULO 4.	85
QUEMADORES Y COMBUSTIÓN.....	85
4.1. Combustión.....	85
4.1.1. Tipos de combustión.....	87
Existen tres tipos de combustión:	87
4.2. El quemador.	87
4.3. Control y función del componente.	88

4.4. Controles solo para quemadores combinados.	89
4.5. Encendido automático.	90
4.6. Aire de atomización.	91
4.7. Flujo de combustible: Diésel.	92
4.8. Flujo de gas combustible.	92
4.9. Modulante.	93
CAPITULO 5.	95
OPERACIÓN DE LA CALDERA.	95
5.1. Procedimientos para poner a funcionar la caldera paso a paso.	95
DIAGRAMA 5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE ENCENDIDO DE LA CALDERA.	96
5.1.1. Verificación de energía eléctrica y combustible.	97
5.1.2. Nivel de agua.	98
5.1.3. Válvulas de alimentación de agua.	98
5.1.4. Dureza de agua de alimentación.	99
5.1.5. Válvulas de purga.	99
5.1.6. Arranque de caldera.	99
5.1.7. Puntos clave a verificar.	100
5.2. Secuencia de encendido de la operación de la caldera.	101
5.3. Regla de los nunca y siempre.	101
CAPITULO 6.	105
PLAN DE MANTENIMIENTO.	105
6.1. Cuidados del lado del agua.	105
1.- Picaduras y corrosión por oxígeno.	105
2.- Formación de incrustaciones.	106
3.- Acumulación de lodos.	109
4.- Empaques.	110
5.- Almacenamiento de calderas fuera de uso.	111
6.2. Cuidados lado fuego.	111
1.- Hogar, tubos y espejos.	111
2.- Limpieza de tubos.	113
3.- Empaques.	116
4.- Refractario.	116

6.3. Cuidado de los controles.....	119
6.4. Control de nivel de agua.....	119
6.5. Mantenimiento diario y semanal.....	119
6.6. Cada tercer día.....	121
6.7. Cada ocho días.....	121
6.8. Cada quince días.....	121
6.9. Cada mes.....	121
6.10. Mantenimiento trimestral.....	122
6.11. Mantenimiento trimestral de accesorios.....	123
1.-Quemador.....	123
2.-Bomba de combustible.....	123
3.-Ventilador.....	123
4.-Compresor.....	124
5.- Alimentación de agua.....	124
6.12. Cada seis meses.....	124
6.13. Mantenimiento anual.....	125
CAPITULO 7.....	126
AVERÍAS.....	126
7.1. Fallas y soluciones.....	126
Tabla 7.1. Averías presentadas en el transcurso de la operación.....	126
Tabla 7.2. Posibles averías que pueden llegar a presentarse.....	130
CAPITULO 8.....	134
EXPLOSIÓN DE CALDERAS.....	134
8.1. ¿POR QUÉ EXPLOTAN LAS CALDERAS?.....	134
8.1.1. Bajo nivel de agua.....	134
8.1.2. Descuido de las válvulas de seguridad.....	135
8.1.3. Descuido del control de presión.....	135
8.1.4. Falta de barrido de los gases.....	136
8.1.5. Falla del control de flama.....	136
8.2 Explosiones en la cámara de fuego.....	136
8.2.1. Precauciones.....	137
8.3. Explosiones en la cámara de vapor o agua.....	137

Conclusiones y observaciones.....	139
Competencias utilizadas.	141
ANEXOS.....	143
ANEXO I COLOR DE FLAMA.	143
ANEXO II TABLA DE IMPUREZAS EN EL AGUA.....	144
ANEXO III TABLA DE ELECCIÓN DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA.	145
ANEXO IV PODER CALORIFICO DEL GAS.....	146
ANEXO V PODER CALORIFICO DEL DIESEL.....	147
ANEXO VI FICHA TÉCNICA DE LA CALDERA.....	148
ANEXO VII PLACAS DE LA CALDERA CLEAVER BROOKS.	153
ANEXO VIII CARACTERÍSTICAS DE CALDERA.	155
ANEXO IX TABLA DE VAPOR SATURADO.	156
BIBLIOGRAFIA.....	158

INTRODUCCIÓN

Los generadores de vapor comúnmente llamadas calderas, son instalaciones industriales térmicas que producen vapor a temperatura mayor a la atmosférica, dependiendo del tipo de estructura interior ya sea pirotubulares o acuotubulares producen vapor por calentamiento de agua mediante combustible ya sea líquido o gaseoso, permitiendo la interacción de transferencia de calor constante al agua, produciendo de esta manera el vapor necesario para poder obtener un óptimo trabajo.

El vapor es extensamente utilizado en diferentes áreas del ámbito industrial o comercial, principalmente en el calentamiento de procesos.

El vapor se puede producir en cualquiera de las tres condiciones siguientes: vapor húmedo, vapor saturado (seco) y vapor sobrecalentado.

El vapor húmedo es la forma más común de vapor que se pueda experimentar en plantas. Cuando el vapor se genera utilizando una caldera, generalmente contiene humedad proveniente de las partículas de agua no vaporizadas las cuales son arrastradas hacia las líneas de distribución de vapor. Incluso las mejores calderas pueden descargar vapor conteniendo de un 3% a un 5% de humedad. Al momento en el que el agua se aproxima a un estado de saturación y comienza a evaporarse, normalmente, una pequeña porción de agua generalmente en forma de gotas, es conducida por el flujo de vapor y arrastrada a los puntos de distribución. Este uno de los puntos claves del porque la separación es usada para remover el condensado de la línea de distribución.

El vapor saturado es aquél que se ha calentado a su temperatura de ebullición y es el vapor que se desprende cuando el líquido hierve, este tipo de vapor no se ha calentado por encima de la temperatura de saturación. El vapor sobrecalentado será aquél que, por el contrario, sí ha sido calentado después de su completa evaporación, modificando su temperatura para la misma presión. Al estar sobrecalentado puede entregar o perder parte de su energía sin condensar, con los beneficios que esto conlleva para su transporte o uso en turbinas.

CAPITULO 1.

DESCRIPCIÓN DE LA CALDERA.

1.1. Generador de vapor

Las calderas de vapor cuentan básicamente con: una cámara de vapor y una cámara de líquido; la primera se define como el espacio ocupado por el vapor en el interior del dispositivo, es allí en donde se separa el vapor del líquido para lograr posteriormente la suspensión. Cuanto más variable es el consumo del vapor, mayor será el volumen de la cámara. La cámara de líquido es el espacio en donde se coloca el agua que hace funcionar a la caldera, el nivel de la misma es fijado cuando se fabrica la caldera de tal forma que sobrepase unos 15 cm a los tubos o conductos. La capacidad de la cámara de líquido es lo que va a dividir a este equipo en calderas de gran volumen, mediano volumen o pequeño volumen; las de gran y mediano volumen, mantienen estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero son muy lentas a la hora de encenderlas y, por su reducida superficie, producen poco vapor. Las calderas de vapor de pequeño volumen de agua son rápidas para generar vapor pero requieren de un especial cuidado en su alimentación y regulación del fuego; por último las de mediano volumen poseen numerosos tubos de humo y también de algunos tubos de agua, por ende la superficie de calefacción aumenta pero sin aumentar la totalidad del volumen de agua.

Tipos de calderas de vapor: Piro tubulares, Stirling y acuotubulares.

Dentro de los tipos de calderas de vapor nos encontramos con una de las más populares, las piro tubulares horizontales; se fabrican para un rango de operación de presiones que oscilan entre los 8 Kg/cm² y 24 Kg/cm². Éste modelo dispone en su parte trasera de una puerta abisagrada y de apertura total que deja al descubierto su interior; su fácil manipulación y accesibilidad permiten a quien la opera llevar a cabo las tareas de limpieza y mantenimiento desde el exterior sin correr riesgo de accidentes. Las acuotubulares, calderas de vapor con tubos de humo y agua están compuestas de un cilindro mayor y tubos de agua, humo o de ambos al mismo tiempo; los defectos que padecen este tipo de artefactos son,

entre otros: peligrosos ya que poseen riesgo de explosión, un bajo rendimiento por combustión deficiente y una destrucción rápida de los tubos cuando se produce un recalentamiento. Sus beneficios, por su parte, son ya conocidos: estas calderas son de fácil construcción y pueden operar en espacios reducidos volviéndolas accesibles.

Por último contamos con las calderas Stirling, las mismas cuentan de tres colectores superiores y sus cámaras de vapor están interconectadas por tubos de acero, el vapor es obtenido del colector central superior, obteniéndose más de 80.000 Kg de vapor por hora.

1.2. Cuerpo de la caldera.

Consta del “hogar” o cámara de combustión en donde se encuentra todo lo que tiene contacto con el agua, cañón espejos, envolventes y los tubos fluxes por donde circulan los gases de la combustión para calentar el agua. El cuerpo de la caldera tiene un aislante térmico entre sus paredes, además de registros, material refractario, chimenea y válvula de seguridad. (fig. 1.2.)

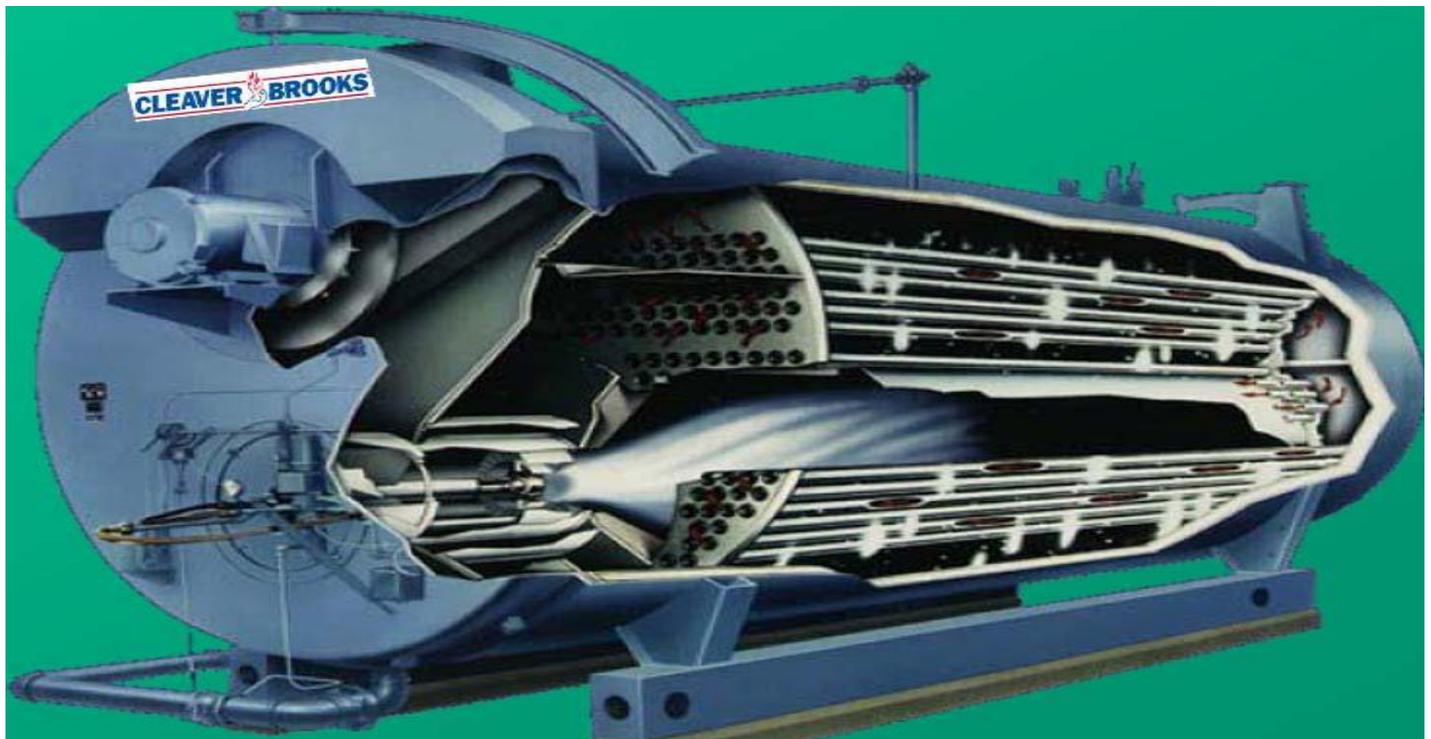


Figura 1.2. Cuerpo de la caldera.

1.2.1. Cámara de combustión (hogar).

En el hogar de la caldera se produce la combustión del combustible, y los gases calientes son empujados a través de los fluxes y estos a su vez calientan el agua hasta hacerla hervir.

1.2.2. Fluxes.

Los fluxes son unos tubos que van a lo largo de la caldera por donde pasan los gases calientes producto de la combustión, hasta salir por la chimenea, se encargan de hervir el agua hasta su punto de ebullición, los fluxes son soportados por unas bases llamadas espejo delantero y trasero de la caldera.

1.2.3. Chimenea.

Es la salida de los gases de la combustión, ésta solo se utiliza para el desfogue de gases a bajo límite contaminante de CO_2 .

1.2.4. Cabezal.

El cabezal está conectado a unos ductos de distribución que llegan hasta los equipos de producción y es por donde sale el vapor a presión necesario para el trabajo. El cabezal (fig. 1.2.4.) es el que se encarga de dirigir al vapor hacia las distintas partes del edificio en donde es requerido el vapor, consta de unas válvulas que permiten abrir o cerrarle el paso al vapor dependiendo el área donde se requiera.



Figura 1.2.4. Cabezal.

1.3. Funcionamiento en la planta.

El proceso que sigue la producción de alimentos para aves de la planta CRIO está ligado a la recepción de vapor que genera la caldera, por lo cual se explican los pasos que se requieren para producir el tipo de alimento requerido.

Existen gran cantidad de ingredientes que se requieren para la elaboración de los alimentos tales como metionina, fical, calcio, DDG, cloruro de colina, grasa animal, ácido graso, maíz molido, soya, todos estos ingredientes son mezclados antes de pasar por el cocido a base de vapor, a excepción de la soya.

La soya en grano es en primera instancia pulverizada por una serie de molinos que sin ser mezclada con algún tipo de ingrediente es cocida directamente por el vapor que la caldera proporciona a 7 kg/cm^2 , la soya ya cocida se convierte ahora en un ingrediente más para la producción del alimento deseado.

La segunda parte donde entra en función el vapor de la caldera es en la producción del alimento ya sea crecimiento 1 (para pollos jóvenes), y 2 (para pollos grandes), finalizador (para pollos listos para procesar), preinicio (para pollitos), inicio (para pollos en etapa media), que se produce en una maquina peletizadora (fig. 1.3.1.). En ella se manda el alimento previamente procesado y mezclado.

Pero primero para llegar a la maquina peletizadora la harina pasa por un alimentador que es la que abastece a la cámara de cocido del alimento llamado acondicionador (fig. 1.3.2. Y 1.3.3.). El acondicionador consta de un tornillo sin fin que al mismo tiempo de mandar la harina hacia la peletizadora unas válvulas reguladoras de presión de vapor van cociendo la harina para después entrar a la pellet, esta consta de una cámara donde unos rodillos van girando y aplastando el fino polvo al mismo tiempo que el vapor a 5 kg/cm^2 lo va cociendo para tener el alimento deseado.

(Ver diagrama 1.1., 1.2., y 1.3.de distribución de vapor, diagrama de proceso y ciclo completo de generación de vapor.)



Figura 1.3.1. Máquina peletizadora.



Figura 1.3.2. Acondicionador superior.



Figura 1.3.3. Acondicionador inferior.

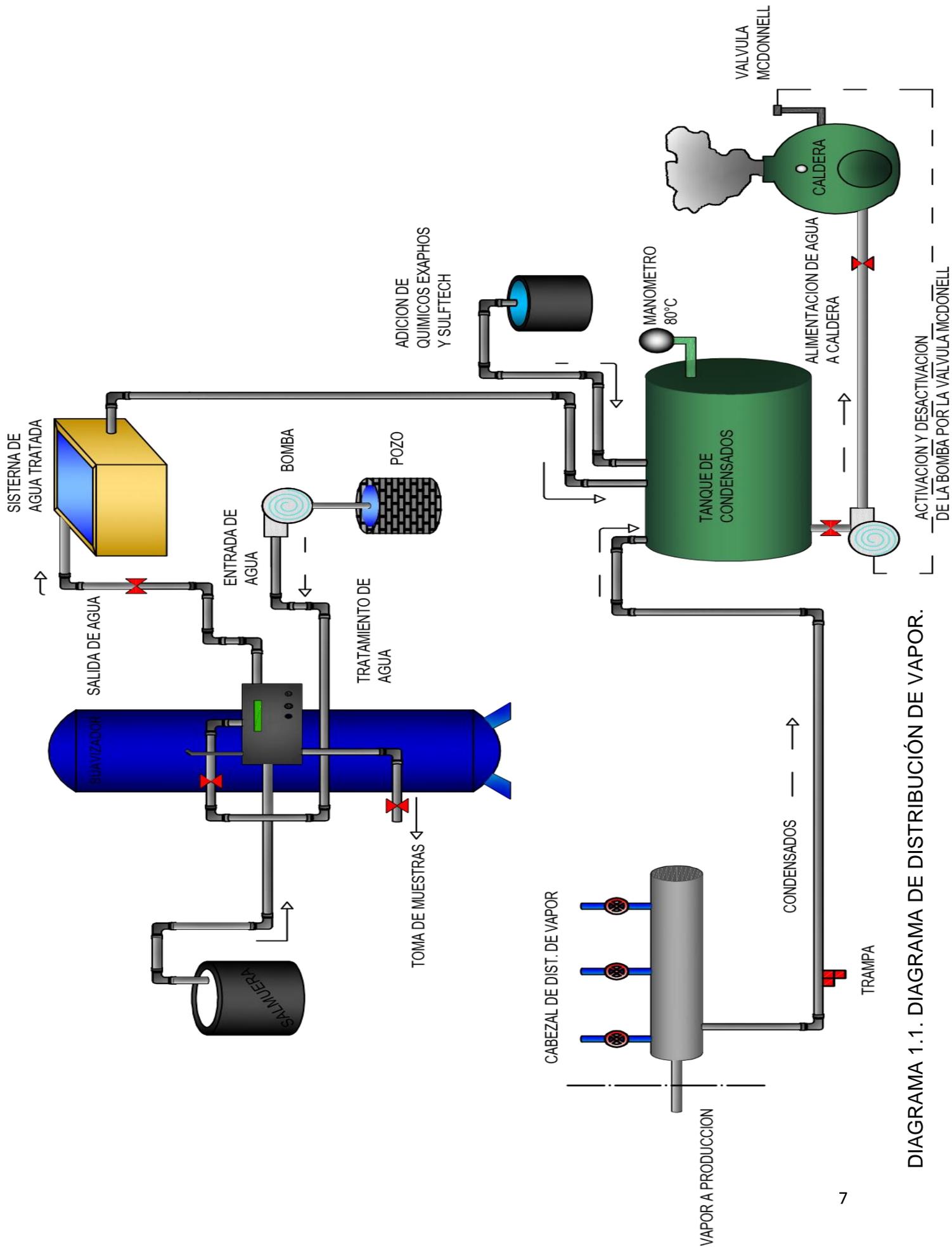


DIAGRAMA 1.1. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR.

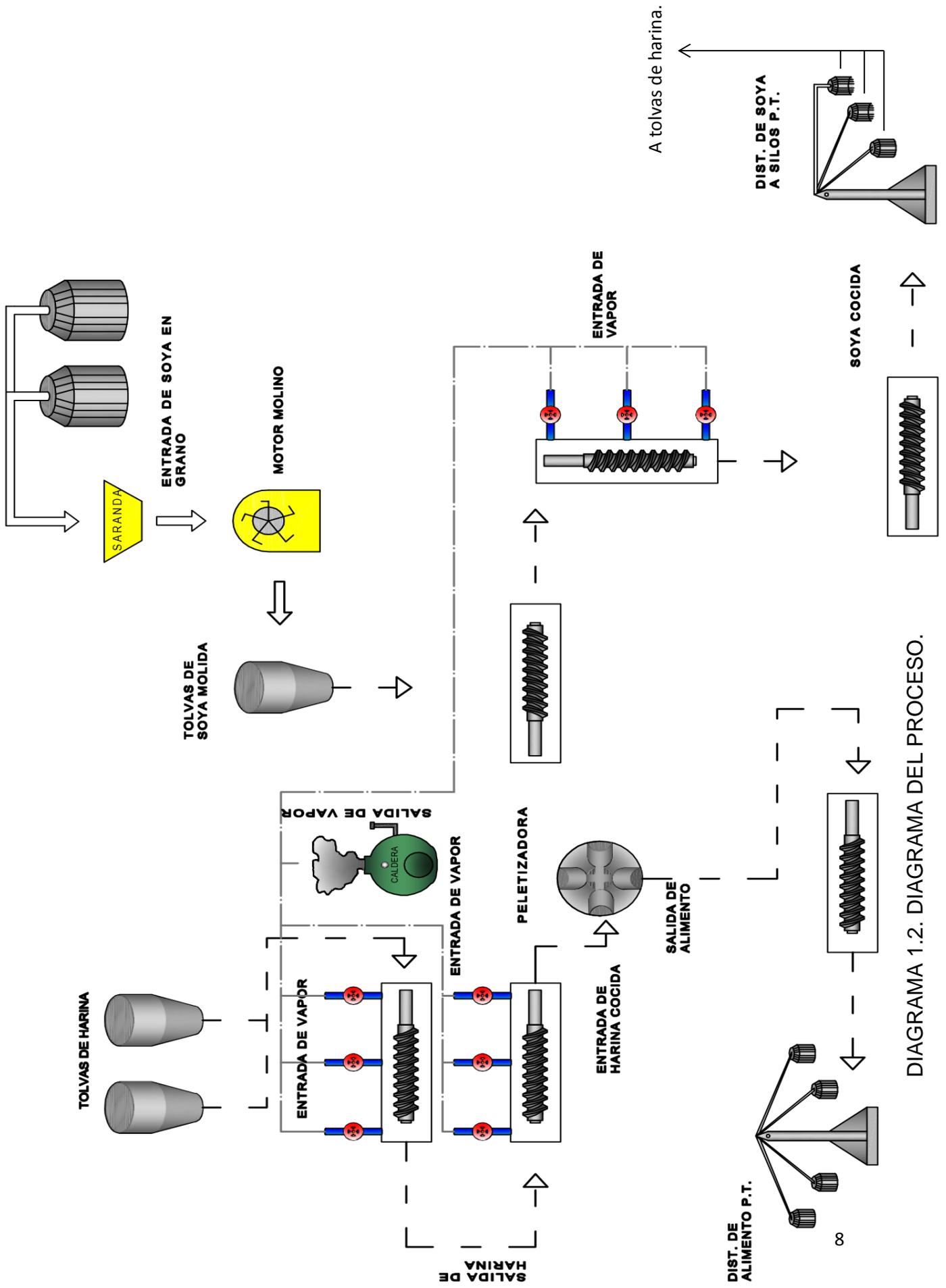


DIAGRAMA 1.2. DIAGRAMA DEL PROCESO.

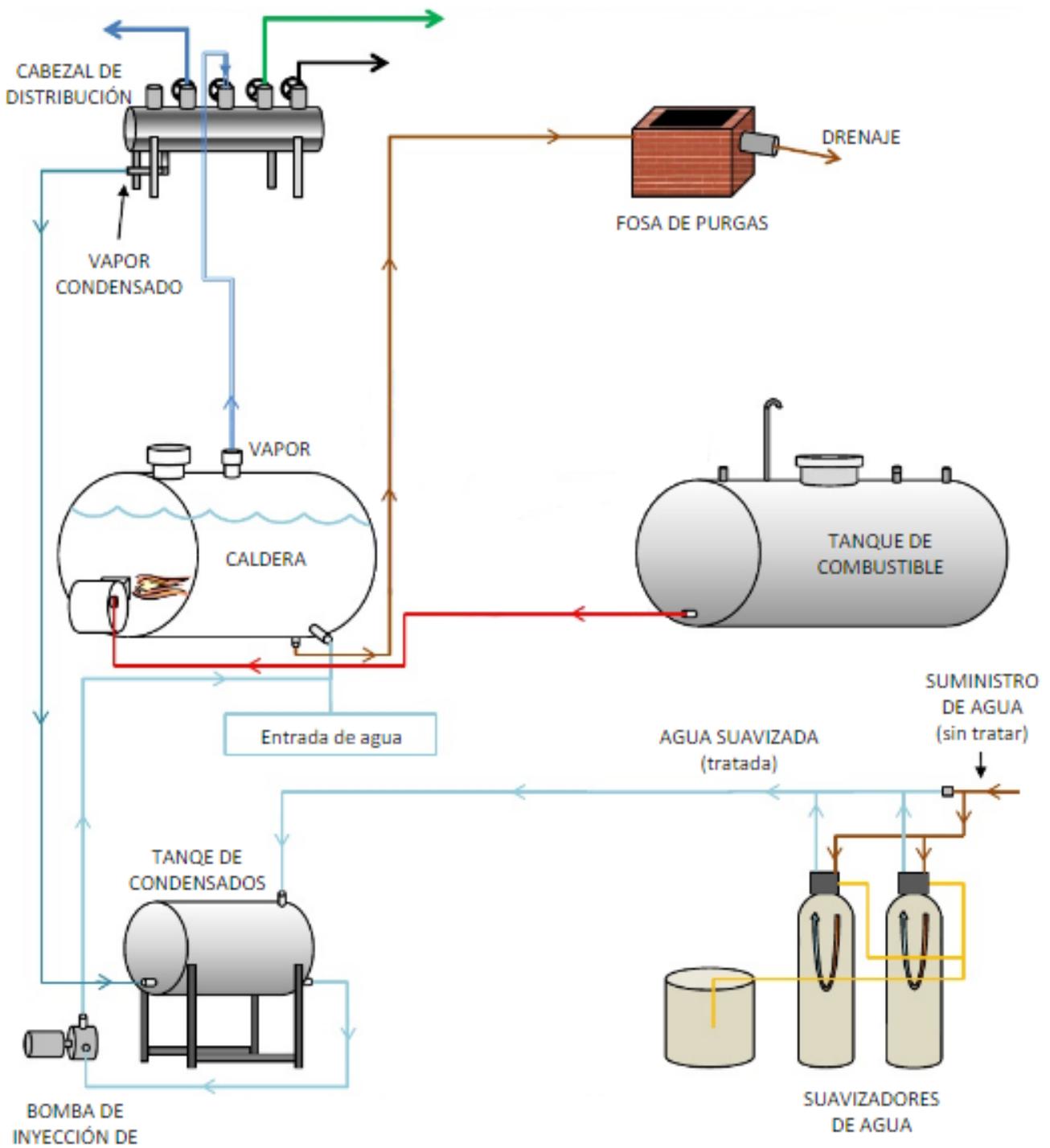


DIAGRAMA 1.3. CICLO COMPLETO DE GENERACION DE VAPOR.

CAPITULO 2. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.

Para poder operar la caldera sin ningún riesgo se deben de conocer todos y cada uno de los accesorios que equipan a la caldera (fig. 2), como funcionan y de qué manera manipularlos sin problema, el saber para que nos sirve cada uno de estos instrumentos nos ayuda a operar la caldera de una forma más eficiente y sin riesgos.

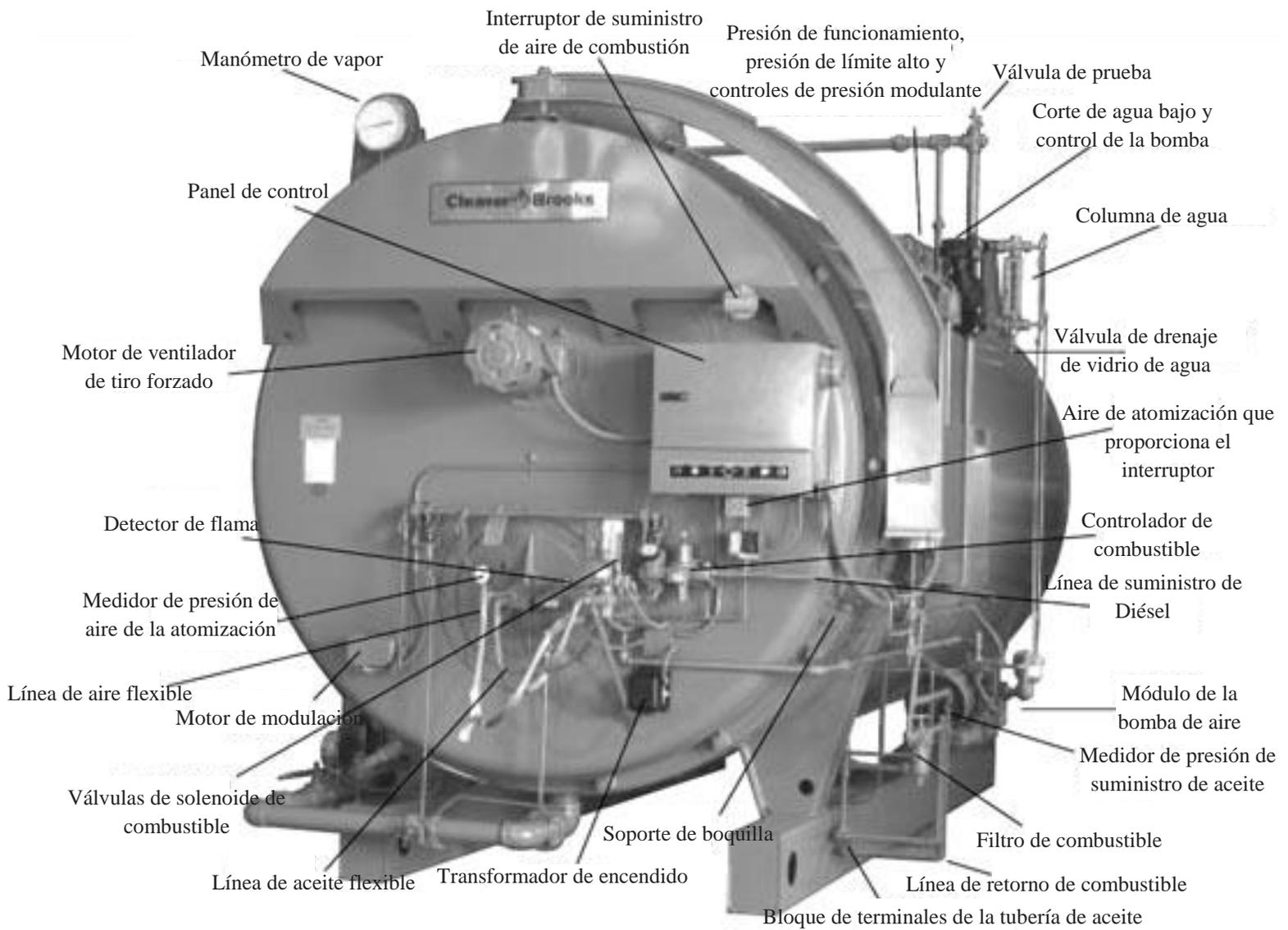


fig. 2. Componentes principales de la caldera.

2.1. Manómetro de presión de vapor

El manómetro (fotografía 2.1.) indica la presión del interior de la caldera y nos ayuda a controlar la presión a la cual se debe de operar la caldera dependiendo la demanda de vapor que se requiera, y de igual manera sirve como un sistema de seguridad muy importante en donde nos muestra a que presión se está operando la caldera y es la que nos muestra la presión máxima a la cual está diseñada la caldera (10 kg/cm^2). Es reglamentario que no puede trabajar sin manómetro para que el operador tenga conocimiento a que presión está trabajando la caldera.

La caldera Cleaver Brooks está diseñada para operarse a una presión máxima de 10 kg/cm^2 , pero no por ello se debe llegar a operar hasta esos límites ya que nos estaríamos arriesgando demasiado a una sobre presión. Para operar la caldera a un máximo de presión sin ningún riesgo se debe llegar a un set point de no más de 9 kg/cm^2 , esto para evitar riesgos.

Ahora bien, para las pruebas hidrostáticas es necesario llegar al punto máximo de sobrecarga, en estas pruebas que se le realizan después de su mantenimiento es prudente hacer llegar a la caldera a su presión máxima para asegurarse de su buen funcionamiento y cerciorarse que no haya fugas de agua tanto en los espejos como en los fluxes de la caldera, las llamadas tortugas y demás accesorios agregados.



Fotografía 2.1. Manómetro de presión.

2.2. Presión de trabajo de límite alto y controles de modulación de presión.

Los presostatos son otro sistema de seguridad (fig. 2.2.), estas se regulan manualmente para indicar a que presión máxima se requiere que pare la caldera (Limit Control) y a que presión mínima puede llegar a arrancar (Operating Limit Control) una vez que haya parado la misma, los sensores mandan cortar el circuito cuando el presostato percibe la señal de presión elevada evitando de esta manera una sobre carga de presión.

El Modulating Control detecta el cambio de presión en la caldera y transmite la información al motor modulador para cambiar la intensidad del quemador cuando el interruptor manual-automático se establece en "automático".

Como bien se menciona se puede regular a voluntad el arranque y paro de la caldera, como se hace:

Cada regulador (fotografía 2.2.1.) tiene un muelle que nos sirve para subirla o bajarla esto con el fin de ajustar el paro o arranque según el tipo de presostato elegido. A lado de los muelles se aprecian unos números que nos indican a que presión se desea regular el presostato. Esta maniobra se puede realizar con la caldera encendida.

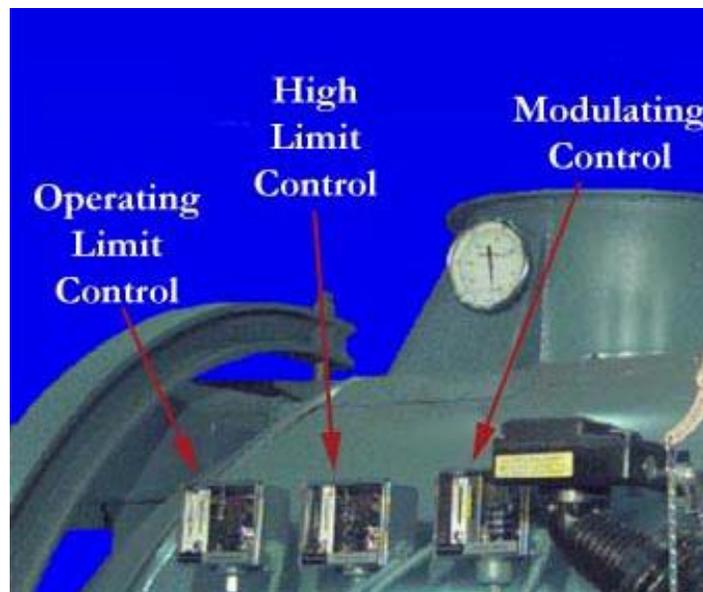


Figura 2.2. Presostatos de control.



Fotografía 2.2.1. Regulador del presostato.

2.3. Válvula de venteo.

La válvula de prueba se encuentra situada en la parte superior derecha de la caldera (ver fotografía 2.3.), esta nos sirve para desahogar el exceso de aire que se encuentra en la parte superior de la caldera, es como una especie de purga que se le hace a la caldera para evitar ineficiencias en el arranque.



Fotografía 2.3. Válvula de prueba.

2.4. Bajo nivel de agua y regulación de bomba.

La válvula MCDONNELL (ver fig. 2.4.) es un flotador eléctrico que se encarga de medir el nivel de agua dentro la caldera.

Realiza dos funciones: deja de disparar el quemador si el nivel de agua disminuye por debajo del punto de operación seguro y eso permite activar una alarma, y de esta manera cortar el circuito una vez llegado al punto máximo, para permitir el nivel operativo adecuado, y en segundo de activar la bomba de alimentación de agua.

El interior se compone de unos recipientes de mercurio que permiten el balance con el agua que, al hacer contacto con unos filamentos metálicos cortan el circuito ya sea para ordenar a la bomba mandar alimentación de agua o en su caso contrario parar la alimentación de la bomba ya que se ha llegado a su nivel máximo.

En ese mismo sistema interior tiene unos tornillos allen para ajustar a voluntad el límite en donde se quiera nivelar el límite máximo del nivel de agua, o en caso de un desajuste se puede ajustar en el sistema interior.

Al mismo sistema se le adjunta una válvula de drenaje para que el mecanismo este en constante purga de impurezas y se encuentre libre del sarro ya que al incrustarse en el ducto partículas sólidas estas obstruyen el paso del agua, y de esta manera el nivel de agua se mantendrá en todo momento al máximo engañando de esta manera al flotador aun cuando el nivel de agua este en lo mínimo haciendo que no active la alimentación de la bomba de agua provocando de esta manera que la caldera trabaje en vacío, de esta manera es inminente la explosión del equipo por la falta de agua.

Es por eso que las purgas de los accesorios del equipo estén en constante drenaje para evitar este tipo de accidentes.

Este accesorio es de vital importancia monitorearla constantemente ya que es un punto clave en la buena operación de una caldera.

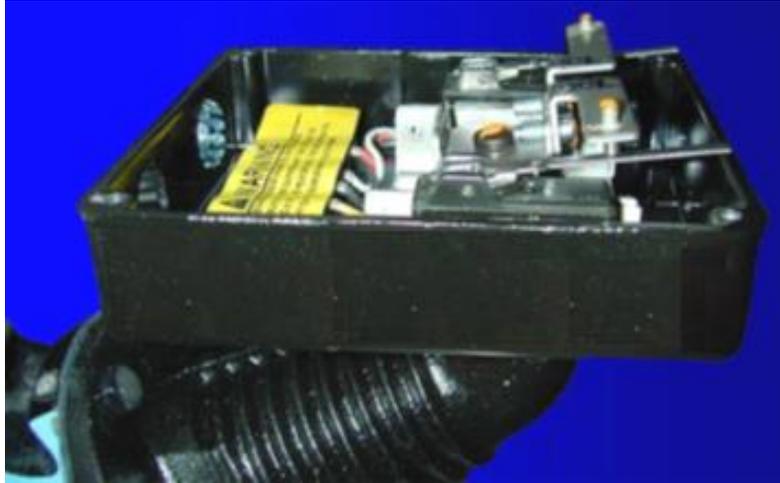


Fig. 2.4. Válvula reguladora de nivel de agua.

2.5 Válvulas de seguridad.

Las válvulas de seguridad (ver fig. 2.5.) se activan cuando la caldera llega a su máxima presión de operación, como su nombre lo indica, las válvulas dejan pasar el exceso de vapor a una presión arriba de los 9 kg/cm² en la cual ayuda a la caldera a desahogar la presión excedente que se encuentra dentro. De esta manera se minimiza el riesgo de una explosión por sobrecarga de presión en la caldera.

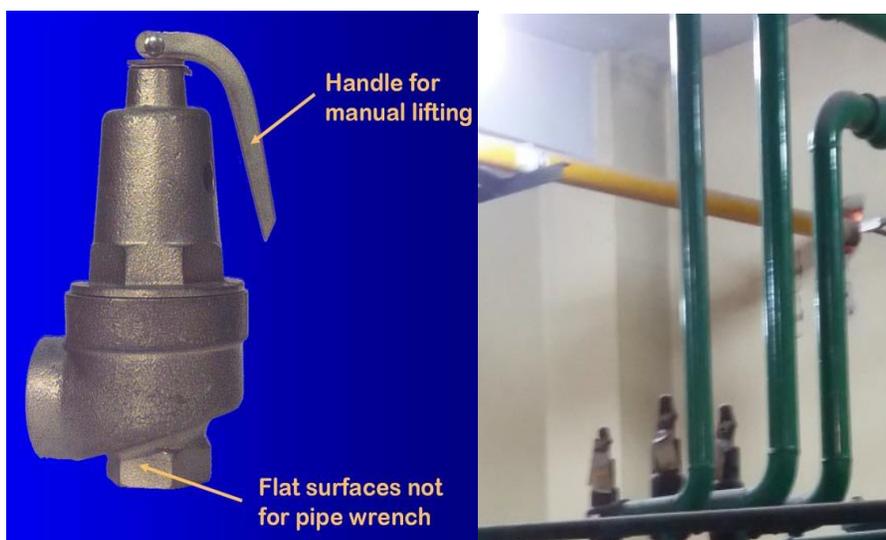


Fig. 2.5. Válvula de seguridad.

2.6. Columna de agua.

La columna de agua es un recipiente de cristal especial (ver fig. 2.6.), resistente a altas temperaturas, que nos ayuda a tener una idea del nivel de agua dentro de la caldera, en donde podemos observar la cantidad mínima y máxima de operación.

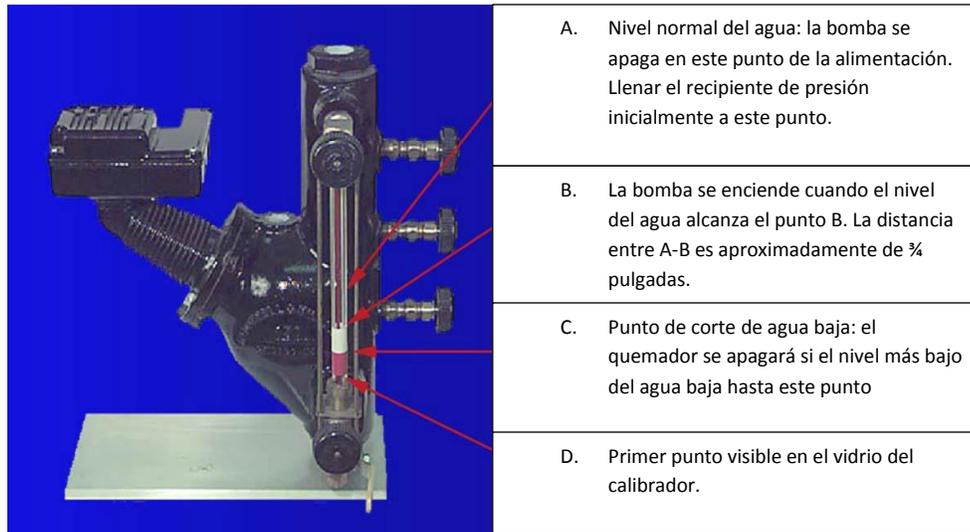


Fig. 2.6. Columna de nivel de agua.

2.6.1. Mirilla de nivel de agua

La mirilla es un sistema indicador que le es de mucha ayuda al operador ya que en ella se visualiza de forma clara y directa el nivel del líquido en el interior de la caldera.

Una mirilla rota o decolorada debe reemplazarse inmediatamente. El reemplazo periódico debe ser parte del programa de mantenimiento. Siempre use juntas nuevas cuando reemplace una mirilla. Use un empaque de goma de tamaño adecuado. No use empaques sueltos que puedan forzarse por debajo de la mirilla y posiblemente tapar la abertura de la válvula.

Cierre las válvulas cuando reemplace la mirilla. Ponga un empaque de tuerca, empaque de arandela, anillo de empaque en cada lado de la mirilla. Inserte un lado de la mirilla en la válvula dosificadora superior, lo suficientemente lejos como para permitir que el lado de abajo caiga en el cuerpo de abajo. Deslice los empaques de tuerca en cada válvula y apriete.

Se recomienda que la caldera esté apagada y fría cuando se reemplace la mirilla.



ADVERTENCIA

No intente cambiar la mirilla de nivel mientras la caldera esté en servicio. Si no sigue estas instrucciones podría resultar en una herida seria o la muerte.

2.7. Drenaje de Válvula de vidrio.

Así mismo se tiene un sistema de drenaje de sólidos (fotografía 2.7.), para mantener una vista real del agua que se encuentra dentro de la caldera. Ya que como se mencionaba anteriormente, el no purgar de manera adecuada las tuberías de paso de agua, influye a una mala lectura y medidas incorrectas.



Fotografía 2.7. Válvulas de purga.

2.8. Purgas de fondo.

Estas válvulas de purga son las más importantes (fotografía 2.8.), nos sirven para purgar la mayor parte de las impurezas de la caldera, ya que son las líneas que se encuentran en la parte inferior donde se precipitan las impurezas formando lodos y sedimentos que hacen disminuir la eficiencia de la caldera. Y de esta manera al activar las purgas de fondo evitamos que le llegue vapor húmedo a las líneas de vapor de los equipos de producción. Evitando así que los equipos paren por filtración de condensados.



Fotografía 2.8. Válvula de purga de fondo.

Es muy importante tener la caldera en constante purga de sólidos y sedimentos, ya que este tipo de contaminantes tales como el calcio, magnesio, sílice, incrustaciones que son sustancias difícilmente solubles e impurezas nos afectan a la hora de operar la caldera, aparte de que reduce la eficiencia de operación de la misma, disminuyendo la producción de vapor y dañando el material del cuerpo de la caldera disminuyendo la transmisión de calor entre los gases y el agua.

2.8.1. Proceso de purgado.

Llegada la hora de iniciar las purgas de las líneas de agua, se procede a abrir la válvula de purga de fondo. Existen dos válvulas de purga de fondo, una se encuentra en la parte inferior derecha delantera de la caldera (viéndola de frente) y la otra en la parte inferior derecha trasera. Se activa la primera abriéndola y cerrándola en un lapso de 10 segundos como máximo hasta que la bomba se active (fotografía 2.8.1.1.) para alimentar de nuevo a la caldera, una vez que la bomba se ha detenido se espera un tiempo no muy largo para permitir que el remolino de agua entrante se minimice y se asienten de nuevo los sedimentos para poder desecharlos y se abre de nuevo la válvula de purga, esto se realiza en una secuencia de tres veces tratando de no abrir completamente la válvula ya que se tiene una mayor presión en esa zona y la tubería podría llegar a ceder por un golpe de ariete, nos aseguramos de cerrarla acabado el proceso y activamos la siguiente purga de fondo siguiendo el mismo paso anterior, es necesario asegurarse de cerrar la válvula de purga de fondo que hayamos abierto antes de activar la siguiente ya que se corre el riesgo de que haya un golpe de ariete a la hora de activar las válvulas juntas por el choque de presión.

Una vez hecha la purga de fondo se procede a realizar la purga del cristal de nivel, esta se realiza abriendo la válvula cuidando de no abrirla completamente (hasta $\frac{1}{4}$ de la válvula) tres veces de 6 a 7 segundos ya que puede llegar a bajar demasiado el nivel de la mirilla y mandar a parar la caldera.

Cuando por algún descuido la bomba de alimentación no activa, y se apaga la caldera por bajo nivel, se activará una alarma sonora (fotografía 2.8.1.2.) la cual nos indica que la caldera está apagada, se tendrá que restablecer el equipo y verificar el problema de llenado de agua activando el selector manual (fotografía 2.8.1.3.) para poner en operación la caldera.



Fotografía 2.8.1.1. Tanque de condensados.



Fotografía 2.8.1.2. Alarma de seguridad.



Fotografía 2.8.1.3. Activador manual-automático de la bomba.

2.8.2. Tanque de condensados.

Es necesario mantener constante la alimentación de agua de la caldera. Para eso se encuentra el tanque de condensados, (Fotografía 2.8.1.1.) que se encarga de recuperar al agua que se condensa de los vapores que quedan atrapados en la tubería del cabezal (fig. 1.2.4.) el cual hablaremos en el siguiente tema. El vapor en el transcurso de su salida se condensa pasando por una tubería de recuperación y trampas para llegar hasta el tanque de condensados en donde se almacena junto con el agua ya tratada, esta agua está a una temperatura de 80°C, ¿Por qué es necesario calentar el agua? Los fluxes en el interior de la caldera se encuentran a una alta temperatura, por lo tanto al introducirle agua a temperatura ambiente no solo se fuerza a la caldera a calentar el agua que se introduce bajando su eficiencia sino que al mismo tiempo se están dañando los fluxes ya que al contacto con el agua fría sufre un templado que llega a cuartearlos reduciendo drásticamente su nivel de vida útil, y provocando filtración de agua entre los espejos de la caldera y los fluxes, es por este motivo que se debe de calentar el agua de alimentación de la caldera.

2.9. Motor modulador (modutrol).

Este motor percibe los cambios de presión de la caldera y transmite esta información al motor de modulación (fotografía 2.9.), para que varíe la alimentación del quemador (gas natural) cuando el interruptor manual-automático está en automático. De otra forma, si el interruptor está en modo manual, el modutrol solo se mantendrá abierto o cerrado dependiendo del recorrido del potenciómetro de carga (fotografía 2.9.1.1.) ya sea en carga máxima o mínima, según se requiera.



Foto 2.9. Motor modulador. Foto 2.9.1.1. Interruptor y potenciómetro de carga.

2.9.1. Forma de trabajo.

El motor de modulación para realizar su trabajo se compone de levas ajustables, bielas, barras y rótulas (fotografía 2.9.1.1.1.) que transmiten movimiento oscilante desde el motor de modulación al regulador de aire, válvulas mariposa de gas, y unidad de regulación de aceite.

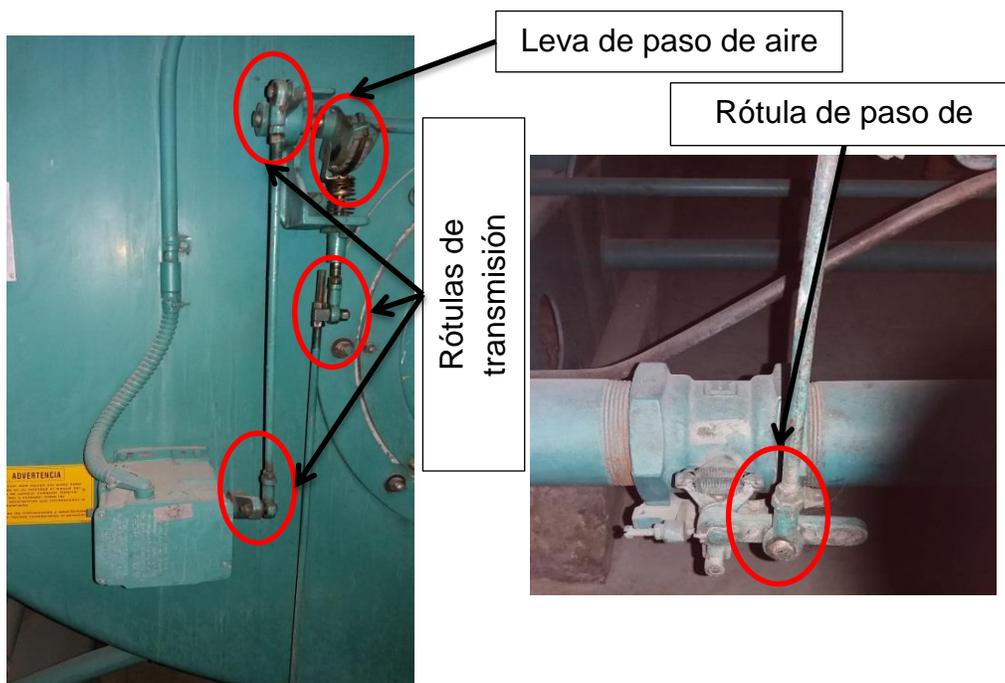
Cuando se ajusta apropiadamente, el movimiento coordinado de los dispositivos de control de aire y combustible, provee los coeficientes de combustible/aire apropiados a través del rango de encendido. Con respecto a ajustes del enlace, hay varios factores importantes que sirven como guía:

1. El motor de modulación debe ser capaz de completar su desplazamiento de rango total. Las restricciones dañarán el motor y/o enlace.
2. Los ajustes de palanca y barra deben hacerse con el motor en posición de fuego bajo.

El motor modulador será detenido al final de su carrera por un interruptor de límite interno. El análisis del gas de combustión indica el coeficiente de aire a

combustible y el grado de combustión completa. Entre más cerca esté la barra de estar en paralelo con la palanca, más lentamente se moverá la barra.

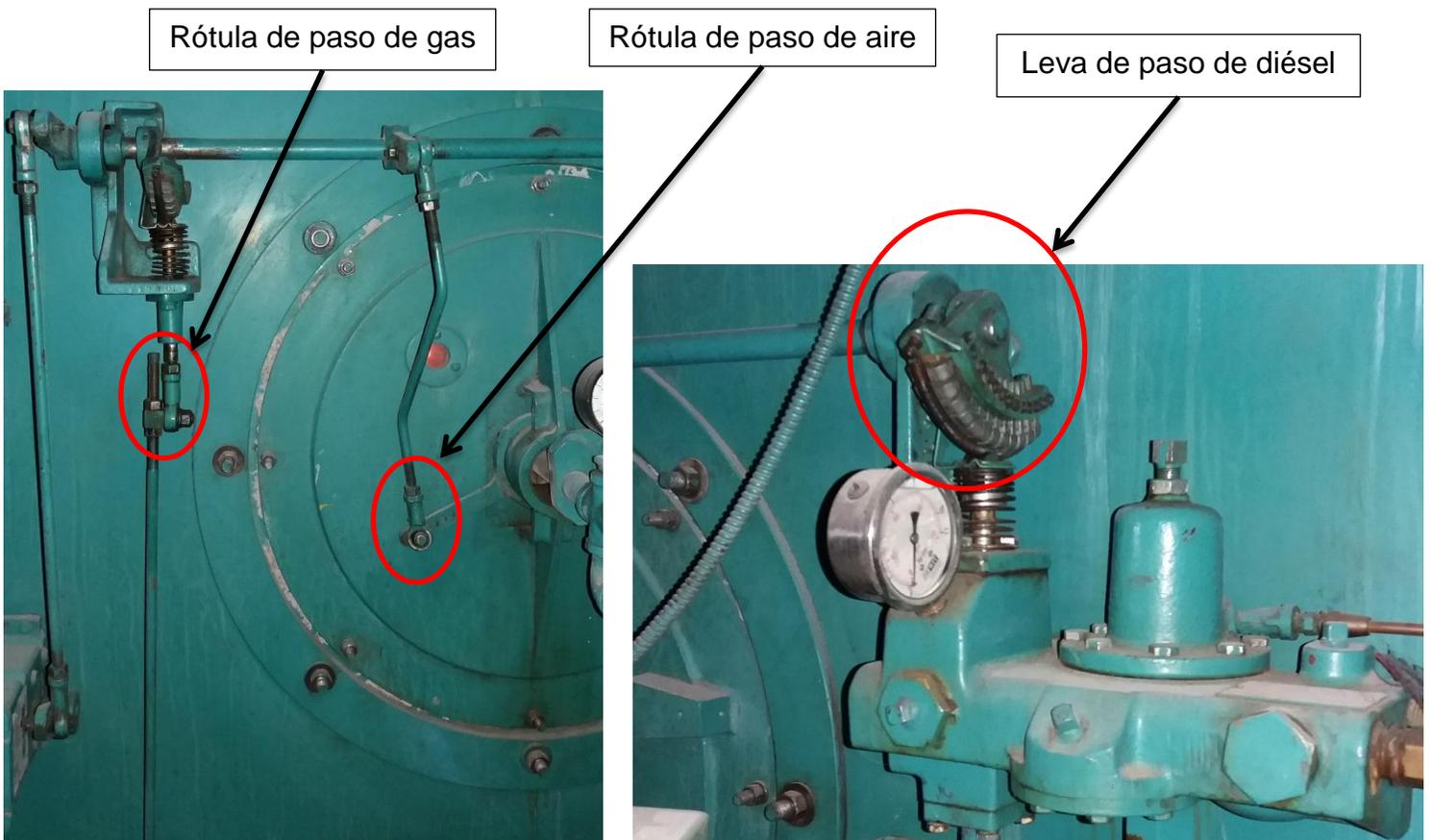
Los ángulos de las palancas en el eje pueden ajustarse para variar la velocidad del coeficiente aire/combustible a través de todo el rango de encendido. El aire de combustión de entrada está fijo en cualquier punto dado del ciclo de modulación. La entrada de combustible puede modificarse para obtener lecturas correctas de gas de chimenea. El ajuste se realiza a la leva de medición por medio de 14 tornillos de ajuste que están girados hacia adentro (en sentido de las manecillas del reloj desde el final del perno hexagonal) para incrementar el flujo de combustible, y hacia afuera (en sentido contrario a las manecillas del reloj desde el final del perno hexagonal) para reducirlo. Se requiere una llave hexagonal de 3/32". Será necesario cortar el lado corto de una llave hexagonal a aproximadamente 3/8" para ajustar los primeros dos prisioneros con cabeza de perno en posición de fuego bajo. Tome un análisis de combustión en varios puntos del perfil de leva. Opere el ciclo de modulación automática para asegurar resultados satisfactorios. Apriete los prisioneros de fijación.



Fotografía 2.9.1.1.1. Levas y rotulas.

2.9.2. Acoplamiento del Change-Over combustible

Cuando una caldera está equipada para trabajar ya sea gas o diésel (calderas de combustible dual), se proporcionan dos brazos de accionamiento de eje intermedio, para diésel y gas (fotografía 2.9.2.). El acoplamiento está conectado manualmente al brazo apropiado, basado en el combustible. Un interruptor de proximidad se utiliza para demostrar que se realiza la conexión de acoplamiento correcto.



Fotografía 2.9.2. Acoplamiento dual gas/diésel.

2.9.3. Modo de funcionamiento.

Ya sea por medio de gas o diésel las levas siempre estarán en movimiento para el encendido, ya que al mismo tiempo de que se apertura la entrada para el aire también implica accionar las levas tanto del paso de gas como la de diésel, pero, la pauta que le da el paso de combustible, es el modo en el cual se opere la máquina.

En dado caso de que se opere en modo gas, se activaran los solenoides tanto de alta como de baja presión permitiendo el paso del combustible, pero ¿Qué pasa con el acoplamiento del diésel?

En efecto, las levas se accionarán, ya que se encuentran conectadas simultáneamente para coincidir con la apertura de entrada de aire, pero hay que recordar que con el modo de gas seleccionado es imposible que se active la válvula de paso del combustible diésel y, mucho menos con la bomba inhabilitada. Por lo tanto no se pondrán en servicio los accesorios del tren de diésel ya que al no activar la bomba de diésel no manda la señal a las solenoides para abrir el paso del combustible.

Esto no sucede de igual forma para el paso de gas, a continuación explicaremos porque.

Cuando el selector está en modo diésel se tiene que activar al principio el piloto de gas para producir la chispa esto se hace engañando a la maquina enviándole un poco de gas después del barrido del VTF (Ventilador de Tiro Forzado), una vez establecida la flama principal el piloto se desactiva dejando de pasar el gas natural y solo estaría consumiendo el combustible diésel.

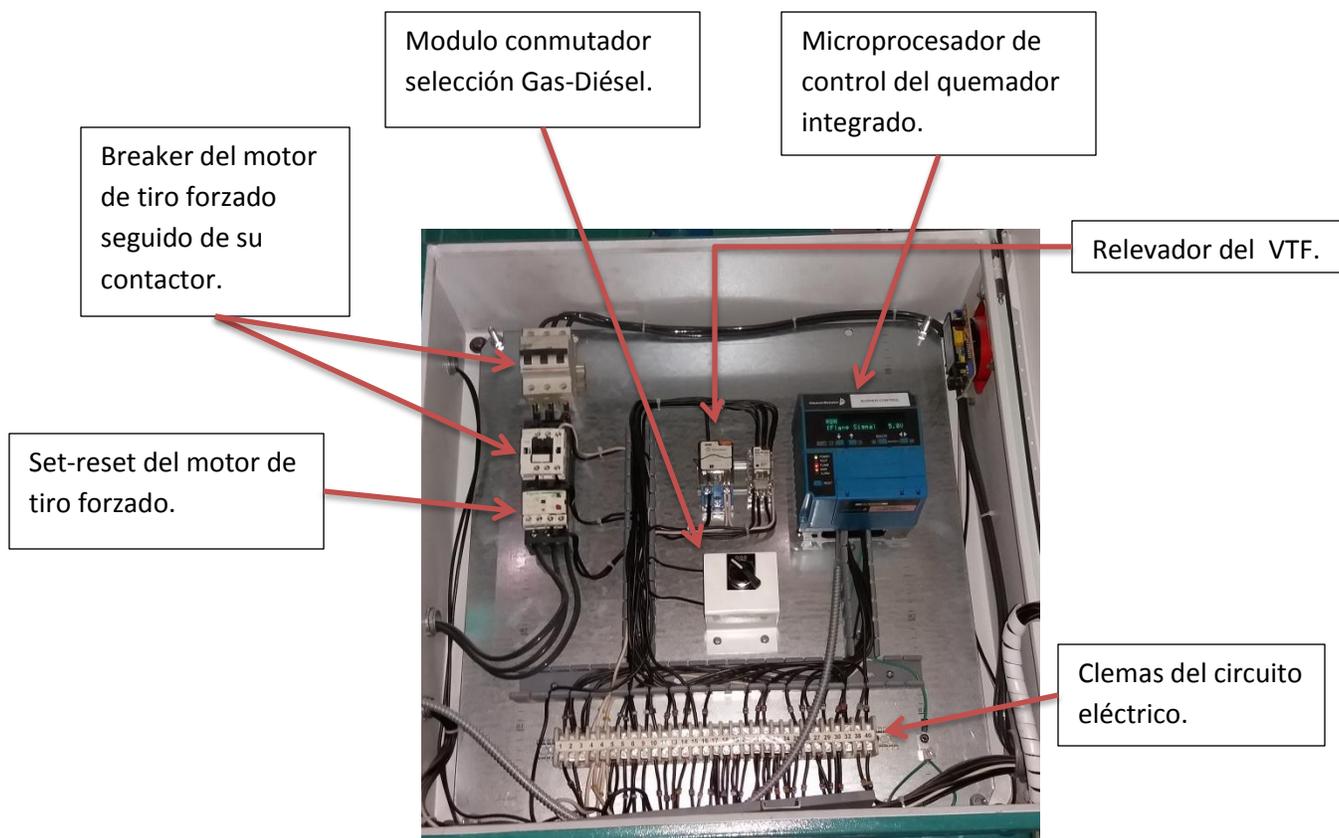
2.10. Tablero de control.



Fotografía 2.10. Tablero de control.

Tal como nos muestra la fotografía 2.10., el tablero de control tiene varias señalizaciones de operación que nos muestran las alertas si en dado caso llegara a fallar, así como también nos indica su buen funcionamiento.

En la fotografía 2.10.1.1., nos muestra el interior del gabinete del panel de control, así como también los equipos que la componen seguido de sus características.



Fotografía 2.10.1.1. Gabinete del tablero de control.

Dentro del gabinete se encuentran los dispositivos de control antes mencionados los cuales se describirán a detalle:

2.10.1. Microprocesador CB780/CB784

El CB780/CB784 (fotografía 2.10.1.), de Cleaver-Brooks es un microprocesador de control del quemador integrado para aplicaciones de combustible ya sea de gas o diésel. La CB780 consiste en un módulo de relés y módulo de teclado de la pantalla. Este microprocesador, se puede decir, que es el cerebro de la caldera, pues cuenta con un sistema amplificador y tarjeta de purga que completan el conjunto. Las opciones incluyen interfaz de ordenador Personal, Bus de Control, montaje de pantalla remota, primer anunciador expandido y software de

administración de sistema de combustión. CB780/CB784 está programado para proporcionar un nivel de seguridad, capacidad funcional y características más allá de la capacidad de los controles convencionales. Funciones que proporciona el CB780/CB784 incluyen la secuencia del quemador automático, supervisión de flama, indicación del estado del sistema por medio de alertas mediante luces, sistema o autodiagnóstico y para indicar problemas, y su objetivo es la de indicar cuál es el origen del problema presentado agilizando la solución mediante la inspección y corrección indicada.

Su función es realizar una prueba (test) para verificar que todos los sistemas (motor de tiro forzado, entrada de combustible, barrido de gases tóxicos y flamables, motor modulador) estén trabajando de acuerdo a la secuencia de encendido de la caldera, ya que va indicando en su pantalla que proceso va concurrendo (testeando) uno por uno hasta llegar al informe de flama alta y corriendo (run), que es donde nos indica que la caldera está trabajando normalmente, si en algún momento de su operación el lector óptico (fotocelda detectora de flama) no percibe la flama del quemador, rápidamente el microprocesador saca una alerta de fallo de flama, al mismo tiempo que en los leds indicadores enciende la luz de la alerta, en este caso el microprocesador tiene un botón de reset en donde antes de oprimir ese botón se tendrá que apagar la caldera, e inspeccionar y determinar el origen del fallo para luego resetear el equipo, una vez apagado el interruptor se tiene que limpiar el lector óptico con un paño limpio, ya que se puede encontrar incrustado de hollín en el lector impidiendo la lectura al sensor.

Ya insertado el lector, se procede ahora si a reiniciar (resetear) la caldera para su funcionamiento normal.

En dado caso de que el motor modulador no accione a la primera las compuertas del VTF, el motor de tiro forzado trabajará haciendo el prebarrido normal pero trabajará más tiempo de lo normal haciendo activar de nueva cuenta el microprocesador y emitirá la alerta de fallo de flama ya que el modulador no abrirá, impidiendo el paso del combustible.

Esto sucede principalmente cuando la caldera permanece por un tiempo largo sin trabajo (modo frio).

Para solucionar este detalle se realiza el mismo procedimiento, se reinicia (resetea) el micro y se arranca de nuevo la caldera para su función normal.



Fotografía 2.10.1. Control de quemador (microprocesador).

6.10.2. Funciones de interruptor run/test.

El interruptor Run/Test se encuentra en la parte superior del control del quemador.

El interruptor Run/Test permite la secuencia del quemador para modificarse como sigue:

En la secuencia de PREPURGA de la cámara de medición, el interruptor Run/Test, cuando se coloca en la posición de prueba, hará que el VTF trabaje de forma continua simulando que la caldera está en modo operacional.

¿Por qué se realiza esto?

Se realiza en casos especiales, cuando la caldera estando en operación tiene un fallo interno no previsto y se debe reparar de inmediato, puesto que el interior se encuentra a altas temperaturas para poder trabajarse, se activa el botón run/test para activar el ventilador y enfriar la caldera en menos tiempo de lo regular y de esta manera reducir el tiempo muerto de la operación de la caldera.

2.10.3. Selección de combustible.

Otra parte importante del interior del gabinete es el selector de combustible a trabajar (fotografía 2.10.3.1.) pues antes de iniciar el procedimiento de encendido se tiene que verificar con que combustible se va a operar la caldera, verificar en el manómetro de la línea principal de gas (fotografía 2.10.3.2.) si existe la presión adecuada (2.5kg/cm^2), y si fuera en combustible diésel se tendría que cerciorar que las válvulas de alimentación (fotografía 2.10.3.3.), estén abiertas y los tanques llenos.



Foto 2.10.3.1. Selector.



Foto 2.10.3.2. Manómetro del Gas.



Fotografía 2.10.3.3. Válvulas de paso de Diésel.

2.11. Transformador de la ignición.

Provee la chispa mediante un arco eléctrico de alto voltaje para la ignición del piloto de gas o de diésel. Una vez que la chispa activa el quemador gracias al piloto, entra la flama principal para mantener encendido el cañón de la caldera. Al detectarse la flama, el transformador deja de enviar corriente a los electrodos y la chispa eléctrica se apaga.

El transformador de ignición (fotografía 2.11.) eleva el voltaje de entrada de 110v/220v hasta 6,000v de salida, y con una intensidad de 25mA. Al arrancar la caldera se alimenta el transformador y este envía la corriente al electrodo donde se produce el arco eléctrico que encenderá el combustible.



Fotografía 2.11. Transformador de ignición.

2.12. Electroodos.

Los electrodos (fotografía 2.12.) para las calderas Luckaut son unas varillas de níquel o acero inoxidable con un revestimiento cerámico de entre 12 a 14 mm., que sirve para soportarse de la base del cañón de la caldera y evita que ambas piezas se aterricen con el voltaje producido.

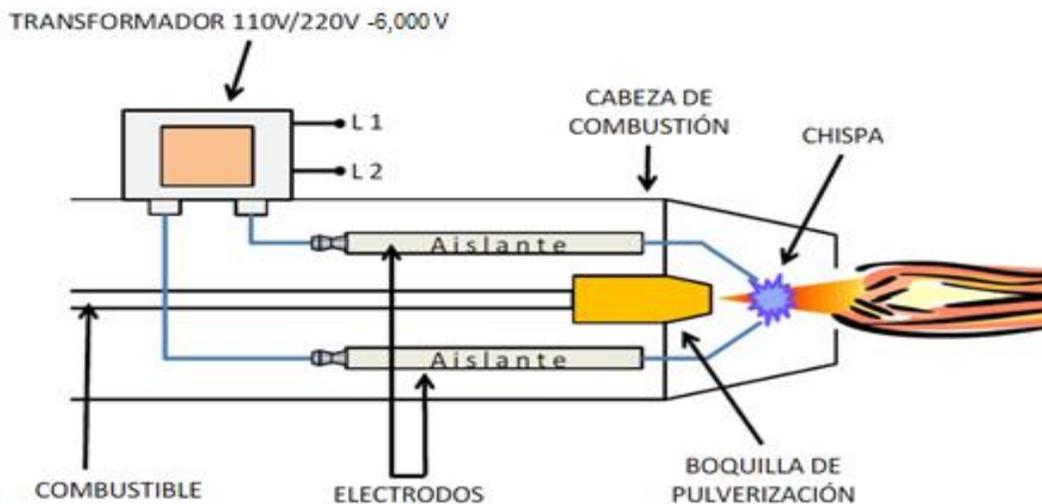
En la parte final del electrodo se tiene la terminal de conexión en donde van conectados los cables provenientes del transformador de ignición que son un tanto parecidos a los cables de bujía de los motores de combustión interna. En tanto que para las Cleaver Brooks se usa un electrodo para producir la chispa, (fotografía 2.12.1.).

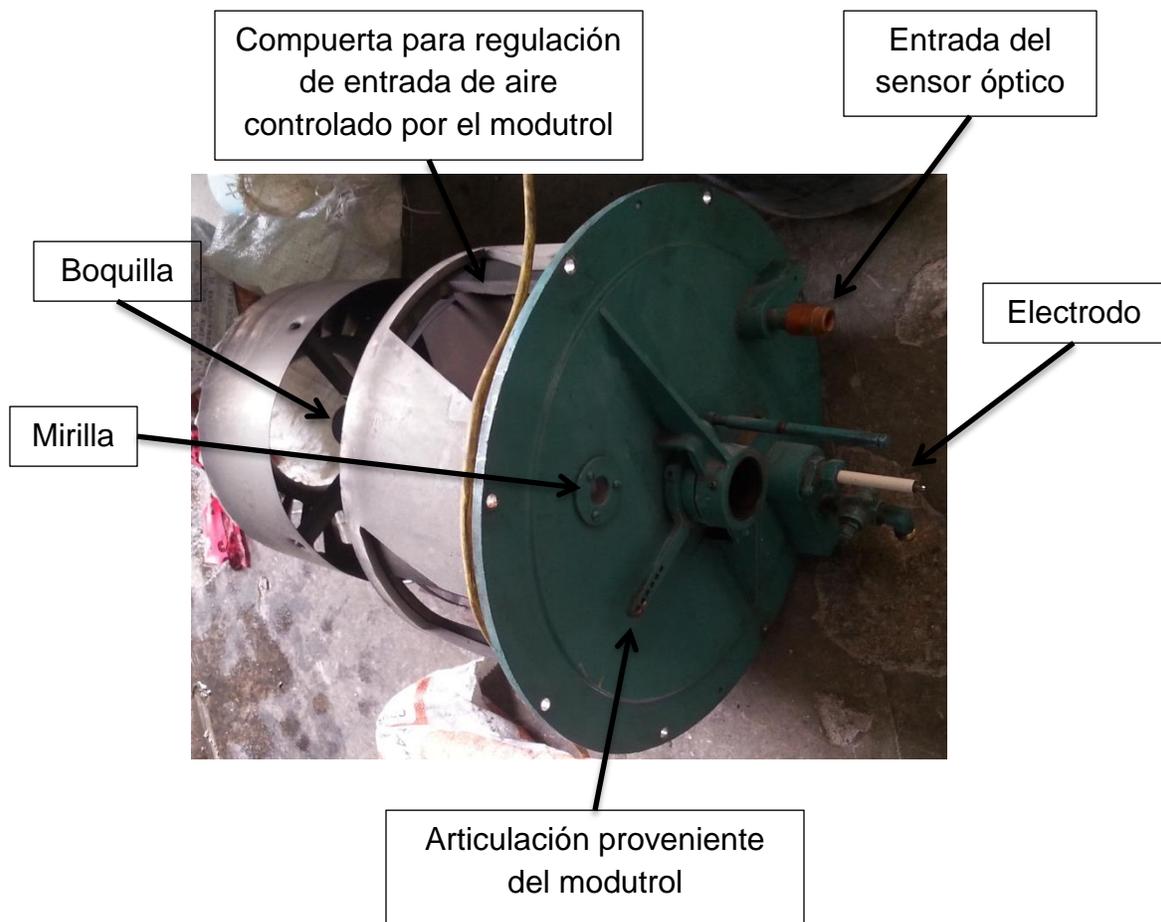
En el diagrama 2.1., se puede apreciar cómo funciona el circuito a la hora de ponerse en operación cuando el arco eléctrico reacciona con el combustible de entrada.



Fotografía 2.12. Electrodo de 120 V.

DIAGRAMA 2.1. DIAGRAMA DEL ELECTRODO.





Fotografía 2.12.1. Cañón caldera Cleaver.

2.12.1. Calibración de los electrodos

A la hora de ajustar los electrodos hacia la esprea del cañón se tiene que ajustar a una distancia de entre 5 a 7 mm. De electrodo a electrodo para crear el arco eléctrico y a 1cm por arriba de la esprea para que la atomización del combustible llegue a hacer contacto con la chispa para producir la flama, como lo muestra la (fotografía 2.12.1.1.)

A diferencia de la Lukcaut la cleaver ya tiene sus electrodos especiales para solo instalarse.



Fotografía 2.12.1.1. Calibración de electrodos Luckaut.

2.13. Detector de flama.

La fotocelda se encarga de percibir la presencia de flama en la caldera, esto es posible ya que el sensor, cuando recibe la señal de iluminación infrarroja por medio de su lente manda la señal al microprocesador (fotografía 2.13.) permitiéndole al sistema seguir con los procedimientos establecidos, activando ya sean las solenoides de gas o diésel según esté operando el equipo, permitiéndole a la caldera la operación continua inyectando el combustible para su combustión.

Si en un dado caso existiera un fallo de flama, el sensor no detectaría la luminosidad y el sensor no activaría, por lo consiguiente no le mandaría la señal al micro (fotografía 2.10.1) y este al no recibir la señal de encendido de la caldera emitirá una alarma en su pantalla en donde describe el fallo de la caldera con la leyenda de “fallo de flama”. Los posibles casos de fallo pueden ser de que la caldera se quedó sin gas, las válvulas se encuentran cerradas y en los casos más extremos que alguna solenoide no este abriendo, se tendría que revisar si le está

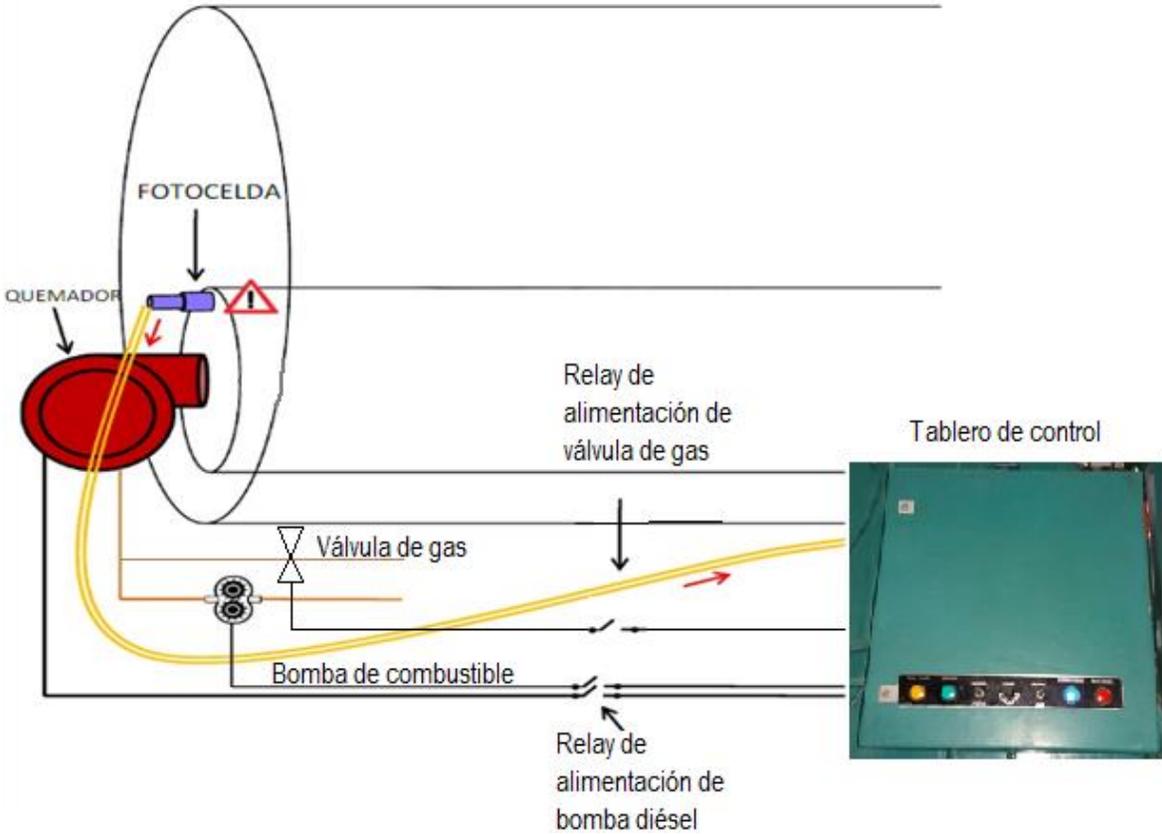
llegando voltaje al circuito para descartar un posible fallo de la solenoide y evitar cambiarlo, inclusive se tendría que revisar el relevador.

El diagrama 2.2., nos muestra cuando las señales que emite la fotocelda llegan al microprocesador que se encuentra en el tablero de control, activando las electroválvulas de combustible y de ésta manera se prende el quemador.



Fotografía 2.13. Sensor óptico detector de flama.

DIAGRAMA 2.2. DIAGRAMA DE LA FOTOCELDA.



2.14. Tren de gas típico.

Como se mencionó anteriormente, existen dos tipos de combustible para operar la caldera: mediante gas natural y a base de diésel.

A continuación se muestra la conexión de un tren de gas típico (fig. 2.14.) la cual es semejante a la que se encuentra instalada, y a la que se le agregaron accesorios que se consideraban necesarios en el tren de gas según el manual de la Cleaver Brooks.

El gas fluye a través del grifo de cierre de gas principal, a través del regulador de presión hacia las válvulas de gas automáticas y válvulas mariposa hacia el colector de gas. Las válvulas mariposa de gas modulan el flujo de la demanda de entrada del quemador. Las válvulas mariposa están ubicadas a través de los enlaces mecánicos cerca del motor modulador. El regulador de control de aire está ubicado también cerca del motor modulador. Los interruptores de presión de gas alto y bajo deben estar cerrados para probar la presión de gas adecuada.

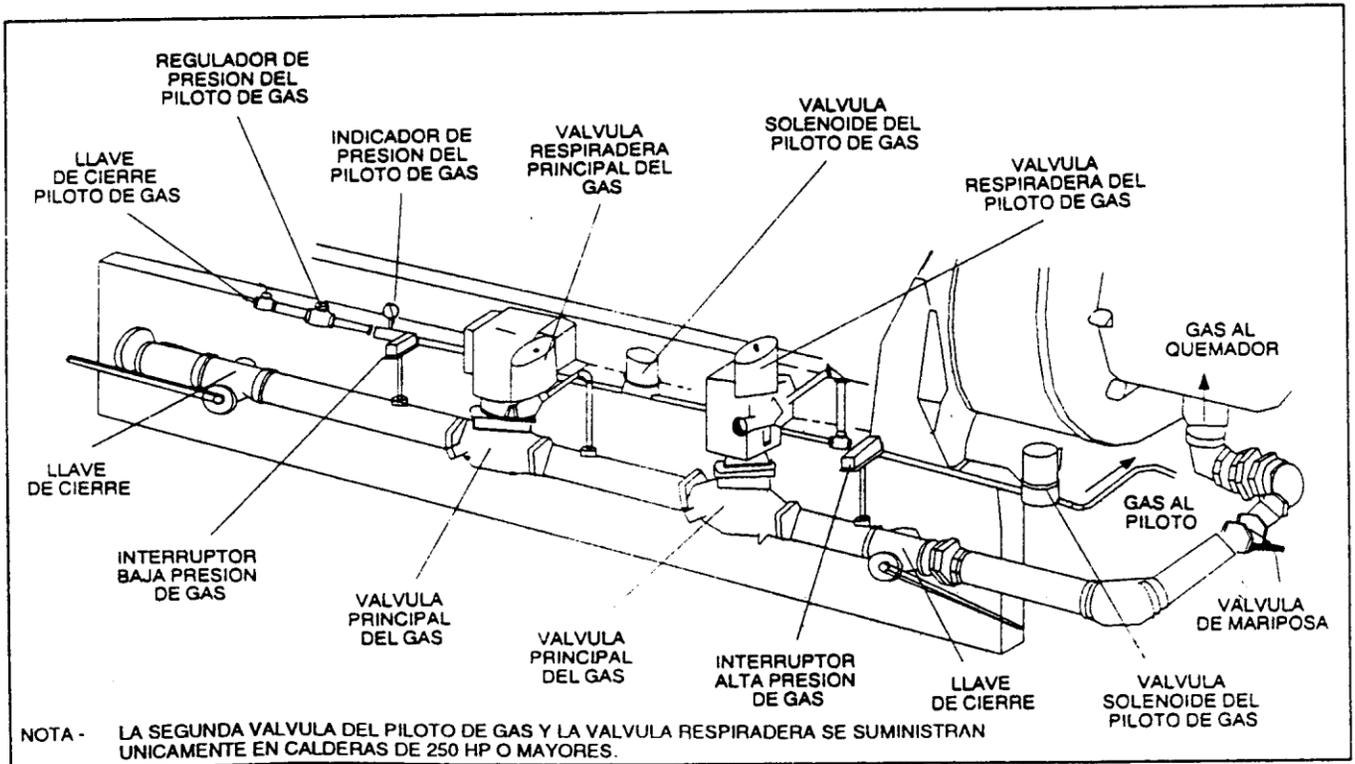


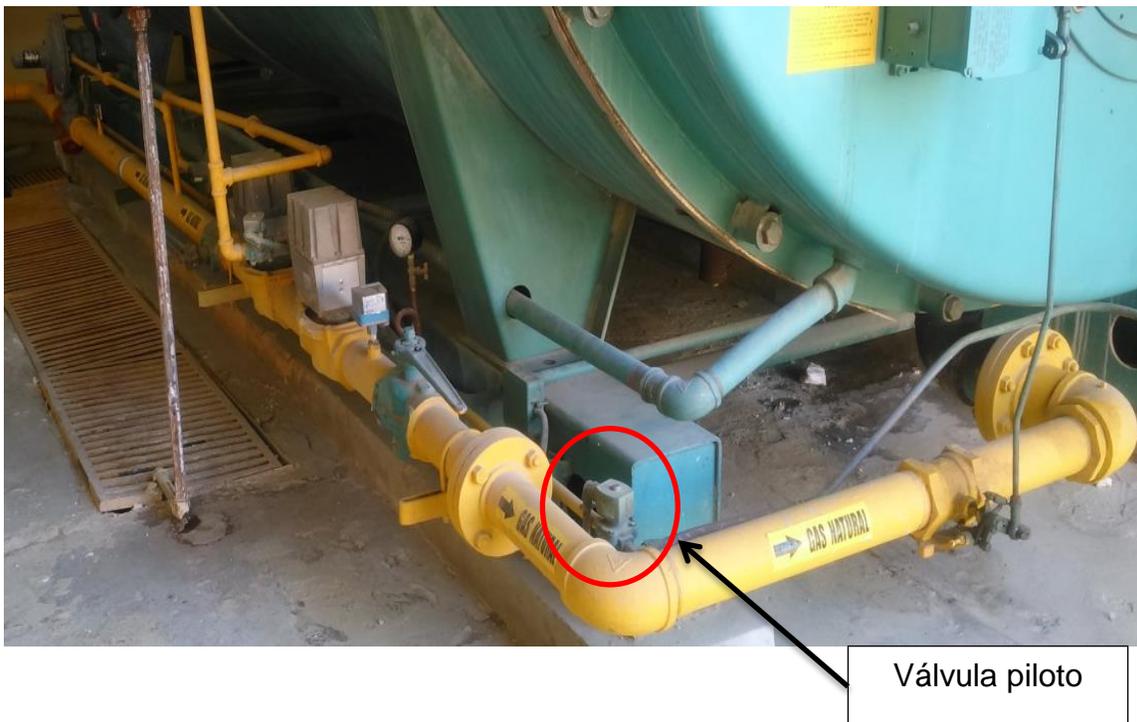
fig.2.14. tren de gas típico.

2.14.1. Controles de la alimentación de gas.

Dependiendo de los requerimientos de la empresa, el sistema de control de la alimentación de gas o sistemas de conexiones de gas puede consistir de algunos o de todos los accesorios de la conexión típica del tren de gas como los siguientes.

2.14.1.1. Válvula piloto.

Es una válvula solenoide (fotografía 2.14.1.1.), que se abre durante el periodo de ignición para dejar pasar combustible al piloto. Se cierra después de establecerse la llama principal. La secuencia de activación y desactivación está controlada por el relevador de programación.



Fotografía 2.14.1.1. Válvula piloto.

2.14.1.2. Regulador de presión de gas piloto.

Reduce la presión de gas al nivel requerido por el piloto (foto 2.14.1.2.), la entrada que marca el manómetro es de 16 onzas/plg² o 70 cm de H₂O (0.07 kg/cm²).

Regulador de presión.



Fotografía 2.14.1.2. Regulador de presión de gas piloto.

2.14.1.3. Válvula de cierre de piloto de gas.

Para apertura o cierre manual del gas de suministro a la válvula piloto. (Fotografía 2.14.1.3.).



Fotografía 2.14.1.3. Válvula manual.

2.14.1.4. Medidor de presión de gas.

Indica la presión de gas del piloto. (Fotografía 2.14.1.2.).

2.14.1.5. Válvula de regulación principal de presión de gas.

Regula la presión del tren de gas a la presión especificada requerida de 93 mbar (fotografía 2.14.1.5.) La entrada se establece por el ajuste del regulador principal de presión de gas.



Fotografía 2.14.1.5. Válvula reguladora principal.

2.14.1.6. Llave de cierre de gas principal.

Para abrir y cerrar el suministro de gas combustible manualmente el suministro principal de gas. (Fotografía 2.14.1.6.) Una segunda válvula de cierre, después de la(s) válvula(s) principal(es) de gas, se instala para proporcionar un medio para cerrar la línea de gas cada vez que se hacen pruebas de fugas a través de la válvula principal de gas.



Fotografía 2.14.1.6. Válvulas principal y secundaria.

2.14.1.7. Válvula mariposa de gas.

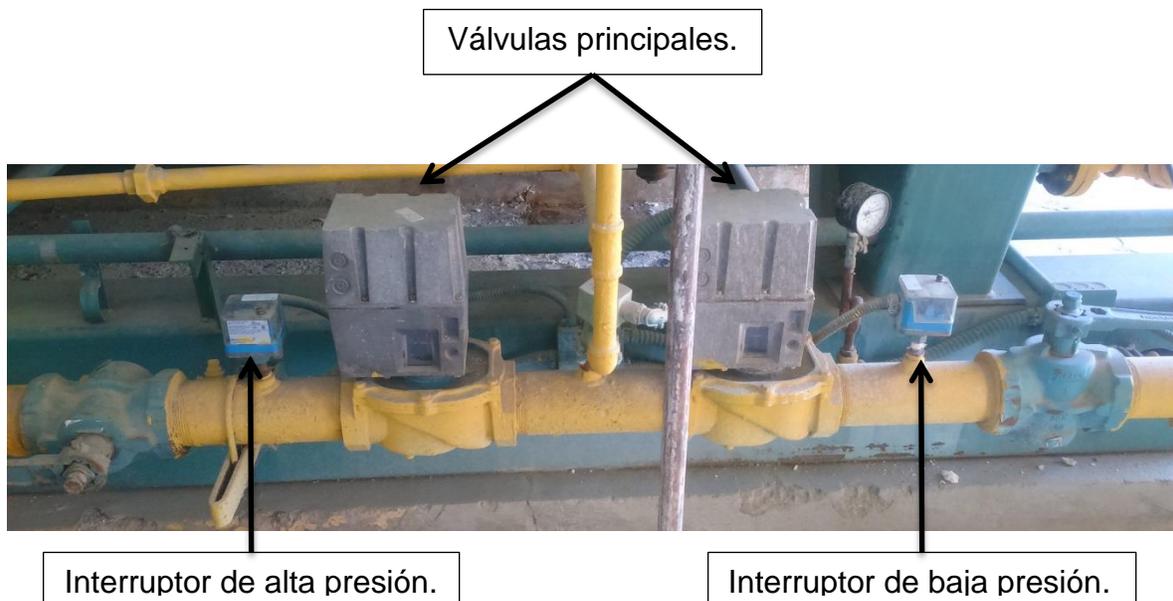
El disco giratorio en la válvula se acciona mediante la conexión de acoplamiento de levas accionadas por el modulante para regular la velocidad de flujo de gas al quemador. (Fotografía 2.14.1.7.)



Fotografía 2.14.1.7. Válvula mariposa.

2.14.1.8. Válvulas principales de gas

Válvulas multidisco (fotografía 2.14.1.8.) de cierre operadas eléctricamente que se abren simultáneamente para admitir gas al quemador. La válvula corriente abajo está equipada con un interruptor "a prueba de cierre" que está conectado en el circuito de entrecierre de la pre-ignición del dispositivo de seguridad. Su capacidad máxima es de 5 PSI.



Fotografía 2.14.1.8. Válvula principal.

2.14.1.9. Válvula principal de ventilación de gas.

Cuando se requiere una segunda válvula principal de gas, se instala una válvula normalmente abierta (equipo opcional) entre ellos (fotografía 2.14.1.9.). Su propósito es ventilar gas a la atmósfera en caso de que haya gas presente en la línea cuando se cierran las válvulas principales. La válvula se cierra cuando se energizan las válvulas principales.

Esta válvula se desactiva cuando las válvulas de gas automáticas están abiertas. Cuando las válvulas automáticas están cerradas, la válvula de ventilación está abierta para ventilar el gas hacia el exterior, si es que hay gas.



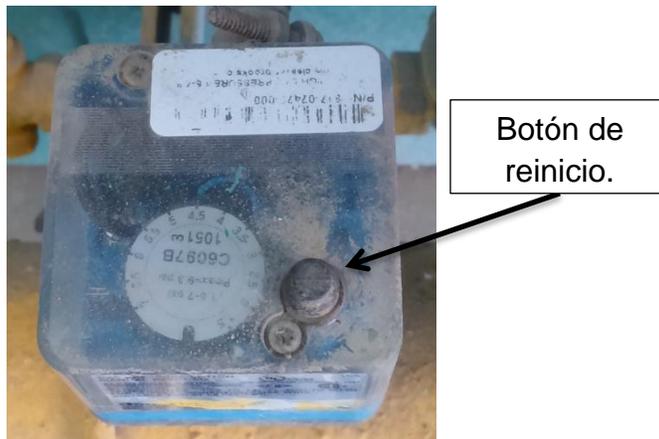
Fotografía 2.14.1.9. Válvula de ventilación.

2.14.1.10. Interruptor de baja presión.

Un interruptor accionado por la presión que se cierra cuando la presión en la tubería principal de gas está por encima de una presión preseleccionada (fotografía 2.14.1.8.). Si la presión cae por debajo de la configuración, los contactos del interruptor abren un circuito haciendo que la válvula de gas principal cierre, o impiden que el quemador se inicie. El interruptor está equipado generalmente con un dispositivo que debe restablecerse manualmente después de ser disparado. (Fotografía 2.14.1.11)

2.14.1.11. Interruptor de alta presión.

Un interruptor accionado por la presión que permanece cerrado cuando la presión de gas está por debajo de la configuración preseleccionada (fotografía 2.14.1.8.). Si la presión se eleva por encima de la configuración, los contactos del interruptor se abrirán, y esto causará que la(s) válvula(s) de gas principal se cierre(n). Este interruptor requiere un reinicio manual después de dispararse (fotografía 2.14.1.11.).



Fotografía 2.14.1.11. Botón de reinicio manual.

2.14.1.12. Conexión de fugas.

El cuerpo de la válvula de gas tiene una abertura conectada que se utiliza cuando es necesario realizar una prueba para posibles fugas a través de la válvula cerrada.



Fotografía 2.14.1.12. Toma de conexión para fugas.

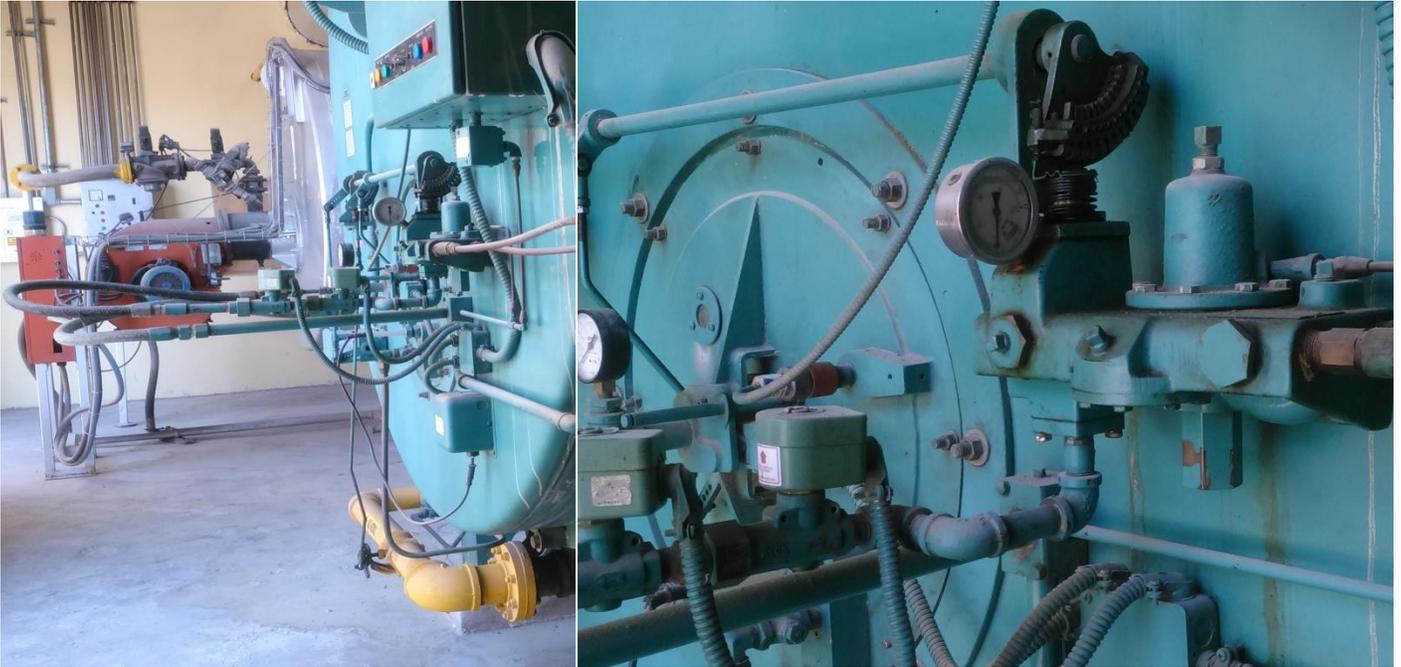
2.15. Tren de Diésel típico.

Para operar la caldera en modo de combustible diésel, asegúrese de que el selector de combustible se encuentre en modo OIL (fotografía 2.10.3.1), abra la válvula del tanque de combustible, así como las válvulas de entrada a la bomba de alimentación y de retorno, al activarse la bomba se activara del mismo modo el compresor de aire para la tobera, de esta manera el microprocesador (fotografía 2.10.1.) mandará la señal a las solenoides para dejar pasar al cañón de rocío el combustible para la combustión, no sin antes pasar por el regulador de combustible (ver página 55). Y de algunos accesorios que a continuación se describirán.

En la fotografía 2.15. y 2.15.1.1., se puede apreciar el tren de diésel, tanto los accesorios que la componen como sus sistemas de medición que se encuentran en operación.



Fotografía 2.15. Tren de diésel típico.



Fotografía 2.15.1.1. Vista frontal y lateral de las conexiones diésel.

Para poder entender mejor el procedimiento del circuito del combustible diésel, en el diagrama 2.15.1., podemos ver el flujo del diésel pasando por la válvula de entrada principal, haciendo el recorrido por sus sistemas de medición, filtros, bomba, regulador, el recorrido que hace el diésel recuperado del circuito de retorno, hacia donde va, hasta llegar a la tobera de rocío del quemador.

DIAGRAMA 2.15.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE DIÉSEL.

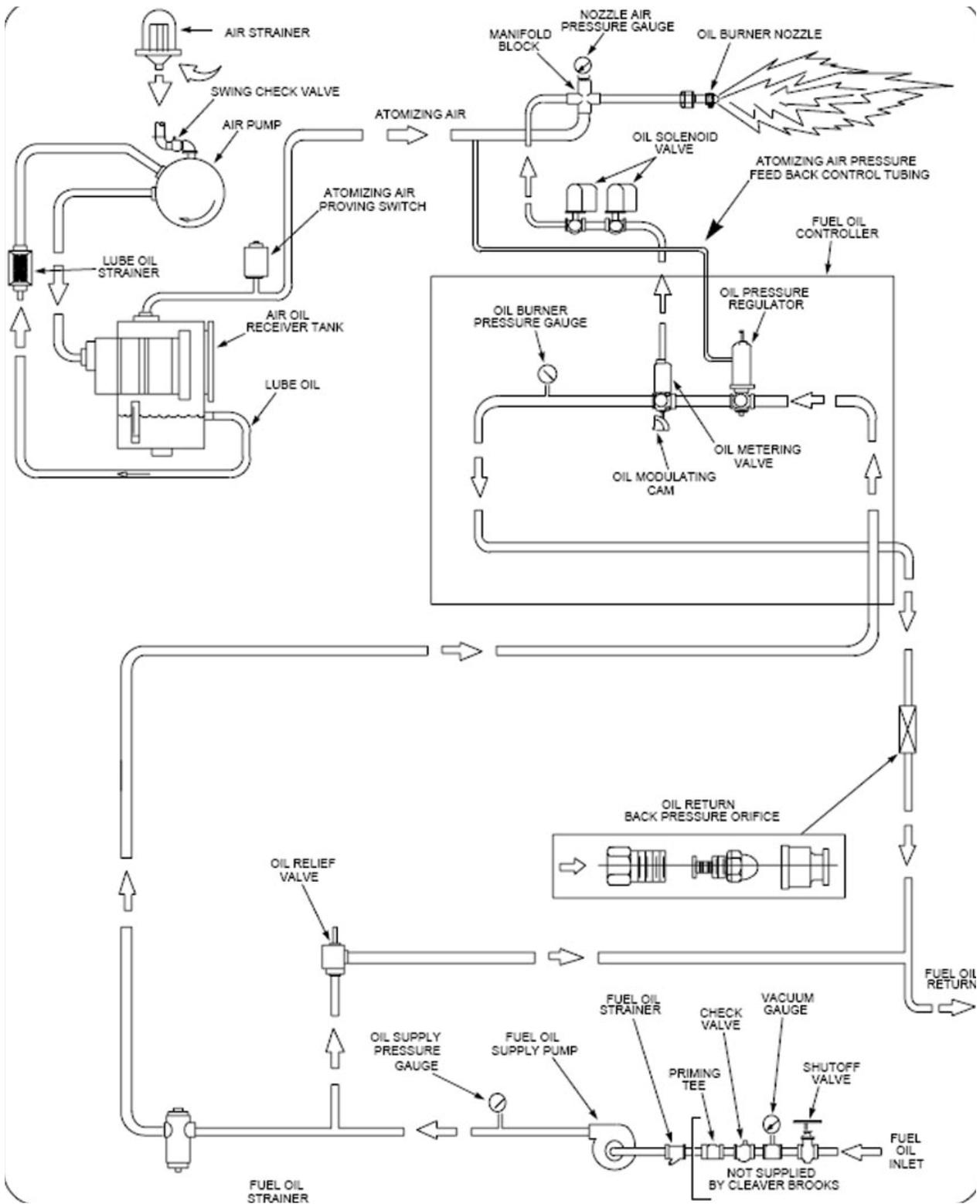
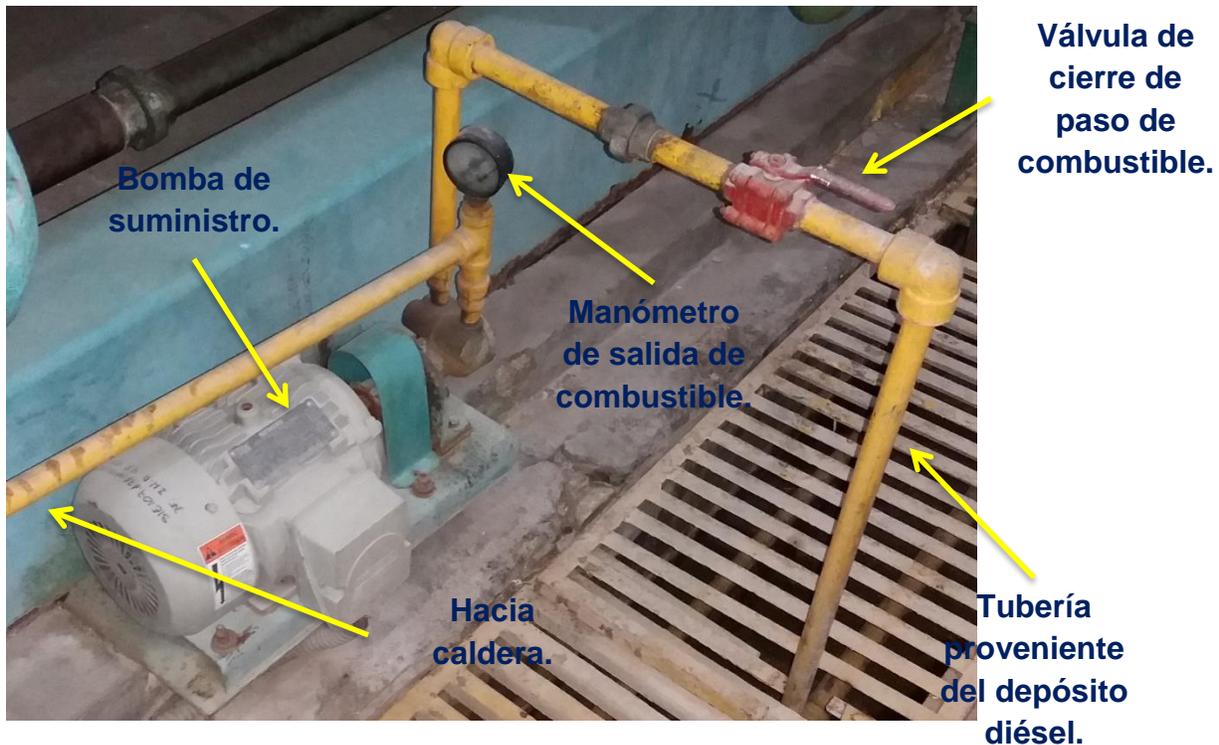


Fig. 2.15.1. Diagrama de flujo de combustible diésel.

2.15.2. Bomba de succión y alimentación de combustible diésel.

Transferencias de aceite-combustible desde el tanque de almacenamiento el cual entrega a presión el fluido para el sistema de quemador.

La bomba es un equipo de suministro de diésel para la boquilla del cañón (difusor) de la caldera como se muestra en la (fotografía 2.15.2.) en donde nos muestra el recorrido del combustible hacia la bomba y de la bomba hacia la caldera no sin antes pasar por una serie de filtros y actuadores para respaldar su sistema de seguridad y su correcto funcionamiento el cual trataremos en los siguientes temas.



Fotografía 2.15.2. Bomba de diésel.

La bomba está conformada por una serie de accesorios básicos para su funcionamiento los cuales son:

2.15.2.1. Válvula de alimentación.

Es la válvula de cierre de paso de combustible hacia la bomba su instalación es sólo por seguridad (fotografía. 2.15.2.)

2.15.2.2. Manómetro de salida de combustible.

En ella se dan las lecturas de la presión a la cual está saliendo el diésel de la bomba de alimentación. La presión a la cual sale el fluido en este punto es de 12 kg/cm² (fotografía. 2.15.2.), pero esta presión no es el flujo el cual entra a la boquilla del quemador sino que todavía falta llegar a la válvula reguladora (fotografía 2.15.6.) de la cual hablaremos más adelante.

2.15.3. Compresor de aire.

Proporciona el aire comprimido necesario para atomizar el aceite combustible para la combustión (fotografía 2.15.3.). Se inicia automáticamente la secuencia del programador.

El aire para atomizar el aceite combustible (referido a menudo como aire primario) se abastece de la bomba de aire al tanque receptor aire-aceite y se lleva bajo presión a través del bloque de distribución a la boquilla del quemador de aceite.

El aire atomizado se mezcla con el diésel un poco antes de que el diésel salga de la boquilla.

La presión del aire atomizado se indica en el manómetro de entrada del aire del quemador.

La presión del aire de la bomba también impulsa suficiente aceite del tanque a los cojinetes de la bomba para su lubricación y también para proveer un sello y lubricación a las paletas de la bomba. Como resultado, el aire que llega al tanque contiene un poco de aceite lubricante; sin embargo, la mayor parte se recobra por medio de deflectores y filtros en el tanque antes que el aire pase al quemador.

Los componentes incluyen:

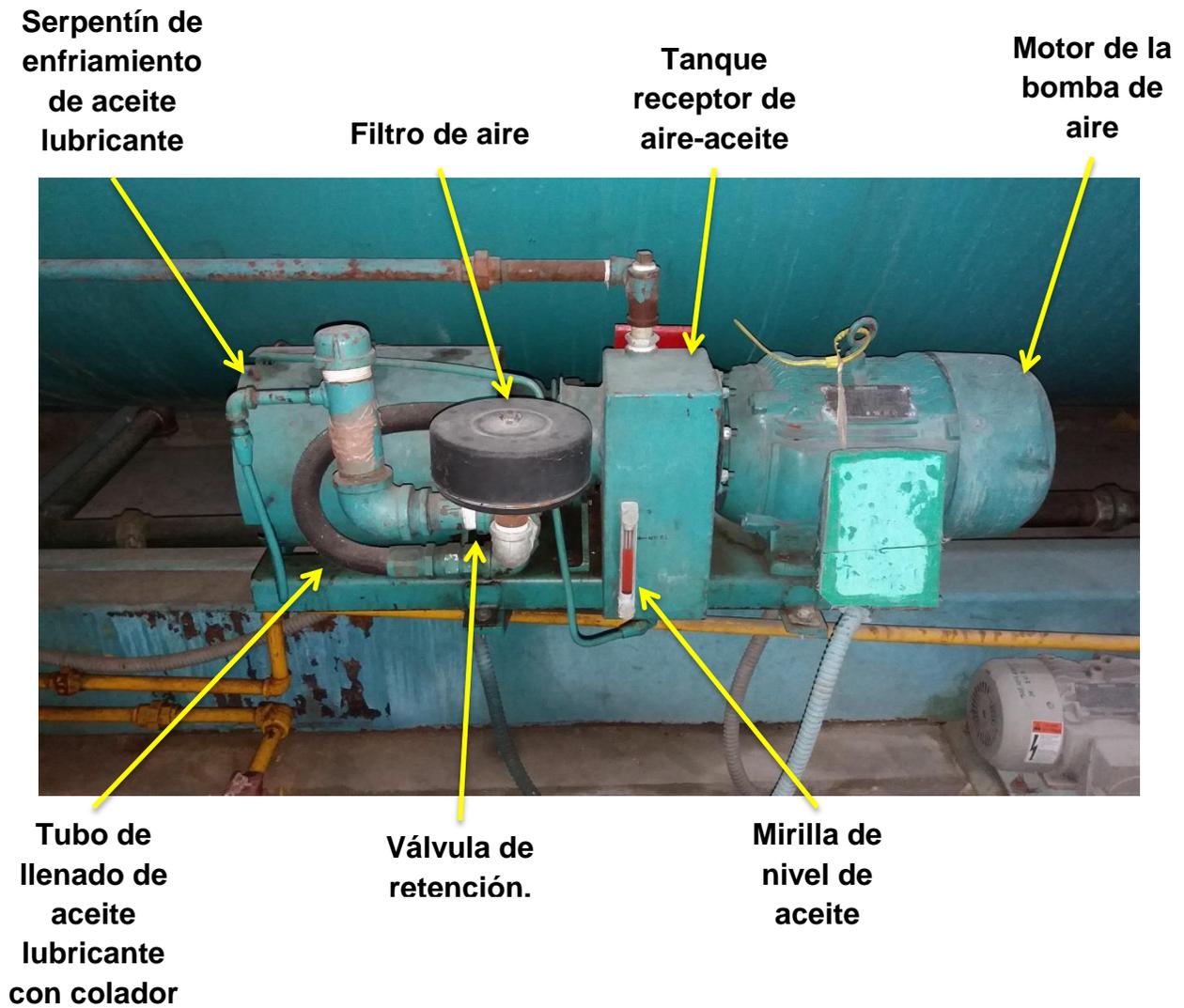


Fig. 2.15.3. Módulo del compresor.

2.15.3.1. Motor de bomba de aire.

Suministra aire para la atomización del aceite combustible. El motor es iniciado y detenido simultáneamente con el motor del ventilador de tiro forzado.

2.15.3.2. Filtro de aire.

Filtro tipo baño de aceite, el filtro limpia el suministro de aire antes de entrar en la bomba de aire.

2.15.3.3. Válvula de retención.

Evita que el aceite lubricante y el aire comprimido retrocedan a la bomba y al filtro cuando la bomba se detiene.

2.15.3.4. Tanque receptor de aire-aceite.

Contiene una fuente de aceite para lubricar la bomba de aire. El tanque receptor también separa la mayor cantidad del aceite lubricante del aire antes de la entrega a la boquilla de atomización.

2.15.3.5. Mirilla de nivel aceite lubricante.

Es una mirilla de vidrio que indica el nivel de aceite en el tanque receptor de aire-aceite lubricante.

2.15.3.6. Serpentín de enfriamiento de aceite lubricante.

Se enfría el aceite lubricante antes de entrar en la bomba de aire. Un ventilador accionado por el motor de la bomba de aire circula aire de refrigeración sobre el serpentín.

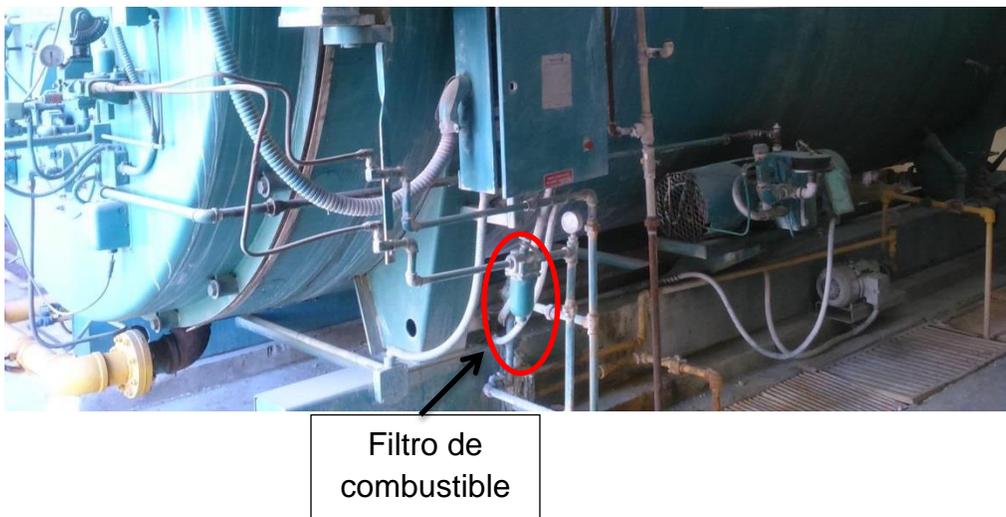
2.15.3.7. Tubo de llenado de aceite y filtro de lubricante.

Utilizado cuando se agrega aceite al tanque receptor de aire-aceite.

2.15.4. Filtro de aceite.

El filtro de combustible retiene cualquier impureza de estado sólido proveniente del tanque de combustible o las tuberías conductoras del mismo. Sirve para evitar que materias extrañas entren al quemador (fotografía 2.15.4.). Va ubicado entre la bomba de alimentación y el regulador de presión de entrada de diésel. Con el fin de que el aspersor del cañón no se tape y evita de esta manera el mal funcionamiento del equipo.

Es importante utilizar el filtro recomendado por el fabricante de la caldera (fotografía 2.15.4.1.), ya que de no hacerlo se corre el riesgo de un filtrado pobre o mal formaciones y roturas por trabajar con altas presiones. Los filtros pueden limpiarse cada semana para una mayor eficiencia. En la fotografía. 6.15.4.3. Se muestran las especificaciones del tipo de filtro que requiere el equipo para un óptimo funcionamiento. El procedimiento de mantenimiento es sencillo, se requiere desenroscar el tapón (tornillo $\frac{3}{4}$) de la parte inferior del filtro, a continuación se procede a sacar jalando la malla de retención de sólidos y se verifica que no se encuentre dañada, en dado caso que la malla presente roturas o ya esté muy desgastada incluso oxidada se procede a hacer el cambio de la malla. En dado caso que la malla se encuentre en buenas condiciones solo será necesario que hacerle una limpieza de rutina.



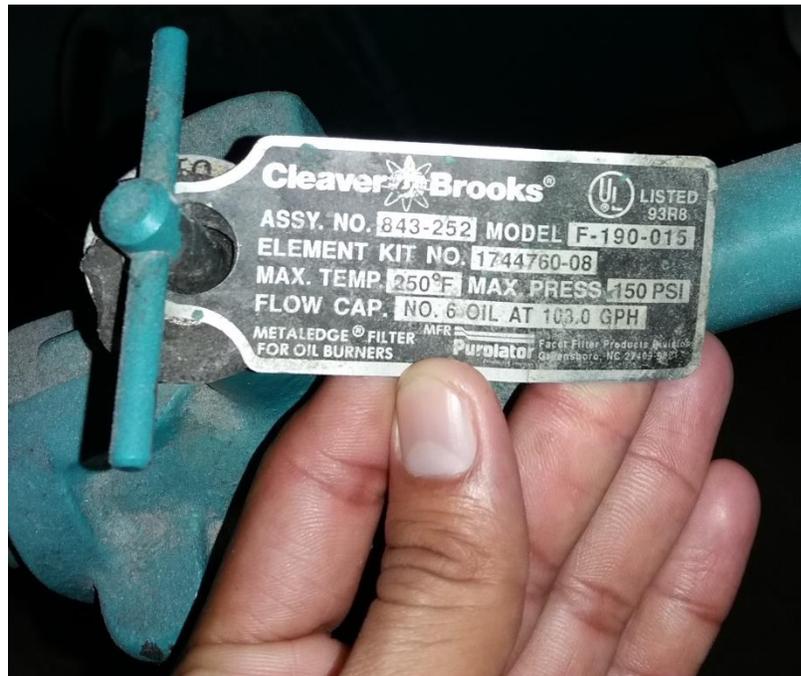
Fotografía 2.15.4. Ubicación del filtro de combustible.



Fotografía 6.15.4.1. Filtro de combustible.



Fig. 6.15.4.2. Representación didáctica del filtro.



Fotografía 2.15.4.3. Especificaciones del filtro diésel.

2.15.5. Tubería de retorno de diésel.

Con el choque de presión que se genera en los accesorios de la caldera siempre existe el riesgo de que el fluido no pase del todo hacia el quemador, es por ello que se instala el recuperador. La tubería de retroceso se encarga de regresar de nuevo (recuperar) al tanque de almacenamiento el combustible que no llega a pasar en el filtro y por el regulador de presión, aprovechando de nuevo ese combustible.



Fotografía 2.15.5. Tubería de retroceso del combustible.



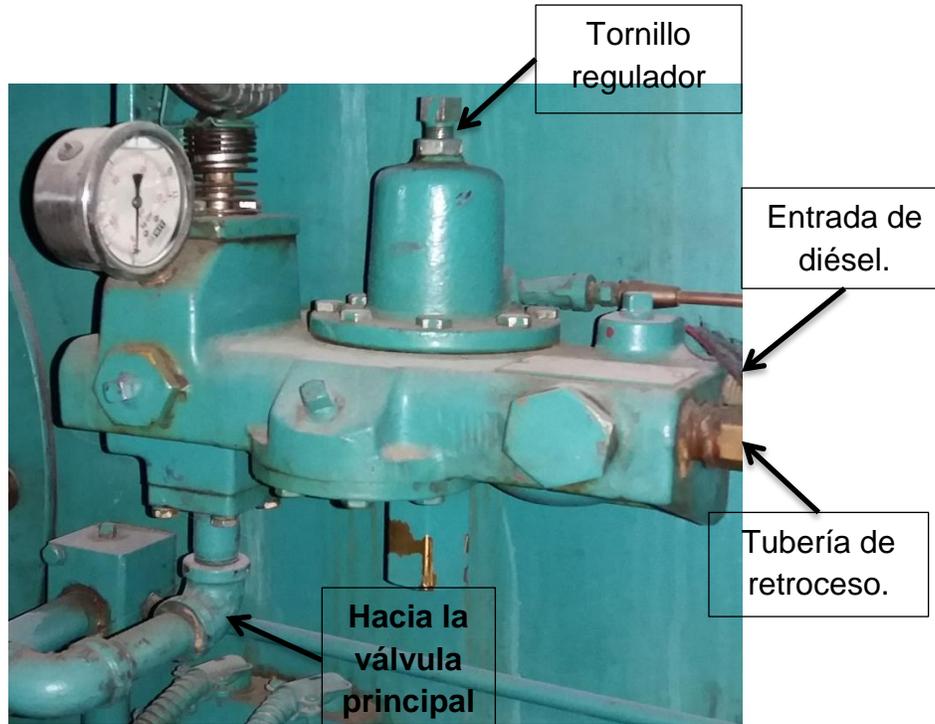
Fotografía 2.15.5.1. Señalamiento del flujo del retroceso.

2.15.6. Regulador diésel.

En la fotografía 2.15.6., se muestra el regulador diésel, que como su nombre lo indica, se encarga de regular la entrada del diésel hacia la esprea del cañón, permitiendo realizar el balance entre la atomización del rocío de combustible y la entrada de presión del aire.

Como realizar el ajuste:

En la parte de arriba de la campana, se tiene un tornillo con cabeza cuadrada para una llave de $\frac{1}{2}$ ", éste tornillo en el interior va oprimiendo unas glándulas metálicas que a su vez son oprimidas por un resorte que dependiendo de la apertura es el tipo de presión a la cual estará pasando el diésel. El manómetro deberá estar marcando 3 kg/cm^2 a la salida del regulador que es la presión de entrada a la boquilla del quemador, a la cual ya se encuentra calibrado el regulador para tener una buena combustión.



Fotografía 2.15.6. Regulador diésel.

2.15.7. Modulador de diésel.

Es un conjunto formado por una serie de tornillos cabeza de allen ajustables y un resorte (fotografía 2.15.7.) en donde un pistón ejerce presión, ajustando de esta manera la cantidad de combustible que la caldera necesita según la demanda de producción de vapor.

El ajuste que se hace es para aumentar la cantidad de rocío, el ajuste que se hace no es para aumentar la presión del combustible, ni para regular la flama, es simplemente para aumentar la cantidad del flujo, en un periodo de tiempo más corto.

Los tornillos allen se pueden subir o bajar según el tipo de calibración deseado, y como ya se había mencionado con anterioridad, el modulador es a su vez movido por el modutrol (fotografía 2.9. motor modulador) para abrir o cerrar el paso del combustible según la cantidad que se necesite para mantener la flama de acuerdo a la demanda de vapor.



Fotografía 2.15.7. Leva modulante de combustible.

2.15.8. Manómetro de válvula reguladora.

Este manómetro (fotografía 2.15.8.) se encuentra a la salida de la válvula reguladora, esto es para medir con más precisión a que presión es la alimentación del combustible a la entrada de la boquilla pulverizadora. La presión a la cual está regulada la válvula como ya se mencionó anteriormente es de 3 kg/cm^2 .



Fotografía 2.15.8. Manómetro de válvula reguladora.

2.15.9. Boquilla pulverizadora.

La boquilla de pulverización (fig. 2.15.9.) es la encargada de atomizar el combustible para que la combustión sea la correcta y más eficiente. El combustible sometido a una gran presión, es obligado a salir por un orificio pequeño después de haber recibido el impulso de rotación de la bomba de combustible.



Fig. 2.15.9. Boquilla de atomización.

En el diagrama 2.15.9.1. se aprecia la manera en que el combustible pasa por el filtro hasta salir por la tobera de inyección para ser atomizada.

La selección de la boquilla depende de:

- La forma del hogar.
- Potencia térmica de la caldera.
- Tipo de combustible.

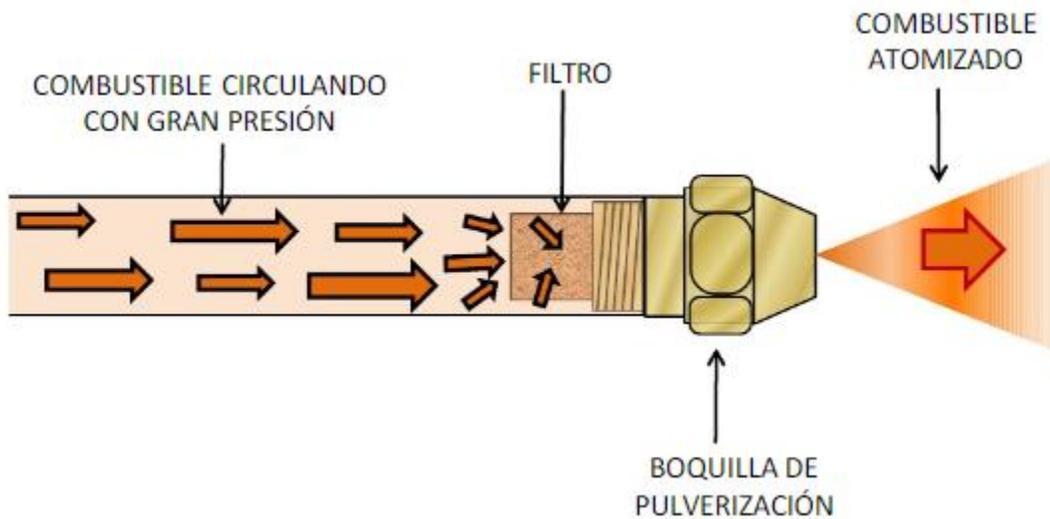


Fig. 2.15.9.1. Diagrama de pulverización.

2.15.9.1. Marcado de las boquillas estándar.

La figura 2.15.9.1., muestra la información sobre el caudal de la boquilla en gal/ hr, ángulo y forma de pulverización a 700 kpa. (7bar).

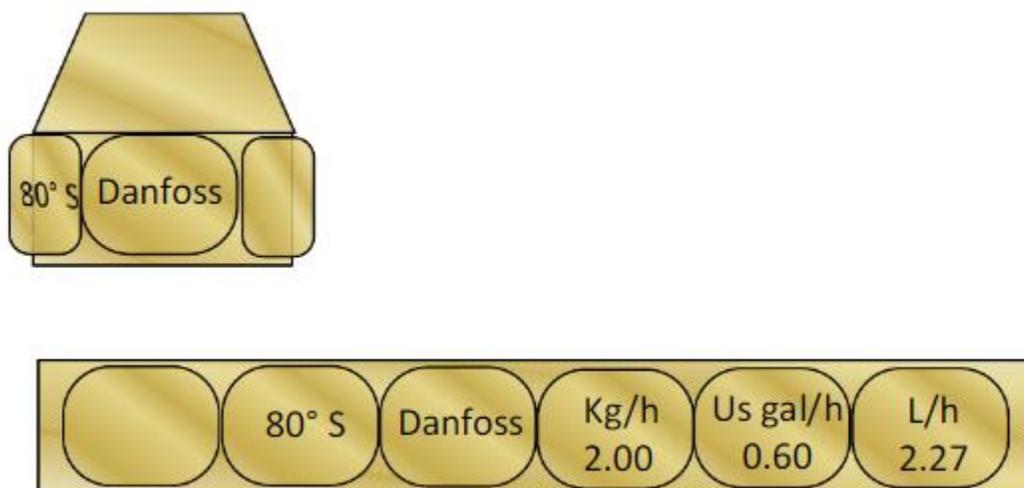


Fig. 2.15.9.1. Forma de marcado.

La capacidad del combustible en kilogramos por hora (kg/h) con una viscosidad de 4.4 cST (centistokes), un peso específico de 0.83 y una presión de atomización de 7 bar.

60°: Angulo de rociado.

S, H, B: Cono de salida y con la geometría específica del cono de salida según el ángulo de rociado como se ilustra en la fig. 2.15.9.1.1.

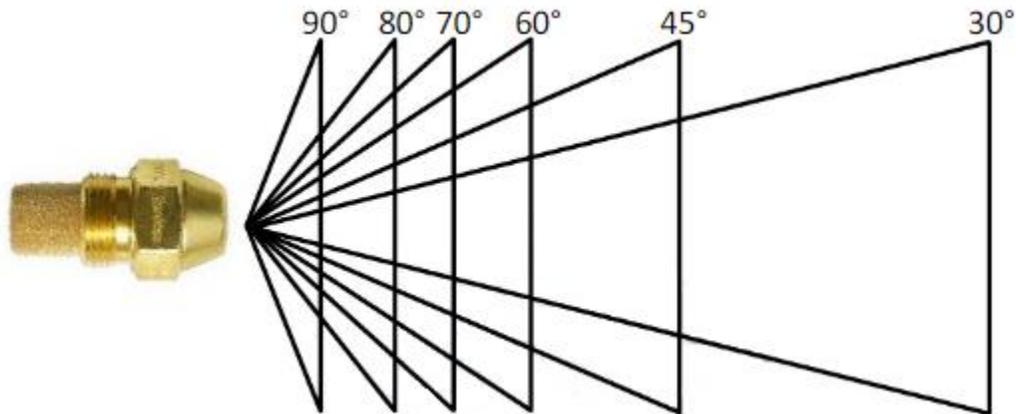


Fig. 2.15.9.1.1. Angulo de rocío.



Fig. 2.15.9.1.2. Cono de la flama.

2.15.9.2. Tipo de boquilla.

El tipo de boquilla a utilizar es el de boquilla con retorno (fig. 2.15.9.2.).

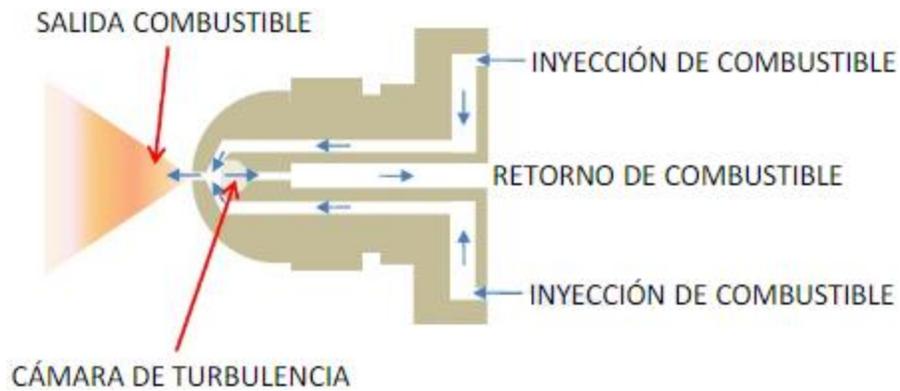


Fig. 2.15.9.2. Boquilla con retorno.

Este tipo de boquilla tiene dos conductos de inyección de combustible y un conducto de retorno el cual hace que una parte del combustible no utilizado regrese al circuito. En la parte interna de la boquilla se encuentran alojados filtro, boquilla y su alojamiento como muestra la fig. 2.15.9.3.

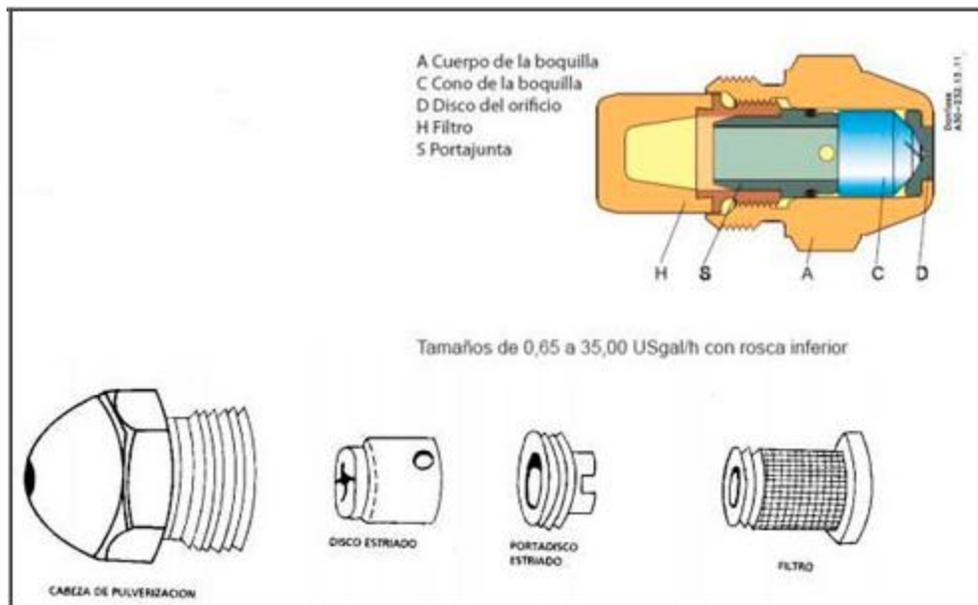


Fig. 2.15.9.3. Desglose de la boquilla.

2.15.10. Válvula solenoide principal.

Se abre cuando está energizado a través de contactos en el programador y permite el flujo de aceite combustible de la válvula de medición de aceite a la boquilla del quemador. Un aceite ligero enciende el quemador, utiliza dos válvulas operando simultáneamente (fotografía 2.15.10.)

2.15.11. Interruptor de baja presión de aceite.

Los contactos del interruptor se abren cuando la presión del aceite combustible es menor que la presión seleccionada. El interruptor desconectará el circuito limitador cuando la presión de aceite combustible no sea suficiente para mantener la combustión adecuada (fotografía 2.15.10.)

2.15.12. Sensor de posicionamiento combustible diésel.

para trabajar según el tipo de combustible seleccionado existe un sensor de accionamiento fotografía (2.15.12.2.), que para trabajar en modo diésel se requiere empujar la boquilla como se muestra en la figura 2.15.12.1. Esto para que el sensor mande la señal de que el cañón se encuentra en posición correcta para que pueda mandar a abrir las solenoides de alimentación.

A la hora de utilizar la caldera en modo gas natural se tendrá que posicionar el cañón hacia atrás como lo muestra la figura 2.15.12.1., de esta forma el cañón no estará activando el sensor y el sistema reconocerá que el cañón se encuentra posicionado para trabajar con combustible gas natural.

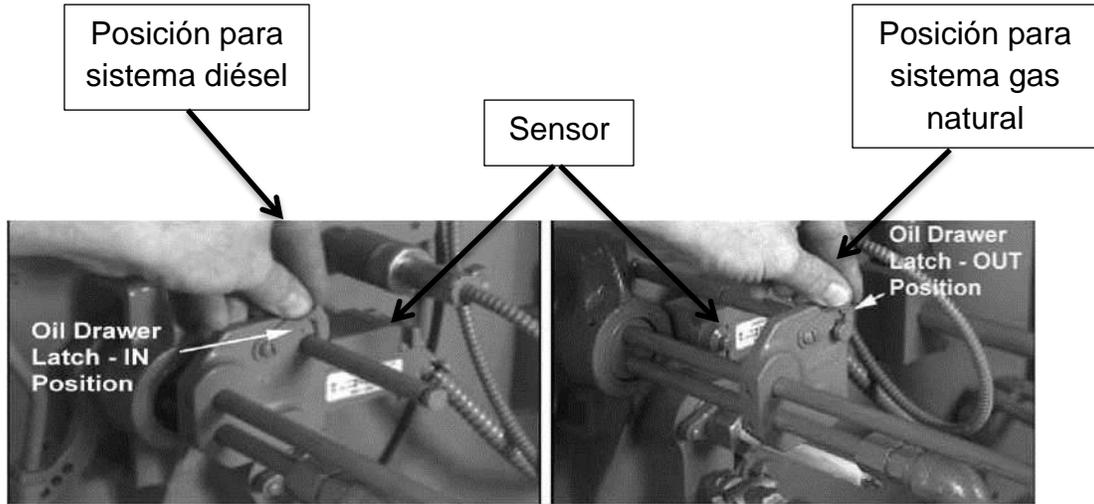
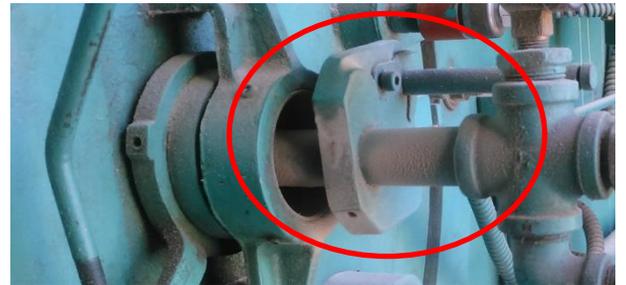
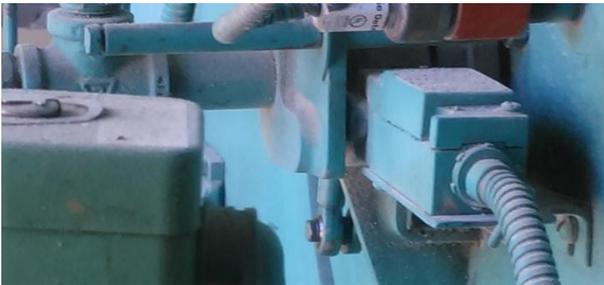
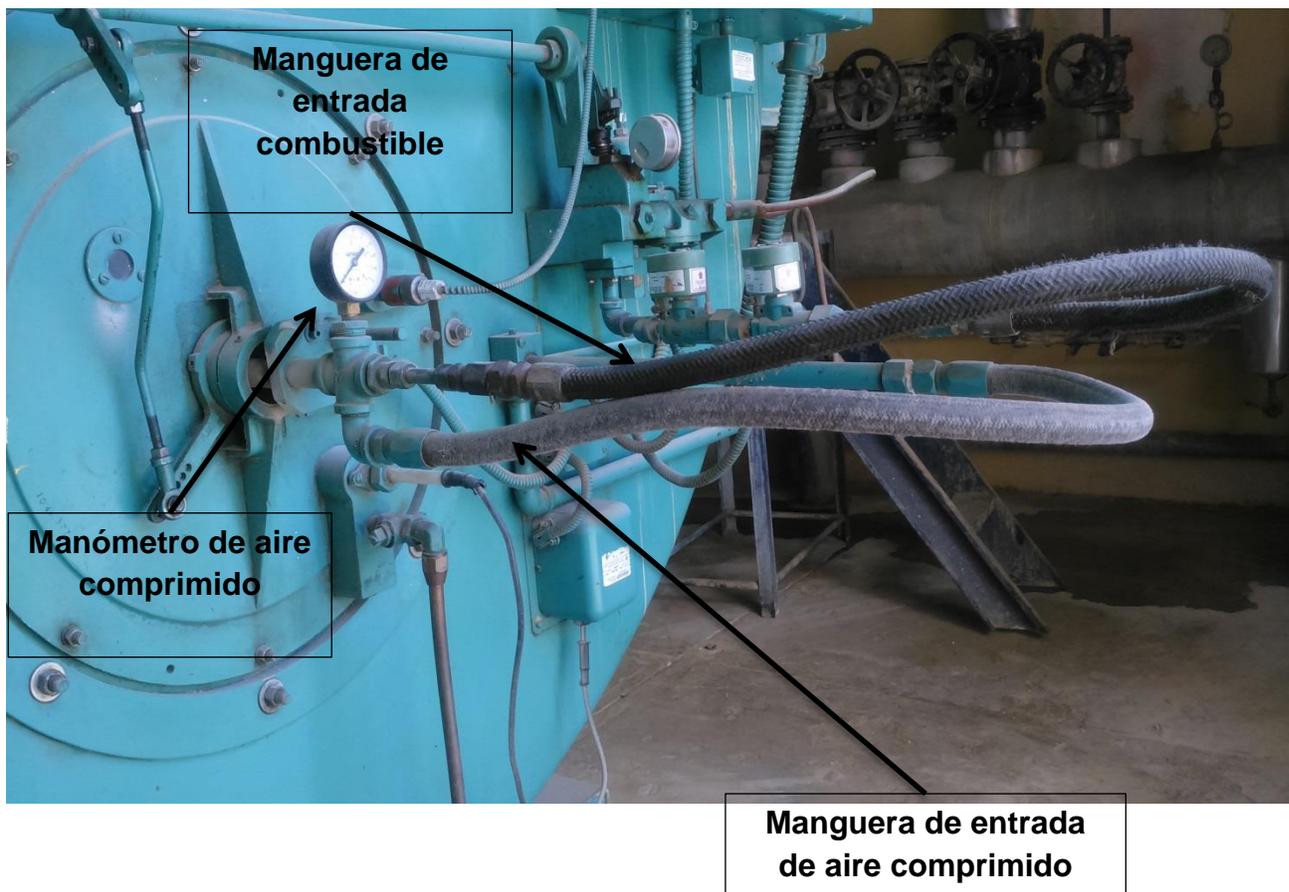
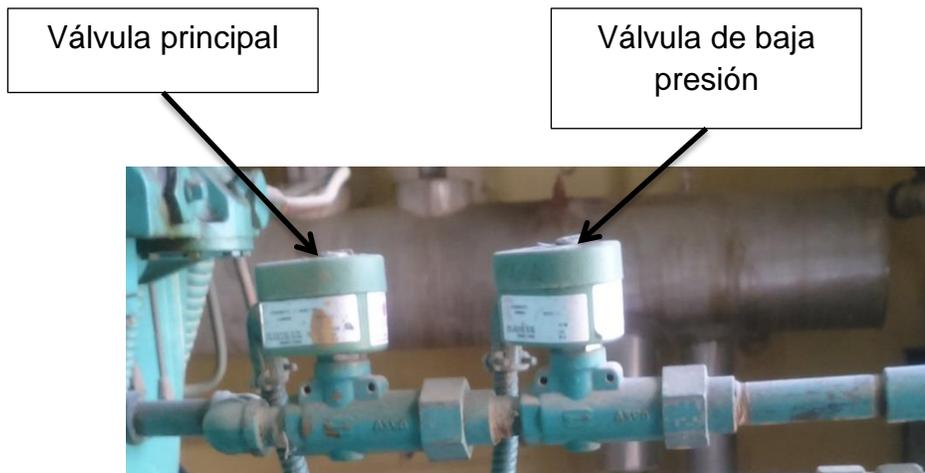


Fig. 2.15.12.1. Sensor de posición (modo de posicionamiento según combustible seleccionado).



Fotografía 2.15.12.2. Sensor de posición.



Fotografía 2.15.10. Solenoide principal y de baja presión.

2.15.13. Manómetro de aire presurizado.

Es el indicador de la presión de entrada de aire comprimido al quemador para atomizar el combustible, dicho manómetro debe de marcar una presión de 2 kg/cm². de aire primario (fotografía 2.15.10.).

2.16. Ventilador de Tiro Forzado (VTF)

Se le llama tiro forzado al aire que se le inyecta a la caldera por medio de un ventilador que extrae el aire de la atmosfera hacia el interior de la caldera.

El aire para la combustión del combustible (referido a menudo como aire secundario) es suministrado por el ventilador de tiro forzado. Durante la operación, la presión de aire se acumula en todo el cabezal y es forzado a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión apropiada. El suministro de aire secundario al quemador, se controla al reducir el espacio de salida del ventilador mediante la regulación de la compuerta de aire (fig. 2.16.2.), inducida por el modulador. Esto suministra la cantidad adecuada de aire para una eficiente combustión en toda la escala del encendido.

El VTF (fotografía 2.16.) se encuentra en la parte superior de la tapa frontal, en la caldera, tiene dos funciones principales: el barrido de gases y la alimentación de aire para la combustión.

¿Qué es el barrido? el barrido es el aire que sirve para la eliminación de gases de combustión que se quedan en la cámara por el resultado mismo de la combustión. También es el aire que sirve de igual forma para mantener el quemador encendido, por lo que pasa por el mismo difusor de aire activando la manivela que hace girar y abrir las compuertas de acceso de aire (fig. 2.16.2.), todo esto se realiza antes de que la caldera entre en funcionamiento, una vez hecho el barrido el microprocesador envía la señal a las solenoides ya sea de gas o diésel para permitir el acceso de combustible al cañón y se realice la combustión. ¿Cómo se logra esto?, mediante la tarjeta de purga que tiene incluido el modulador del

quemador microprocesador (fig. 2.16.1.) ésta ya viene incluida y programada en el microprocesador.

Una vez hecho el barrido el VTF sigue trabajando para mantener una mezcla de aire que logre mantener la combustión ideal. El VTF solo se apagará cuando la caldera emite una alarma, ya sea por presión elevada, falta de combustible, bajo nivel de agua, falla de flama, o algún otro error que se haya detectado en el transcurso de operación.



Fotografía 2.16. VTF.

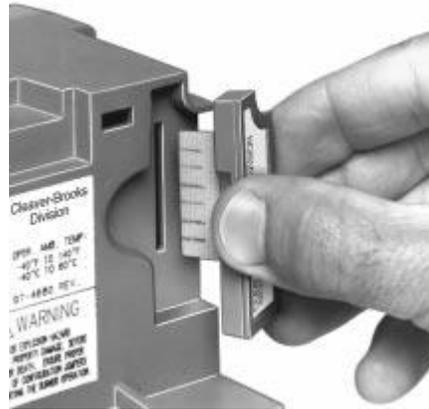


Fig. 2.16.1. Tarjeta de purga.

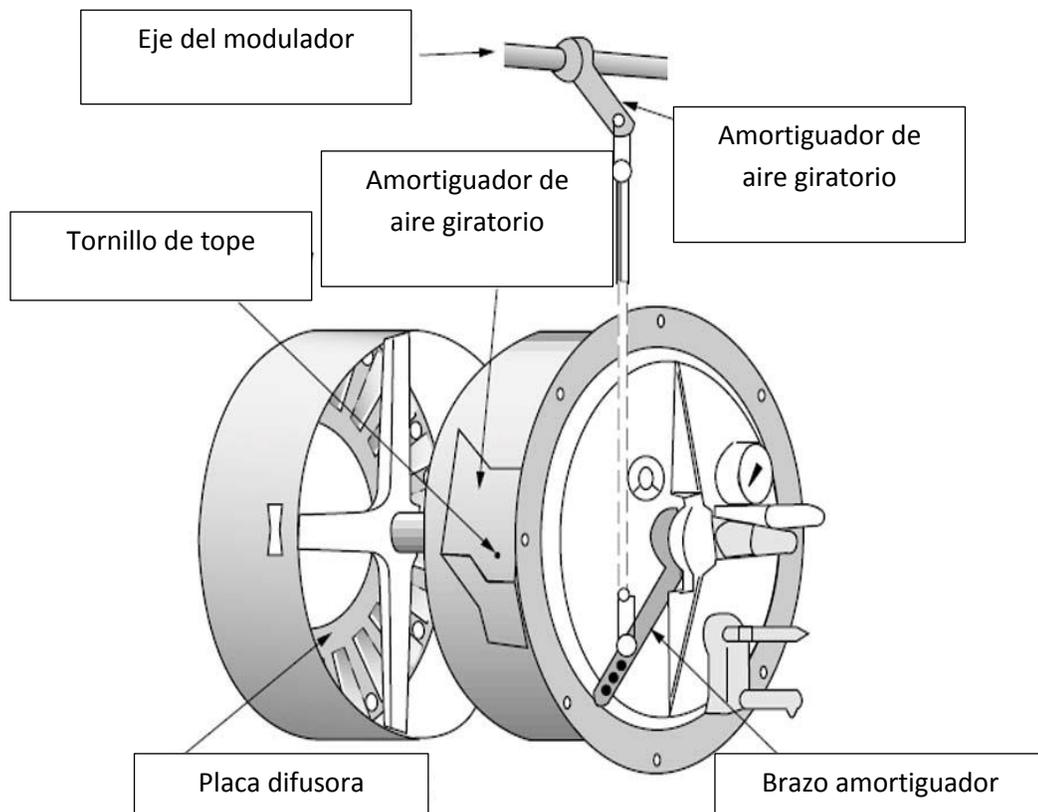


Fig. 2.16.2. Manivela de apertura de compuerta de entrada de aire.

CAPITULO 3.

GENERALIDADES SOBRE EL AGUA.

Para que la caldera opere de manera eficiente y alcance sus años de vida útil es necesario que el agua de alimentación tenga una calidad de entrada bastante buena, nos referimos a que el agua, como se explicó anteriormente viene con impurezas que llegan a dañar a la caldera a la larga y traen consigo consecuencias que afectan de manera crítica a la caldera.

Los efectos de las impurezas del agua de alimentación en las calderas se describen en los temas siguientes.

3.1. Formación de cieno o lodo.

Es aquella masa la cual se deposita en la superficie de calentamiento con el consiguiente peligro de un sobrecalentamiento de las placas o tubos. (Fig. 3.1.)

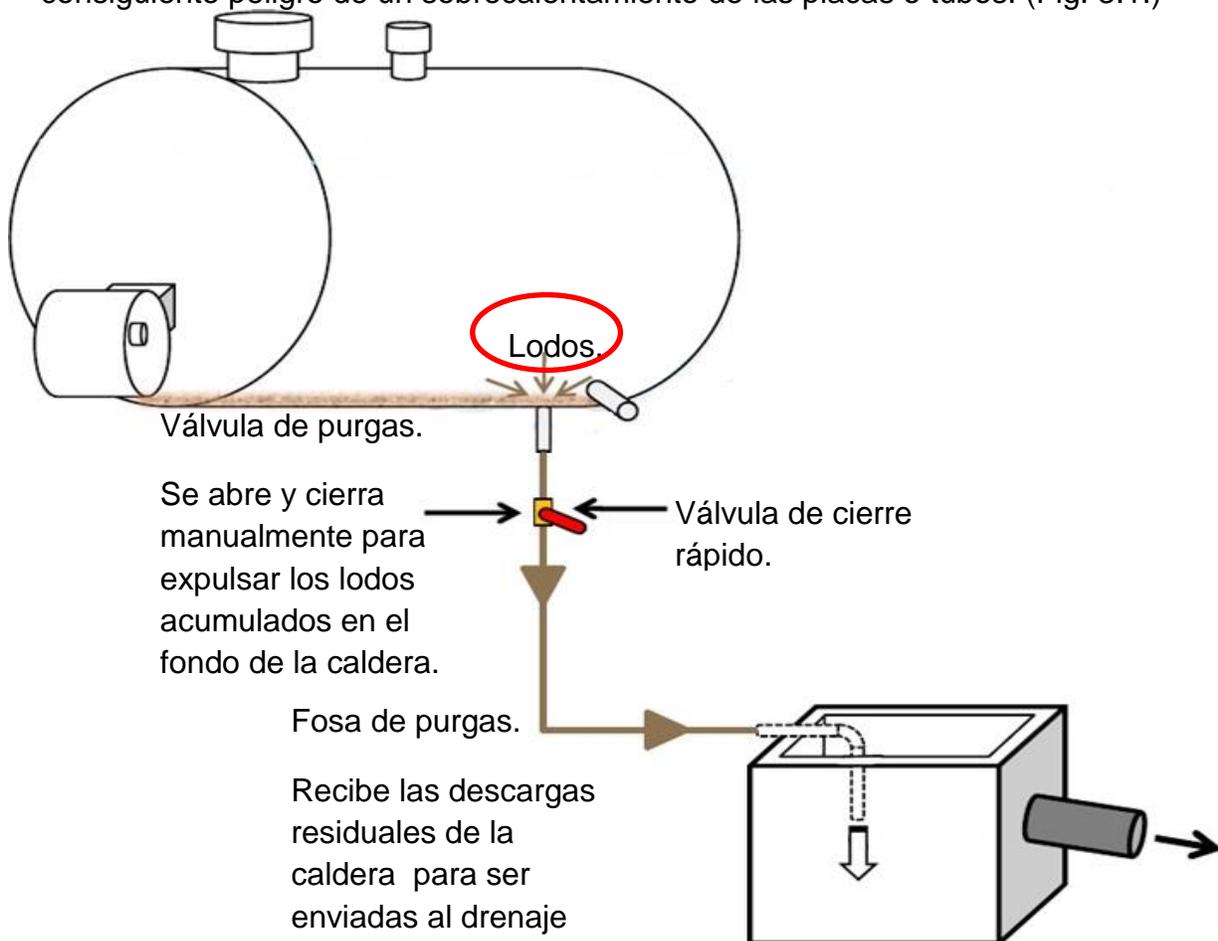


Fig. 3.1. Formación de lodos.

3.2. Formación de incrustaciones.

Se forman en las superficies de calentamiento (fig. 3.2.), lo cual retarda la transmisión de calor por el metal, perdiéndose así calor y causando peligro de que las placas se sobrecalienten y quemen.

El agua contiene sustancias disueltas y en suspensión, al fluir dentro de la caldera continuamente y a medida que el vapor se va generando, va dejándolos en ella. Al calentarse el agua hasta que se vaporiza bajo la presión de trabajo, se separan primero el oxígeno y el anhídrido carbónico, luego se depositan las impurezas y finalmente las sustancias difícilmente solubles quedan en forma de “incrustaciones”. Las sales fácilmente solubles siguen disueltas y no causan daños pero sí pueden aumentar el punto de ebullición del agua si la solución es muy concentrada. El efecto de incrustación en un generador de vapor de los clasificados, como de tubos de humo, se resiente en los tubos o fluxes, toda vez que la incrustación trabaja como aislante térmico entre el agua y el acero de los fluxes. En tales condiciones, al pasar los gases calientes por el interior del flux, el agua no puede absorber debidamente el calor, dado que se interpone la incrustación y consecuentemente el material del tubo flux se recalienta anormalmente presentándose la dilatación del flux con las consiguientes fugas de agua conocidas como lagrimeo. Las sales que se encuentran contenidas en el agua son sales solubles, tales como los bicarbonatos, sulfatos y cloruros de calcio, magnesio y sodio. Las sales de calcio y magnesio son las que producen lo que se ha dado en llamar “DUREZA” del agua. Este es uno de los componentes más perjudiciales para la buena operación de una caldera. La sílice es otro de los componentes que aparecen en las aguas naturales.

¿De qué manera se logra evitar esto? El método que se utiliza para introducirle agua libre de impurezas, se logra por medio de la purificación. El equipo para purificar el agua entrante se le conoce como suavizador, del cual trataremos en el tema 3.4.

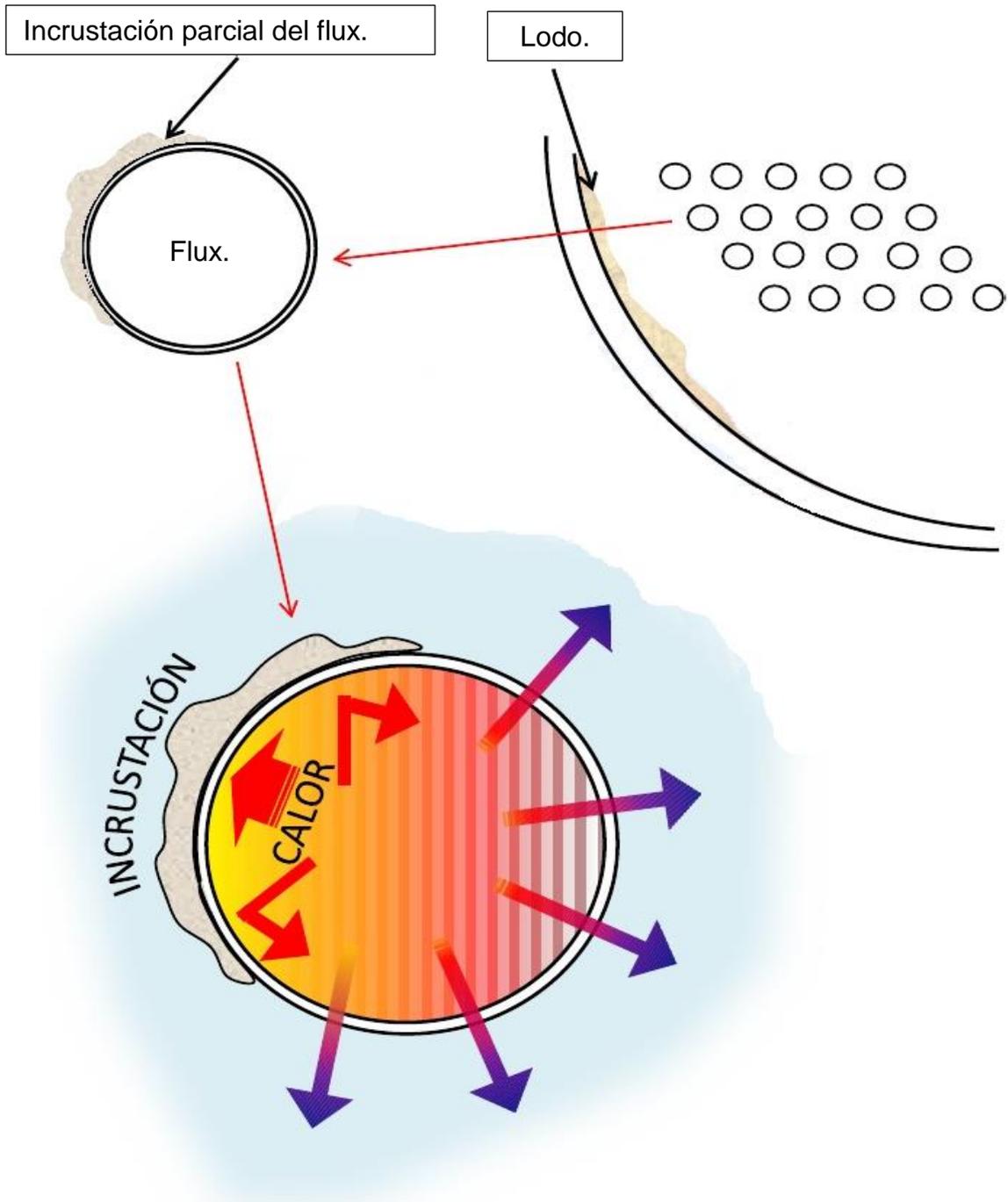


Fig. 3.2. Formación de incrustación.

En este ejemplo, la incrustación en el flux no permite que el calor se transfiera al agua provocando un sobrecalentamiento en el tubo y arriesgando a que se deforme y se dañe permanentemente.

3.3. Corrosión.

Corroen las placas y otras superficies metálicas.

a).- Sustancias incrustantes:

Las principales son los carbonatos y sulfatos de calcio y magnesio.

b).- Sustancias espumantes:

1.-Minerales: Sosa en forma de carbonato o cloruro o sulfato.

2.-Orgánicas: Generalmente corresponden a aguas negras.

c).- Sustancias que forman cieno:

Son generalmente partículas sólidas minerales u orgánicas en suspensión.

d).-Sustancias corrosivas:

Estas pueden ser compuestos químicos, cloruro de magnesio, ácidos libres o gases tales como oxígeno y dióxido de carbono.

Los llamados gases no condensables son gases que no condensan a la temperatura normal encontrada en el agua cruda, son agentes corrosivos que invariablemente son arrastrados por el agua. El más peligroso de los gases es el oxígeno disuelto en agua y en segundo lugar el bióxido de carbono. Las consecuencias de oxígeno disuelto en una caldera es que ataca al fierro formando hidróxido férrico. Esta corrosión se presenta como ámpulas en el material y dependiendo del tiempo que el oxígeno ataca al material, puede llegar a perforarlo. El bióxido de carbono corroe el material y muy especialmente en presencia de oxígeno disuelto. El bióxido de carbono combinado con el agua, forma ácido carbónico, el cual es un agente de corrosión bajo ciertas condiciones para metales férreos, aleaciones de níquel y aleaciones de cobre, ocasionalmente se presenta otro gas no condensable en el agua, llamado hidróxido de aminio o alcali, el cual si bien no corroe las partes metálicas de la caldera, si ataca a las aleaciones de cobre comúnmente empleadas en válvulas, tubos y otras conexiones.

3.4. El tratamiento de agua.

El suavizador, se encarga de eliminar sulfatos presentes en el agua, también se les llama ablandadores de agua. Por medio de un proceso de intercambio iónico, es decir, sustituye o intercambia minerales duros (calcio, magnesio, etc.) por suaves (sodio) a través de su carga eléctrica. El agua que se utiliza para alimentar a la caldera, tiene un alto contenido de minerales (calcio, magnesio, carbonatos, etc.) que con el tiempo formarán costras aislantes en los fluxes e incrustaciones minerales en las tuberías de agua que terminarán por obstruirlas, es por eso que el agua debe ser tratada con equipo electro-mecánico para suavizar el agua antes de entrar en la caldera. El ablandador típico es un equipo mecánico conectado a un abastecimiento de agua.

Todos los suavizadores trabajan con el mismo principio, sustituyendo unos minerales por otros, por lo general, el sodio. A este proceso se le llama INTERCAMBIO IÓNICO

3.4.1. Procedimiento.

El tanque mineral está lleno de granos de poliestireno o resinas con cargas negativas (fig. 3.4.1.) a lo que nosotros le llamamos comúnmente **zeolita**. El calcio y el magnesio contenidos en el agua común tienen cargas positivas, lo que significa que el calcio y el magnesio se adhieren a los granos de resina cuando el agua pasa a través de ellos (fig. 3.4.2.). Cuando se detecta la saturación de calcio y magnesio en los granos de resina, se hace circular agua salada concentrada (salmuera) por todo el tanque suavizador, esto separa el calcio y el magnesio adheridos a los granos de resina, y son expulsados del suavizador hacia el drenaje.

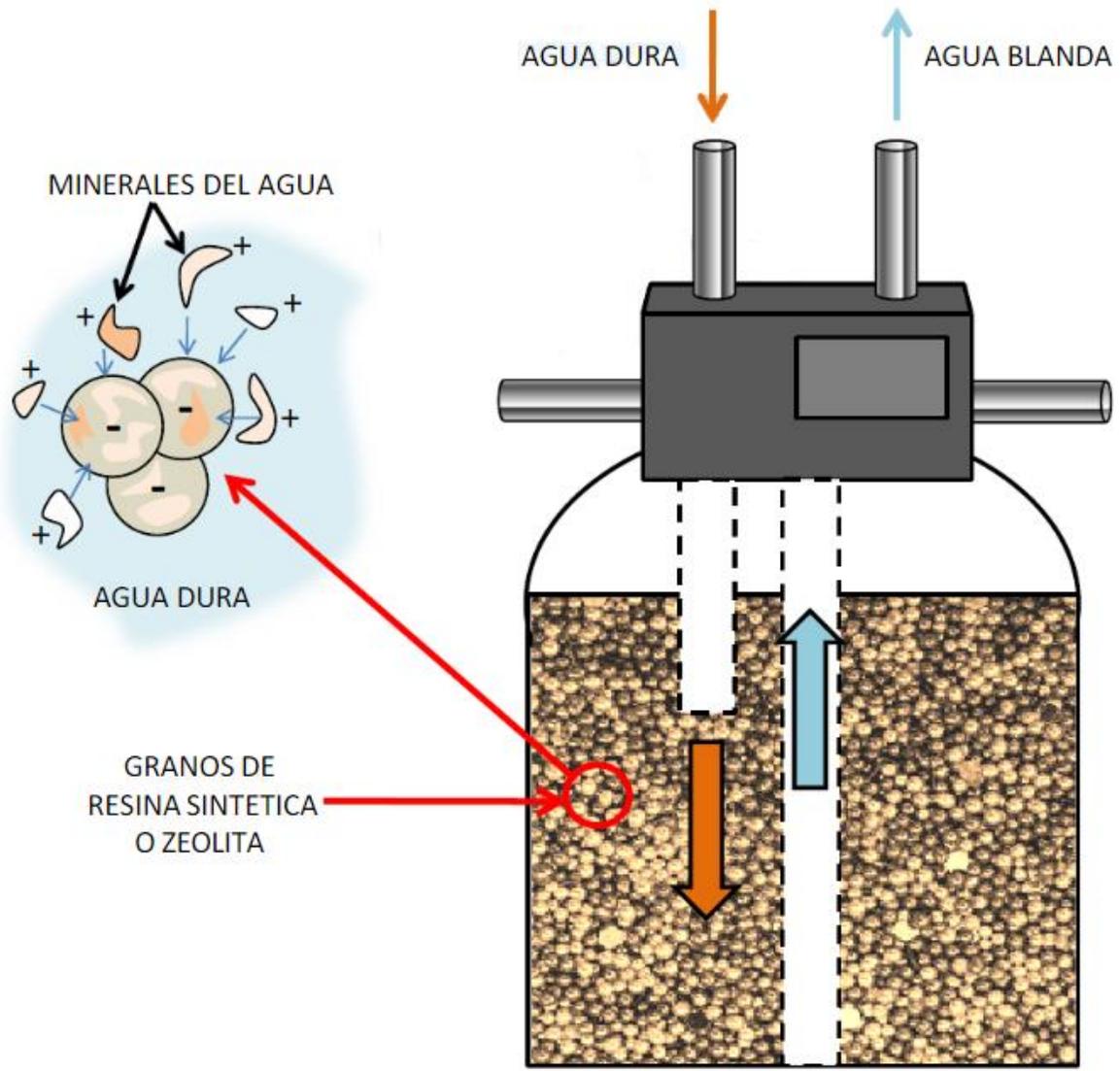


Fig. 3.4.1. Moléculas de zeolita.

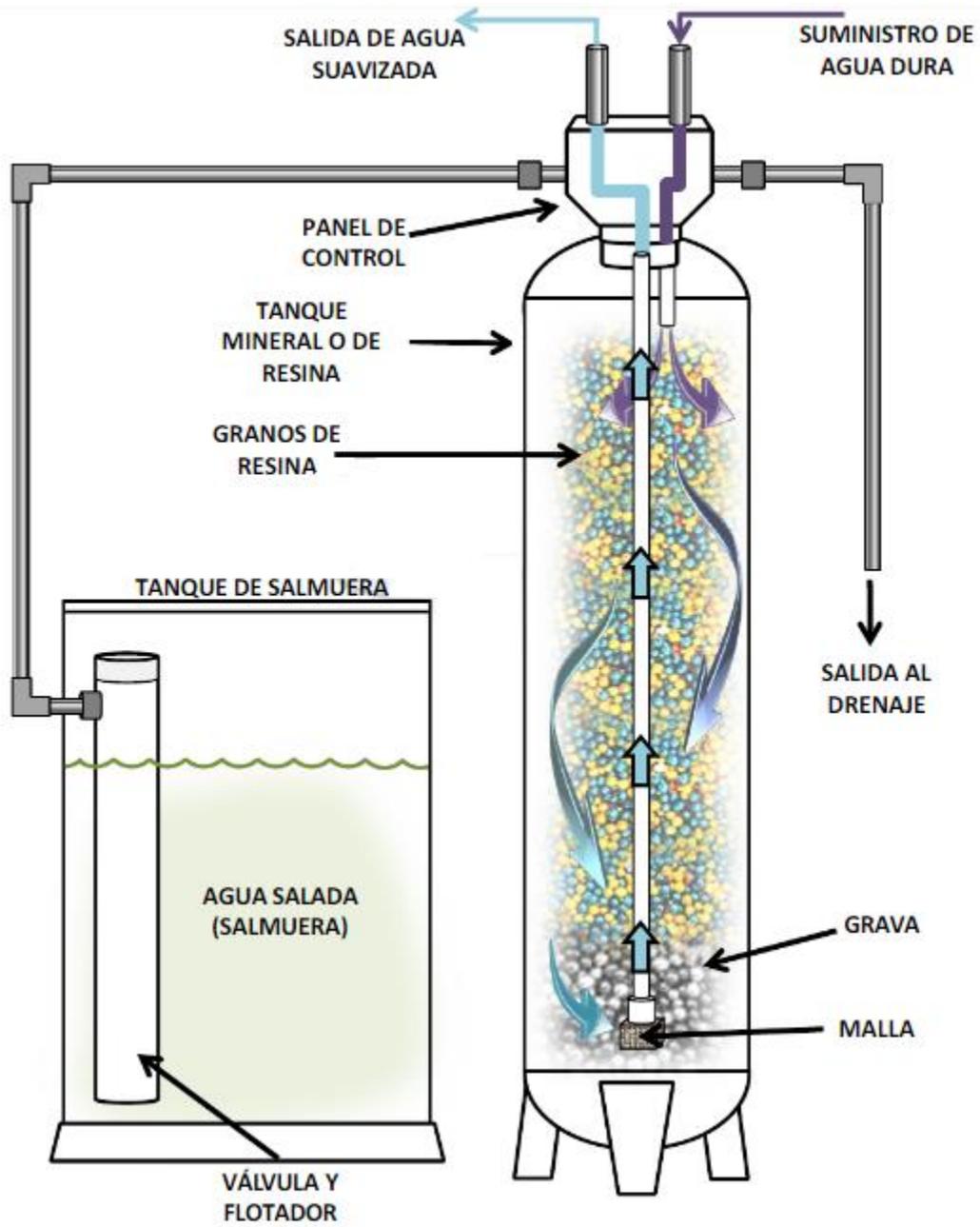


Fig. 3.4.2. Paso del agua en el interior del suavizador.

Para realizar el tratamiento de agua se requiere de los materiales siguientes:

Tanque de salmuera, suavizador o ablandador y cisterna de agua.

Paso 1.- antes de regenerar la caldera, se deberá sacar una muestra del agua (ver página 82) al inicio del turno, y saber si es necesario regenerar (suavizar) el agua si en dado caso la muestra que se tome se torna rojiza como se muestra en la fotografía 3.4.3., se procederá a regenerar la caldera.

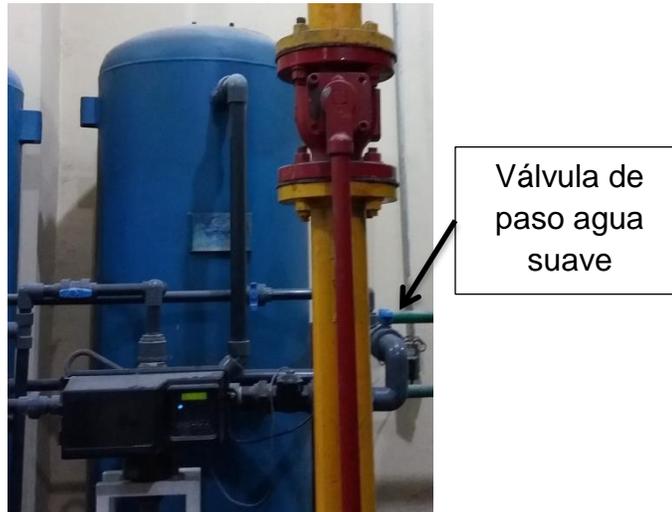
Lo que se analiza en esta muestra de agua es el alto contenido de sulfatos, calcio, minerales, en ppm, que a la larga forman incrustaciones en los fluxes.



Fotografía 3.4.3. Primera muestra de agua.

Paso 2.- Ponemos el selector de la bomba de agua en manual para estar mandando agua consecutivamente a través del circuito del ablandador, esto se hace porque la cisterna tiene un flotador electromecánico, que rige al contactor de la bomba y en automático al estar llena la cisterna no estaría mandando agua al suavizador ya que el flotador le indica a la bomba no arrancar, por tal motivo se deja operando la bomba en manual.

Paso 3.- Se cierra la válvula de alimentación (fotografía 3.4.4.), para evitar que la presión mande agua dura a la cisterna de agua suave.



Fotografía 3.4.4. Válvula de cierre de paso.

Paso 4.- regeneración de la caldera:

❖ **Contralavado.**

El contralavado del suavizador, es el primer paso para la regeneración del agua de la caldera, el tiempo de lavado es de 10 min. Como se muestra en la fotografía 3.4.5., en donde se hace el lavado general del tanque. Las figuras 3.4.5.1., 3.4.6.1., 3.4.7.1., se muestra de forma didáctica la manera en cómo trabaja el suavizador según el ciclo, sacando agua sucia, metiendo agua limpia y salada, y eliminando excesos de agua salada.



Fotografía 3.4.5. Ciclo 1 del suavizador.

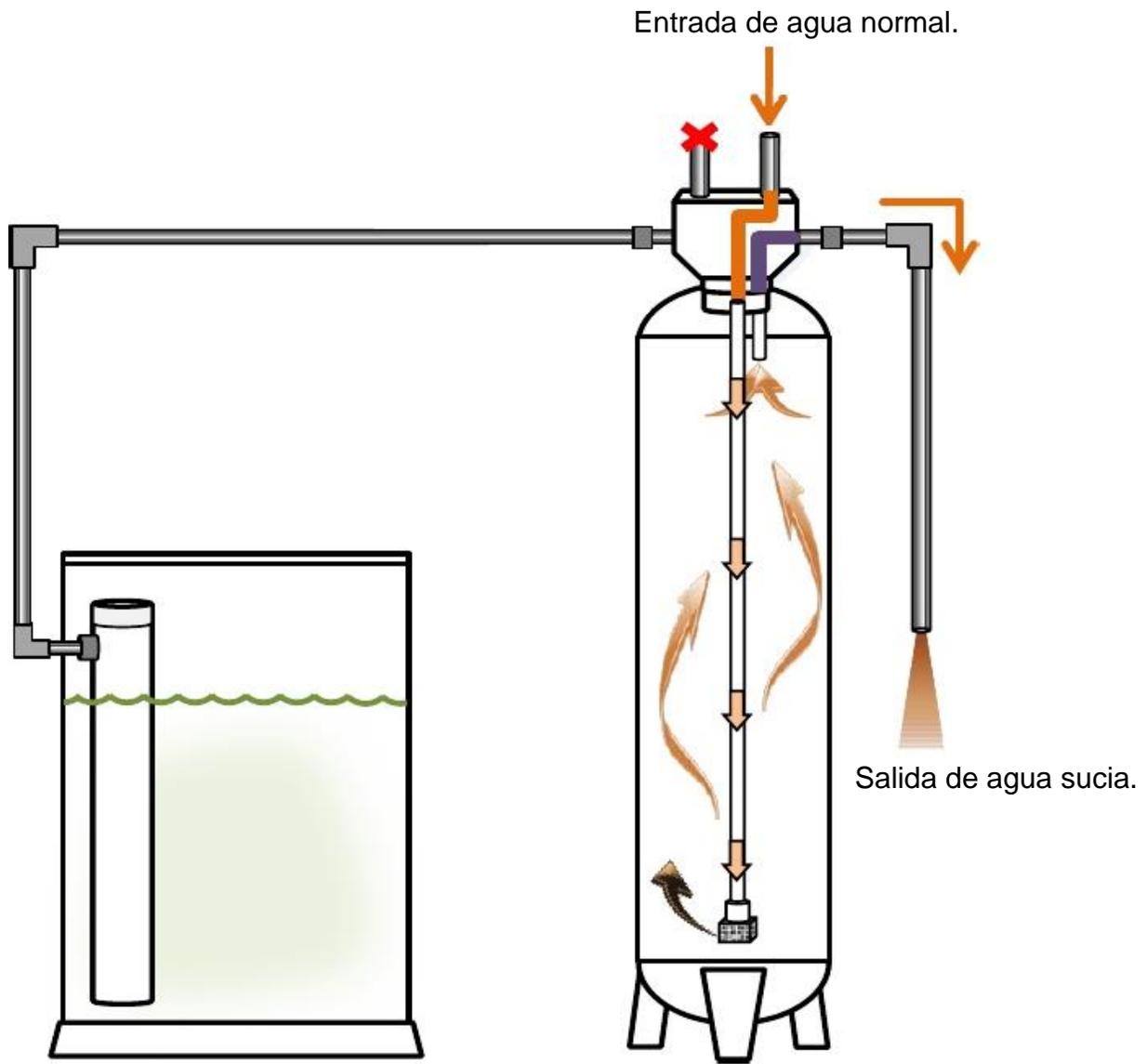


Fig. 3.4.5.1. Contralavado.

❖ **Succión y enjuague.**

Este ciclo tiene un tiempo de trabajo de 60 min., tal como se muestra en la fotografía 3.4.6., el agua salada del tanque de salmuera entra al tanque mineral arrastrando consigo el calcio y el magnesio adheridos a los granos de resina que después serán enviados al drenaje.



Fotografía 3.4.6. Segundo ciclo del suavizador.

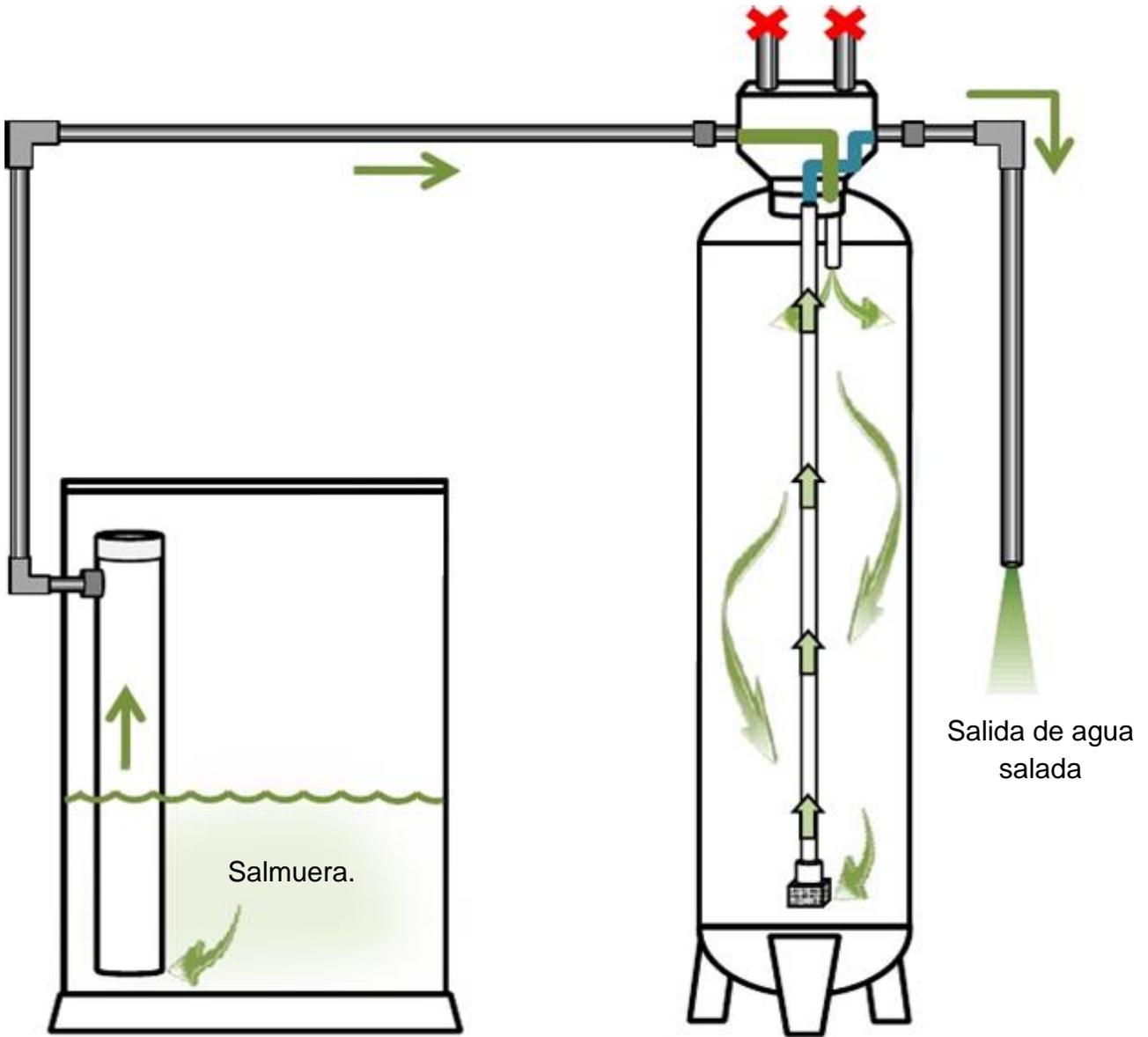


Fig. 3.4.6.1. Succión y enjuague.

❖ Enjuague rápido.

Por última vez se realiza un enjuague de 10 min., para asegurar la limpieza de los tanques (fotografía 3.4.7.) y eliminar el restante de salmuera que se haya quedado atrapado a la hora de expulsar el enjuague de los tanques.



Fotografía 3.4.7. Tercer ciclo del suavizador.

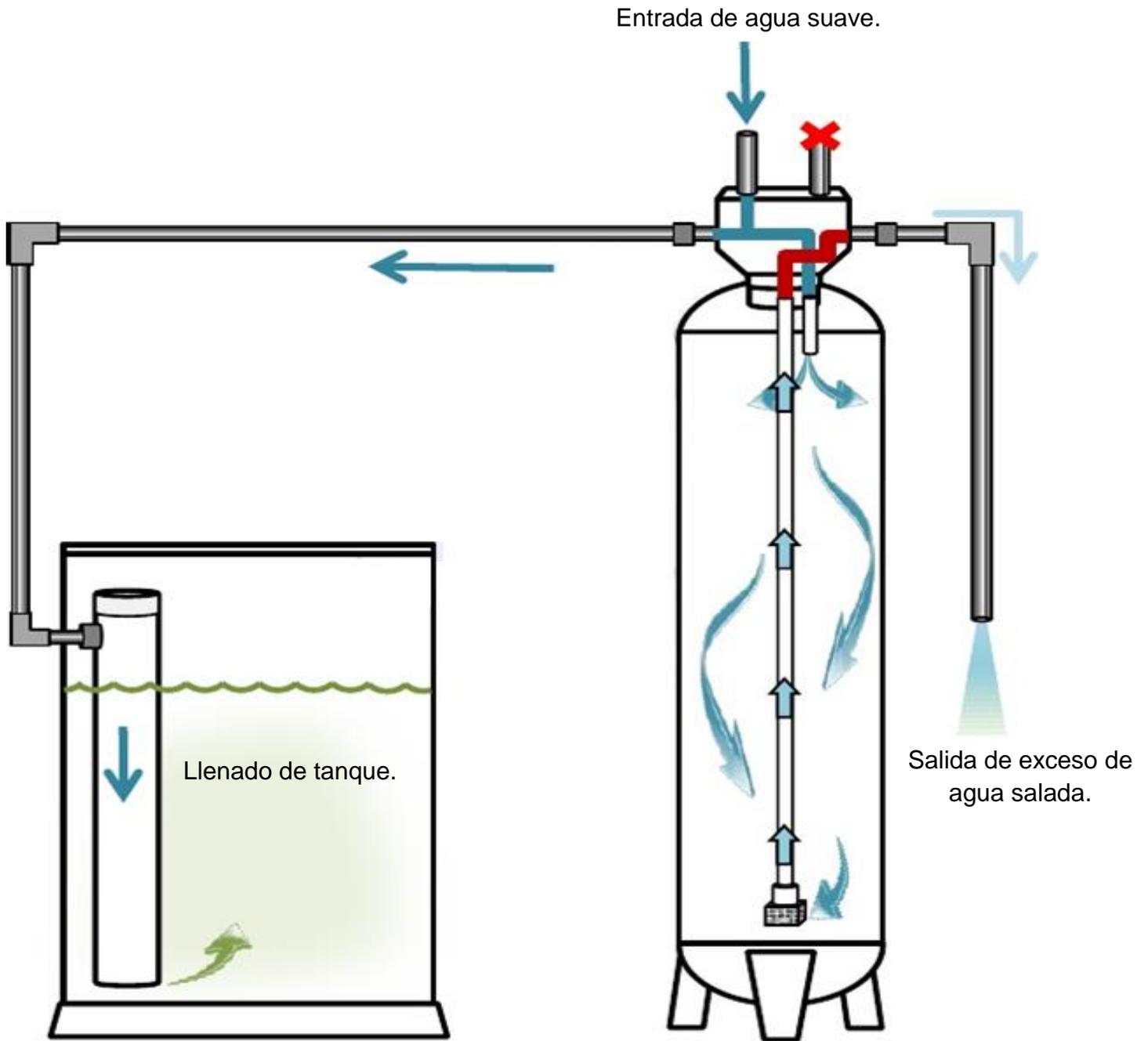


Fig. 3.4.7.1. Enjuague rápido.

La fase final enjuaga el depósito mineral con agua fresca, eliminando el exceso de sal.

❖ Rellenado.

Por último tenemos la etapa de llenado (fotografía 3.4.8.), que tarda aproximadamente 12 minutos, en donde se rellena el tanque de salmuera. Estando lleno el tanque se procede a agregar 100 kg de sal industrial (sal en grano), quedando listo para el próximo ciclo. Al terminar este ciclo, el suavizador comienza el ciclo de funcionamiento normal visto anteriormente.

El proceso de regeneración toma aproximadamente 90 minutos y es cortado el suministro de agua suavizada durante el proceso.



Fig. 3.4.8. Rellenado.

Paso 5. Muestreo del agua.

Una vez hecho el regenerado del agua, inmediatamente tomamos una muestra del agua regenerada, para saber si realmente se suavizó el agua.

Para sacar la muestra tomamos un frasco vacío y le agregamos 10 ml. De agua tomada directamente de la toma de agua (fig.3.4.9.).



Fig. 3.4.9. Suavizadores.

A esa muestra le vaciamos un sobrecito de un químico llamado permachen y 5 gotas de otro químico llamado buffer (fotografía 3.4.10.), el cual hace una reacción dependiendo de la cantidad de sulfatos presentes, arrojándonos un color de agua diferente a cada tipo de muestra tomada según la cantidad de sulfatos.

Si la muestra hecha nos arroja un color rojizo (fotografía 3.4.3.), se tendrá que repetir el procedimiento desde el paso 4 sin saltarse ningún paso.



Fotografía 3.4.10. Químicos.

Por lo general, cuando la muestra se torna roja es porque la caldera llevó trabajando 8 horas continuas o más sin ser regenerada.

Normalmente cuando esto sucede, se debe regenerar por segunda vez consecutiva y al sacar la muestra tendremos seguramente una muestra color violeta tornándose azul (fotografía 3.4.11.), por lo que tendremos que realizar una tercera regeneración del agua recordando que por cada regenerada se debe de agregar la sal correspondiente.



Fotografía 3.4.11. Muestra color violeta.

Cuando la muestra se torna en un color azul intenso (fig. 3.4.12.), es momento de poner el suavizador en servicio abriendo de nuevo la válvula (fig. 3.4.4.), para llenar de nuevo la cisterna con agua suave y evitar que la caldera se quede sin agua, al mismo tiempo que se regresa en estado automático para evitar que rebose la cisterna y derrame toda el agua ya tratada.



Fig. 3.4.12. Muestra color azul.

Nota:

Recordemos que al regenerar el agua de la cisterna se cierra la válvula de alimentación, mientras se regenera, la caldera sigue funcionando con el agua que todavía tiene la cisterna, por lo que va gastando el agua que queda en ella y esta tiene una capacidad para ser regenerada en tres ocasiones exactamente, si en la tercera muestra que se tome del agua sigue sin quedar azul no se podrá hacer una cuarta muestra ya que la cisterna no tendrá suficiente agua para solventar a la caldera una hora más.

Por lo que es recomendable esperar 1 hora más para recuperar el agua consumida en esas tres regeneradas, ya teniendo el nivel de agua deseado se procede a realizar los pasos antes descritos para tener una muestra de agua correcta.

CAPITULO 4.

QUEMADORES Y COMBUSTIÓN.

4.1. Combustión.

Es una reacción química de dos o más sustancias, este proceso es comúnmente llamado combustión.

El momento necesario para que la combustión empiece depende de ciertos factores, como la atomización del combustible, y la cantidad de oxígeno, el objetivo es realizar una completa combustión.

El objetivo de la combustión en lo que en hogares concierne es la de proporcionar una producción de calor uniforme y regulada para ser transmitida a un medio que la absorba.

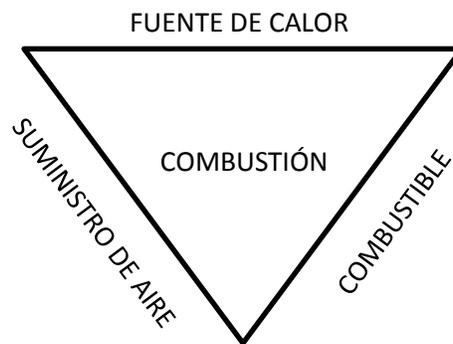
Uno de los puntos más importantes para la combustión, es la de suministrar la cantidad exacta de oxígeno por unidad de peso de combustible para lograr la combustión completa que tanto necesitamos para aprovechar al máximo el trabajo de la caldera.

La mejor manera de estudiar la combustión en un hogar consiste en relacionarla completamente con el análisis del combustible usado, para el cálculo de la cantidad necesaria de aire y de los productos gaseosos formados. Hay cuatro requerimientos para una completa combustión

1. Se requiere de una apropiada **mezcla** de aire y combustible que sea controlada para todas las boquillas de quemado. Una boquilla de atomización de alta presión requiere más aire y combustible, proporcionalmente que una boquilla de atomización baja.
2. **Atomización** adecuada del combustible líquido. La atomización es el proceso de rompimiento del combustible líquido en pequeñas gotas para permitir una rápida vaporización del líquido.

3. **Temperatura** apropiada del aire del combustible, y de la zona de temperatura de llama; debe ser mantenida para llevar a cabo la combustión completa.
4. **Tiempo** apropiado para completar el proceso de la combustión antes que sus gases hagan contacto con las superficies de transferencia.

Para que todo esto se cumpla existe un diagrama que facilita el modo de entendimiento de lo que se necesita para producir la combustión, de acuerdo al diagrama del triángulo de la combustión.



Las funciones del equipo de combustión son:

1. Controlar el suministro de combustible para el quemador.
2. Preparar el combustible para la combustión.
3. Medir la cantidad de combustible requerida.
4. Controlar el aire para la combustión.
5. Facilitar la mezcla para el combustible con el aire.
6. Crear el tiro necesario para causar que el aire ingrese a la cámara de combustión y causar que los productos de combustión logren pasar a través del hogar y llegar hasta la chimenea.
7. Proporcionar un adecuado control y seguridad sobre el proceso de combustión incluyendo la secuencia de encendido e ignición, supervisión de llama durante la operación, modulación, y apagado del quemador.

Lo importante del funcionamiento de una caldera es la de absorber el calor desde la llama y desde los productos de la combustión. La eficiencia en una caldera generalmente se define como la relación del calor útil entre la energía liberada por el combustible.

4.1.1. Tipos de combustión.

Existen tres tipos de combustión:

- Combustión perfecta: se lleva a cabo cuando todo el combustible es quemado, utilizando solamente la cantidad de aire exacto para ser mezclado con el combustible atomizado.
- Completa: se realiza cuando todo el combustible es quemado utilizando una cantidad mínima de aire, por encima de la cantidad de aire teórica para quemar el combustible.
- Incompleta: ocurre cuando no todo el combustible se quema dando como resultado humo y hollín

4.2. El quemador.

El quemador para el tipo de combustible diésel es del tipo de atomización de aire de baja presión (boquilla). El quemador de gas es de tipo orificio sin pre-mezcla los quemadores son encendidos por una chispa encendida gas piloto. El piloto es del tipo interrumpido y se extingue después de que se establece la llama principal.

Los quemadores equipados para quemar diésel y gas (quemadores combinados) incluyen equipos para cada combustible distinto. Ya que el quemador utiliza un único tipo de combustible a la vez, se incorpora un selector de gas/diésel.

La protección contra la llama y el relé del programa incluyen un detector de llama para supervisar las llamas de gas y diésel y para cerrar el quemador en caso de pérdida de llama. La parte de programación del control proporciona un periodo de purga previo, comprobando el piloto y la llama principal, y un periodo de funcionamiento continuo para purgar la caldera de todo vapor de combustible no quemado.

Otros controles de seguridad apagan el quemador bajo condiciones de agua baja, presión de vapor excesiva, entre otras.

La secuencia de funcionamiento del quemador desde el inicio hasta el apagado se rige por el relé del programa junto con los dispositivos de funcionamiento, límite y bloqueo.

Los dispositivos se conectan a los circuitos para proporcionar un funcionamiento seguro y proteger contra las técnicas de operación incorrectas.

Todas las calderas CB tienen el ensamblaje del quemador unido a la cabeza delantera. La cabeza entera se puede abrir para inspección y mantenimiento.

El aire de combustión es suministrado por un soplador centrífugo situado en la cabeza delantera. El suministro de aire de combustión al quemador está bajo el control del motor amortiguador. El motor también regula el flujo de combustible a través de una válvula de dosificado accionada por una leva. De este modo, la entrada de combustible y el aire están adecuadamente proporcionados para una combustión más eficiente.

El aire primario filtrado para atomizar el combustible se suministra independientemente del aire de combustión mediante un compresor de aire.

El motor del VTF se opera generalmente en servicio trifásico a la tensión de alimentación principal disponible. Las luces indicadoras que muestran la demanda de carga, la válvula de combustible, el bajo nivel de agua y las condiciones de fallo de llama son equipos estándar. Además de los controles básicos estándar suministrados, otros dispositivos pueden ser requeridos para cumplir con requisitos específicos de una compañía de seguros.

4.3. Control y función del componente.

El término “control” cubre las válvulas y componentes más importantes, incluyendo, pero no limitando a los controles eléctricos o los supervisados por el relé de programa. El operador debe familiarizarse con el funcionamiento individual

de todos los controles antes de entender el funcionamiento de la caldera y los procedimientos descritos en este manual.

Los controles reales provistos con una caldera dada dependerán del tipo de combustible para el cual esté equipado.

4.4. Controles solo para quemadores combinados.

Los quemadores equipados para quemar gas o diésel incluyen equipo para cada combustible. El selector de gas-diésel se acopla a los enclavamientos y los controles apropiados para la operación de ambos combustibles.

El aire para la combustión (denominado aire secundario) es proporcionado por el VTF, se forma presión de aire en toda la cabeza y se fuerza a través de una placa difusora (fig. 4.4.), para una mezcla completa con el combustible para la combustión adecuada.

En la figura 4.4.1., se ilustra a detalle el recorrido que hace el aire a través del circuito interior del VTF cuando lo ingresa a la cámara, haciéndolo pasar por las compuertas (difusores) que se abren según la demanda de aire hasta ingresar a la cámara de combustión.

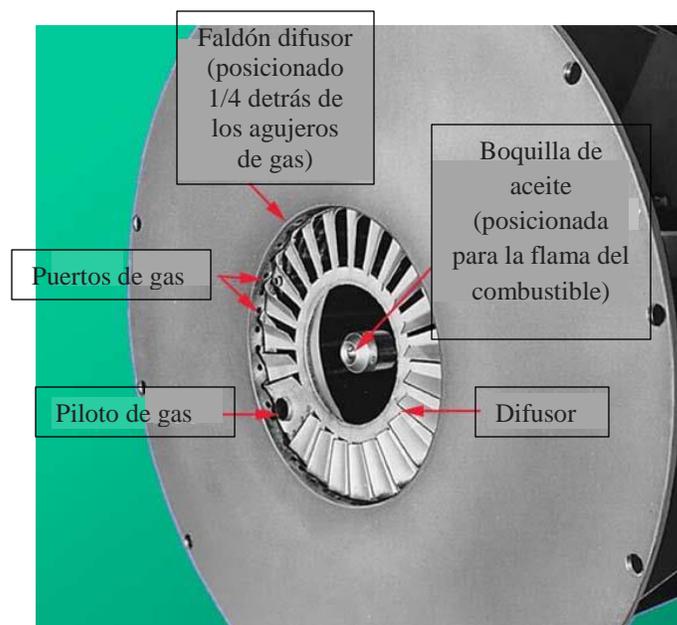


Fig. 4.4. Placa difusora de aire.

El suministro de aire secundario al quemador se rige por el estrangulamiento automático de la salida del ventilador mediante la regulación del modulador de aire giratorio. El modulador proporciona la cantidad adecuada de aire para la inyección correcta de aire-combustible para una combustión eficiente a todas las velocidades de disparo.

Aviso: rotación del ventilador en sentido contrario a las agujas del reloj cuando se ve desde el frente de la caldera

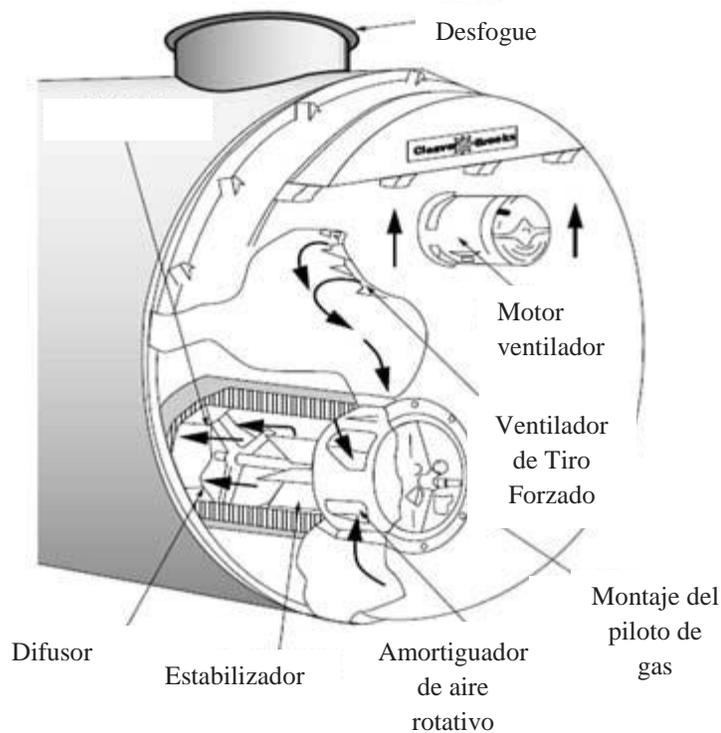


Fig. 4.4.1. Circulación interior del aire.

4.5. Encendido automático.

Los quemadores de diésel o gas son encendidos por un piloto del tipo interrumpido. El piloto se enciende automáticamente por una chispa eléctrica.

Todos los demás quemadores están equipados con un piloto de gas. En el caso de un quemador combinado, el piloto de gas se utiliza para encender la llama principal del gas o diésel. Cualquiera de los dos pilotos cumple la misma función.

Al principio del ciclo de encendido, y gobernado por el relé de programa, la electroválvula del piloto y el transformador de encendido suministran corriente de alta tensión para la chispa de encendido. Un piloto de gas tiene un solo electrodo y un arco de chispa se activa entre la punta del electrodo y la pared del tubo que lo rodea.

El combustible para el piloto de gas se suministra desde la tubería subterránea de abasto público. El aire secundario fluye y se mezcla con la corriente de gas piloto para proporcionar una llama adecuada. Las regulaciones de seguros pueden requerir dos válvulas de solenoide piloto de gas con una válvula de ventilación normalmente abierta entre ellas. La válvula de ventilación se cierra cuando las válvulas piloto de gas se abren y se abre cuando las válvulas se cierran para ventilar (capítulo de tren de gas).

La válvula se energiza simultáneamente con el transformador de encendido al comienzo del ciclo de encendido y se desactiva después de que la llama principal se encienda y se establezca.

4.6. Aire de atomización.

El aire para atomizar el diésel (denominado “aire primario”) es bombeado por el compresor de aire al tanque receptor.

El aire de atomización se mezcla con el combustible justo antes del aceite saliendo de la boquilla.

La presión de aire de atomización se indica mediante el manómetro de presión en la pistola del quemador.

La presión de aire de la bomba también fuerza suficiente aceite del tanque a los cojinetes y de la bomba para lubricarlos y también para proporcionar un sellado y lubricación para las paletas de la bomba. Como resultado, el aire entregado al tanque contiene algo de aceite lubricante, sin embargo la mayor parte se recupera a través de deflectores Y filtros en el tanque antes de que el aire pase al quemador. Una parte del aire primario también se utiliza para ayudar a los reguladores de presión de aceite del controlador de combustible.

4.7. Flujo de combustible: Diésel.

El diésel es suministrado al sistema por una bomba de alimentación que suministra parte de su descarga al quemador de diésel. El diésel en exceso es devuelto al tanque de almacenamiento a través de la válvula de alivio y la línea de retorno.

El diésel fluye a través de un filtro de aceite para evitar que fluya material extraño a través de las válvulas de control y de la boquilla. El regulador de diésel contiene una sola unidad, una válvula de medición, un regulador y un manómetro necesario para regular la presión y el flujo de diésel al quemador.

El relé de programación activa o desactiva las válvulas de diésel solenoide para permitir o cortar el flujo al quemador. Se utilizan dos válvulas que funcionan simultáneamente. Las válvulas se cierran cuando están activadas. No se pueden abrir (energizados) a menos que el interruptor de combustión de aire y el interruptor de prueba de aire de atomización estén cerrados. Los dos interruptores están satisfechos, respectivamente, por una presión de aire de combustión suficiente del VTF y aire presurizado desde el aire.

El flujo de combustible al quemador es controlado por el movimiento del vástago de medición en la válvula dosificadora de diésel, que varía el flujo para satisfacer las demandas de carga. La válvula dosificadora y el modulador de aire son controlados simultáneamente en todo momento por el motor de modulación para proporcionar aire de combustión y combustible para cambios en la demanda de carga.

El diésel es purgado de la boquilla del quemador. La válvula solenoide de purga de aire se abre cuando la válvula de combustible cierra el aire de atomización desviador a través de la línea de combustible. El aire asegura una boquilla y una línea limpia para el reinicio posterior.

4.8. Flujo de gas combustible.

El gas medido de la utilidad fluye a través del regulador de presión a una presión reducida a los requerimientos del quemador, a través del grifo de cierre de gas

principal, válvulas de gas principales y válvula mariposa de gas de modulación al quemador de tipo de orificio sin pre-mezcla.

La válvula principal de gas es del tipo normalmente cerrado y es abierta (energizada) en secuencia apropiada por el relé de programación.

La válvula mariposa de gas modula el flujo de gas desde los ajustes de fuego de baja a alta.

La posición del disco de la válvula de mariposa se rige por la leva de modulación de gas.

El modulador de la válvula mariposa de gas y el modulador de control de aire son controlados simultáneamente por el motor de modulación para proporcionar de aire de combustión y combustible para cambios en la demanda de carga.

El regulador de presión de gas ajusta la presión del gas (caudal) a la entrada del tren de gas. El regulador no siempre se suministra con el quemador, pero puede ser proporcionado por otros.

Las válvulas de gas principales no pueden ser energizadas (abiertas) a menos de que el interruptor de prueba de aire de combustión este cerrado para indicar un suministro suficiente de aire de combustión. Los interruptores de baja presión de gas y presión alta de gas deben cerrarse para demostrar suficiente, pero no excesiva la presión del gas combustible.

4.9. Modulante.

El motor de modulación, a través de una disposición de articulaciones, controla el modulador de aire y la válvula mariposa de gas, o la válvula dosificadora de diésel, para mantener una proporción constante de combustible en todo el campo de cocción.

Durante el funcionamiento del quemador, el motor es controlado por un control de presión modulante en la cámara de vapor, y por un control de temperatura de

modulación en la cámara de agua caliente. Se proporciona un potenciómetro accionado manualmente para permitir la colocación del motor a la velocidad deseada de disparo del quemador. El potenciómetro se utiliza principalmente para la comprobación inicial o posterior y el ajuste de la entrada de combustible.

El funcionamiento normal debe ser con el interruptor manual-automático en la posición automática y bajo el control del controlador de modulación.

El potenciómetro del motor está conectado eléctricamente a un potenciómetro de coincidencia en el control de modulación. El cambio de la presión del vapor o de la temperatura del agua altera la resistencia eléctrica del potenciómetro del controlador de modulación. El cambio de resistencia obliga a un relé de equilibrado integral a arrancar, detener o invertir la rotación del motor. La rotación en cualquier dirección continúa hasta que la relación de resistencia de los dos potenciómetros es igual.

Cuando la relación de resistencia es igual, el motor se detiene en una posición que permite que el flujo de combustible y de aire de combustión adecuado satisfaga las demandas de funcionamiento.

Una característica diseñada en el circuito mantiene el motor de modulación en la posición de bajo fuego durante el encendido y lo mantiene ahí hasta que se establezca la llama principal. Un interruptor de bajo fuego, integrado al motor, es accionado por la rotación del motor. Se debe cerrar para establecer que el modulador y las válvulas dosificadoras de combustible están en la posición de bajo fuego antes de que el programador comience en el período de encendido durante este tiempo, ni el control de llama manual ni el de modulación tienen control sobre el motor modulador independiente de su ajuste.

La caldera utiliza un conmutador integral para establecer que el motor ha accionado al modulador en una posición abierta durante el periodo de pre-purga. El segundo interruptor integral se cierra, cuando se aproxima una posición de alto fuego, para completar un circuito interno en el programador para permitir la continuación del ciclo de programación.

CAPITULO 5.

OPERACIÓN DE LA CALDERA.

5.1. Procedimientos para poner a funcionar la caldera paso a paso.

Los procedimientos que a continuación se presentan parecen ser muy simples y fáciles de manipular, pero debido al riesgo del trabajo debe hacerse una correcta manipulación de cada uno de los accesorios para un buen desempeño y funcionamiento para la operación de la caldera.

A manera de diagrama de flujo (fig. 5.1.) se describen a continuación los pasos que se deben emplear para un correcto arranque de caldera, seguidamente se explicará cada paso que se haya llevado a cabo para reforzar el entendimiento del operador, y de esta manera no caer en errores a la hora de un arranque.

Cabe mencionar que para un arranque en frío se siguen los mismo pasos solo que con la condición de arrancar y parar la caldera como lo menciona el apartado 5.1.6.

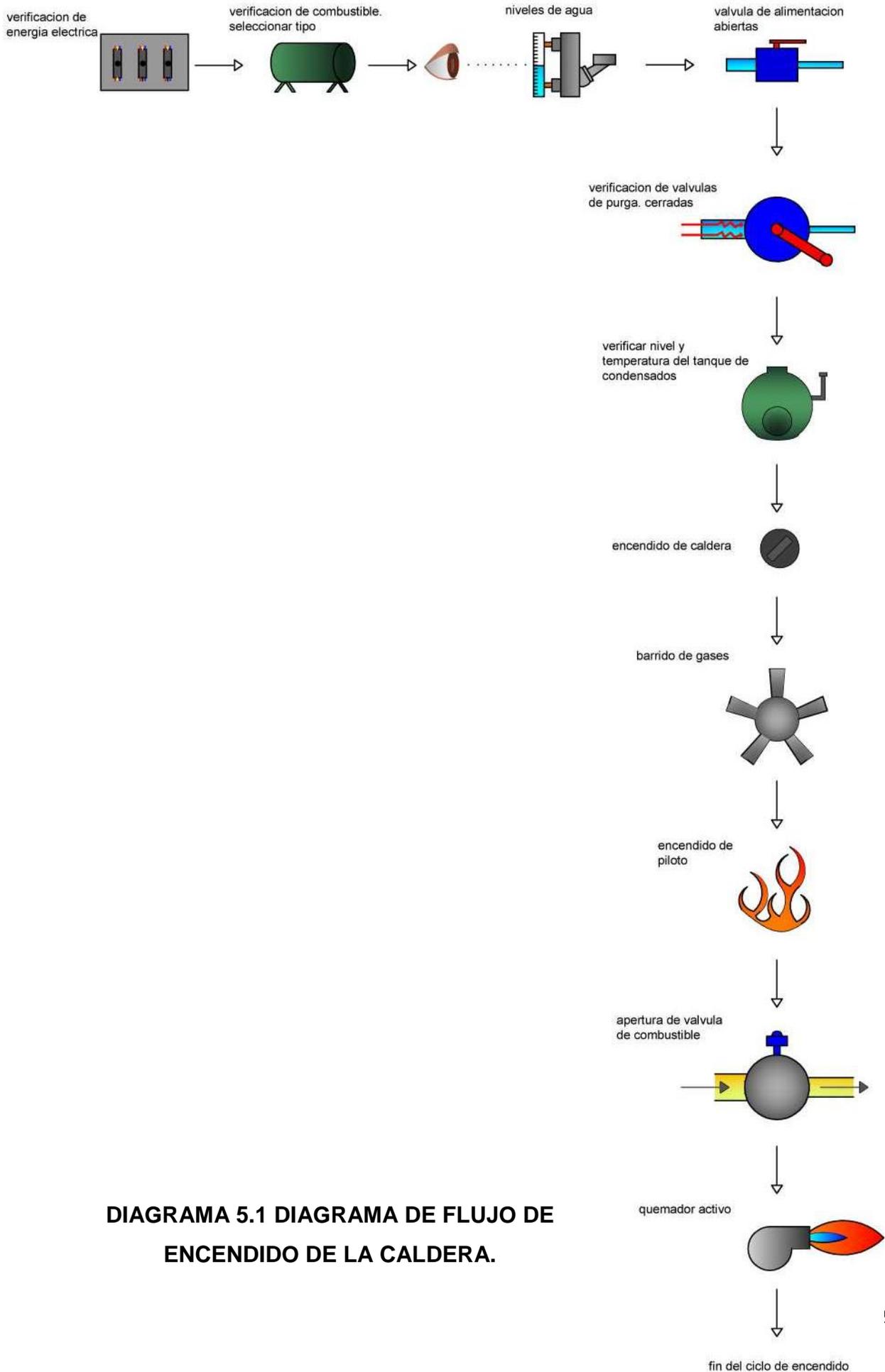
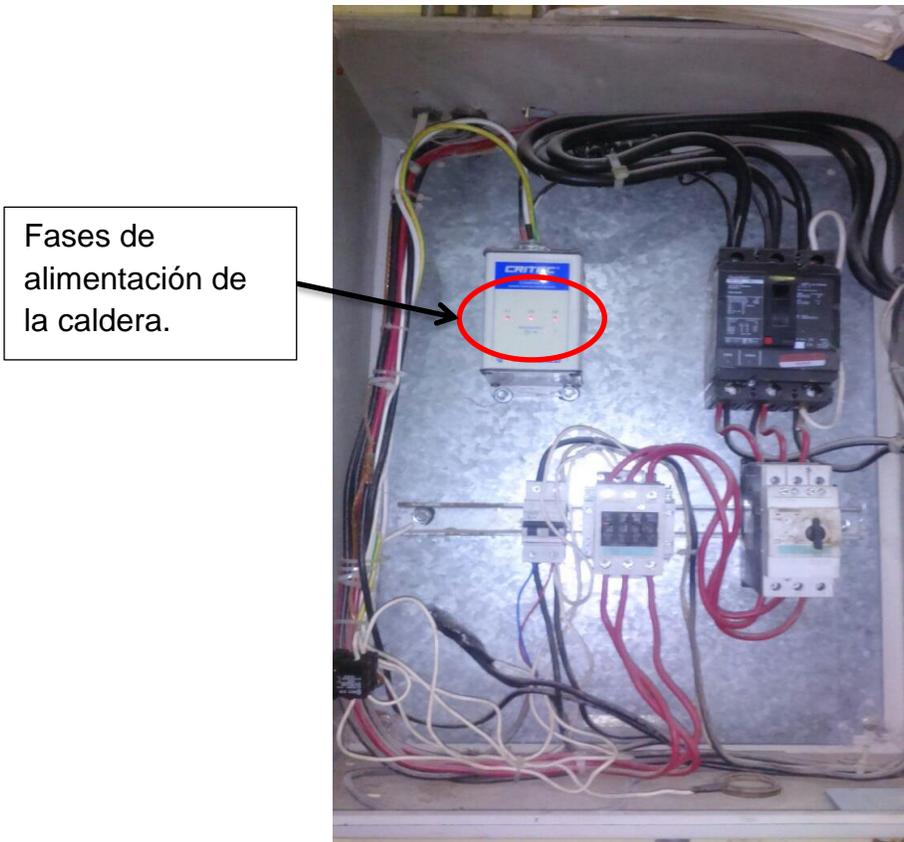


DIAGRAMA 5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE ENCENDIDO DE LA CALDERA.

5.1.1. Verificación de energía eléctrica y combustible.

En primera instancia se deberá verificar que el regulador de alimentación de energía (fotografía. 5.1.1.) de la caldera esté indicando que hay suministro de voltaje hacia el tablero de control. Esta se realiza observando que están encendidos los tres leds que se aprecian, de esta forma podemos estar seguros que la alimentación de voltaje es efectivo para el arranque de la caldera.



Fotografía. 5.1.1. Alimentación principal de la caldera.

Una vez comprobada la alimentación debemos tomar en cuenta antes el tipo de combustible a utilizar, seleccionarlo en el tablero de control (fig. 2.10.3.1.) y verificar que estén abiertas las válvulas de alimentación, si se utiliza combustible gas natural se deberá verificar la presión de entrada, en caso de que sea combustible diésel ubicaremos el nivel de combustible en el tanque de almacenamiento.

En caso de que elijamos trabajar con combustible diésel, se deberá verificar que el compresor de aire este encendido ya que el aire comprimido ayuda a la boquilla a atomizar al combustible para una mejor mezcla en el encendido del combustible.

5.1.2. Nivel de agua.

Lo siguiente en verificar es el nivel de agua en la caldera.

Cuando hay un paro programado, ya sea por algún mantenimiento o por algún día de descanso, la caldera al momento de parar no se enfría por completo de un momento a otro ya que en el hogar de la caldera se mantiene por un lapso de tiempo una alta temperatura que hace que siga consumiéndose el agua en su interior, de esta forma la caldera perderá el nivel de agua requerido para su siguiente arranque. Aunque es muy improbable que esto llegase a suceder ya que la válvula Mc Donnell siempre estará enviando señal para evitar que quede vacía la caldera.

De igual manera se tendrá que ver el nivel de agua en el tanque de condensados, aunque es muy improbable ya que la caldera al estar apagada no genera mucha demanda de alimentación y no presenta mucho consumo al tanque, puede llegar a suceder que por algún descuido se dejan cerradas las válvulas de alimentación de la cisterna y puede llegar a quedarse vacío el tanque elevado por lo que no está de más tomarse el tiempo de revisar este punto importante.

Es recomendable verificar el nivel de agua antes de activar el interruptor y de ser necesario enviar agua de alimentación a la caldera para recuperar el nivel óptimo.

5.1.3. Válvulas de alimentación de agua.

Es muy raro que se cierren las válvulas de alimentación de agua, salvo cuando se hacen cambios de alimentación para otro tipo de caldera ya sea de la Lukaut o de la Cleaver por razones específicas, puede llegar a realizarse el cambio y cierre de válvulas y no regresarlas a la posición que debería llevar dando como resultado a una alimentación errónea hacia la caldera que queremos activar. Es muy raro que llegase a ocurrir este tipo de eventos por lo que es pertinente observar si las válvulas están abiertas hacia la alimentación correcta.

5.1.4. Dureza de agua de alimentación.

En el capítulo anterior se había hablado sobre los suavizadores de agua y la forma de hacer las pruebas para una buena alimentación.

Este paso es muy diferente puesto que ya se realizó un paro, por lo que hay que cerciorarse si el tanque de condensados aun cuenta con agua libre de impurezas.

De tal forma que se saca una muestra de agua directa del tanque de condensados para confirmar la suavidad del agua.

5.1.5. Válvulas de purga.

Podemos verificar de igual forma si las válvulas de purga tanto de fondo y de los accesorios en general se encuentran cerradas para evitar pérdidas de nivel de aguas pronunciadas.

5.1.6. Arranque de caldera.

Una vez completado los pasos anteriores estamos seguros de poder arrancar la caldera de manera segura.

Ubicando en el tablero de control los siguientes interruptores:

- Interruptor del quemador
- Interruptor manual-automático.
- Control manual de flama (potenciómetro)

Verificamos que la válvula globo principal de alimentación del cabezal de distribución se encuentre cerrado (ubicado en la parte superior de la caldera), esto es para que la caldera llegue más rápido a su presión.

Ahora, solo necesitamos activar el interruptor del quemador, colocar el interruptor en manual, y el control manual de flama ubicarla hasta la carga mínima, situados en el tablero de control (fotografía 2.10.) de esta manera procederá al barrido de gases no quemados que se hayan quedado atrapados en el hogar de la caldera,

una vez hecho esto nos daremos cuenta que el modulador se activara para dejar pasar el aire del VTF hacia la caldera para el barrido, segundos después escucharemos un tronido que nos indica que el piloto se ha activado para producir la flama, unos instantes después escucharemos otro tronido leve indicándonos que la llama se ha establecido.

Es muy importante que antes de encender la caldera el selector (fotografía 2.9.1.1.) se ponga en modo manual y el potenciómetro localizado a un lado del selector se posicione en mínimo. Para que la caldera tenga tiempo de adaptarse al cambio de temperatura para precalentarse. Esto se hace para que las piezas se templen gradualmente y no se vayan a deformar con el aumento brusco de temperatura.

Al arrancar, la caldera deberá mantenerse encendido durante 10 minutos a fuego bajo, después parar durante tres minutos.

Repetir esta operación hasta lograr que la caldera alcance 3 kg/cm^2 de presión.

Una vez llegada a la presión de 3 kg/cm^2 , se mantendrá encendida igual a fuego bajo, hasta que la caldera alcance los 5 kg/cm^2 , luego se dejará trabajando normalmente hasta que alcance su presión normal de trabajo.

Terminando el proceso y una vez llegando a los 7 kg/cm^2 que es la presión de trabajo, se pondrá de nueva cuenta el selector en posición automático para que de esta forma se respeten los cambios de temperatura en el interior de la caldera y el modulador pueda realizar sus ajustes necesarios. Y se abre la válvula globo principal muy lentamente de nueva cuenta para la alimentación de vapor al cabezal de distribución.

5.1.7. Puntos clave a verificar.

Recapitulando los procesos anteriores, se mencionan las válvulas que necesariamente tienen que estar abiertas y cerradas para el funcionamiento de la caldera.

- Verifique que las siguientes válvulas estén abiertas.
 1. Entrada de agua al tanque de alimentación de la caldera.
 2. Entrada de agua hacia la caldera a través de la bomba de alimentación.
 3. Entrada de combustible ya sea gaseoso o líquido.
 4. Servicio de agua tratada.
- Verifique que las siguientes válvulas estén cerradas.
 1. Purga de fondo de la caldera.
 2. Purga de columna de agua.

5.2. Secuencia de encendido de la operación de la caldera.

En lo que al tiempo respecta, se tienen los momentos en que los pasos se van dando en segundos para cada tipo de reacción en la caldera.

0 segundos, arranque de la caldera.

A los 70 segundos se da el barrido de gases que no llegan a quemarse en el hogar de la caldera.

2 segundos después se activa la señal para el encendido del piloto independientemente del tipo de combustible que se utilice.

A los 82 segundos se da apertura de la válvula principal de combustible.

A los 97 segundos se corta la conexión del piloto de gas y se mantiene trabajando de esta forma la flama del quemador.

104 segundos. Fin del ciclo de encendido.

5.3. Regla de los nunca y siempre.

A continuación se nos muestra una tabla en donde se mencionan las actividades que debemos estar pendientes de realizar, así como los errores que debemos de estar alertas en no cometer.

NUNCA	SIEMPRE
Nunca inicie su trabajo en un equipo que no conozca, sin antes haber determinado cada una de las tuberías y	Siempre proceda a manejar las válvulas o interruptores eléctricos, de una manera rápida, sin caer en confusiones

<p>sin antes haber estudiado la localización y uso de cada una de las válvulas.</p> <p>Conozca su trabajo a fondo.</p>	<p>en el caso de una emergencia.</p>
<p>Nunca deje abierta la válvula de purga sin estar al pendiente cuando la caldera está en presión o cuando el fuego este encendido.</p> <p>Trabaje con precaución; la memoria puede fallar.</p>	<p>Siempre compruebe el nivel del agua en el cristal por medio de los grifos de prueba, cuando menos una vez al día y en cualquier otro momento en que usted pueda dudar de la correcta indicación en el cristal de nivel.</p>
<p>Nunca permita que el sedimento se acumule en el cristal de nivel o en las conexiones de la columna de agua. Una indicación falsa del nivel del agua dentro de la caldera puede engañarlo y hará después que lo lamente.</p>	<p>Siempre purgue cada cristal de nivel y las conexiones de la columna de agua, por lo menos una vez al día. La formación de buenos hábitos y seguir siempre la rutina, puede ser motivo de la prolongación de su vida.</p>
<p>Nunca encienda el fuego en el hogar de una caldera sin haber comprobado por lo menos dos veces el nivel del agua.</p>	<p>Siempre asegúrese que hay agua en las válvulas de prueba, cuando menos antes de apagar el equipo. Este nivel debe comprobarse con las llaves o grifos de prueba.</p>
<p>Nunca se encienda el fuego en una caldera sin haber comprobado si las válvulas están en posición correcta.</p>	<p>Siempre asegúrese que las válvulas de purga se encuentren cerradas y que las ventilas, válvulas de las columnas o grifos de prueba, y la válvula del manómetro estén abiertas.</p>
<p>Nunca abra una válvula rápidamente cuando la caldera está bajo presión. El cambio brusco de la presión o el golpe de ariete resultante puede originar la rotura de las tuberías.</p>	<p>Siempre abra las válvulas de purga lentamente para evitar serios daños tanto al equipo como a su persona.</p>

<p>Nunca permita que una persona se introduzca al interior de una caldera sin haber colocado o asegurado que existen muy visibles los avisos de protección. Tampoco retire los referidos anuncios de protección hasta que Ud. mismo en persona compruebe que no hay personal dentro de la caldera.</p>	<p>Siempre colóquese, bien visible, el letrero “operador en el interior” en el lugar por donde se introduzca el trabajador. Cierre todas aquellas válvulas que lo puedan poner en peligro, con candado, por si se abrieran accidentalmente.</p>
<p>Nunca encienda un quemador sin tomar las debidas precauciones, usted puede evitar una explosión</p>	<p>Siempre tenga presente la posibilidad de un encendido retardado que pueda ocasionar una explosión en el fogón u hogar. Siga los métodos adecuados en el encendido.</p>

Es de vital importancia:

Nunca alimentar con agua fría a la caldera en operación.

Nunca dejar más de una semana sin disparar las válvulas de seguridad.

Nunca le abra las puertas a su caldera si esta se encuentra caliente.

Nunca dejar de efectuar las purgas diarias de fondo y de la columna de nivel.

Nunca activar la bomba para que alimente agua si el nivel en la caldera ha desaparecido y no tenemos idea hasta donde se encuentra.

Nunca dejar abiertas las válvulas de combustible después de parar la caldera.

Nunca intente encender la caldera si antes no ha observado el hogar y guardado su distancia.

Nunca bloquee los relevadores con calces de cartón o madera u otras cosas.

Nunca opere manualmente los programadores y relevadores.

Nunca reduzca el tiempo de barrido inicial del horno.

Nunca “instale” puentes en interruptores límite de los controles de seguridad.

Nunca intente encender su caldera si antes no ha observado el horno.

Nunca deje energizado el circuito automático al parar su caldera.

Nunca se pare frente al quemador al hacer el primer intento de encendido.

El fogonero siempre estará alerta de las variaciones de presión en la salida de vapor de alimentación, en la temperatura de los gases de la chimenea y del cabezal de distribución, en el nivel de la mirilla del nivel de agua, estos puntos vienen siendo los más importantes en estar tomándoles las lecturas constantes y no perderlas de vista.

CAPITULO 6.

PLAN DE MANTENIMIENTO.

6.1. Cuidados del lado del agua.

El descuido del mantenimiento por el lado de agua trae como consecuencia la formación de incrustaciones, picaduras, corrosión, arrastre de humedad. Es importante el tratamiento de agua con procedimiento adecuado de purgas para conservar las superficies de calefacción de la caldera libres de incrustaciones y prolongar la vida de la caldera. Deberá consultarse con expertos en tratamiento de agua.

Ellos analizarán el agua y le recomendarán un tratamiento adecuado basado en el análisis y cantidad de agua cruda que usarán.

1.- Picaduras y corrosión por oxígeno.

Para proteger su caldera contra este mal (fotografía. 6.1.1.), la única solución es el tratamiento de agua adecuado. Haga una inspección visual de los tubos, hogar, envolvente y espejos cuando al menos una vez al año (se recomienda 2 veces por año) vaciando la unidad y quitando todos los registros de mano y hombre previamente. Revise la superficie del lado del agua (especialmente las partes más calientes) con ayuda de lámparas y espejos buscando deformaciones o erosiones de la superficie metálica. Si nota cualquiera de estas condiciones mencionadas, su programa de tratamiento necesita una inmediata comprobación y revisión, y la caldera una buena reparación.



Fotografía 6.1.1. Ejemplo de fluxes oxidados.

2.- Formación de incrustaciones.

Esta información es muy importante. La incrustación (fotografía 6.2., 6.2.1.) actúa como un aislante térmico y puede resultar en un sobrecalentamiento del hogar, tubos y espejos. Esta situación puede causar fugas en los tubos, agrietamientos en el extremo de los mismos y otros problemas del recipiente a presión. Cuidadosamente verifique la porción trasera o la zona más caliente de la caldera ya que ésta es el área más susceptible de formación de incrustación. La formación de incrustación dentro de la caldera es motivo de preocupación y de solución inmediata. Nuevamente su programa de mantenimiento de agua requiere una comprobación. Lo primero que tiene que hacer es comenzar con un programa de purgas para poder reponer la mayor cantidad de agua fresca a la caldera, estas purgas se deben realizar mínimo en este caso dos veces por turno de 8 horas aproximadamente por 5-8 segundos cada una para evitar que se vaya a apagar la caldera, esto ayuda a bajar pH y nivelar sólidos disueltos.

Un ablandamiento del agua de aporte, con un descalcificador, por ejemplo. Aunque tiene agua blanda se deberá erradicar el Ca. y Mg.

Un tratamiento químico adecuado para el interior de la caldera como la mezcla de ablandadores Sulftch y Exaphos en el tanque de condensados es ideal para complementar el agua blanda que ingresa a la caldera.

Definido el plan de mantenimiento para solucionar el problema de la incrustación de los tubos flux, se recomienda un lavado químico, luego realizar un “pasivado” para comenzar el tratamiento químico preventivo en buenas condiciones, además se debe instalar un tratamiento químico preventivo anticorrosivo para las tuberías de vapor, ya que es muy probable que las líneas tengan corrosión, así se detendrá la corrosión y se evitará la presencia de hierro en la caldera.



Ejemplo de incrustación.

Fotografía 6.2. Incrustación, producto de mal tratamiento de agua.



Incrustación en los fluxes.

Fotografía 6.2.1. Incrustación en los tubos flux.

3.- Acumulación de lodos.

Algunas veces las condiciones del agua o del tratamiento químico dan por resultado una acumulación de “lodos” (fotografía. 6.3.) y sedimentos en el fondo de la caldera, su revisión visual le revelará la presencia de estos “lodos”. Use una manguera con agua a presión para lavar estas acumulaciones y revise nuevamente la superficie metálica frotando con sus manos y viendo que se ha hecho un trabajo efectivo.



Fotografía 6.3. Incrustación en los tubos flux.

4.- Empaques.

Tenga en su almacén un juego de empaques para los registros (tortugas) (fotografía. 6.4.). Los empaques metálicos de espiral, si están en buenas condiciones pueden volverse a usar pero es conveniente voltearlos. Aunque la recomendación es la de utilizar siempre empaques nuevos. Los empaques no metálicos deben ser descartados y no deberán volverse a emplear.



Fotografía 6.4. Empaque (tortuga) en mal estado.

5.- Almacenamiento de calderas fuera de uso.

Información importante

a) Para un período corto sin operación (menos de tres meses): Es una buena práctica llenar totalmente la caldera de agua. Esto reduce la posibilidad de corrosión por oxidación y picaduras.

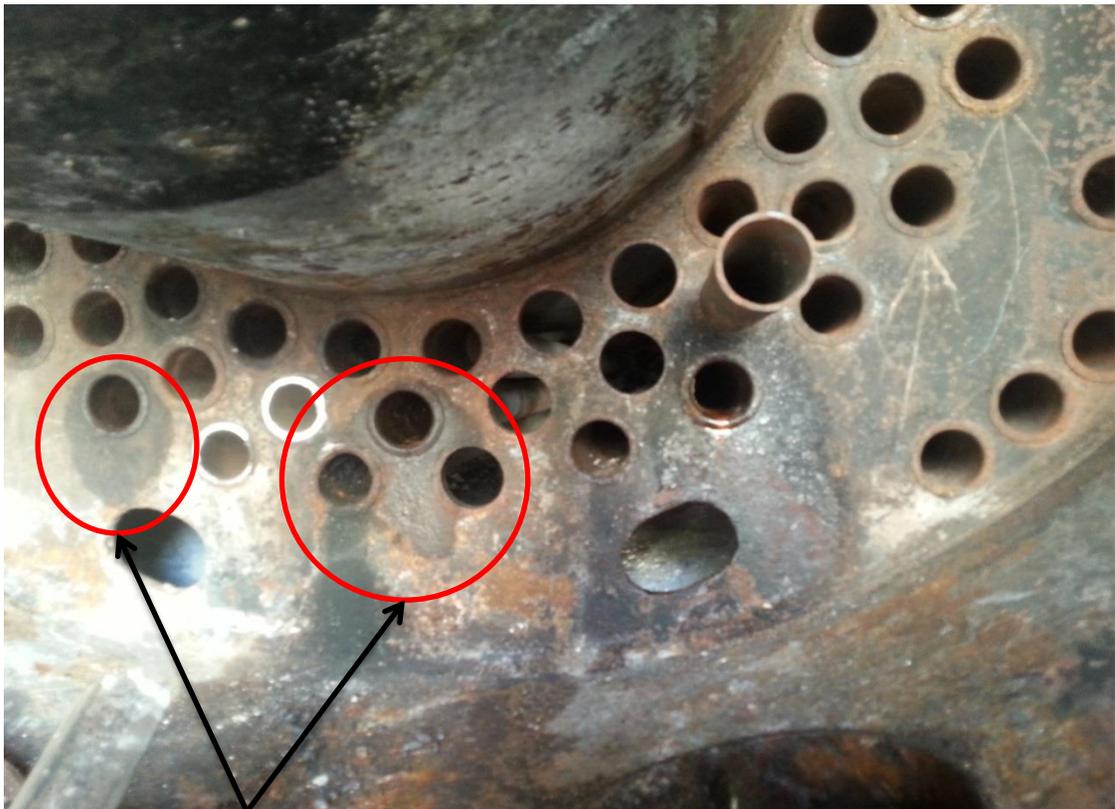
Cierre todas las válvulas y abra los interruptores eléctricos. Abra las puertas de los hogares y evite la corriente del aire por convección natural, a través de la caldera hasta donde sea posible, con el fin de evitar el incremento de humedad por el medio ambiente.

b) Para periodos largos sin operación, revise su manual de operación y consulte con su técnico en calderas para un procedimiento adecuado. Si existe la posibilidad de que su caldera está localizada en un clima seco, es preferible el método de almacenamiento “en seco”. Drene la caldera y abra todos los registros hombre y de mano. Abra la tapa frontal de la caldera para evitar el tiro natural con aire húmedo a través de la caldera.

6.2. Cuidados lado fuego.

1.- Hogar, tubos y espejos.

En el hogar con ayuda de lámparas revise cuidadosamente las superficies expuestas al fuego tratando de encontrar alguna anomalía o desperfecto como evidencia de marcas de cavidades, oxidación, protuberancias, agrietamientos. Revisar de igual forma las bisagras de los espejos, que los espejos no se encuentren retorcidos, que asienten bien los espejos y que los tubos no presenten lagrimeo por fugas (fotografía. 6.1.4.), si se encontrara lagrimeo en los fluxes como en la fotografía. 6.1.4., utilizaremos un taponeador (fotografía. 6.1.4.1.), su función de esta herramienta es la de expandir y sellar herméticamente el tubo flux contra la cara del espejo de la caldera. Como se muestra en la fotografía 6.1.4.2.



Tubos flux con
lagrimeo

Fotografía 6.1.4. Tubos flux con lagrimeo.



Fotografía 6.1.4.1. Taponeador de fluxes.

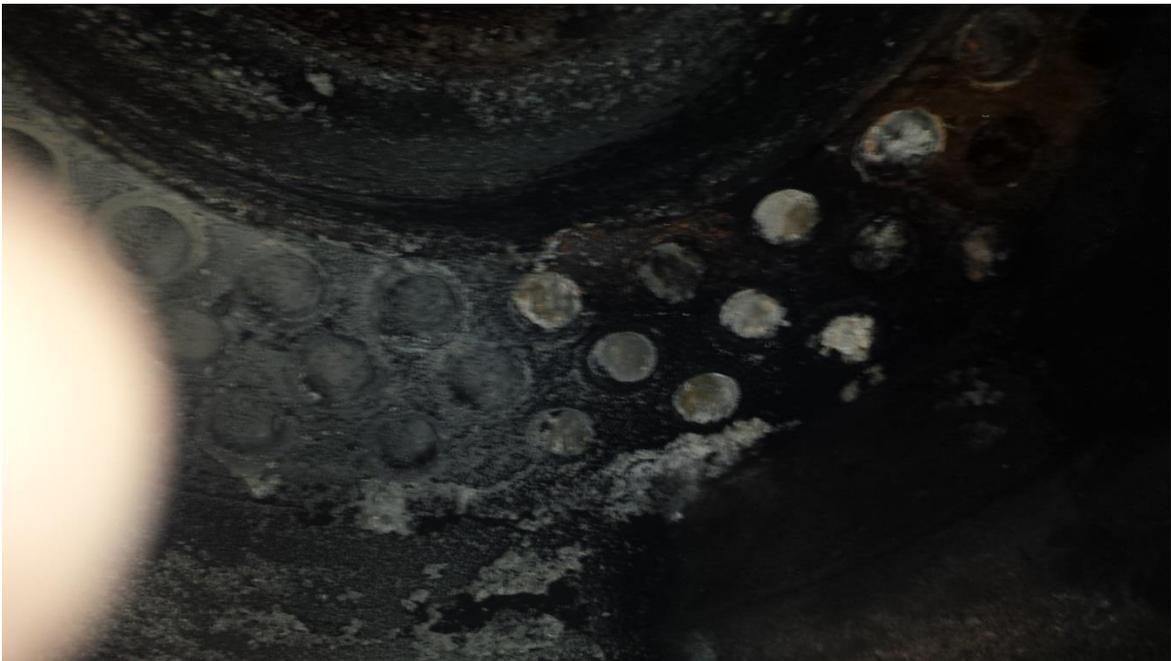


Fotografía 6.1.4.2. Expansión de tubos flux.

2.- Limpieza de tubos.

El hollín (fotografía. 6.2.), al igual que las incrustaciones, disminuye la transferencia de calor y baja la eficiencia de la caldera. Los períodos de limpieza de los tubos varían de acuerdo con el combustible y el tipo de quemador.

Algunas instrucciones de operación recomiendan limpiarlos dos veces por año, actualmente, una unidad con un buen diseño de quemador bien ajustado, podrá necesitar solamente una limpieza de tubos por año. Para su limpieza es necesario utilizar escobillones de acero (fig. 6.2.1.) y deshollinadores (fotografía. 6.2.2.)



Fotografía 6.2. Hollín en los tubos flux.



Fig. 6.2.1. Escobillones para limpieza de fluxes.



Fotografía 6.2.2. Deshollinador neumático.

3.- Empaques.

Visualmente revise los empaques (fotografía. 6.3.) de las puertas y esté seguro que están en buenas condiciones y que están correctamente afianzados. Para prevenir pérdidas de calor, quemaduras de empaques y deformaciones de las puertas de acero, deberán ser efectivos los sellos del lado de los gases de combustión. Si sus empaques no le dan un sello hermético, reemplácelos y colóquelos de forma uniforme para evitar cualquier fuga de gases y se realice de forma correcta su trabajo (fotografía 6.3.1., 6.3.2, 6.3.3.).



Fotografía 6.3. Empaques y refractario gastados.

4.- Refractario.

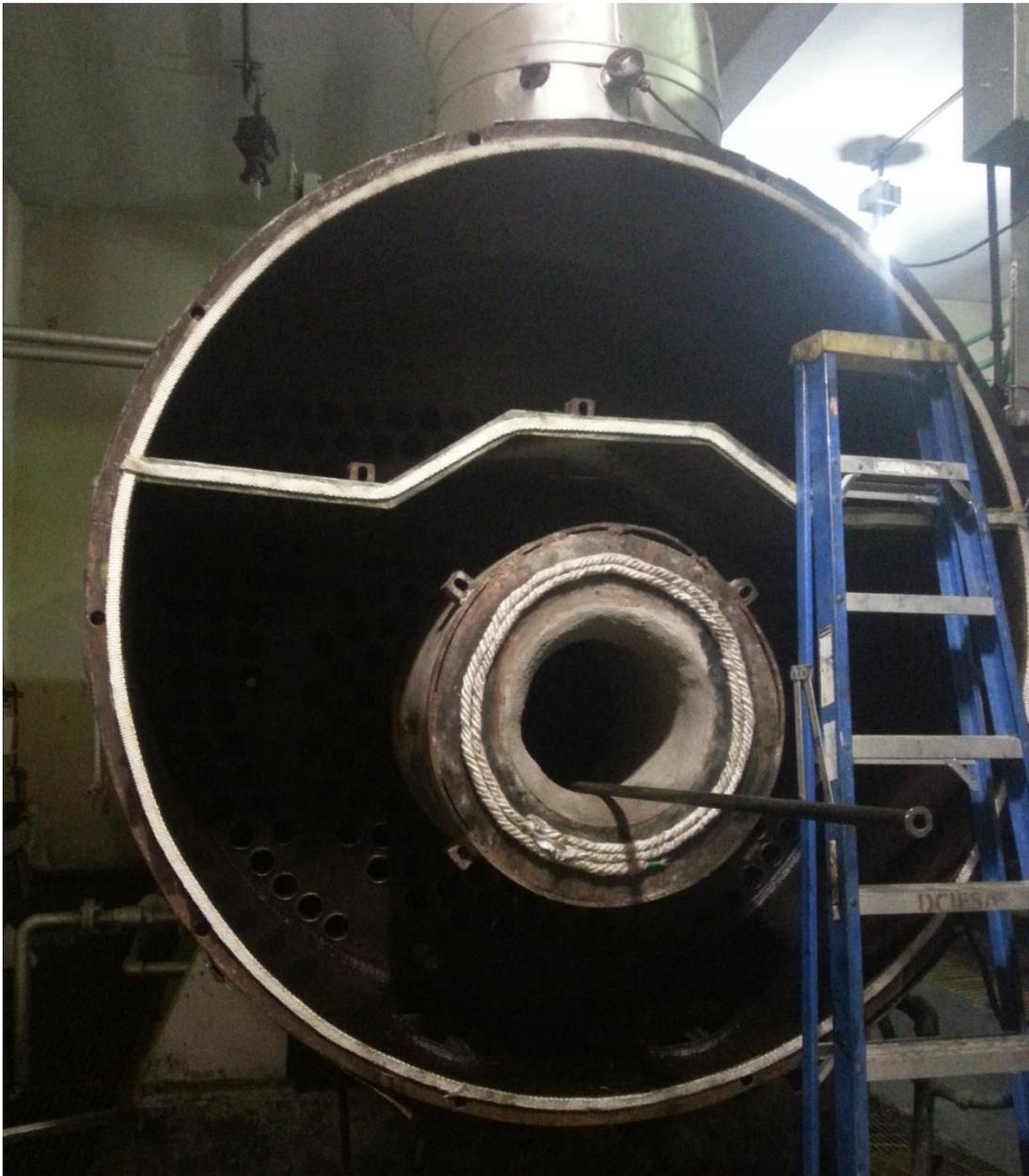
Al mismo tiempo que revisa el lado del agua, revise el lado del fuego (mínimo una vez por año. Se recomienda dos veces por año) Abra las tapas de la caldera para que todo el refractario esté a la vista (fotografía. 6.3.). Resane todas las superficies del refractario y rellene cualquier área que muestre destrucción o erosión.



Fotografía 6.3.1. Resanado de refractario.



Fotografía 6.3.2. Colocación de empaques nuevos.



Fotografía 6.3.3. Colocación de empaques nuevos.

6.3. Cuidado de los controles.

No haga suposiciones acerca de la operación de cualquier interruptor o control. Su manual de operación de la caldera es una excelente guía de las funciones, cuidado y ajuste de controles. Una inspección visual de las condiciones de todos los interruptores puede librarlo de serios problemas.

6.4. Control de nivel de agua.

En calderas de vapor de alta y baja presión, la columna de agua y control de corte por bajo nivel de agua debe ser purgado diariamente. El control de corte por bajo nivel en calderas de vapor, deberá ser revisado una vez por semana en condiciones reales de operación. Una forma práctica de revisar su control es desconectando eléctricamente el interruptor de la bomba de agua y permitir la evaporación del agua bajo condiciones normales de vaporización.

Vea cuidadosamente el cristal de nivel y marque el punto exacto en el cual la caldera corta por bajo nivel. Esto le dará un punto de referencia para otras comprobaciones y ver si el control de operación está igual o existe alguna diferencia. Si está incorrecto, un control de repuesto puede ser lo indicado. En calderas de agua caliente, periódicamente compruebe el corte por bajo nivel, evitando intencionalmente la alimentación de agua. Cuando inspeccione el lado del agua por incrustaciones, lodos, etc., quite todos los tapones en los cruces de tuberías, antes de la columna de agua y corte por bajo nivel. Limpie y cepille con un escobillón todas las materias extrañas. Presencia de grandes cantidades de lodos o suciedad le indican la necesidad de revisar su programa de tratamiento de agua o guía de purgas. Un programa planeado de mantenimiento preventivo es un camino recto a la seguridad y operación confiable.

6.5. Mantenimiento diario y semanal.

1. Observar el funcionamiento del quemador por medio de la mirilla de inspección (para ver el color de la flama).
2. Verificar la presión del combustible.
3. Limpiar filtros y las boquillas.
4. Inspeccionar las uniones flexibles.

5. Inspeccionar visualmente el funcionamiento del ventilador. Mantenerlo limpio y notificar cualquier anomalía.
6. Revisar a diario los controles de nivel de agua. Si no funciona correctamente apagar la caldera y avisar al supervisor.
7. Probar el sistema de alarma por bajo nivel de agua al menos una vez a la semana aplicando el siguiente procedimiento:
 - ✓ Suspender la alimentación de agua a la caldera y dejar que continúe la evaporación, o también puede purgar para bajar el nivel rápidamente.
 - ✓ Observar el cristal nivel y marcar el punto exacto de cuando la alarma comenzó a sonar y cuando paró la caldera. Se tomará como punto de referencia para futuras pruebas. En caso de que varíe mucho hay que avisar al supervisor.
 - ✓ Si al comprobar el bajo nivel, y sobrepasa el punto mínimo de la mirilla, hay que parar inmediatamente la caldera e inspeccionar el bulbo de mercurio de la Mc Donnell, así como también asegurarse de un correcto funcionamiento del flotador, que se encuentre libre de lodos que podrían estar calzando al flotador, o verificar si las líneas de alimentación están energizadas.
- 8 Revisar que los accesorios estén bien lubricados (articulaciones mecánicas del modulador de aire-combustible, nivel correcto del aceite del compresor rellenar de ser necesario).
- 9 Llenar la hoja de control de encendido y purga diaria. En general, la caldera debe funcionar correctamente. En caso contrario, deberá avisar al supervisor.
- 10 Comprobar que la presión de atomización de aire y combustible sea correcta.
- 11 De igual forma comprobar que los manómetros tanto de entrada de gas principal, del piloto de gas, manómetro de entrada de gas principal después del regulador, entrada de diésel después del regulador, descarga de diésel.
- 12 Limpieza de terminales eléctricas con dieléctrico y reapriete de terminales.

6.6. Cada tercer día.

1. Revisar las válvulas de seguridad.
2. Limpiar los filtros de combustible que están en la succión de la bomba.

6.7. Cada ocho días.

1. Comprobar que no hay fuga de gases ni de aire en las juntas de las tapas (frontal y trasera), así como de igual forma en las mirillas respectivas.
2. Limpiar los filtros, tanto a la entrada a la bomba como el de entrada de agua al tanque de condensados.
3. Limpieza de las válvulas trampa de la línea de condensados.
4. comprobar el buen funcionamiento de las válvulas de seguridad activándolas.

6.8. Cada quince días.

1. Hacer limpieza de todos los filtros de agua, aceite combustible y aceite lubricante.
2. Probar la operación por falla de flama.
3. Revisión a las condiciones del quemador, presión, temperatura, etc.
4. Verificar el funcionamiento de la bomba de alimentación de agua, bajando el nivel de agua de la caldera para verificar que esta se active.

6.9. Cada mes.

1. Comprobar que los niveles de agua son los adecuados (mm. de nivel máximo, mm. de arranque de la bomba, mm. de corte por bajo nivel).
2. Comprobar voltaje, amperaje en las líneas de cada motor.

6.10. Mantenimiento trimestral.

1. Limpiar los fluxes de la caldera y placas con cepillo de alambre. Debe realizarse en seco. Usar Equipo de Protección Personal (mascarillas, lentes, guantes).
2. Sacar las tapas de los registros y reemplazar empaques, limpiar residuos de las orillas. Lubricar los empaques con grafito.
3. Lavar a presión el interior de la caldera para eliminar depósitos, lodos e incrustaciones.
4. Si las incrustaciones son muy difíciles de remover entonces utilizar químicos o medios mecánicos.
5. Revisar refractarios y tapa trasera.
6. Si hay grietas usar cemento refractario. Limpiar bien el hollín.
7. Revisar el aislante de la caldera.
8. Revisar el interior de la caldera en busca de fugas. De haberlas, reparar o cambiar tubos.
9. Examinar el interior de la caldera en busca de áreas corroídas.
10. Purgar el tanque de condensados.
11. Limpiar la turbina del quemador.
12. Revisar las válvulas de seguridad y sus conexiones.
13. Limpiar la fotocelda con un trapo. No retirar el vidrio protector.
14. Limpiar las conexiones eléctricas.
15. Revisar los empaques de la bomba de alimentación de agua.
16. Lubricar la bomba de agua.
17. Limpiar filtro de bomba de agua.
18. Revisar las válvulas de retención. Desarmarla y limpiar. Si está deteriorado se deberá reemplazar.
19. Lubricar las levas del modutrol y todas las uniones o articulaciones necesarias.
20. Revisar la chimenea en busca de fugas o corrosión. Se puede pintar con esmalte especial resistente al calor.

6.11. Mantenimiento trimestral de accesorios.

1.-Quemador.

- ✓ Limpieza de boquillas. Usar solo solvente.
- ✓ Revisar los puntos de los electrodos y si es necesario ajustarlas según el fabricante.
- ✓ Limpiar el electrodo.
- ✓ Revisar las terminales de los cables de encendido.
- ✓ Revisar la porcelana de los electrodos, asegúrese que no estén quebrados.
- ✓ Asegúrese de que la fotocelda se encuentre limpia, así como el conductor donde se encuentra colocada.

2.-Bomba de combustible.

- ✓ Desarmar la bomba de combustible y revisar los rodamientos.
- ✓ Aunque parezcan en buen estado tienen un periodo de vida útil. (vea recomendaciones del fabricante).
- ✓ Limpiar los impulsores con solvente.
- ✓ Lubricar los rodamientos del motor. Revisar que el amperaje no sobrepase al indicado en la placa.

3.-Ventilador.

- ✓ Limpiar la malla de entrada de aire.
- ✓ Limpiar el rotor del motor.
- ✓ Inspeccionar que los “prisioneros” estén ajustados.
- ✓ Engrasar los rodamientos incluyendo los del motor.
- ✓ Probar que el amperaje no sobrepase al indicado.
- ✓ Lubricar el motor del ventilador.
- ✓ Lubricar o sustituir los rodamientos del motor.

4.-Compresor.

- ✓ Limpiar partes mecánicas.
- ✓ Lubricar rodamientos.
- ✓ Medir con manómetro las presiones de admisión y descarga.
- ✓ Comprobar que el amperaje del compresor no sobrepase el indicado por el fabricante.
- ✓ Comprobar ajuste del cople.
- ✓ Limpiar filtros.

5.- Alimentación de agua.

- ✓ Vaciar el tanque de condensados para asegurar la pureza de alimentación de agua.
- ✓ Limpiar filtros de la bomba.
- ✓ Lubricación de motores.
- ✓ Reapriete de bornes eléctricos de la electroválvula.
- ✓ Verificar electroválvula que no tenga ningún falseo.
- ✓ Verificar temperatura del agua y funcionamiento del termómetro.

6.12. Cada seis meses.

- ✓ Comprobar el nivel de aceite de la bomba de combustible.
- ✓ Inspección rigurosa de fluxes (lado agua y lado fuego), espejos y empaques de las tortugas.
- ✓ Limpie las grietas y saque el material refractario que se haya desprendido, recubra el mismo con cemento refractario.
- ✓ Es conveniente lavar la caldera interiormente. Para realizar esta actividad, se enfría la caldera previamente.
- ✓ Enfriamiento: se activa el VTF, se baja la presión de la caldera, se le hace circular agua y se purga constantemente, la operación de enfriamiento se deberá hacer con lapsos de 20 a 25 minutos para que el enfriamiento no sea brusco y dañe los fluxes.

- ✓ Una vez enfriada la caldera se quitan todas las tortugas y se lava con agua a presión introduciendo la manguera por todos los registros para una limpieza efectiva.
- ✓ Cambiar las mirillas tanto del tanque de condensados como la de la válvula Mc Donnell y sus respectivos oring.
- ✓ Realizar cambio de sellos de las tortugas y aferrante para que no se despeguen y hagan un buen sellado.

6.13. Mantenimiento anual.

- ✓ Limpiar el exterior de la caldera.
- ✓ Preparar la superficie para pintar donde sea necesario.
- ✓ Buscar válvulas defectuosas y de ser necesario sustituirlas.
- ✓ Inspeccionar y ajustar el manómetro principal.
- ✓ Revisar y ajustar las válvulas de seguridad.
- ✓ Cambiar el tapón fusible.
- ✓ Limpiar internamente el tanque de condensados y de combustible.
- ✓ Desarmar la Mc Donnell y limpiarlo internamente, reemplazar los electrodos si es necesario.
- ✓ Lubricar baleros (bombas, motores, compresor).
- ✓ Cambiar el recubrimiento de fibra de vidrio del cabezal de distribución de ser necesario.
- ✓ Verificar funcionamiento de los medidores (entrada de gas, post reguladores, presión de aire, presión de combustible, presión de vapor, temperatura de chimenea).

CAPITULO 7.

AVERÍAS.

7.1. Fallas y soluciones.

En la tabla siguiente se mostrarán las fallas más comunes que se presentaban en el proceso laboral y como darles solución de una forma rápida, para evitar paros no planeados y llegara a afectar la producción de la planta.

Tabla 7.1. Averías presentadas en el transcurso de la operación.

TABLA DE FALLAS Y SOLUCIONES.		
AVERIAS	POSIBLE(S) CAUSA(S)	SOLUCION
El quemador no enciende.	a) Válvula de gas/diésel cerrada. b) solenoide no recibe señal. c) No hay combustible. d) No le llega aire a presión. e) Control electrónico sucio.	a) Cerciórese de que las válvulas de paso se encuentren abiertas, verificar toda la línea identificando si no está obstruida. b) Verifique con un multímetro la resistencia de su bobina, la alimentación del voltaje, o baje la solenoide y hágale una limpieza, puede estar sucia. c) Revisar nivel de combustible o llamar a proveedor de gas. d) Verificar el compresor este trabajando, válvulas abiertas, voltaje del motor, baleros no estén amarrados, válvula solenoide este en óptimas condiciones. e) Comprobar relés, limpiar con dieléctrico.
La caldera se apaga.	a) Fococelda sucia. b) Presión de aire/combustible bajo. c) Sensor warrik	a) Baje el sensor (fococelda) y límpiela con un trapo seco, eliminando todo el hollín del lector óptico y colóquela de nuevo. b) Revise la presión del aire puede que no se esté distribuyendo adecuadamente el combustible, o la válvula este parcialmente

		<p>cerrada y la presión del combustible es mínima.</p> <p>c) En algunas ocasiones el sensor se queda calzado con las impurezas del agua, éste sensor es el auxiliar de la válvula Mc Donnell, le manda la señal al controlador haciéndole pensar que la caldera se quedó sin agua. Se deberá bajar la válvula y hacerle una limpieza eliminando todo el sarro incrustado.</p>
La caldera expulsa mucho humo.	<p>a) Falta de aire o entrada de aire incorrecta.</p> <p>b) Boquillas defectuosas.</p> <p>c) Falta de carburación.</p>	<p>a) Regular damper y limpiar turbina.</p> <p>b) Bajar el quemador y hacerle una limpieza a la boquilla difusora, si el problema persiste cambie la boquilla.</p> <p>c) Carburar la caldera, del lado del gas, ajustando las uniones de la válvula mariposa de entrada principal (fig. 2.14.1.7.), del lado de diésel, ajustar el modulador (fig. 2.15.7.).</p> <p>**cuando haya paro programado llamar a un experto en carburación para que regule las emisiones de CO₂ de la caldera.</p>
No hay chispa en el electrodo.	<p>a) Mal ajuste del electrodo.</p> <p>b) Electrodo dañado.</p> <p>c) Control de ignición dañado.</p>	<p>a) Bajar el quemador y calibrarlo.</p> <p>b) Verificar el cerámico del electrodo que no esté aterrizado, si los problemas persisten reemplace el electrodo.</p> <p>c) Verifique que el control de ignición tenga la alimentación correcta y que se energiza, de no ser así reemplace el control de ignición.</p>
El quemador	a) Mala	a) Bajar el quemador y calibrar el electrodo,

<p>produce explosiones.</p>	<p>calibración del electrodo. b) Transformador de ignición defectuoso. c) Entrada de aire incorrecta. d) Boquilla defectuosa.</p>	<p>si los problemas persisten cambie el electrodo. b) Verifique que el control de ignición tenga la alimentación correcta y que se energiza, de no ser así reemplace el control de ignición. c) Regular damper y limpiar turbina. d) Bajar el quemador, limpiar la boquilla, si los problemas persisten reemplace la boquilla.</p>
<p>Alarma por falta de agua.</p>	<p>a) Cisterna sin agua. b) Impulsor de la bomba dañado. c) Válvula de retención dañada. d) Válvula Mc Donnell calzada. e) Sensor Warrik calzado.</p>	<p>a) Si la cisterna se ha quedado sin agua, no pierda tiempo en rellenarla llene primero el tanque de condensados y espere a que llegue a Su temperatura para poner en marcha la caldera, operando la caldera proceda a llenar el tanque de condensados y verifique que las válvulas estén abiertas o identifique el fallo. b) Realice una limpieza al difusor, si persisten las fallas reemplace el difusor. c) Cierre las válvulas y baje la de retención, desármela y verifique sus fuelles o si no se encuentra obstruido, si no tiene reparación sustitúyala. d) Purgue la válvula para eliminar el sarro incrustado y el flotador regrese a su estado original. Si persiste el fallo cierre las válvulas y baje por completo el Mc Donnell para una limpieza general. e) En algunas ocasiones el sensor se queda calzado con las impurezas del agua, éste</p>

		sensor es el auxiliar de la válvula Mc Donnell, le manda la señal al controlador haciéndole pensar que la caldera se quedó sin agua. Se deberá bajar la válvula y hacerle una limpieza eliminando todo el sarro incrustado.
Tubos flux cortados.	a) Aplicación incorrecta del expansor de fluxes.	a) Utilizar correctamente el expansor de tubos.
Tubos perforados.	a) Corrosión. b) Acción del oxígeno. c) Excesivas incrustaciones.	a) Aplicar un buen tratamiento de agua. b) Continuo control de PH y oxígeno. c) Purgas más frecuentes.
Tubos torcidos/fugas en las juntas/tubos rotos.	a) Bajo nivel de agua. b) Golpe de llama.	a) No dejar que la caldera opere a un mínimo nivel de agua. b) Si la caldera opera con nivel de agua mínimo, el fuego le da directamente a los fluxes ocasionándoles agrietamientos. Estar pendiente del nivel de agua en la mirilla.

En la tabla siguiente a diferencia de la tabla anterior que son sucesos ya presentados, se muestran las averías que pueden llegar a presentarse en la operación de la caldera y que debemos de estar preparados a resolver de manera rápida y eficaz.

Tabla 7.2. Posibles averías que pueden llegar a presentarse.

AVERIA	POSIBLE(S) CAUSA(S)	SOLUCION
<p>La caldera no está energizada.</p>	<p>a) Las cuchillas se encuentran botadas. b) El regulador está dañado. c) Breaker quemado. d) Cortocircuito en el tablero de conexión de control.</p>	<p>a) Verifique las cuchillas de la plata que no se encuentren quemadas. De ser así cambie los fusibles. b) Verificar que le estén llegando correctamente voltaje a las tres líneas. c) Sustituya el breaker quemado. d) Desenergice la caldera e identifique que línea o líneas están aterrizadas.</p>
<p>Quemador no funciona.</p>	<p>1. No hay tensión en bornes de entrada de programa relé alimentación. a) Interruptor de desconexión principal abierto. b) Fusible del circuito de control abierto. c) Conexión eléctrica suelta o rota. 2. Interruptor de seguridad relé programa requiere reinicio. 3. Circuito eléctrico no energizado-no hay tensión en el extremo del circuito en las terminales de los relés. a) Presión o la temperatura está por encima de la configuración de control de la operación. (No se encenderá la luz de</p>	<p>1. Revisar en el tablero si existe continuidad en fusibles y voltaje en las terminales eléctricas. 2. Reinicie el controlador del quemador y ponga de nuevo en marcha la caldera. 3. a) Debido a poca demanda de presión no arranca el</p>

	<p>demanda de carga).</p> <p>b) Nivel requerido de agua baja. Luz de agua baja (y bocina de alarma) deben indicar esta condición.</p> <p>c) Presión de combustible debe estar dentro de baja presión o alta presión.</p>	<p>quemador espere a que disminuya la presión para poder encender el equipo.</p> <p>b) Suministre de agua la caldera.</p> <p>c) Regule sus presiones a la entrada del quemador.</p>
<p>Enciende llama del piloto, pero no hay llama principal.</p>	<p>1. Insuficiente flama al piloto.</p> <p>2. Problemas en la unidad de gas: llave de gas Manual cerrado.</p> <p>a) Válvula principal de gas no funciona o cerrada.</p> <p>b) Regulador de presión de gas no funciona.</p> <p>3. Problemas en la unidad de diésel: a) Suministro cortado por obstrucción, la válvula cerrada o la pérdida de succión de aceite.</p> <p>b) Bomba no funciona.</p> <p>c) No hay combustible.</p> <p>d) Válvula de aceite principal no funciona.</p> <p>4. Detector de flama defectuoso, vista tubo obstruido o lente sucio.</p> <p>5. Poca o ninguna tensión en el terminal de circuito de la válvula de combustible principal.</p>	<p>1. Revise el regulador y presión de combustible.</p> <p>2. Revise sus válvulas que estén abiertas o en buen estado.</p> <p>3. Revise las líneas que no estén obstruidas, válvulas abiertas, funcionamiento de la bomba o incluso el nivel de combustible.</p> <p>4. Limpie la fotocelda.</p> <p>5. Revise voltaje para saber si la solenoide de la válvula recibe señal.</p>
<p>Quemador permanece en</p>	<p>1. La presión o la temperatura por debajo de la configuración de control de</p>	<p>1. Configure los presostatos a una</p>

fuego bajo.	<p>modulación.</p> <p>2. El interruptor manual-automático en posición incorrecta.</p> <p>3. No funciona motor modulante.</p> <p>4. Modulación de control defectuoso.</p> <p>5. Vinculante o flojo acoplamiento, levas, tornillos opresores, etc.</p>	<p>presión mayor.</p> <p>2. Revise su interruptor que se encuentre en automático.</p> <p>3,4. Verifique sus líneas y revise resistencias abiertas.</p> <p>5. Lubrique uniones y apreté levas y acoplamientos.</p>
Apagado se produce durante la operación.	<p>1. Pérdida o suspensión del suministro de combustible.</p> <p>2. Válvula de combustible defectuosa, conexión eléctrica suelta.</p> <p>3. Detector de llama débil o defectuosa.</p> <p>4. Lente sucio o tubo visor obstruido.</p> <p>5. Se disparó un interruptor de bloqueo de programador.</p> <p>6. Relación de aire/combustible inadecuada (pobre fuego): acoplamiento de deslizamiento.</p> <p>7. Caída temporal en la presión de gas.</p>	<p>Compruebe con Gasamex la alimentación de gas, verifique su tanque de diésel.</p> <p>Compruebe el circuito de límite de un control de seguridad abierto.</p> <p>Si se ha disparado el interruptor de bloqueo de programador:</p> <p>Compruebe las líneas de combustible y las válvulas. Compruebe el detector de llama.</p> <p>Comprobar circuito abierto en el funcionamiento de circuito de dispositivo de seguridad. La luz</p>

		de fallo de llama es energizada por fallo de encendido, falla de llama principal, señal de llama inadecuada o control abierto en el circuito de bloqueo de funcionamiento.
Motor modulante no funciona	<p>1. Manual-automático el interruptor en posición incorrecta.</p> <p>2. Acoplamiento flojo o atascado.</p> <p>3. El motor no conduce a abrir o cerrar durante la purga o cerrar en el apagado del quemador: Motor defectuoso. Conexión eléctrica suelta. Motor transformador regulador defectuoso.</p> <p>4. El motor no funciona a demanda: selector Manual-automático en posición incorrecta. Modulación control incorrectamente ajustado o no funcionando. Motor defectuoso. Conexión eléctrica suelta. Motor transformador regulador defectuoso.</p>	<p>Revisar selector.</p> <p>Acoplamientos conectores, articulaciones flojas.</p> <p>Revisión de las líneas del modulador.</p>

CAPITULO 8.

EXPLOSIÓN DE CALDERAS.

Los trabajadores que operan y hacen el mantenimiento a calderas saben que éstas son potencialmente peligrosas. Aunque las calderas normalmente están equipadas con sistemas y válvulas de seguridad para aliviar la sobrepresión, si la caldera no puede resistir la presión, la energía que contiene el vapor se libera instantáneamente. Esta combinación de metal explotando y vapor sobrecalentado, puede ser extremadamente peligrosa para los operadores y gente alrededor, incluyendo equipos e instalaciones.

Los operadores deben de inspeccionar todo el tiempo sus áreas en busca de algún desperfecto para su pronta reparación y asegurarse igual que no estén deteriorados y descascarados. Deberán reportarse la existencia de materiales dañados y deben repararse de inmediato por un contratista certificado para trabajos en asbesto, indicios de superficies rajadas, prominencias, corrosión u otras deformidades por técnicos autorizados. Los registros diarios detallados de la operación y mantenimiento de la caldera ayudan a mantener su seguridad óptima.

Los operadores de caldera deben asegurarse que el sistema de combustible, incluyendo las válvulas, tuberías y tanques, estén funcionando correctamente y sin fugas. Para prevenir explosiones en la caldera, es imperativo que los operadores purguen la caldera antes de encender el quemador. Los trabajadores deben verificar la relación de aire/combustible, la condición del VTF y la llama para asegurarse de que ésta no sea demasiado alta ni que eche humo. Los sistemas de ventilación también deben de inspeccionarse y mantenerse para asegurar que los gases producto de la combustión no se acumulen en el hogar de la caldera.

8.1. ¿POR QUÉ EXPLOTAN LAS CALDERAS?

8.1.1. Bajo nivel de agua.

Las estadísticas de los accidentes en calderas, nos indican que la mayor parte de ellos se debe al bajo nivel de agua, que provoca sobrecalentamiento y

debilitamiento de los tubos flux, hundimiento del hogar y en algunas ocasiones, la destrucción total de la caldera por una explosión desastrosa que produce graves pérdidas en equipos, instalaciones y de vidas humanas.

¿Cómo sucede la explosión? En la mayor parte de los casos, el flotador queda calzado por materiales sólidos y todo quedará falseado como consecuencia de la falta de purgas de la columna de nivel, entonces el control sigue detectando un nivel falso de agua dentro de la caldera y dejará de mandar la señal eléctrica al arrancador de la bomba y por consiguiente ya no recibirá agua hasta que el hogar quede descubierto y con el quemador operando. Si en ese momento el operador inexperto mira el cristal y no detecta agua, tratará de activar el arrancador de la bomba para hacerla funcionar y reponer el nivel. La caldera en esas condiciones, se someterá a una evaporación súbita, como cuando probamos una plancha con los dedos mojados, pero esta evaporación es tan potente que causará una devastadora explosión.

8.1.2. Descuido de las válvulas de seguridad.

Las explosiones ocasionadas por la falta de protección contra un exceso de período de funcionamiento del disco, tiende a pegarse llegando a inutilizarla. La falta de observación y acción preventiva en el “lagrimeo” de una válvula de seguridad, así como la ausencia de revisión y pruebas periódicas, favorecen a la acumulación excesiva de materias extrañas que pegan el asiento de las válvulas.

8.1.3. Descuido del control de presión.

Hemos visto que este medidor es el encargado de apagar el quemador cuando la presión llega al límite ajustado; pero si éste no recibe inspecciones periódicas, su mismo mecanismo puede dejar permanentemente cerrados los contactos por falta de accionamiento, humedad, o por cortos de los cables eléctricos y mantenimiento, quedando la caldera sin protección salvo la válvula de seguridad si está en buenas condiciones.

8.1.4. Falta de barrido de los gases.

Los controles programadores de flama normalmente tienen un control donde van apareciendo los eventos en cada activado o desactivado automáticamente y además, permite ser operado manualmente. El error que cometen los operadores cuando quieren activar la caldera de forma rápida por falta de producción es la de eliminar el barrido para reducir el tiempo de encendido. Entonces, cuando le toca el encendido de la chispa, el piloto encuentra una atmósfera explosiva por los gases que no fueron expulsados, y es cuando se origina una explosión.

8.1.5. Falla del control de flama.

Este dispositivo tiene a su cargo diversas funciones, entre ellas, la apertura y cierre de las válvulas de combustible y la detección de una posible falla de flama. Puede llegar a suceder que interiormente se aterrice la señal de la fotocelda engañando al quemador que la caldera sigue encendida y aunque está apagado el hogar puede seguir inyectando combustible logrando acumular una mezcla explosiva para el siguiente encendido. Por eso es conveniente estar chequeando periódicamente la falta de flama para detectarlo con tiempo.

8.2 Explosiones en la cámara de fuego

Entre las causas que provocan las explosiones en los hogares podemos citar las siguientes:

- Falta de flama ocasionada por la entrada de líquidos o gases.
- Prepurga insuficiente antes del encendido.
- **Errores humanos.**
- Fallo de los controles de flujo de combustibles.
- Fugas o goteos en las válvulas de corte de combustible.
- Relación desproporcionada aire/combustible (mala carburación).
- Problemas o pérdidas de tiro.
- Falta de pilotos de ignición.
- Exceso de hollín (mala combustión).

8.2.1. Precauciones.

Para evitar explosiones en el hogar de la caldera tome las siguientes precauciones.

- ✓ Revise la operación de la caldera periódicamente.
- ✓ Si su quemador se apaga sin razón aparente, desconecte el interruptor de encendido. Después con el VTF haga un barrido de gases en la cámara de combustión (siempre determine las causas y remedio de paro del quemador).
- ✓ Mantenga el quemador y accesorios realmente limpios.
- ✓ No trate de lograr el máximo de bióxido de carbono partiendo de una mezcla rica.
- ✓ Nunca permita condiciones de flama inestables sin corrección oportuna.

8.3. Explosiones en la cámara de vapor o agua.

Sucedan por:

- Falla de la válvula de seguridad.
- Corrosión de partes metálicas sujetas a presión.
- Sobrecaentamiento de partes incrustadas.
- Adelgazamiento de partes vitales a presión ocasionadas por contracciones y expansiones.
- Fragilización caustica.
- Bajo nivel de agua.

Cuando ha ocurrido una falla en las válvulas de seguridad, que son nuestras últimas y principales dispositivos de seguridad para la sobrepresión en el interior de la caldera, significa que antes ocurrieron otras fallas tales como:

- Contactos fundidos en controles límite de presión de vapor, el quemador continua en operación.
- Cables a tierra o corto circuito, también ocurre que alguna terminal esté suelta.
- Circuito eléctrico húmedo, ocurre después del lavado de la caldera.
- Escape continuo de las válvulas de alimentación de combustible.
- Tubería de control de presión obstruida.
- Termostato incrustado.

Para operar su caldera con seguridad siga estas recomendaciones:

- ✓ Conozca su caldera (este manual especifica cada elemento de la caldera y cómo funciona. ESTUDIELA).
- ✓ No trate de accionar un control mientras no lo conozca y no sepa cómo funciona.
- ✓ Use su buen juicio para operar la caldera.
- ✓ Siga su programa de mantenimiento bien definido.
- ✓ Cumpla con las normas de operación y de seguridad.
- ✓ Realice con cuidado todos los pasos antes descritos desde el comienzo.

Para prevenirse de las explosiones se debe de tener un control estricto de la calidad del agua y la excelente carburación del proceso de combustión y seguir las instrucciones de su mantenimiento.

Conclusiones y observaciones.

Se concluye de que con un manual práctico y explicado de una forma clara y sencilla, el operador de caldera obtiene los conocimientos técnicos necesarios para su desarrollo en el ámbito laboral, y saber cómo reaccionar ante las fallas de algún accesorio, qué medidas tomar y en qué momento actuar ante una contingencia. Éstas son las herramientas que se proporcionan en este manual para que tanto el operador como el jefe de planta se encuentren completamente confiados de que la instalación esté segura.

Basándose en los sistemas de seguridad de la NOM-020-STPS-2011 en calidad de recipientes sujetos a presión instalados clasificados en:

- ✓ El tipo de fluido que contengan.
- ✓ Los volúmenes que manejan.
- ✓ Las presiones a las que se encuentren calibrados sus dispositivos de seguridad.

Se cumplen con los requisitos para el funcionamiento de los equipos de acuerdo con cada categoría.

Se elaboran y aplican programas específicos de revisión y mantenimiento a los equipos así como de calibración a sus instrumentos de medición, control y dispositivos de relevo de presión.

Se cuenta con el plan de atención a emergencia, con los registros de operación de los equipos instalados en el centro de trabajo, así como también con los registros de los resultados de la revisión, mantenimiento y pruebas de presión o exámenes no destructivos realizados.

Según la norma dentro de las obligaciones establecidas se contempla:

- ❖ Revisar el estado de los equipos antes de operarlos.

- ❖ Informar al patrón y a la comisión de seguridad e higiene sobre las anomalías y condiciones inseguras de funcionamiento de los equipos, aunque hayan sido subsanadas.
- ❖ Operar, revisar y proporcionar el mantenimiento a los equipos, según aplique, de conformidad con las instrucciones y/o procedimientos de seguridad.
- ❖ Informar al patrón y a la comisión de seguridad e higiene sobre las condiciones de riesgo inminente que detecten en el funcionamiento de los equipos.
- ❖ Participar en la capacitación y adiestramiento que proporcione el patrón.

Se tienen a la mano los listados de equipos, números de serie, expedientes de los equipos, fichas técnicas, croquis, descripción breve de su operación, planos, memoria de cálculos, programas específicos de revisión y mantenimiento, condiciones de seguridad, plan de atención de emergencias, avisos y capacitaciones.

De igual manera se cuentan con señalizaciones del área conforme a la NOM-026-STPS-2008.

Es recomendable que el operador lea y entienda bien el manual, ya que se describen sucesos que pueden pasar por desapercibido haciéndose pasar por insignificantes. **No se deje pasar ningún suceso como insignificante y realice los mantenimientos según se muestra en los calendarios.**

De igual forma se hace la observación de que el calderista debe estar bien entrenado para realizar sus labores hasta que demuestre su destreza en la operación, puede estar preparado una vez dominadas sus actividades, tanto de rutina como actividades no planeadas y actuar de una forma razonable una vez entendido el funcionamiento de todas los accesorios de la caldera.

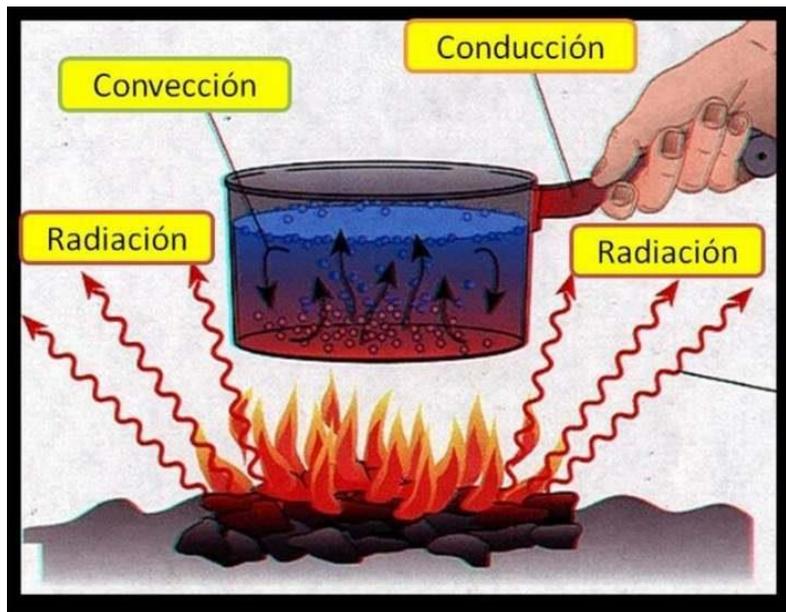
Por favor no pase por alto las indicaciones del fabricante y los consejos de su supervisor ya que de no tomar las debidas precauciones puede resultar en daños permanentes a la caldera o en el peor de los casos en una explosión que sería fatal para los operadores.

Las calderas son seguras, siempre y cuando se sigan los procedimientos de mantenimiento y se asegure que todos sus dispositivos de seguridad funcionen correctamente. Este no es un curso oficial de mantenimiento y operación de calderas, esta es una guía básica donde solo se enseña el funcionamiento de la caldera y sus componentes.

Competencias utilizadas.

Para la elaboración de este manual fue necesario conocer los principios básicos de:

Transferencia de calor:



La manera en que se produce la combustión y como esta se deriva para transmitirle calor al agua mediante convección, nos hace recordar los estudios de transferencia de calor para poder entender cómo es que funciona la caldera.

$$q = hA(T_1 - T_2)$$

Donde $q = \text{calor}$

$h = \text{es el coeficiente de convección.}$

$A = \text{superficie del área del fluido.}$

$T_1 - T_2 = \text{diferencia de temperaturas.}$

Proceso	h (W/m ² K)
Convección libre	
Gases	2 - 25
Líquidos	50 - 1000
Convección forzada	
Gases	25 - 250
Líquidos	50 - 20000

Valores típicos de coeficiente de convección

Termodinámica: Los principios básicos de la termodinámica también tienen un papel muy importante en este trabajo de investigación ya que la transferencia de calor va ligada a estos principios.

Instrumentación: En lo que respecta a los sistemas de medición extraemos un poco de lo aprendido de la materia para identificar los diferentes tipos de accesorios de medición, como los manómetros, termómetros y herramientas como el vernier.

Metodología de la investigación: Por el tipo de investigación y la manera de como estructurar el trabajo de investigación la materia también juega un papel importante en este trabajo ya que toda la información recabada va ligada paso por paso a lo aprendido en el aula.

ANEXOS

ANEXO I COLOR DE FLAMA.

BLANCO BRILLANTE		1426°C
BLANCO		1200°C
NARANJA CLARO		936°C
ROJO CEREZA BRILLANTE		760°C
ROJO CEREZA OPACO		622°C
ROJO OPACO		536°C
ROJO OSCURO		483°C

Tabla A. Color de llama y su correspondiente temperatura.

ANEXO II TABLA DE IMPUREZAS EN EL AGUA.

IMPUREZAS QUÍMICAS MAS COMÚNES EN AGUAS DE ALIMENTACIÓN			
Nombre	Fórmula	Nombre común	Efecto
Carbonato de calcio	CaCO_3	Mármol, caliza o calcita	Incrustación
Bicarbonato de calcio	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$		Incrustación
Sulfato de calcio	CaSO_4	Yeso de parís	Incrustación
Cloruro de calcio	CaCl_2		Corrosión
Sulfato de magnesio	MgSO_4	Sales Epsom	Incrustación
Bicarbonato de magnesio	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$		Incrustación Corrosión
Cloruro de magnesio	MgCl_2		Corrosión
Hidróxido de magnesio	$\text{Mg}(\text{HO})_2$		Incrustación
Cloruro de sodio	NaCl	Sal común	Electrólisis
Carbonato de sodio	Na_2CO_3	Soda ash, sosa común	Alcalinidad
Bicarbonato de sodio	$\text{Na}(\text{HCO}_3)_2$		Espuma
Hidróxido de sodio	NaOH	Sosa cáustica	Cristalización
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	Sales de Glauber	Incrustación
Dióxido de silicio	SiO_2	Sílice	Incrustación

Tabla B. Impurezas más comunes en el agua.

ANEXO III TABLA DE ELECCIÓN DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA.

CAPACIDAD DE MOTOR DE BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION (HP)

Capacidad de la caldera en CC	Presión de diseño			
	1.05kg/cm ²	10.5 kg/cm ²	14.1 kg/cm ²	17.6 kg/cm ²
20	¼ HP	2 HP	3 HP	---
40	¼ HP	2 HP	5 HP	---
60	¼ HP	3 HP	5 HP	---
80	½ HP	3 HP	5 HP	---
100	½ HP	5 HP	10 HP	---
125	½ HP	5 HP	10 HP	---
150	½ HP	5 HP	10 HP	7.5 HP
200	1 HP	7.5 HP	10 HP	7.5 HP
250	1 HP	5 HP	7.5 HP	10 HP
300	2 HP	7.5 HP	7.5 HP	10 HP
350	3 HP	7.5 HP	10 HP	10 HP
400	3 HP	7.5 HP	10 HP	15 HP
500	---	7.5 HP	15 HP	15 HP
600	---	15 HP	15 HP	20 HP
700	---	15 HP	15 HP	20 HP

Tabla C. Capacidad de Bomba.

ANEXO IV PODER CALORIFICO DEL GAS.

La potencia calorífica de un combustible es la energía liberada por unidad de peso o de volumen del mismo al producirse su combustión.

Para los combustibles sólidos o líquidos se expresa en kcal/kg, kj/kg.

Para los gaseosos en kcal/m³, kj/kg.

Propiedad	Unidades	Zona Sur			Resto del País
		Hasta el 31 de diciembre de 2010	Del 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012	A partir del 1 de enero de 2013	
Metano (CH ₄)-Min.	% vol	NA	NA	83,00	84,00
Oxígeno (O ₂)-Max.	% vol	0,20	0,20	0,20	0,20
Bióxido de Carbono (CO ₂)-Max.	% vol	3,00	3,00	3,00	3,00
Nitrógeno (N ₂)-Max.	% vol	9,00	8,00	6,00	4,00
Nitrógeno. Variación máxima diaria	% vol	±1.5	±1.5	±1.5	±1.5
Total de inertes (CO ₂ y N ₂)-Max.	%vol	9,00	8,00	6,00	4,00
Etano-Max.	% vol	14,00	12,00	11,00	11,00
Temperatura de rocío de hidrocarburos- Max.	K (°C)	NA	271,15 (-2)(1)	271,15 (-2)	271,15 (-2)(1)
Humedad (H ₂ O)-Max.	mg/m ³	110,00	110,00	110,00	110,00
Poder calorífico superior-Min.	MJ/m ³	35,30	36,30	36,80	37,30
Poder calorífico superior-Max.	MJ/m ³	43,60	43,60	43,60	43,60
Índice Wobbe-Min.	MJ/m ³	45,20	46,20	47,30	48,20
Índice Wobbe-Max.	MJ/m ³	53,20	53,20	53,20	53,20
Índice Wobbe-Variación máxima diaria	%	±5	±5	±5	±5
Acido sulfhídrico (H ₂ S)-Max.	mg/m ³	6,00	6,00	6,00	6,00
Azufre total (S)-Max.	mg/m ³	150,00	150,00	150,00	150,00

(1) En los ductos de transporte y de distribución que reciben gas natural del SNG aplicará el límite máximo de 271,15 K (-2°C) a partir del 1 de julio de 2011.

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural (cancela y sustituye a la NOM-001-SECRE-2003, Calidad del gas natural y la NOM-EM-002-SECRE-2009, Calidad del gas natural durante el periodo de emergencia severa).

Tabla D. Especificaciones del gas natural.

ANEXO V PODER CALORIFICO DEL DIESEL.

Lista de Combustibles		
Combustible	Unidades de Medida	Poder calorifico
Asfaltos	(MJ/bl)	6,444
Azúfre	(MJ/t)	9,269
Bagazo de caña	(MJ/t)	7,055
Carbón siderúrgico de importación	(MJ/t)	29,559
Carbón siderúrgico nacional	(MJ/t)	19,987
Carbón térmico de importación	(MJ/t)	25,284
Carbón térmico nacional	(MJ/t)	19,405
Combustóleo	(MJ/bl)	6,429
Condensados	(MJ/bl)	4,845
Coque de carbón	(MJ/t)	26,521
Coque de petróleo	(MJ/t)	31,424
Diésel	(MJ/bl)	5,952
Equivalente de electricidad en términos secundarios	(MJ/MWh)	3,600
Equivalente primario de energía eléctrica	(MJ/MWh)	10,381
Etano	(MJ/bl)	2,854
Gas licuado	(MJ/bl)	4,251
Gas natural asociado 1	(kJ/m3)	40,053
Gas natural no asociado 2	(kJ/m3)	37,296
Gas seco 3	(kJ/m3)	33,913
Gas seco de exportación	(kJ/m3)	35,812
Gas seco de importación	(kJ/m3)	34,614
Gasolinas naturales	(MJ/bl)	4,781
Gasolinas y naftas	(MJ/bl)	5,542
Leña	(MJ/t)	14,486
Lubricantes	(MJ/bl)	5,970
Materia prima para negro de humo	(MJ/bl)	6,194
Metil-terbutil-éter (MTBE)	(MJ/bl)	5,149
Petróleo crudo (promedio de la producción)	(MJ/bl)	6,382
Petróleo crudo istmo	(MJ/bl)	5,826
Petróleo crudo maya	(MJ/bl)	6,040
Petróleo crudo Olmeca	(MJ/bl)	5,727
Querosenos	(MJ/bl)	5,450
Biogás 4	(kcal/m3)*	4,500
Residuos sólidos**	*	
Residuos líquidos**	*	
Llantas5	(kcal/kg)*	6,000
Licor negro7	(kcal/kg)*	3,600
Gas de coque6	(kcal/kg)*	31,400
Gas de alto horno7	(kcal/lt)*	800/M3

1 El gas natural asociado se mide a la salida de las baterías de separación, estandarizado a 20 oC y a 100 kPa. El gas natural a la salida del pozo tiene un poder calorífico de 45,225 kJ/m3.

2 El gas natural no asociado es medido en condiciones estándares, el poder calorífico a boca de pozo es de 38,073 kJ/m3.

3 Corresponde a volúmenes medidos a 20 °C y a 100 kPa de presión; el poder calorífico del gas residual facturado es de 35,420 kJ/m3.

4 Poder calorífico promedio extraído de "Estimación del Recurso y Prospectiva Energética de la Basura en México", SENER . http://www.sener.gob.mx/webSener/res/168/A1_Basura.pdf. Depende del contenido de metano, bióxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno y otros.

5 Estimación promedio la industria cementera según permisos de SEMARNAT.

6 Poder calorífico inferior

7 Poder Calorífico inferior

Tabla E. Especificaciones del diésel.

ANEXO VI FICHA TÉCNICA DE LA CALDERA.

Especificaciones técnicas CB - 700 CC.

Caldera de Vapor **CleaverBrooks®**

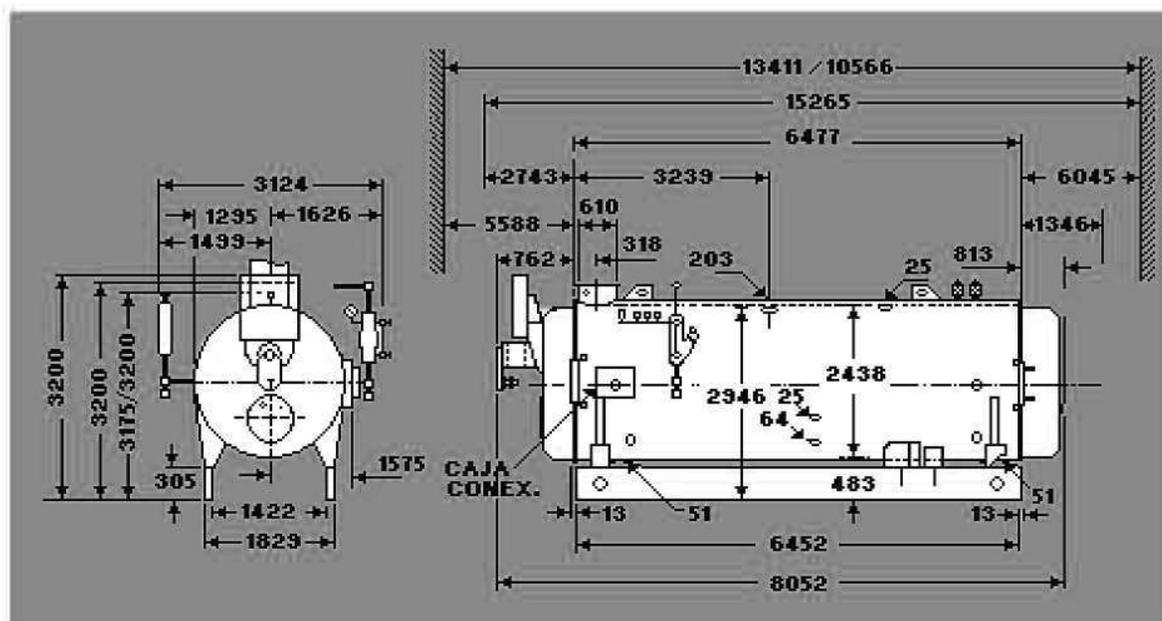
Datos generales

Modelo	CB		700 CC	
Capacidad de Evaporación	10954	Kg/h	24150	Lb/h
Presión de diseño	10.5	Kg/cm2	150	PSI
Superficie de calefacción	326.138	m2	3509.245	ff ²
Tipo de caldera	HORIZONTAL / 4 PASOS		TUBOS DE FUEGO	

Peso de caldera

	KG	LB
Vacía	24540	54100
Inundada	16635	36673
A nivel normal	12606	27790

Dimensiones generales



*Dimensiones en mm

Especificaciones técnicas CB - 700 CC.

Caldera de Vapor **CleaverBrooks®**

Consumo aproximado de combustible

Diesel	209	GPH	13.18	Lt / min.
Combustoleo	195.5	GPH	12.33	Lt / min.
Gas	29300	Cfh	830	m ³ / h

*A plena carga del equipo.

Cantidad de gas usado aproximadamente:

1.- Multiplique los pies³ /h por 0.007 para obtener los pies usados en 25 segundos (longitud de un encendido).

2.- Multiplique los pies³ por el número de encendidas por hora o por día, para obtener los estimados pies³ /h o por día.

Requerimientos eléctricos

(Para altitudes 914.4 metros, 60 Hz.)

Control programador electrónico	CB-780		
Motor ventilador (combustibles líquidos)	30 ^A	hp	
Motor ventilador (gas)	30 ^A	hp	
Motor compresor ^A (combustibles líquidos)	7.5	hp	
Motor de bomba (combustibles líquidos)			
Diesel	1	hp	
Combustoleo	3/4	hp	

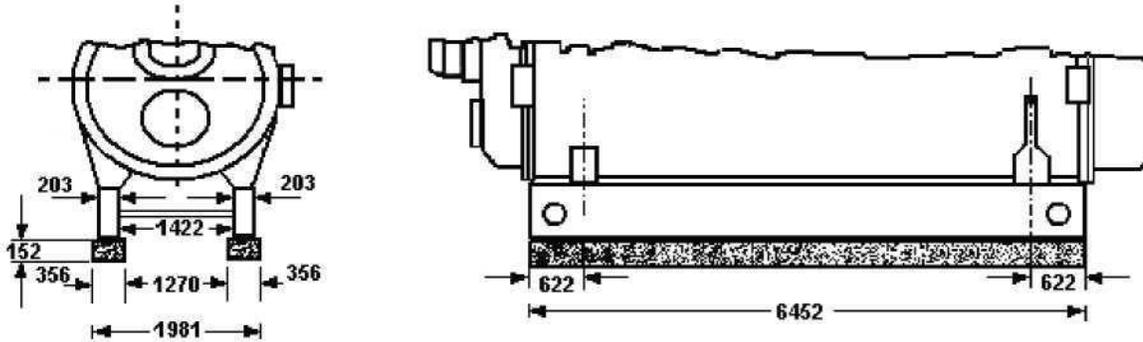
NOTAS: A.- 40 hp para altitudes mayores a 609.6 MSNM

Presión requerida de gas

	Diámetro		Presiones			
	mm	Pulg.	mbar	Pulg. CA	Oz / Pulg ²	
Tren de gas FM	102	4	Presión mínima	125	50	28.85
Tren de gas IRI	102	4	Presión mínima	125	50	28.85
Piloto	13	1/2	Presión mínima	12.5	5	2.89
			Presión máx. permisible	12.5	5	2.89

Especificaciones técnicas CB - 700 CC.

Dimensiones de bases*



*Dimensiones en mm

Eficiencias

Relación Combustible - Vapor

	10 PSIG				125 PSIG			
	25	50	75	100	25	50	75	100
Carga (%)	25	50	75	100	25	50	75	100
Gas natural (%)	85.7	86	85.8	85.7	83	83.6	83.7	83.6
Diesel (%)	89.1	89.5	89.3	89.1	86.3	86.9	87	86.9
Combustoleo (%)	89.6	90	89.8	88.6	86.8	87.3	87.5	87.3

Nota: Los parametros de eficiencia se encuentra en relación con la tabla de características del combustible.

SELMEC EQUIPOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V. con el respaldo de Cleaver Brooks garantiza la eficiencia de la caldera (relación combustible-vapor) en los parámetros de carga del 25, 50, 75 y 100% bajo los siguientes aspectos:

1. Especificación del combustible (Boletín CB-7768)
2. Temperatura ambiente 80° F con 30% humedad y 15 % exceso de aire
3. Perdidas de radiación (Boletín CB-7767)
4. Método de verificación por medio de pérdidas en chimenea

Especificaciones técnicas CB - 700 CC.

Características combustibles

COMBUSTIBLE	CARBÓN	HIDRÓGENO	AZUFRE	PODER CALORÍFICO	
Gas Natural (peso)	69.98 %	22.31 %	0 %	21 830 Btu/Lb	12.115 Kcal/Kg
Diesel (peso)	85.8 %	12.7 %	0.2 %	19 420 Btu/Lb	10.778 Kcal/Kg
Combustoleo (peso)	86.6 %	10.9 %	2.09 %	18 830 Btu/Lb	10.451 Kcal/Kg

Emisiones máximas a la atmósfera

Niveles de sonido

NIVEL ESTIMADO DE CONTAMINACIÓN				NIVELES DE SONIDO	
CONTAMINANTES	GAS NATURAL	DIESEL	COMBUSTOLEO	MODULACIÓN	DbA
CO ppm ^A	200	90	90	FUEGO ALTO (GAS)	85
NOXppm ^A	100	185	502	FUEGO BAJO (GAS)	82
SOXppm ^A	1	278	278	FUEGO ALTO (DIESEL)	85
HC/ VOC _s ppm	40	50	70	FUEGO BAJO (DIESEL)	82

NOTAS:

A. Los niveles de emisiones están corregidos al 3% .

B.- Los niveles de sonido predecidos son en función a los motores estándar y altitud al nivel de mar, para otros tipos considerar un posible incremento en estos niveles.

C.- Los métodos de medición y comprobación de los niveles de sonido se manejan en relación a la ABMA y cumplen con la Norma ANSI SI.4 Tipo I.

Calidad del agua para una buena operación

COMPONENTES	IMPUREZAS TÍPICAS		LÍMITES TÍPICOS	
OXÍGENO	6	ppm	< 0.007	ppm ^A
DUREZA	86	ppm	< 1.0	ppm ^A
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	0.1	ppm	0.15	ppm ^A
PH	6.87		7.0 - 10.5 ^A	
SILICE	10	ppm	< 150	ppm ^B
ALCALINIDAD	100	ppm	< 700	ppm ^B
SÓLIDOS DISUELTOS	500	μ-mho/cm	< 7000	μ-mho/cm ^B

NOTAS:

A.- Límites para suministro de agua.

B.- Límites de caldera.

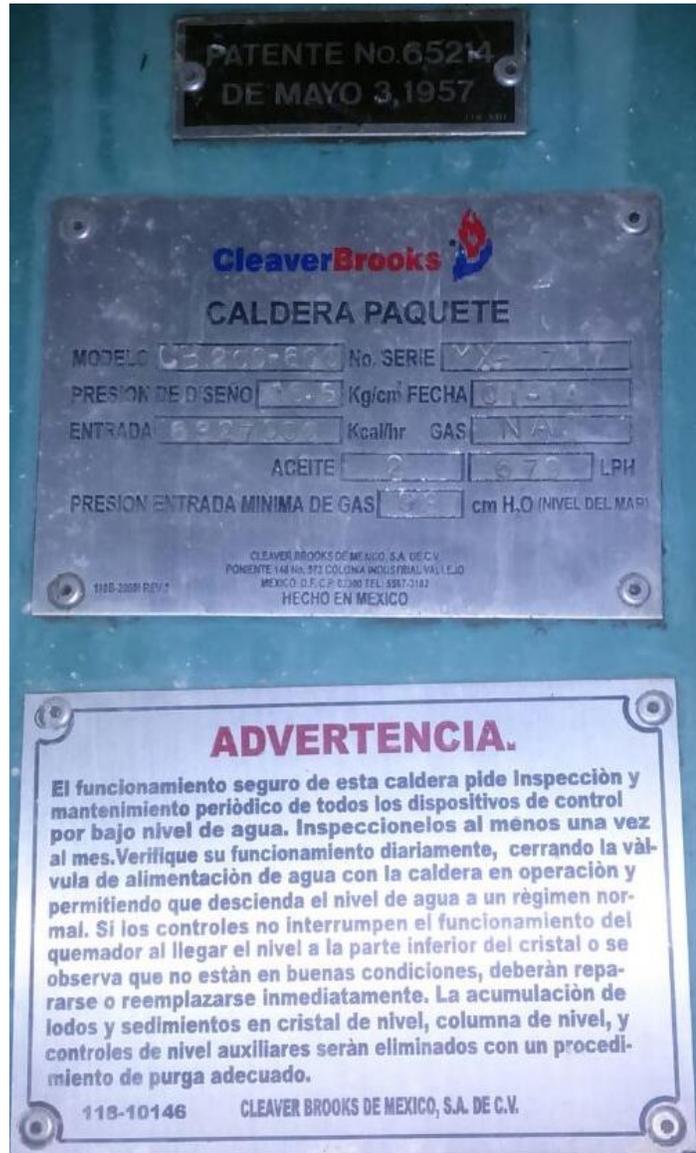
Especificaciones técnicas CB - 700 CC.

Caldera de Vapor **Cleaver-Brooks®**

Diseño mecánico

	ENVOLVENTE	HOGAR	No. TUBOS	
			2do PASO	126
ESPESOR (mm.)	13	13	3ER PASO	90
ESPESOR (pulg.)	1/2	1/2	4TO. PASO	57
PUERTA	FRONTAL	POSTERIOR	TUBO FLUX	
DIÁMETRO (mm.)	2438	2438	LONGITUD (mm.)	6032
DIÁMETRO (pulg.)	96	96	LONGITUD (pulg.)	237 1/2

ANEXO VII PLACAS DE LA CALDERA CLEAVER BROOKS.



CleaverBrooks® 

(B) 377

**CERTIFIED BY CLEAVER BROOKS
DE MEXICO S.A. DE C.V.**

MFR'S SERIAL No.: MX-7737

MAWP: 150 PSI.

HEATING SURFACE: 300.4.366 SQ.FT.

MAX DESIGNED STEAMING

CAPACITY: 25117.422 LB/HR.

YEAR BUILT 2014

118A3040M REV. 0

CleaverBrooks® 

REQUERIMIENTOS ELECTRICOS

ALIMENTACION

240 VOLTS 3 F 60 HZ 37 AMP.

AMPERAJE MINIMO DEL CIRCUITO 44 AMP.

CORRIENTE CORTOCIRCUITO 1.0 KARRMS SIMETRICO

600 VOLTS MAX.

MOTOR VENTILADOR 2.0 HP 23.5 AMP.

MOTOR COMPRESOR 1.0 HP 12.5 AMP.

PRECALENTADOR N/A KW N/A AMP.

CIRCUITO DE CONTROL

120 VOLTS 1 F 60 HZ 1.0 AMP.

MOTOBOMBA ACEITE

240 VOLTS 3 F 60 HZ 1.0 AMP.

DIAGRAMA ELECTRICO 24078151

TIPO DE GABINETE 1

MX-7737
HECHO EN MEXICO

ANEXO VIII CARACTERÍSTICAS DE CALDERA.

Rated Capacity	400 through 800 hp
Operating Pressure	Steam: 15 - 250 psig, or higher if specified Hot Water: 30 - 250 psig, or higher if specified
Fuel	Oil or Gas or Combination
Ignition	Automatic
Firing	Full Modulation Through Operating Ranges
Burner (Oil)	(Low Pressure) Air Atomizing
Burner (Gas)	Non-premix, Orificed Type
Air Damper	Rotary Type (Electrically Modulated)
Steam Trim	ASME Code
Water Trim	ASME Code

ANEXO IX TABLA DE VAPOR SATURADO.

<i>tablas de vapor saturado</i>						
Presión absoluta kg/cm ²	Presión de manómetro kg/cm ²	Temperatura del vapor °C	Calor sensible kcal/kg	Calor latente kcal/kg	Calor total kcal/kg	Volumen dm ³
0.02	-0.98	17.21	17.24	587.6	604.8	68.27
0.04	-0.96	28.64	28.65	581.1	609.7	35.46
0.06	-0.94	35.82	35.81	577.1	612.9	24.19
0.08	-0.92	41.16	41.14	574.1	615.2	18.45
0.1	-0.9	45.45	45.41	571.6	617	14.95
0.15	-0.85	53.6	53.54	567	620.6	10.21
0.25	-0.75	64.56	64.49	560.6	625.1	6.322
0.5	-0.5	80.86	80.81	550.8	631.6	3.301
0.75	-0.25	91.27	91.26	544.3	635.6	2.258
1	0	99.1	99.04	539.68	638.72	1.7224
1.1	0.1	101.7	101.79	537.93	639.72	1.5801
1.2	0.2	104.2	104.26	536.37	640.63	1.4543
1.4	0.4	108.7	108.79	533.57	642.26	1.2594
1.6	0.6	112.7	112.87	530.79	643.66	1.1112
1.8	0.8	116.3	116.51	528.42	644.93	0.9954
2	1	119.6	119.33	526.21	646.04	0.9019
2.5	1.5	126.8	127.14	521.27	648.41	0.7311
3	2	132.9	133.35	516.96	650.31	0.6161
3.5	2.5	138.2	138.78	513.16	651.94	0.5332
4	3	142.9	143.62	509.71	653.33	0.4701
5	4	151.2	152.06	503.57	655.63	0.3814
5.5	4.5	154.8	155.79	500.81	656.6	0.3486
6	5	158.1	159.26	498.22	657.48	0.3207
6.5	5.5	161.2	162.53	495.76	658.29	0.2975
7	6	164.2	165.59	493.44	659.03	0.2773
7.5	6.5	166.9	168.49	491.22	659.71	0.26
8	7	169.5	171.24	489.1	660.34	0.2445
8.5	7.5	172.1	173.86	487.07	660.93	0.2309
9	8	174.5	176.36	485.12	661.48	0.2186
9.5	8.5	176.8	178.76	483.24	662	0.2077
10	9	179.1	181.01	481.43	662.49	0.1978
11	10	183.3	185.41	477.98	663.39	0.1806
12	11	187.1	189.48	474.71	664.19	0.1663
13	12	190.8	193.32	471.59	664.91	0.1541
14	13	194.2	196.94	468.62	665.56	0.1431
15	14	197.4	200.37	465.79	666.16	0.1345
16	15	200.5	203.63	463.08	666.71	0.1264
17	16	203.4	206.74	460.48	667.2	0.1192
18	17	206.2	209.71	457.99	667.7	0.1129
19	18	208.9	212.56	455.57	668.13	0.1071
20	19	211.4	215.3	453.23	668.53	0.1019
21	20	213.9	217.94	450.96	668.9	0.0972
22	21	216.3	220.49	448.75	669.24	0.0929

Tabla. F. Tabla de vapor.

Primera columna la presión absoluta de saturación del agua.

Segunda columna la presión que indica el manómetro del recipiente.

Tercera columna temperatura de saturación del agua a las presiones correspondientes.

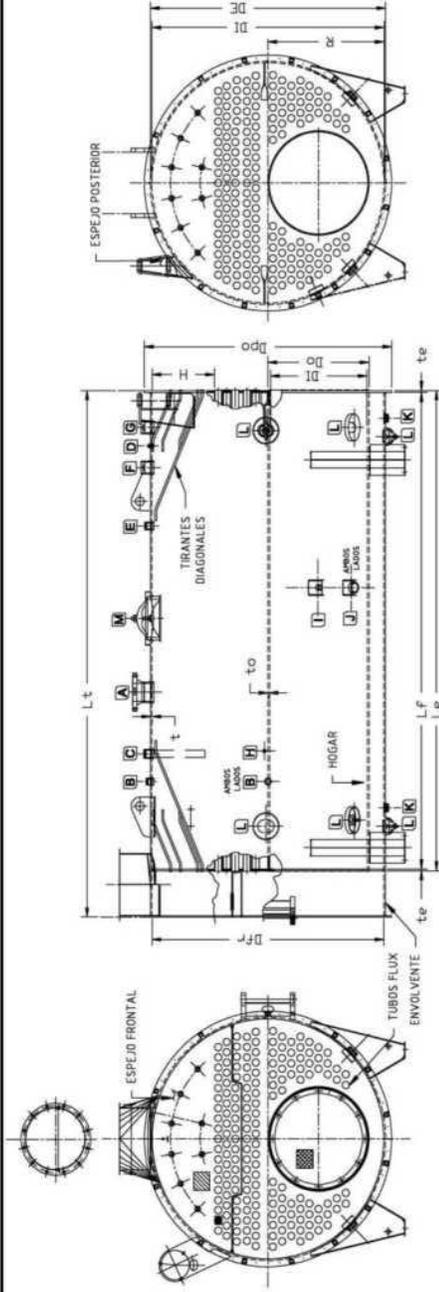
Cuarta columna calor sensible del líquido subenfriado (h_f) a las presiones correspondientes de 0°C a la temperatura de saturación.

Quinta columna calor latente de vaporización a las presiones correspondientes en que se encuentra el agua.

Sexta columna el calor del vapor al salir del recipiente o de la caldera, es la suma del calor sensible del líquido más el calor latente de vaporización.

GENERADOR DE VAPOR

MX-7655



2.0.0 DATOS DE DISEÑO		A.S.M.E BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE	
2.0.1 CODIGO DE DISEÑO:	2010	2.0.1 MATERIAL:	SA-516 GR. 70
2.0.2 EDICION:	01	2.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)
2.0.3 ADENDA:	1	2.0.3 ALTERNATIVA:	SA-516 GR. 70
2.0.4 SECCION:	1	2.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)
2.0.5 PRESION DE DISEÑO:	150 [psi]	2.0.5 RADIO INTERNO:	39.000 [in]
2.0.6 TEM. DISEÑO:	204.445 [°C]	2.0.6 EFICIENCIA DE SOLDADURA:	100%
2.0.7 TEM. DISEÑO TUBOHOGAR:	400 [°F]	2.0.7 FACTOR:	0
2.0.8 PRESION HIDROSTATICA: (1+1.5P)	700 [psi]	2.0.8 FACTOR:	0
2.0.9 FACTOR DE SEGURIDAD:	225 [psi]	2.0.9 FORMULA:	$t = SE \sqrt{\frac{P \cdot R}{S \cdot E}} + C$

3.0.0 ENVOLVENTE		A.S.M.E BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE	
3.0.1 MATERIAL:	SA-516 GR. 70	3.0.1 MIN. ESPESOR REQ.:	0.294 [in]
3.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)	3.0.1 ESPESOR NOMINAL:	0.500 [in]
3.0.3 ALTERNATIVA:	SA-516 GR. 70	3.1.2 FORMULA MAWP:	$P_a = R \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
3.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)	3.1.3 MAWP:	254.483 [psi]
3.0.5 RADIO INTERNO:	39.000 [in]	3.1.4 REF. CODIGO:	PG-27 ASME SEC I
3.0.6 EFICIENCIA DE SOLDADURA:	100%	4.0.0 HOGAR	
3.0.7 FACTOR:	0	4.0.1 MATERIAL:	SA-285 GR. C
3.0.8 FACTOR:	0	4.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	14300 [psi] (SEC II-D)
3.0.9 FORMULA:	$t = SE \sqrt{\frac{P \cdot R}{S \cdot E}} + C$	4.0.3 ESFUERZO MAX. CEDENCIA:	15600 [psi] (SEC II-D)
3.1.0 MIN. ESPESOR REQ.:	0.294 [in]	4.0.5 ESPESOR NOMINAL:	0.625 [in]
3.1.1 ESPESOR NOMINAL:	0.500 [in]	4.0.6 CARTA No.:	CS-2
3.1.2 FORMULA MAWP:	$P_a = R \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	4.0.7 Lado:	4.588
3.1.3 MAWP:	254.483 [psi]	4.0.8 Factor A:	54.400
3.1.4 REF. CODIGO:	PG-27 ASME SEC I	4.0.9 Factor B:	0.000662
4.0.0 HOGAR		4.1.0 Factor B:	483.864
4.0.1 MATERIAL:	SA-285 GR. C	4.1.1 FORMULA MAWP:	$P_a = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
4.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	14300 [psi] (SEC II-D)	4.1.2 MAWP (Pa):	188.878 [psi]
4.0.3 ESFUERZO MAX. CEDENCIA:	15600 [psi] (SEC II-D)	4.1.3 REF. CODIGO:	PG-28, PFT-18 ASME SEC I
4.0.5 ESPESOR NOMINAL:	0.625 [in]		
4.0.6 CARTA No.:	CS-2		
4.0.7 Lado:	4.588		
4.0.8 Factor A:	54.400		
4.0.9 Factor B:	0.000662		
4.1.0 Factor B:	483.864		
4.1.1 FORMULA MAWP:	$P_a = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$		
4.1.2 MAWP (Pa):	188.878 [psi]		
4.1.3 REF. CODIGO:	PG-28, PFT-18 ASME SEC I		

5.0.0 TUBOS FLUX		SA-278 GR. A	
5.0.1 MATERIAL:	SA-278 GR. A	5.0.1 ESFUERZO MAX. PERM.:	12400 [psi] (SEC II-D)
5.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	12400 [psi] (SEC II-D)	5.0.2 ESFUERZO NOMINAL:	0.095 [in] CAL. 13
5.0.3 ESFUERZO NOMINAL:	0.095 [in] (SEC II-D)	5.0.3 CARTA No.:	CS-1
5.0.4 FACTOR A:	62.400	5.0.4 FACTOR B:	26.316
5.0.5 FACTOR B:	0.00162	5.0.5 FACTOR C:	0.00162
5.0.6 FACTOR C:	0.00162	5.0.6 FACTOR D:	7333 [psi]
5.0.7 FACTOR D:	7333 [psi]	5.0.7 FORMULA MAWP:	$P_a = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
5.0.8 FORMULA MAWP:	$P_a = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	5.0.8 MAWP:	371.515 [psi]
5.0.9 MAWP:	371.515 [psi]	5.0.9 REF. CODIGO:	PG-28 ASME SEC I
5.1.0 REF. CODIGO:	PG-28 ASME SEC I	6.0.0 ESPEJOS	
6.0.0 ESPEJOS:		6.0.1 MATERIAL:	SA-516 GR. 70
6.0.1 MATERIAL:	SA-516 GR. 70	6.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)
6.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)	6.0.3 ALTERNATIVA:	SA-516 GR. 70
6.0.3 ALTERNATIVA:	SA-516 GR. 70	6.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)
6.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)	6.0.5 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	198.120 [cm]
6.0.5 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	198.120 [cm]	6.0.6 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	211.455 [cm]
6.0.6 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	211.455 [cm]	6.0.7 ESPESOR:	58.250 [in]
6.0.7 ESPESOR:	58.250 [in]	6.0.8 MAX. PITCH:	5.000 [in]
6.0.8 MAX. PITCH:	5.000 [in]	6.0.9 FORMULA:	$C = 2.2 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot R}{S \cdot E}}$
6.0.9 FORMULA:	$C = 2.2 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot R}{S \cdot E}}$	6.1.0 MIN. ESPESOR REQ.:	0.262 [in]
6.1.0 MIN. ESPESOR REQ.:	0.262 [in]	6.1.1 REF. CODIGO:	PFT-31 ASME SEC I
6.1.1 REF. CODIGO:	PFT-31 ASME SEC I	7.0.0 TIRANTES	
7.0.0 TIRANTES:		7.0.1 MATERIAL:	SA-675 GR. 60
7.0.1 MATERIAL:	SA-675 GR. 60	7.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	17100 [psi] (SEC II-D)
7.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	17100 [psi] (SEC II-D)	7.0.3 ALTERNATIVA:	SA-675 GR. 70
7.0.3 ALTERNATIVA:	SA-675 GR. 70	7.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	19900 [psi] (SEC II-D)
7.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	19900 [psi] (SEC II-D)	7.0.5 DIAMETRO TIRANTE:	1.14 [in]
7.0.5 DIAMETRO TIRANTE:	1.14 [in]	7.0.6 TIPO DE TIRANTE:	DIAGONAL
7.0.6 TIPO DE TIRANTE:	DIAGONAL	7.0.7 No. TIRANTES/PRESIO:	8
7.0.7 No. TIRANTES/PRESIO:	8	7.0.8 REF. CODIGO:	PFT-25 ASME SEC I, PG-28 ASME SEC I
7.0.8 REF. CODIGO:	PFT-25 ASME SEC I, PG-28 ASME SEC I	8.0.0 SUPERFICIE DE CALEFACCION	
8.0.0 SUPERFICIE DE CALEFACCION:		8.0.1 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE HOGAR:	10.272 [m²]
8.0.1 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE HOGAR:	10.272 [m²]	8.0.2 FORMULA:	$SCH = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
8.0.2 FORMULA:	$SCH = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	8.0.3 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE TUBOS:	128.794 [m²]
8.0.3 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE TUBOS:	128.794 [m²]	8.0.4 FORMULA:	$SCT = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
8.0.4 FORMULA:	$SCT = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	8.0.5 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE ESPEJOS:	15.122 [m²]
8.0.5 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE ESPEJOS:	15.122 [m²]	8.0.6 FORMULA:	$SCE = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
8.0.6 FORMULA:	$SCE = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$		

11.0.0 COLUMNA DE CONEXIONES		SA-105	
11.0.1 MATERIAL:	SA-105	11.0.1 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE HOGAR:	10.272 [m²]
11.0.1 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE HOGAR:	10.272 [m²]	11.0.2 FORMULA:	$SCH = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
11.0.2 FORMULA:	$SCH = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	11.0.3 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE TUBOS:	128.794 [m²]
11.0.3 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE TUBOS:	128.794 [m²]	11.0.4 FORMULA:	$SCT = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
11.0.4 FORMULA:	$SCT = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	11.0.5 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE ESPEJOS:	15.122 [m²]
11.0.5 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE ESPEJOS:	15.122 [m²]	11.0.6 FORMULA:	$SCE = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
11.0.6 FORMULA:	$SCE = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$		

12.0.0 TUBOS FLUX		SA-278 GR. A	
12.0.1 MATERIAL:	SA-278 GR. A	12.0.1 ESFUERZO MAX. PERM.:	12400 [psi] (SEC II-D)
12.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	12400 [psi] (SEC II-D)	12.0.2 ESFUERZO NOMINAL:	0.095 [in] CAL. 13
12.0.3 ESFUERZO NOMINAL:	0.095 [in] (SEC II-D)	12.0.3 CARTA No.:	CS-1
12.0.4 FACTOR A:	62.400	12.0.4 FACTOR B:	26.316
12.0.5 FACTOR B:	0.00162	12.0.5 FACTOR C:	0.00162
12.0.6 FACTOR C:	0.00162	12.0.6 FACTOR D:	7333 [psi]
12.0.7 FACTOR D:	7333 [psi]	12.0.7 FORMULA MAWP:	$P_a = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
12.0.8 FORMULA MAWP:	$P_a = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	12.0.8 MAWP:	371.515 [psi]
12.0.9 MAWP:	371.515 [psi]	12.0.9 REF. CODIGO:	PG-28 ASME SEC I
12.1.0 REF. CODIGO:	PG-28 ASME SEC I	13.0.0 ESPEJOS	
13.0.0 ESPEJOS:		13.0.1 MATERIAL:	SA-516 GR. 70
13.0.1 MATERIAL:	SA-516 GR. 70	13.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)
13.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)	13.0.3 ALTERNATIVA:	SA-516 GR. 70
13.0.3 ALTERNATIVA:	SA-516 GR. 70	13.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)
13.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	20000 [psi] (SEC II-D)	13.0.5 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	198.120 [cm]
13.0.5 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	198.120 [cm]	13.0.6 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	211.455 [cm]
13.0.6 DIAMETRO ESPEJO POSTERIOR:	211.455 [cm]	13.0.7 ESPESOR:	58.250 [in]
13.0.7 ESPESOR:	58.250 [in]	13.0.8 MAX. PITCH:	5.000 [in]
13.0.8 MAX. PITCH:	5.000 [in]	13.0.9 FORMULA:	$C = 2.2 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot R}{S \cdot E}}$
13.0.9 FORMULA:	$C = 2.2 \cdot \sqrt{\frac{P \cdot R}{S \cdot E}}$	13.1.0 MIN. ESPESOR REQ.:	0.262 [in]
13.1.0 MIN. ESPESOR REQ.:	0.262 [in]	13.1.1 REF. CODIGO:	PFT-31 ASME SEC I
13.1.1 REF. CODIGO:	PFT-31 ASME SEC I	14.0.0 TIRANTES	
14.0.0 TIRANTES:		14.0.1 MATERIAL:	SA-675 GR. 60
14.0.1 MATERIAL:	SA-675 GR. 60	14.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	17100 [psi] (SEC II-D)
14.0.2 ESFUERZO MAX. PERM.:	17100 [psi] (SEC II-D)	14.0.3 ALTERNATIVA:	SA-675 GR. 70
14.0.3 ALTERNATIVA:	SA-675 GR. 70	14.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	19900 [psi] (SEC II-D)
14.0.4 ESFUERZO MAX. PERM.:	19900 [psi] (SEC II-D)	14.0.5 DIAMETRO TIRANTE:	1.14 [in]
14.0.5 DIAMETRO TIRANTE:	1.14 [in]	14.0.6 TIPO DE TIRANTE:	DIAGONAL
14.0.6 TIPO DE TIRANTE:	DIAGONAL	14.0.7 No. TIRANTES/PRESIO:	8
14.0.7 No. TIRANTES/PRESIO:	8	14.0.8 REF. CODIGO:	PFT-25 ASME SEC I, PG-28 ASME SEC I
14.0.8 REF. CODIGO:	PFT-25 ASME SEC I, PG-28 ASME SEC I	15.0.0 SUPERFICIE DE CALEFACCION	
15.0.0 SUPERFICIE DE CALEFACCION:		15.0.1 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE HOGAR:	10.272 [m²]
15.0.1 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE HOGAR:	10.272 [m²]	15.0.2 FORMULA:	$SCH = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
15.0.2 FORMULA:	$SCH = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	15.0.3 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE TUBOS:	128.794 [m²]
15.0.3 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE TUBOS:	128.794 [m²]	15.0.4 FORMULA:	$SCT = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
15.0.4 FORMULA:	$SCT = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$	15.0.5 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE ESPEJOS:	15.122 [m²]
15.0.5 SUPERFICIE DE CALEFACCION DE ESPEJOS:	15.122 [m²]	15.0.6 FORMULA:	$SCE = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$
15.0.6 FORMULA:	$SCE = \frac{4 \cdot B}{S \cdot E} \sqrt{\frac{S \cdot E}{C}}$		

16.0.0 VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION		SA-208 GR. C	
16.0.1 MATERIAL:	SA-208 GR. C	16.0.1 PRESION DE ALIVIO:	150 [psi]
16.0.1 PRESION DE ALIVIO:	150 [psi]	16.0.2 MARCA:	KUNKLE
16.0.2 MARCA:	KUNKLE	16.0.3 TAMANO:	150 [mm]
16.0.3 TAMANO:	150 [mm]	16.0.4 AREA:	5.568 [cm²]
16.0.4 AREA:	5.568 [cm²]	16.0.5 CAPACIDAD:	2891.940 [kg/hr]
16.0.5 CAPACIDAD:	2891.940 [kg/hr]	16.0.6 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.6 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.7 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.7 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.8 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.8 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.9 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.9 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.10 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.10 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.11 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.11 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.12 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.12 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.13 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.13 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.14 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.14 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.15 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.15 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.16 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.16 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.17 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.17 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.18 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.18 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.19 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.19 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.20 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.20 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.21 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.21 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.22 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.22 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.23 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.23 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.24 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.24 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.25 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.25 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.26 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.26 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.27 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.27 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.28 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.28 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.29 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.29 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.30 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.30 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.31 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.31 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.32 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.32 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.33 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.33 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.34 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.34 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.35 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.35 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.36 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.36 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.37 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.37 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.38 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.38 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.39 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.39 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.40 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.40 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.41 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.41 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.42 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.42 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.43 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.43 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.44 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.44 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.45 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.45 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.46 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.46 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.47 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.47 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.48 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.48 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.49 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.49 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.50 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.50 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.51 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.51 SERVICIO:	CONTROL WARRICK	16.0.52 SERVICIO:	CONTROL WARRICK
16.0.52 SERVICIO:			

BIBLIOGRAFIA.

SELMEC Manual Oficial Cleaver Brooks PDF.

CURSO OPERACION Y MANTENIMIENTO A CALDERAS PDF por ing. Emiliano Canto Quintal.

Calderas Módulo II-2015 PDF.

Calderas Mantenimiento PDF.

FUNDAMENTOS FÍSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE CALDERAS PDF.

Shield Carl D. CALDERAS TIPOS Y FUNCIONES Editorial Continental, México 1984.

Trabajo de COMBUSTION Power Point por Ing. Emiliano Canto Quintal.

EFICIENCIA EN CALDERAS PIROTUBULARES 2016 Power Point por Ing. Emiliano Canto Quintal.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail-img/toda-la-casa-de-retrolavado-de-sedimentos-pre-filtro-de-agua-de-lat-n-de-malla-de-acero-inoxidable-60449369895>

<http://solenin.com.co/product/boquilla-flujo-simple-100-psi-3-8/>

http://www.academia.edu/9520944/Operacion_de_calderas_manualesydiagramas_blogspot_com

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5135962&fecha=19/03/2010

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5128000&fecha=14/01/2010

https://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=75

<http://cypros.mx/wp-content/uploads/2014/06/FTCB-700CC.pdf>