

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO A CALDERA PIROTUBULAR DE**  
**BAJA PRESION DOMICILIARIAS**

Trabajo de titulación para optar al Título de  
Técnico Universitario en MANTENIMIENTO  
INDUSTRIAL

Alumno:

Benjamín Andrés Díaz Marín

Profesor guía:

Ing. Alejandro Badilla Bello

**2020**

## RESÚMEN

**KEYWORDS:** MANTENIMIENTO, CALDERAS, QUEMADORES

Inicialmente se efectuará una recopilación de información general relevante a lo que corresponde a la sala de caldera, nombrando normas, decretos y leyes que entran a regular el funcionamiento y generación de ACS en una sala de caldera, los criterios para elegir una caldera, el cómo se genera el ACS, los componentes principales y secundarios para la generación de ACS, todo esto para que el lector tenga un conocimiento base de lo que implica la generación de ACS y se logre entender cómo funciona el sistema con todos sus componentes en conjunto.

Teniendo el conocimiento base comienza el proceso de análisis de fallas para lo cual en el capítulo dos se explicara como es la metodología de la herramienta de análisis llamada FMEA en abreviatura a su nombre completo en inglés, entendiendo su metodología y el cómo se debe crear se realizara uno del equipo en el que se centra este trabajo, la caldera de ACS, en el que se podrá extraer las posibles fallas que podría tener la caldera y el cómo se pueden detectar. Con esta herramienta se busca orientar las acciones a tomar en el mantenimiento.

Finalmente se detallará los tipos de mantenimiento que existen y las filosofías de mantenimiento que actualmente son utilizadas en la industria, y lo último es la creación de procedimientos de mantenimiento preventivo basándose en el análisis de las fallas efectuados en el capítulo anterior. El mantenimiento preventivo consistirá en tareas a realizar con cierta periodicidad, detallando el paso a paso, los riesgos implicados, y las herramientas a utilizar. También se creará un plan de mantenimiento correctivo de forma sencilla de entender para el lector y el usuario donde se expondrá la falla y las soluciones de este. Todo esto para lograr cumplir el objetivo principal del trabajo que es crear un plan de mantenimiento con el fin de mantener una continuidad operacional de la caldera generadora de ACS.

## ÍNDICE

**RESUMEN**

**SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS**

**INTRODUCCIÓN**

**OBJETIVOS**

<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES</b>	<b>3</b>
1. ANTECEDENTES GENERALES	4
1.1. PRESENTACIÓN DEL TEMA	4
1.2. GENERALIDADES DE ACS Y CALEFACCIÓN	5
1.2.1. Como se genera el ACS	5
1.2.2. Normas, reglamento y leyes relacionadas a la producción de ACS y calefacción en Chile	7
1.3. SALA DE CALDERA	8
1.3.1 Componentes secundarios de la sala de caldera	8
1.4. CALDERA	12
1.4.1. Caldera pirotubular horizontal o tubos múltiples	12
<b>CAPITULO2: IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FALLAS EN CALDERA</b>	<b>18</b>
2. IDENTIFICACION DE POSIBLES FALLAS EN CALDERA	19
2.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA	19
2.2. FMEA	19
2.2.1. Metodología de una FMEA	20

2.3. EJECUCIÓN Y ANÁLISIS DE FMEA	22
2.3.1. Ejecución del FMEA	22
2.3.2. Análisis de falla	26
<b>CAPITULO3: PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	29
3. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	30
3.1. PRESENTACIÓN DEL TEMA	33
3.2. MANTENIMIENTO	30
3.3. EJECUCIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO	
PREVENTIVO Y CORRECTIVO	33
3.3.1. Plan de mantenimiento preventivo	33
3.3.2. Plan de mantenimiento correctivo	43
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	46
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	47

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura: 1-1. Sistema de alimentación de ACS y Calefacción en edificios	6
Figura 1-2. Intercambiador de placas	9
Figura 1-3. Acumulador con serpentín	10
Figura 1-4. Estanque de expansión	11
Figura 1-5. Quemador de combustible gaseoso	15
Figura 1-6. Esquema de caldera pirotubular	16
Figura 1-7. Componentes de caldera	17

Figura 2-1.	Imagen de ejemplo de FMEA	22
Figura 2-2.	Caldera pirotubular con hollín.	26
Figura 2-3.	Valores referenciales de combustión.	27
Figura 3-1.	Valores referentes a gases de combustión	36
Figura 3-2.	Quemador a gas	41

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Análisis funcional SIPOC de producción de ACS.	23
Tabla 2.2	FMEA Caldera de ACS.	23
Tabla 3-1.	Tareas de mantenimiento preventivo.	33
Tabla 3-2.	Mediciones eléctricas.	34
Tabla 3-3.	Gases de combustión.	35
Tabla 3-4.	Limpieza interna de caldera.	36
Tabla 3-5.	Detección de fugas.	37
Tabla 3-6.	Inspección de vaso de expansión.	38
Tabla 3-7.	Inspección cabezal de combustión y ventilador.	39
Tabla 3-8.	Lista de componentes a cambiar.	41
Tabla 3-9.	Check List mantenimiento preventivo.	42
Tabla 3-10.	Mantenimiento correctivo	44

## **SIGLAS Y SIMBOLOGÍA**

### **SIGLAS**

ACHC	: Asociación chilena de la construcción
ACHS	: Asociación chilena de la seguridad
ACS	: Agua caliente sanitaria
DS	: Decreto supremo
EPP	: Elemento de protección personal
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis o en español Modo de falla y efecto
ISO	: International Organization for Standardization, que traduce al español Organización Internacional de Estandarización
MINSAL	: Ministerio de salud de Chile
MINVU	: Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile
NASA	: National Aeronautics and Space Administration o en español, Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos
NCH	: Norma chilena
SC	: Superficie de calefacción
USD	: United States Dollars o dólar de los Estados Unidos

### **SIMBOLOGÍA**

N°	: Numero
KW	: kilo Watt

KG/CM2	: kilogramo por centímetro cuadrado
LTRS X M2	: litros por metro cuadrado
KCAL/H	: kilo caloría por hora
°C	: grados centígrados
V	: voltio o volt
μA	: microamperios
CO	: monóxido de carbono
CO2	: dióxido de carbono
MM	: milímetro

## **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo de título surge en respuesta de una problemática observada por la persona que desarrollo este trabajo de título durante su práctica profesional de dos meses realizada en una pequeña empresa llamada PROMANT dedicada al mantenimiento de sala de calderas entre otras actividades de su rubro. Al estar realizando su práctica profesional la persona se da cuenta que existen muchos recintos dentro de la quinta región en donde se utilizan calderas piro tubulares de baja presión o calderas de ACS, desde consultorios, edificios residenciales, hospitales, hoteles y que trabajan 24 / 7 todo el año abasteciendo de agua caliente y a veces también de calefacción, significando una gran inversión ya que las calderas de este tipo van desde USD 5.395 la caldera más pequeña hasta una de USD 80.000 y los quemadores de gas natural de baja potencia desde USD 1.611 hasta quemadores de gas natural de media potencia de USD 15.261 y estos valores solo significa el costo del producto sin contar todo el trabajo de instalación y el costo de los otros elementos que coexisten dentro de la sala de caldera. Por ende, para aquellas personas o entidades que hacen esta inversión es importantísimo que se cuiden y debido a esta necesidad es que nacen empresas dedicadas al mantenimiento de estos equipos, sin embargo el mantenimiento que se les realiza no es completo y no existe un procedimiento de cómo realizar estas tareas de mantenimiento por ello se realiza este trabajo para poder realizar un plan de mantenimiento que se adapte a las necesidades de la caldera y crear procedimiento de mantenimiento preventivo para que exista una estandarización independiente de la persona que realice el mantenimiento, se mantenga la calidad en el servicio y se mantenga la continuidad operacional del equipo.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar propuesta de Plan de Mantenimiento estándar para calderas de producción de ACS y calefacción con el fin de mantener continuidad operacional.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar equipos de una sala de caldera domiciliaria con revisión técnica de partes y componentes del sistema para posterior elaboración de un FMEA.
- Elaborar un FMEA para análisis y detección de posibles fallas en caldera pirotubular de ACS para futura elaboración de plan de mantenimiento.
- Realizar plan de mantenimiento preventivo y correctivo con procedimientos y tareas a realizar para la caldera de ACS.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1. PRESENTACIÓN DEL TEMA**

Edificios, condominios, centros médicos, hoteles son algunos lugares recurrentes donde se utiliza un sistema de sala de calderas o también llamada centrales térmicas para proveer de servicios básicos de agua caliente sanitaria y de calefacción a todo el establecimiento o domicilio dado que son lugares donde hay una gran cantidad de usuarios se necesita un equipo que de abasto con las exigencias de todos los consumidores cuando ellos lo requieran, por ende el uso de calefón en edificaciones de mayor envergadura no satisfacen las necesidades de los usuarios y el uso de salas de caldera en esos casos es más conveniente. Dado que son equipos que operan durante todo el día todos los días, es necesario la implementación de un plan mantenimiento apto que permita la continuidad operacional del sistema de generación de agua caliente y que permitan que el equipo perdure por el tiempo ya que la Instalación de una sala de calderas representan un gran costo de inversión. Durante el desarrollo de este capítulo se expondrá los principios de funcionamiento de una sala de caldera, los componentes imprescindibles que se encuentran en estas, de esa forma se tendrá una visión macro de la generación de ACS, después se pasará a lo más específico en donde se enfocará en la caldera Monoblock de chapa de acero las cuales son distribuidas por la empresa ANWO la cual posee una de sus sucursales en Viña del Mar, aunque el quemador y la caldera se venden aparte cada una, se considerará el quemador en conjunto con la caldera y no como un componente ajeno a esta ya que el quemador se ensambla con la caldera porque tienen que trabajar en armonía con esta para poder cumplir con el objetivo de abastecer de ACS a toda la edificación. Teniendo los principios de funcionamiento de la sala de la caldera y de la caldera identificados, se pasará al capítulo 2 en donde se aplicará el conocimiento de las calderas para realizar un análisis de las posibles fallas y sus efectos que encaminará a la creación de un plan de mantenimiento que se adecua a las necesidades del equipo cumpliendo el objetivo de mantener una continuidad operacional.

## 1.2 GENERALIDADES DE ACS Y CALEFACCIÓN

En el Manual de Instalaciones Térmicas de la Cámara Chilena de la Construcción, con la participación del Comité de Especialidades, la Gerencia de Estudios, Empresas del Rubro y la Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G. publicada en el año 2008 ha definido la generación de ACS como “el proceso por el cual el agua se calienta para ser utilizada en baños, cocina y lavaderos. La generación de agua caliente se logra por medio de artefactos individuales o centrales térmicas, que en algunos casos es la misma que provee calefacción a la edificación”.

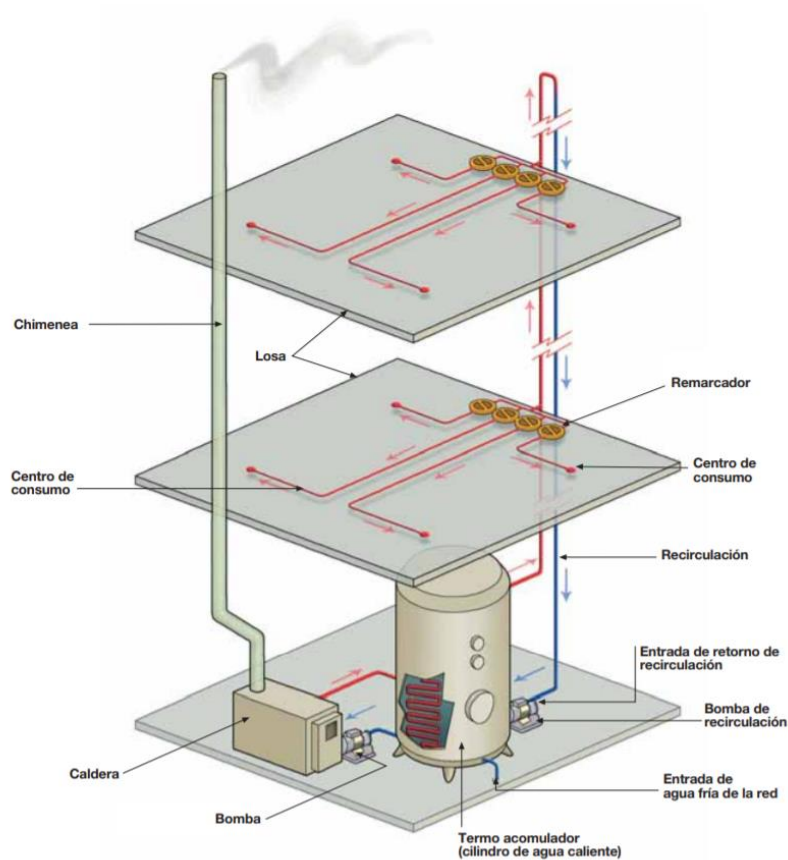
En las edificaciones en las que se enfoca este trabajo, la generación de ACS y calefacción es gracias al proceso por el cual el agua es calentada por medio de una central térmica o sala de caldera, entendiéndose que en la central térmica interactúan distintos componentes y equipos destinados a lograr el mismo objetivo.

### 1.2.1 Como se genera el ACS

La generación parte desde la caldera la cual posee una cantidad de agua en su interior la que será calentada entre 65° C y 90° C, esta agua gracias a cañerías y bomba centrífuga circulara hasta un intercambiador de placas o por un serpentín del termo acumulador y se devolverá a la caldera para que mantenga su temperatura, el agua que circula por la caldera es un circuito cerrado y se denomina circuito primario, la que se encarga de transferir su energía calórica. Del circuito primario se deriva una línea de servicio de calefacción que entrega calor a los departamentos mediante radiadores, piso radiante y cielo radiante, esta línea de servicio es parte del circuito cerrado que retorna a la caldera (ver figura 1-1).

El circuito primario calienta el agua de consumo o también llamado circuito secundario, por medio de un intercambiador de placas o un termo acumulador, y el agua de consumo que se almacena en los acumuladores debe ser 60°C ya que de esa forma se mata la bacteria de la Legionella, los acumuladores poseen acuastato que se regulan a la temperatura que se quiere mantener el agua y que al llegar a 60°C manda una señal que detiene el funcionamiento de la caldera. El agua de consumo almacenada en los acumuladores es impulsada por bombas que se mantienen siempre en funcionamiento impulsando el agua por las cañerías y terminales de

consumo como por ejemplo duchas o llaves de pasos, y el agua que no fue consumida es devuelta a él acumulador por el circuito de retorno, gracias a esto los usuarios siempre tendrán agua caliente a su disposición, de no existir un circuito de retorno los usuarios tendrían que esperar a vaciar toda la columna de agua que hay entre una terminal de consumo y el acumulador para recién obtener el agua caliente, pero gracias a el circuito de retorno siempre hay agua caliente sanitaria para todos los usuarios.



Fuente: Manual de instalaciones Térmicas de la Cámara Chilena de la Construcción

Figura: 1-1 Sistema de alimentación de ACS y Calefacción en edificios

## 1.2.2 Normas, Reglamento y Leyes relacionadas a la producción de ACS y calefacción en Chile

En Chile existen normas y reglamentos que se deben considerar al momento de realizar un proyecto de ACS y calefacción para siempre resguardar la seguridad, salud y bienestar de las personas, equipos y medio ambiente.

Los reglamentos obligatorios para considerar son los siguientes

- D.S. N° 66 - 2007 Reglamento de Instalaciones Interiores y Medidores de Gas. Ministerio de Economía.

- D.S. N° 47 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. MINVU

- D.S. N° 146 Norma de emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas. MINSAL

- D.S. N° 594 - 1999 Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de Trabajo. MINSAL

- D.S. N° 37 - 2007 Reglamento que establece las normas aplicables a las importaciones de sustancias agotadoras de la capa de ozono comprendida en los anexos del Protocolo de Montreal, los volúmenes máximos de importación en el tiempo y los criterios de distribución. Decreto de la Secretaría General de la Republica del 28 de febrero de 2007 y publicado el 11 de septiembre del mismo año.

Existen normas que se pueden considerar como es

- NCh352.Of1961 Condiciones acústicas que deben cumplir los edificios.

- NCh352/1.Of2000 Aislación acústica - Parte 1: Construcción de uso habitacional - Requisitos mínimos y ensayos.

- NCh853.Of1991 Acondicionamiento térmico - Envolvente térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

- NCh1070.Of1984 Aislación térmica – poliestireno expandido - Requisitos.

- NCh1071.Of1984 Aislación térmica - Lana Mineral - Requisitos.

- NCh1079.Of1977 Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

- NCh1914/1. Of1984 Prevención de incendios en edificios - Ensayo de reacción al fuego - Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.

- NCh1914/2. Of1984 Prevención de incendios en edificios - Ensayo de reacción al fuego - Parte 2: Determinación del calor de combustión de materiales en general.

- Ley 20.096 - 2006 Establece Mecanismos de Control Aplicables a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono.

### **1.3 SALA DE CALDERA**

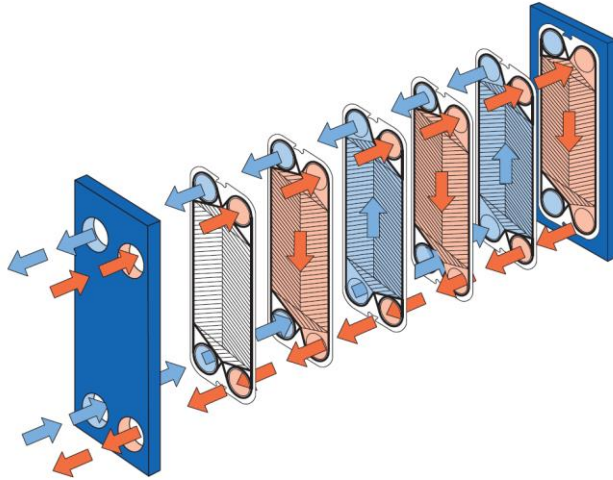
Las salas de caldera o también llamadas centrales térmicas son locales técnicos destinados a albergar los equipos de producción de calor, para entregar servicios de calefacción y/o agua caliente sanitaria.

La generación de agua caliente sanitaria es el proceso por el cual el agua se calienta para ser utilizado en baños, cocina y lavaderos. La generación de agua caliente se logra por medio de artefactos individuales o centrales térmicas, que en algunos casos es la misma que provee calefacción a la edificación.

#### **1.3.1 Componente secundarios de la sala de caldera**

Dentro de una central térmica o sala de caldera se encuentran varios equipos que cooperan para la producción de agua caliente sanitaria del edificio y que a continuación se describirán los más relevantes a excepción de la caldera pirotubular que será descrito en el próximo subtema:

-Intercambiador de calor de placas: Este intercambiador de calor es usado para transferir calor de un fluido a otro. La transferencia de calor se produce al interior de las placas. Esto es posible debido a que las placas están formadas con una cámara de aire entre ellas por las cuales pueden fluir ambos fluidos intercambiando calor entre las placas (ver Figura 1-2). El número de placas utilizadas depende de su capacidad de intercambio de calor (kW). Cuantas más placas tenga, mayor será su capacidad de intercambio de calor.



Principio de funcionamiento de un intercambiador de placas

Fuente: frostec

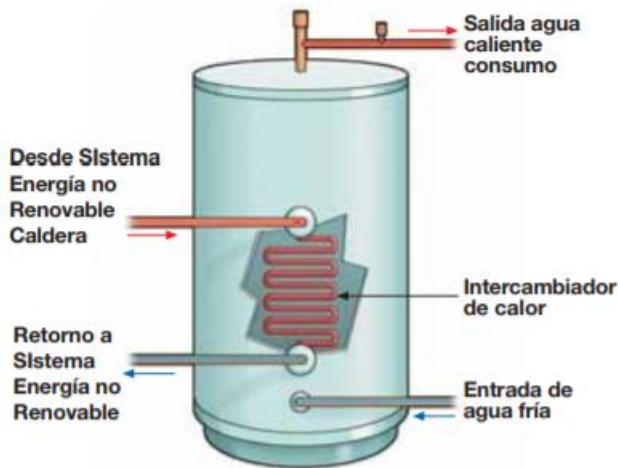
Figura 1-2. Intercambiador de placas

-Acumuladores para agua caliente: Depósito o depósitos aislado térmicamente que almacenan el agua caliente, incrementando la capacidad de conservar la energía térmica del sistema. Si no existieran estos elementos de acumulación y conservación de agua caliente, los equipos generadores de agua caliente o calderas estarían sometidos a un trabajo constante que provocaría un envejecimiento prematuro, pero con estanque acumuladores la producción de agua caliente se realiza en intervalos más largos y con menos frecuencia. Y los acumuladores permiten la utilización de generadores de calor o calderas de potencia más reducida a la demanda máxima puntual del sistema.

En algunos edificios donde hay salas de caldera se encuentra un tipo distinto de acumulador llamado acumulador con serpentín (ver figura 1-3), los cuales integran un intercambiador de calor en forma helicoidal dentro de este, por lo cual estas salas de calderas no usan un intercambiador de placas para calentar el agua que se usará.

Un componente muy importante que poseen estos equipos de acumulación de ACS es el ánodo de sacrificio o ánodo galvánico el cual cumple la función de proteger contra la corrosión las estructuras metálicas sumergidas en el tanque, estos están hechos de una aleación metálica con

mayor tendencia a la corrosión que el metal de la estructura a proteger, por ende, es vital para la perduración del acumulador de ACS el mantenimiento periódico del ánodo de sacrificio.



Fuente: Manual de instalaciones Térmicas de la Cámara Chilena de la Construcción

Figura 1-3. Acumulador con serpentín

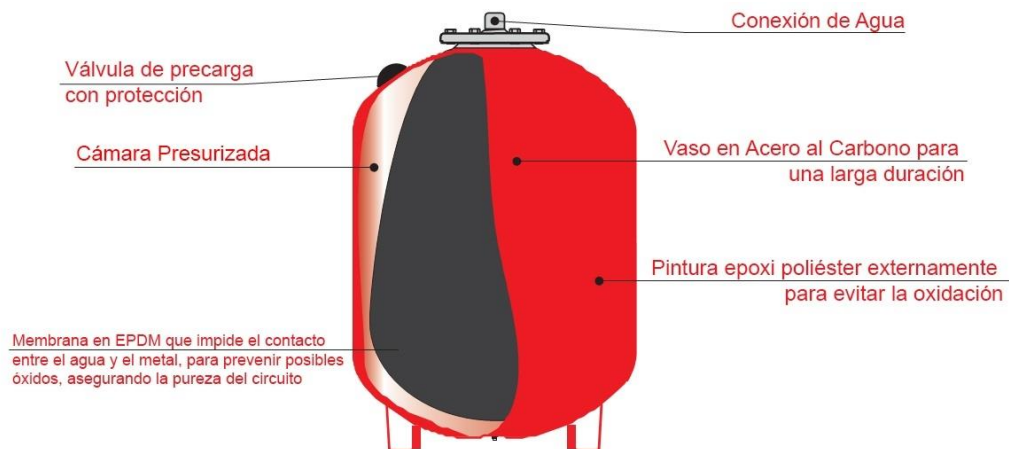
-Bombas: Son unidades encargadas de impulsar agua en una instalación térmica. En las salas de caldera se encuentran tres tipos de bombas las cuales son, las bombas principales, las bombas de recirculación y las bombas de retorno.

Las bombas principales tienen la función de hacer circular el agua del sistema primario por los intercambiadores de calor (ya sea el intercambiador de placas o el serpentín de los acumuladores) para incrementar la temperatura del agua sanitaria, y posterior a ello retorne a la caldera.

Las bombas de recirculación son las encargadas de impulsar el agua caliente sanitaria que se encuentra en los acumuladores a los intercambiadores de calor de placas con el objetivo de que el agua sanitaria que se encuentra dentro del acumulador mantenga una temperatura mínima aceptable. Esta bomba se emplea en el caso de que la sala de caldera tenga intercambiador de calor de placas ya que si tuviera un acumulador con serpentín no sería necesaria esta bomba.

Las bombas de retorno cumplen la función de transportar el agua devuelta desde el punto más alejado de la red de servicio hasta el acumulador. Ayudando a mantener un nivel de temperatura aceptable en toda la red de servicio de agua caliente sanitaria, aun cuando no se demande consumo por largos intervalos de tiempo.

-Estanque de expansión: Es un elemento de seguridad que se implementa en cualquier circuito cerrado debido a las variaciones de volumen y de presión por los cambios de temperatura. En el circuito primario de la caldera es necesaria la implementación de un estanque de expansión ya que cumple con la función de absorber estas variaciones de presión y volumen, manteniendo una presión constante predeterminada. El estanque de expansión consiste en un depósito metálico dividido en el interior en dos zonas a través de una membrana elástica impermeable (ver Figura 1-4). Una zona está en contacto con el circuito primario de la caldera y por tanto llena de agua y una segunda zona llena de aire a la presión de trabajo.



Fuente: Saincal

Figura 1-4. Estanque de expansión

-Válvula de seguridad: La válvula de seguridad o válvula de alivio de presión es un elemento de seguridad que tiene la función de proteger el sistema de presiones excesivas cuando estas superan a las del estanque de expansión. Las presiones excesivas en el sistema pudieran generar problemas en el funcionamiento y en la seguridad, con fugas de agua caliente a mucha

presión en la instalación. La válvula de seguridad se abre y expulsa el exceso de agua cuando supera la presión nominal de la caldera.

-Válvula de purga de aire automática: Las válvulas automáticas de purga de aire se utilizan en los circuitos cerrados para evacuar automáticamente el aire contenido en el fluido, mediante un obturador controlado por un flotador que está en contacto con el líquido de la instalación. Siempre debe instalarse las purgas en la parte más alta de la red ya que el aire que hubiera en la red va a tender a subir y estar en la parte más alta de la red.

-Instrumentos de control y medición: Los instrumentos de medición y control son una parte esencial de las salas de caldera modernas ya que entregan información de la condición de trabajo de los equipos que permite detectar anomalías en estos y evitar posibles fallas. Se mencionará dos instrumentos que se encuentran en estas salas de caldera.

Manómetro: Es un instrumento destinado a medir la presión efectiva o relativa a la presión atmosférica, que ejerce un fluido contenido en un recipiente o en un circuito a presión.

Termostato: Instrumento de control automático, que mantiene la temperatura dentro de rangos preestablecidos, en el interior de una caldera.

## 1.4 CALDERA

Al buscar información sobre calderas en libros relacionados o sitios en la web se encuentra que las calderas son recipientes metálicos que trabajan a una alta temperatura y presión, que mediante la transferencia de calor es que logra calentar el líquido dentro de ella o cambiar de estado líquido a gaseoso según el objetivo para el que se adquirió. Según el Decreto Supremo 10 se entenderá que la caldera es una unidad principal diseñada para generar agua caliente, calentar un fluido térmico o para generar vapor de agua, mediante la acción del calor. Estas. Definiciones ayudan a entender la importancia que cumple dentro de la industria o las residencias el tener una caldera y teniendo las definiciones claras se profundizará cada vez más el tema a medida que se avance en este trabajo.

Cabe señalar que dentro del mercado de las calderas se encuentra una gran variedad de ellas y que se clasificaran de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Atendiendo a su posición:
  - a) Horizontales
  - b) Verticales
2. Atendiendo a su instalación:
  - a) Fija o estacionaria
  - b) Móviles o portátiles
3. Atendiendo a la ubicación del hogar:
  - a) De hogar interior
  - b) De hogar exterior
4. Atendiendo a la circulación de los gases:
  - a) Recorrido en un sentido (de un paso)
  - b) Con retorno simple (de dos pasos)
  - c) Con retorno doble (de tres pasos)
5. Con respecto a su forma de calefacción:
  - a) Cilíndrica sencilla de hogar exterior
  - b) Con un tubo hogar (liso o corrugado)
  - c) Con dos tubos hogares (liso o corrugado)
  - d) Con tubo Galloway (calderas horizontales o verticales)
  - e) Con tubos múltiples de humo (igneotubulares o pirotubulares)
  - f) Con tubos múltiples de agua (hidrotubulares o acuotubulares)
  - g) Con tubos múltiples de agua y tubos múltiples de humo (acuopiro-tubular o mixtas)
6. De acuerdo con la presión del vapor que producen:
  - a) De baja presión (hasta 2,0 kg/cm<sup>2</sup>)
  - b) De mediana presión (sobre 2,0 kg/cm<sup>2</sup> hasta 10 kg/cm<sup>2</sup>)
  - c) De alta presión (sobre 10 kg/cm<sup>2</sup> hasta 225 kg/cm<sup>2</sup>)
  - d) Supercríticas (sobre 225 kg/cm<sup>2</sup>)
7. Con respecto al volumen de agua que contienen en relación con su superficie de calefacción:
  - a) De gran volumen de agua (más de 150 Ltrs. x m<sup>2</sup> de superficie de calefacción SC)

b) De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 Ltrs. x m<sup>2</sup> de SC)

c) De pequeño volumen de agua (menos de 70 Ltrs. x m<sup>2</sup> de SC)

8. Según su utilización:

a) De vapor

b) De agua caliente

9. Según la circulación del agua dentro de la caldera:

a) Circulación natural: El agua circula por efecto térmico

b) Circulación forzada: El agua se hace circular mediante bombas.

10. Según el tipo de combustible:

a) De combustible sólido

b) De combustible líquido

c) De combustible gaseoso

En este trabajo solo se vera la caldera pirotubular de tres pasos de humo horizontal de agua caliente SuperRAC-IVAR que comercializa la empresa ANWO.

#### 1.4.1 Caldera pirotubular horizontal o tubos múltiples

Las calderas horizontales con tubos múltiples de humo, hogar interior y retorno simple o doble retorno son las llamadas calderas escocesas y son las de aplicación más frecuente en nuestro país según la ACHS. Estas calderas, como cualquier otro tipo, pueden ser utilizadas con hogar para quemar carbón, leña o bien con quemadores de petróleo. Esta clase de calderas tienen características que las hacen ventajosas en ciertos aspectos y que en otras carece, que son las siguientes.

Ventajas:

- Menor costo inicial, debido a la simplicidad de diseño en comparación con las acuotubulares de igual capacidad.
- Mayor flexibilidad de operación, ya que el gran volumen de agua permite absorber fácilmente las fluctuaciones en la demanda de vapor.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación, porque las incrustaciones formadas en el exterior de los tubos son más fáciles de atacar y son eliminadas por las purgas.
- Facilidad de inspección, reparación y limpieza.

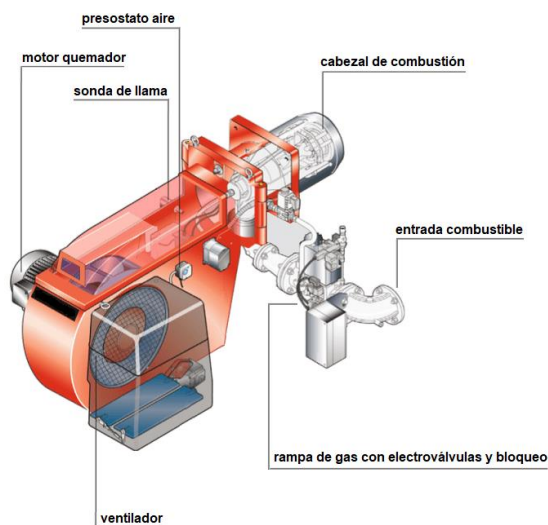
### Desventajas:

- Mayor tamaño y peso que las acuotubulares de igual capacidad.
- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- Gran peligro en caso de explosión o ruptura, debido al gran volumen de agua almacenado.
- No son empleadas para altas presiones.
- Estas calderas tienen una capacidad de 250.000 hasta 3.570.000 kcal/h adecuadas para uso en conjunto con quemador a gas natural, gas licuado, petróleo y petróleo pesado y una presión de trabajo 6, 8 o 10bar según el catálogo de la empresa Anwo.

### 1.4.2 Componentes básicos de la caldera pirotubular

Se definirán las partes principales de la caldera pirotubular en forma general para que se comprenda mejor el funcionamiento de esta y su proceso de producción de agua caliente sanitaria.

Quemador: Se acoplan a la parte frontal de la caldera mediante una puerta(ver Figura 1-7), formando un conjunto rígido; son de funcionamiento totalmente automático, en las que el aire necesario para la combustión lo aporta un ventilador centrífugo que incorpora (ver Figura 1-5). Disponen de un dispositivo de control, que es el órgano principal del quemador, encargado de dar las órdenes oportunas para efectuar las secuencias de funcionamiento.



Fuente: Pirobloc

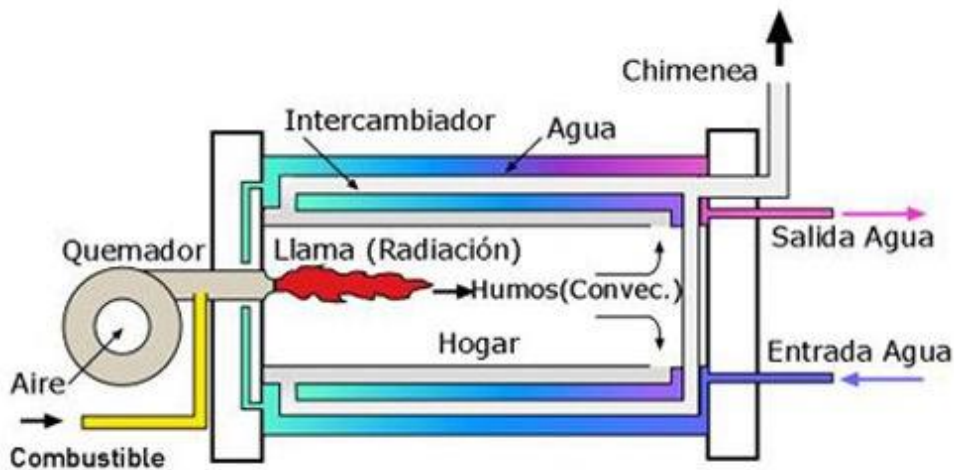
Figura 1-5. Quemador de combustible gaseoso

Hogar o fogón: Es el espacio donde se produce la combustión. Se le conoce también con el nombre de Cámara de Combustión. Dentro del hogar alberga el quemador y en su interior se realiza la combustión y la generación de los gases calientes (ver Figura 1-6).

Conductos de humo o tubos de intercambio de calor: Son los espacios por los cuales circulan los humos y gases calientes de la combustión. De esta forma, se aprovecha el calor entregado por estos para calentar el agua.

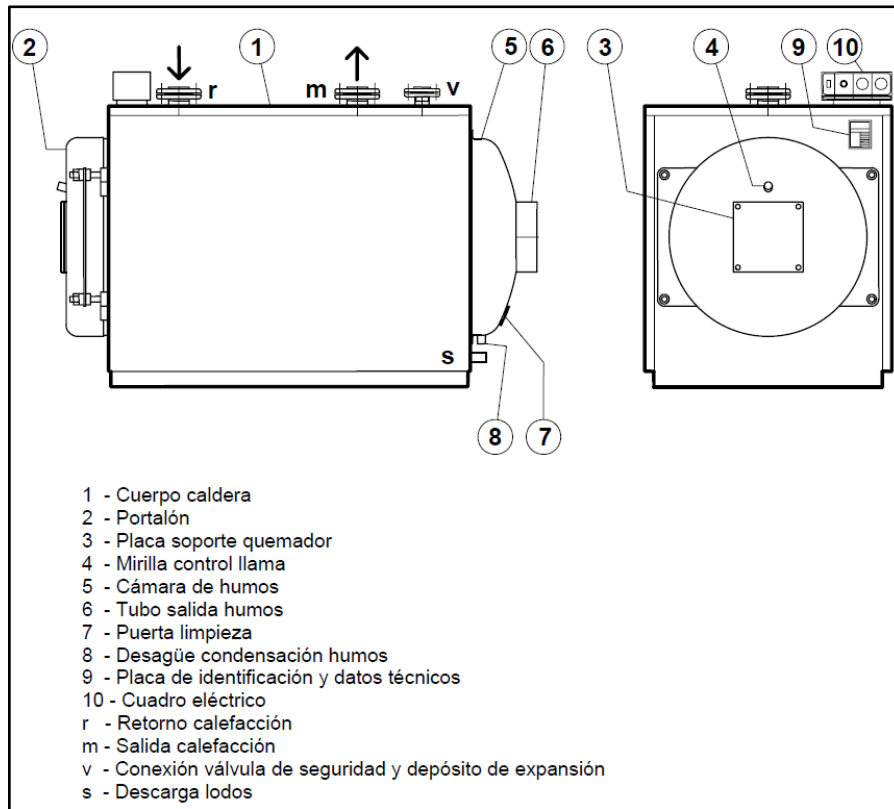
Chimenea: Es el conjunto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmósfera. Además, tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

Carcasa: contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor.



Fuente: PLE instalaciones en vivienda

Figura 1-6. Esquema de caldera pirotubular



Fuente: Catalogo caldera ANWO

Figura 1-7. Componentes de caldera

**CAPÍTULO 2: IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FALLAS EN CALDERA**

## **2. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FALLAS EN CALDERA**

### **2.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA**

La falla es la causa que lleva a que un equipo pierda la capacidad de desempeñar su función de la manera esperada o adecuada, o que el equipo deje de realizar su función en su totalidad. Si se desea que el equipo tenga una vida útil mayor, que tenga más tiempo disponible y se disminuya los tiempos de reparación aumentando los tiempos medios entre fallas es vital crear e implementar un plan de mantenimiento adaptado a las necesidades del equipo, y para la creación de estos planes de mantenimiento se debe combinar el conocimiento técnico con herramientas de gestión. En el caso de la caldera Piro tubular domiciliaria marca ANWO SuperRAC-IVAR se utilizará una herramienta de gestión llamada FMEA por sus siglas en inglés Failure Mode and Effects Analysis que significa Modo de falla y efecto, la cual permitirá detectar las causas de las fallas y sus efectos que tendrán en el equipo y después de identificar aquello se podrá tomar las acciones preventivas creando el plan de mantenimiento mensual trimestral u anual evitando fallas que detengan o limiten el funcionamiento del equipo estudiado, cumpliendo el objetivo de mantener una continuidad operacional.

### **2.2 FMEA**

Como se mencionó en el subtema anterior el FMEA significa Failure Mode and Effects Analysis o en español Modo de falla y efecto, el cual es un procedimiento sistemático para identificar fallas potenciales en el diseño de un producto o de un proceso antes de que sucedan, con el objetivo de eliminarlas o minimizar el riesgo asociado a las mismas. Es una técnica muy valiosa de advertencia ante fallos posibles, a fin de prever las acciones necesarias para su eliminación o su prevención.

Esta técnica de gestión fue originada en el ejército de Estados Unidos en 1949, por ingenieros de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio o NASA por su abreviatura en inglés, que lo nombró como Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de Criticabilidad y que utilizó como una técnica para evaluar la confiabilidad y determinar los efectos de fallas en equipos y sistemas en el éxito de la misión, de la seguridad del personal y de los equipos.

El FMEA no solamente tienen uso en la NASA, sino que posterior a ello otras empresas de distintos rubros la fueron utilizando para ir mejorando sus productos y sistemas, y tuvo un aceso rápido en 1987 ya que se publicaron las normas ISO 9000 que tiene como foco la gestión y el aseguramiento de la calidad, que llevó a muchas organizaciones de diferentes sectores a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados a las necesidades y las expectativas del cliente.

Hoy en día la nueva ISO 9001 versión 2015 introdujo como cambio el enfoque basado en riesgo, De modo que, los responsables del Sistema de gestión de la Calidad de cada organización deben encontrar una metodología para el análisis de riesgos que sea efectiva en su organización y les ayude no sólo a cumplir con la normativa sino a facilitar la mejora continua dentro de la organización, con el objetivo de identificar posibles problemas que puedan surgir en la organización o su entorno y decidir cómo hacer frente a esos riesgos.

El FMEA tiene aplicaciones tales como

- Para disminuir la probabilidad de ocurrencia de fallas en proyectos de nuevos productos o procesos
- Para disminuir la probabilidad de fallas potenciales (que aún no hayan ocurrido) en productos o procesos en operación
- Para aumentar la confiabilidad de productos o procesos en operación a través del análisis de las fallas que ya ocurrieron
- Para disminuir los riesgos de errores y aumentar la calidad en los procedimientos administrativos

### 2.2.1 Metodología de un FMEA

La metodología del FMEA consta básicamente de cuatro pasos muy importantes, en la que primero está la etapa de Identificación de riesgo, en la cual se enumeran todos los posibles

problemas que se puede suscitar en el equipo o sistema durante su proceso de funcionamiento, en muchos casos, esta enumeración se hace mediante un Brainstorming o lluvia de ideas entre un grupo de personas con conocimiento técnico y experiencia en diferentes disciplinas dentro de la organización. Para comprender mejor esta etapa imaginemos que nuestro producto a evaluar es una bicicleta, y en este existirá el riesgo de que se pinche la rueda, se rompa un eslabón de la cadena, se salgan los rayos de la rueda y así podría seguir la lista de ideas de posibles riesgos.

Como segunda etapa en la metodología del FMEA está la Determinación de la criticidad de cada riesgo, se evalúa cada riesgo en una escala de uno a diez, frente a un conjunto de factores que suelen ser algo así como la probabilidad de ocurrencia, la gravedad de la ocurrencia y la probabilidad de que se detecte la ocurrencia. Siguiendo con el ejemplo anterior de la bicicleta, el riesgo de que se pinche la bicicleta tiene una probabilidad de que ocurra de 4 ya que puede suceder si se transita en caminos pedregosos o sobre elementos filosos y punzantes, la gravedad de este riesgo es de 9 ya que inutiliza la bicicleta en su uso, y la probabilidad que se detecte 2 ya que es simple de ver por los efectos de este.

En la tercera etapa tenemos la Clasificación de los riesgos en los cuales se busca ver cuáles son aceptables y cuales son inaceptables, multiplicando los tres números obtenidos para cada riesgo y el resultado de esa multiplicación permite comparar los riesgos y ordenarlos del más crítico al menos crítico.

Como cuarta y última etapa esta la Toma de decisiones, la que después de tomar conocimiento de la criticidad de los riesgos se determina que acciones llevar a cabo, las cuales pueden ser acciones para eliminar, disminuir o no hacer nada con respecto a los riesgos.

Esta metodología es fácil de usar una vez que comprendemos cómo llevarla a la práctica y nos ayudará a asignar recursos para la reducción de riesgos y un contexto a la hora de abordar los riesgos, comenzando en primer lugar por los más críticos y así sucesivamente. No debemos olvidar que FMEA es una metodología para el análisis de riesgos que podemos usar, entre otras, y la norma ISO 9001 no especifica su uso como obligatorio, sino que cualquier método que sea eficaz será aceptable.

A continuación, en la Figura 2-1 se ve un FMEA que se realizó de una actividad cotidiana como es tomar un baño, en el que se aplicó la metodología recién explicada y se obtuvo el siguiente resultado.

Proceso o acción	Efecto de falla	G	Causa de la falla	O	Medio de detección	D	Índice de Riesgo (GxOxD)
Tomar baño	Demora en el baño	9	Pequeño flujo de agua en el baño	7	Verificar sistema de bombeo de agua	5	315
		9		7	Inspección del sistema de agua	4	252
		9		7	Planificar la utilización de agua a través de escala	1	63
		9	Ducha sin presión	6	Inspección de los tipos de componentes utilizados en el sistema	3	162

Fuente: blog de la calidad

Figura 2-1. Imagen de ejemplo de FMEA

## 2.3 EJECUCIÓN Y ANÁLISIS DE FMEA

### 2.3.1 Ejecución del FMEA

A continuación, se mostrará y analizará el desarrollo del FMEA de la caldera de ACS del cual se recopiló datos de manuales técnicos, sitios web especializados en temas de generación de ACS y de experiencia personal obtenida en la práctica profesional en la empresa PROMANT. Primero antes del desarrollo del FMEA se realizará un análisis SIPOC ya que este nos permitirá conocer la función primaria y secundaria que tiene el equipo o sistema, lo que dará las bases para la evaluación de los modos de falla.

En el FMEA que se mostrara no se realiza una evaluación de criticidad esto debido a que la caldera de ACS es un equipo sumamente crítico porque si ocurriera una falla funcional en la caldera todo el sistema de producción se vería directamente afectada. También no se realiza el

análisis de riesgo porque no tenemos la cantidad de averías que tiene la caldera porque no se está hablando de una caldera de ACS de un edificio en específico sino en general de las calderas de este tipo. Pero al realizar el FMEA se obtuvo una lluvia de ideas de las posibles fallas y causas de esto lo que permite tomar medidas preventivas que se atacan en las mantenciones periódicas.

Tabla 2.1 Análisis funcional SIPOC de producción de ACS

SUPPLIER (PROVEEDOR)	Red de alimentación de agua y red de alimentación de gas licuado
INPUT (ENTRADA)	Agua, gas licuado, energía eléctrica domiciliar de 220 V
PROCESS (PROCESO)	Producir combustión dentro de la caldera para incrementar la temperatura del agua y así mantener su temperatura entre 65 y 90 °C
OUTPUT (SALIDA)	Agua sobre calentada a una temperatura entre 65 y 90 °C y a una presión ideal de 2 bar
CUSTOMER (CLIENTE)	Intercambiador de calor de placas o Estanque de acumulación con serpentín de ACS. Calefactores y pisos radiantes.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2 FMEA Caldera de ACS

Equipo	Funciones primarias y secundarias	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Caldera	Generar agua caliente a una	A No disponible para	1 El quemador realiza regularmente la pre-ventilación,	La sonda de ionización está a masa o no incide en la llama o su conexión con la caja de control está interrumpida o

	temperatura entre 65°C Y 90°C y trabajando a una presión mayor a 1.5 bar	calentar agua		se enciende la llama, pero se bloquea antes de 3 segundos del encendido.	tiene un defecto de aislamiento.
					La corriente de ionización es débil (inferior a 3 $\mu$ A)
					El presóstato gas está regulado muy cerca de la presión de funcionamiento.
			2	El quemador se bloquea después de la fase de pre-barrido sin que aparezca llama.	Las electroválvulas de gas hacen pasar poco gas (baja presión en red).
					Las electroválvulas son defectuosas.
					Falta la chispa eléctrica del electrodo de encendido o es irregular.
				No se ha purgado el aire de la tubería.	
			3	El quemador se bloquea en la fase de pre-barrido.	El presóstato de aire no conmuta el contacto, está averiado o la presión del aire es muy baja (cabezal mal regulado)
					Existe simulación de llama (o la llama está presente realmente).
			4	El quemador no se pone en funcionamiento después de cerrar el	Falta de gas.
					El presóstato de gas no cierra el contacto: está mal regulado
					El presóstato de aire está en posición de funcionamiento.

				termóstato de regulación.	El motor que abre el registro está averiado.	
		B	Transfiere agua a una presión inferior a 1 bar	1	Perdida de agua al interior de la caldera	Fugas producidas por corrosión debido a condensación al interior de la caldera por temperaturas de retorno inferiores a 50°C
						Fugas en uniones soldadas débiles
				2	Perdida de agua al exterior de la caldera	Filtración de agua en uniones y válvulas de paso mal instaladas
						Presión insuficiente en estanque de expansión
					Membrana de estanque de expansión rota	
		C	Calienta a temperaturas menores a 65°C	1	Mala regulación del cabezal de combustión del quemador	Capas de hollín dentro de la caldera
						Combustión deficiente
						Índice de monóxido de carbono elevado
						Índice de dióxido de carbono elevado
				Temperatura de humos elevada		
				2	Llama débil	Filtro tapado u obstruido
						Boquilla de pulverización obstruida por suciedad

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2 Análisis de Fallas

Gracias al FMEA realizado se tiene una visión más amplia que permite enfocar de forma precisa hacia dónde dirigir las tareas de mantenimiento de la caldera, las cuales deben ir enfocadas a lo que es el quemador de la caldera ya que es este equipo el que tiene más posibles fallas de funcionamiento debido a su complejidad de fabricación y funcionamiento, y una falla en el quemador provoca directamente una pérdida o una pérdida parcial de su función que es generar ACS. Un problema que puede ocurrir en el quemador y que repercute en la caldera es el problema de una mala combustión, dentro de las calderas provoca que se formen en las superficies internas capas de hollín por la quema incompleta de los hidrocarburos (ver Figura 2-2), impidiendo así la correcta convección de energía calorífica. Aunque no exista una mala combustión, siempre se generara hollín dentro de la caldera solo que de forma muchísimo menor a cuando existe una mala combustión, por ende, cada determinado periodo es importante realizar tareas de limpieza al interior de la caldera.



Fuente: Fotografía subida por Contelserv

Figura 2-2. Caldera pirotubular con hollín.

La mala combustión del quemador también provoca que el nivel de los gases de combustión tales como el CO, CO<sub>2</sub>, estén fuera de los estándares de la norma vigente en el país y de los determinados por el fabricante (ver figura 2-3), por ende, una forma de determinar si la combustión dentro de la caldera es defectuosa es realizando un análisis de gases de combustión con el equipo de medición correspondiente que en el capítulo 3 de este trabajo se detallara el procedimiento. La solución en el caso de una mala combustión es la regulación de el cabezal de combustión y el ajuste del aire, todo esto debe ser regulado según el tipo de quemador que se utiliza y la potencia con la que se trabaja, lo que se detalla en el manual de cada quemador. La mejor manera de evitar problemas de combustión y de la formación excesiva de hollín es realizar periódicamente tareas de inspección de los gases de combustión.

<b>GAS NATURAL</b>	
caldera estanca	
O <sub>2</sub> :	Entre 4 y 5 %.
CO <sub>2</sub> :	Entre 6 y 8%.
CO:	100 ppm.
Th:	120-140 °C.
Δ:	1,5 - 2,5.
q <sub>hs</sub> :	8 - 10 %.
η:	90 - 92 %.

Fuente: Valores de combustión subidos por FORMATEC

Figura 2-3. Valores referenciales de combustión.

Hay problemas en el quemador que muchas veces no tiene que ver con una mala regulación del cabezal o un problema con la alimentación de combustible, sino que se trata de problemas electrónicos en los quemadores, ya que los quemadores que se utilizan actualmente reciben información de sensores de presión, temperatura o sonda y al estar fuera de los parámetros estos no permiten el accionamiento del quemador por ende al momento de encontrarse una falla es importante chequearlos, al igual que su mantenimiento periódico inclusive el de los cables y conexiones de estos y el recambio de los sensores e instrumentos electrónicos cuando corresponda.

En modelos de quemadores como es por ejemplo el quemador a gas RIELLO RS70 viene con una pequeña pantalla led que al presentarse alguna falla se enciende una luz que puede ser rojo, azul, amarillo, verde que representara el tipo de falla probable que presente el quemador y las cuales están escritas en el manual de usuario ,esto reafirma el hecho de que al momento de realizar mantenimiento es importante tener conocimiento de que equipo es el que se interviene, sabiendo la marca y modelo, ya que aunque es cierto que las calderas de ACS y los quemadores de gas funcionan en principio todas iguales, en su parte electrónica de mando pueden variar en pequeños detalles que hacen la diferencia.

Visto las fallas en el FMEA se procederá en el siguiente capítulo de este trabajo a crear un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, en donde se basará en tres puntos importantes, la limpieza, la inspección y la medición. La limpieza tanto afuera de la caldera como al interior de ella, ya que como se está vendiendo un servicio de calidad, ese trabajo debe ser reflejado de dentro hacia fuera a la vista del cliente, y con la limpieza aparte de lo visual ayudara al que no se alojen en la caldera cuerpos dañinos, aunque sean pequeños. La inspección será vital para chequear los componentes y llevar el registro periódico con el historial de la máquina. Las mediciones siendo una de las más importante la de gases de combustión permitirá saber lo que realmente ocurre al interior de la caldera, lo que no se puede, y con ello se sabrá qué acciones de mantenimiento tomar a continuación.

**CAPÍTULO 3: PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

### **3. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

#### **3.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA**

Como último capítulo de este trabajo se desarrollará la planificación del mantenimiento de la caldera de ACS, el cual es el objetivo principal de este trabajo. Para ello se hablará sobre que es el mantenimiento, se detallará los tipos de mantenimiento que existen y el tipo de mantenimiento que se elegirá y por qué se elegirá, se hablará de los procedimientos que se ejecutaran en las tareas de mantenimiento, las herramientas a utilizar, el valor de las herramientas a utilizar, y finalmente la planificación completa del mantenimiento.

#### **3.2 MANTENIMIENTO**

Para iniciar con este subtema es imprescindible que se comience dando respuesta a la pregunta ¿Qué es el mantenimiento? ya que durante todo este trabajo de investigación se ha buscado información para poder cumplir el objetivo principal de desarrollar un plan de mantenimiento, entonces es importante para culminar con este trabajo que se entienda lo que es el mantenimiento.

Al buscar información en libros y foros del tema se pueden hallar varias definiciones pero que en general todas mantiene una misma hebra al definir el mantenimiento, el cual en palabras sencillas se puede definir el mantenimiento como la acción de mantener, y en este caso la acción de mantener o preservar un equipo en óptimas condiciones a lo largo del tiempo para que este siga cumpliendo su función y garantizando el correcto funcionamiento del proceso.

Dando un poco de historia, el mantenimiento industrial empezó a tomar mas fuerza durante la revolución industrial cuando los procesos exigían un mayor desempeño, aunque para esa época el mantenimiento era solamente correctivo, y ya para la segunda guerra mundial comenzó a aparecer el concepto de fiabilidad, lo que implicaba que ya el mantenimiento pasaba de solucionar

problemas o apagar incendios a prevenir la ocurrencia de los problemas. Y hoy en día el mantenimiento se centra en realizar estudios sobre los equipos y procesos, siempre con el objetivo de adelantarse a las fallas o paradas en la producción. Hoy en día gracias a la buena gestión del mantenimiento se obtienen los siguientes beneficios:

- Reducir costos generados por la falla de equipos que obligan a parar la producción.
- Optimizar el inventario de repuestos disponibles en stock, sin tener que comprar de más, ni sufrir la carencia de repuestos cuando se requieran.
- Brindar seguridad al personal de campo en el cumplimiento de sus actividades diarias.
- Rebajar costos de producción, a fin de producir productos más competitivos en el mercado.
- Evitar el desperdicio de recursos: materia prima, energía, mano de obra.
- Optimizar el consumo de recursos y presupuesto asignado al departamento de mantenimiento.
- Optimiza la utilización de equipos y maquinaria, prolongando su tiempo de vida.
- Cumplir estándares de calidad exigidos por los consumidores y organismos reguladores.
- Garantizar el cuidado del medio ambiente en el desarrollo de la actividad productiva.
- Mantener un control y supervisión sobre las tareas que ejecuta el departamento de mantenimiento.

Ahora bien, en la gestión del mantenimiento industrial se encuentran cinco filosofías, que se adaptan según las necesidades o realidades de la empresa, las cuales son:

a) **Mantenimiento Preventivo-Correctivo:** Tiene por objetivo organizar tareas de prevención de fallas y realizar acciones correctivas cuando se presenta una falla, no se enfoca en la planificación justificada de actividades sino más bien en la programación de actividades y asignación de recursos. Basándose en la ocurrencia de fallas se establece trabajos preventivos a fin de que se repitan las mismas fallas, así mismo basándose en pruebas y observaciones se analizan los equipos a fin de programar tareas que eviten la aparición de nuevas fallas.

b) **Mantenimiento productivo total (TPM):** Se basa en que ciertas tareas cotidianas de mantenimiento sean realizadas por los operadores de producción, como parte de sus actividades rutinaria, ya que son estos quienes conocen los equipos en el día a día y por tanto pueden anticipar posibles fallas.

c) **Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM):** Se basa en el análisis de la base instalada de equipos y maquinarias, de modo de aplicar técnicas que permitan anticipar posibles fallas, efectuando tareas de prevención de predicción.

d) **Mantenimiento como cliente interno de producción:** Bajo este concepto el departamento de mantenimiento se convierte en cliente y subordinado del departamento de producción, teniendo la responsabilidad de proveer un buen trabajo para permitir un proceso productivo eficiente y continuo.

e) **Administración del mantenimiento:** Lo cual implica crear una organización conformado por personas y recursos, dedicados a la gestión, planificación, ejecución, y supervisión, de las tareas de mantenimiento, cuyo objetivo se centra en maximizar la disponibilidad de los equipos para no interrumpir el proceso productivo, y a la vez optimizando los recursos empleados.

f) **Gestión Integral del Mantenimiento:** Esta filosofía integra la labor de administración de mantenimiento con otras áreas dentro de la empresa, como son ingeniería, logística, compras, calidad, seguridad, comercial, entre otros, funcionando como parte integrada a la gestión global de la organización empresarial.

Durante este trabajo se ha aplicado la filosofía del Mantenimiento centrado en la confiabilidad ya que se busca adelantar a posibles fallas que pudiera tener el equipo en cuestión, realizándose un análisis como se realizó en el capítulo 2 de este trabajo.

En la gestión de tareas del mantenimiento existen distintas Estrategias del Mantenimiento en las cuales se encuentran los siguientes.

**Mantenimiento correctivo:** Este mantenimiento consiste en un conjunto de actividades que están destinadas a corregir defectos y solucionar fallas, en este caso se espera a que ocurra el problema o la falla para brindar la solución adecuada.

**Mantenimiento preventivo:** Consiste en un conjunto de actividades que buscan anticiparse a la ocurrencia de averías o fallas, estas actividades son planificadas en el tiempo, buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidades, remplazando componentes antiguos o desgastados.

**Mantenimiento predictivo:** Es aquel encargado de recopilar y analizar información que permita determinar el momento y lugar adecuado para efectuar tareas de mantenimiento preventivo, conociendo e informado permanentemente el estado del equipamiento de planta, lo

cual requiere contar con instrumentos adicionales que permitan adquirir dicha información, sin embargo, permite reducir costos de mantenimiento al hacer un uso eficiente de los recursos.

Mantenimiento proactivo: Corresponde a la técnica para la identificación y corrección de el origen de las fallas en los equipos, componentes e instalaciones, implementándose soluciones para atacar la causa raíz de los problemas.

Para la caldera de ACS se realizará un plan de mantenimiento correctivo en caso de que ocurra una falla así se restaurara su funcionamiento minimizando su tiempo detenido, y también se procederá a crear un plan de mantenimiento preventivo ya que con esta clase de mantenimiento se obtienen beneficios como minimizar las acciones correctivas, reducir los costos del mantenimiento, aumentar la disponibilidad de las máquinas y alarga la vida útil de la maquinaria.

### **3.3 EJECUCION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO**

#### **3.3.1 Plan de mantenimiento preventivo**

En la creación del plan de mantenimiento preventivo a plazo fijo de la caldera de ACS SUPERAC que distribuye ANWO al cual se le dará importancia a la medición, inspección, limpieza y recambio de componentes, donde se indicará la periodicidad con la que se realizaran estas diferentes tareas de mantenimiento indicando las herramientas que se utilizaran y la forma en que se debe ejecutar y se realizara un Check List de las tareas más relevantes. El manual de la caldera SUPERAC no existen procedimiento a seguir de mantenimiento solo da generalidades sobre el mantenimiento que debe de seguir el usuario y señala que el mantenimiento de la caldera de ser realizado por un técnico especializado.

Tabla 3-1. Tareas de mantenimiento preventivo.

Tareas de mantenimiento preventivo	Periodicidad
Mediciones eléctricas de la caldera y la bomba del circuito primario	MENSUAL

Medición de gases de combustión	MENSUAL
Limpieza interna de la caldera	SEMESTRAL
Detección de fugas en red de alimentación de combustible	MENSUAL
Inspección de vaso de expansión	MENSUAL
Inspección cabezal de combustión y ventilador del quemador	MENSUAL
Cambio de componentes	CADA 2 AÑOS

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

Tabla 3-2. Mediciones eléctricas.

<b>MEDICIONES ELECTRICAS DE LA CALDERA Y LA BOMBA DEL CIRCUITO PRIMARIO</b>	<b>PERIODICIDAD: MENSUAL</b>
<b>Antes de trabajar tener en cuenta lo siguiente:</b>	
Riesgo	Medida de control
Ser electrocutado	Uso de EPP (calzado dieléctrico, guantes dieléctricos)
<b>Herramientas que utilizar</b>	Multímetro
<b>Pasos</b>	
1. Dirigirse a el tablero eléctrico de la sala de caldera, luego identificar el interruptor de mando de la caldera el cual se encontrará en estado Automático, y se debe accionar el interruptor en posición Manual	
2. Seleccionar el multímetro para mediciones en voltaje alterno, y medir voltaje en el interruptor automático de la caldera colocando el cable rojo del multímetro en la fase del interruptor automático y el cable negro del multímetro al neutro del interruptor automático.	
3. Anotar los datos obtenidos de la medición y repetir los pasos 1 y 2 con la Bomba Principal de la caldera.	
4. Finalmente dejar interruptores de mando en estado Automático	

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

Tabla 3-3. Gases de combustión.

<b>MEDICION DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN</b>		<b>PERIODICIDAD:</b> <b>MENSUAL</b>
<b>Antes de trabajar tener en cuenta lo siguiente:</b>		
<b>Riesgo</b>	<b>Medida de control</b>	
Quemaduras en la piel	Uso de EPP (guantes de cabritilla y overol) - No exponer extremidades a las superficies calientes	
Respirar gases tóxicos	Uso de mascarilla de medio rostro con filtro P100	
<b>Herramientas que utilizar</b>	Analizador de gases de combustión	
<b>Pasos</b>		
1. La puerta o las ventanas de la sala de caldera deberán estar cerradas para no modificar las condiciones normales de ventilación y del tiro de la chimenea o conducto de humos.		
2. Dirigirse al tablero eléctrico de mando de la sala de caldera y accionar el interruptor de la caldera en manual. Se debe considerar que la inspección se iniciará transcurrido un periodo mínimo de 5 minutos a la puesta en marcha de la caldera.		
3. La toma de muestra o medición en las calderas con quemadores mecánicos se realizarán en el conducto de evacuación de los productos de la combustión y a una distancia comprendida entre 0,5 y 1 m después de la caja de humos del aparato. Se deben evitar las infiltraciones parásitas de aire por el orificio de la toma de muestras al introducir la sonda: el orificio estará posiblemente en depresión y la entrada de aire falso podría alterar los resultados de la analítica e incluso el valor de la temperatura de humos.		
4. La sonda debe dejarse en la posición de medida al menos 2 minutos, hasta que los valores a medir oscilen muy poco o sean razonablemente estables, en cuyo caso deben registrarse y anotarse. Si los valores están permanentemente oscilando (caso de aparatos en condiciones óptimas), deben observarse los valores alcanzados durante 1 minuto, registrando y anotando, si es preciso, el valor lo más cercano posible al máximo observado.		

5. Registrar los valores obtenidos de la medición para luego compararlos con los datos de la tabla adjunto en el procedimiento (ver figura 3-1). Si los datos de combustión obtenidos varían demasiado con respecto a los anteriores o estos correspondan a una mala combustión, se deberá realizar una regulación del cabezal de combustión y para ello se debe revisar el manual del quemador al que corresponda ya que ahí se encuentran las tablas de potencia de trabajo del quemador y los límites en los que el quemador trabaja.

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

**INTERVALO DE VALORES ADMISIBLES DE CO<sub>2</sub>  
Y CO PARA CALDERAS ALIMENTADAS CON  
GAS NATURAL O GLP**

	Potencia nominal útil (kW)		
	$P_u \leq 35$	$35 < P_u \leq 70$	$P_u > 70$
Gas natural, CO <sub>2</sub> (%)	> 4,5	> 5,5	> 8,0
Gas propano, CO <sub>2</sub> (%)	> 6,0	> 6,5	> 9,0
CO máximo (p.p.m)	500	500	500

Fuente: Guía de inspección y eficiencia energética de IDEA

Figura 3-1. Valores referentes a gases de combustión

Tabla 3-4. Limpieza interna de caldera.

<b>LIMPIEZA INTERNA DE CALDERA</b>	<b>PERIODICIDAD: SEMESTRAL</b>
<b>Antes de trabajar tener en cuenta lo siguiente:</b>	
<b>Bloqueo de equipo</b>	
Apagar el interruptor principal del panel de mandos (off)	
Apagar el interruptor general de la sala de calderas	
Cerrar llave de paso de combustible y de agua	

<b>Riesgo</b>	<b>Medida de control</b>
Partida inesperada de equipo	Realizar bloqueo de equipos
Respirar hollín	Uso de mascarilla con filtro P100
	Abrir inmediatamente puertas y ventanas para ventilar el área
<b>Herramientas que utilizar</b>	Deshollinador
	Aspiradora
	Juego de dados y chicharra
<b>Pasos</b>	
1. Abrir el portalón, abrir compuerta de chimenea, abrir la puerta trasera de limpieza y extraer los dispositivos de turbulencia.	
2. Limpiar los conductos humo, chimenea y la cámara de combustión con un deshollinador y aspirar el hollín por la puerta trasera de limpieza. El deshollinador debe raspar toda la superficie con un movimiento giratorio repetitivo.	
3. Verificar que los dispositivos de turbulencia se encuentren en buenas condiciones e instalarlos, cerrar la puerta trasera de limpieza, cerrar el portalón y cerrar la compuerta de la chimenea.	
4. Realizar un apriete cruzado de pernos para que el portalón junte correctamente y quede totalmente estanco	
5. Desbloquear equipos, energizar caldera y verificar que el cierre del portalón quiera estanco	

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

Tabla 3-5. Detección de fugas.

<b>DETECCIÓN DE FUGAS EN RED DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE</b>	<b>PERIODICIDAD: MENSUAL</b>
<b>Antes de trabajar tener en cuenta lo siguiente:</b>	

<b>Riesgo</b>	<b>Medida de control</b>
Incendio o explosión de gas	No fumar, encender fuego, acercar llama o aparatos que produzcan chispas
Intoxicación por respirar gas	Mantener ventanas y puerta abiertas para una correcta ventilación
<b>Herramientas que utilizar</b>	Detector de fugas portátil
<b>Pasos</b>	
1. Identificar la ubicación de la cañería de gas.	
2. Verificar visualmente que la línea de gas no se encuentre doblada, perforada, quebrada o con corrosión.	
3. Utilizar el detector de gas portátil, pasando la sonda del detector por toda la cañería de gas hasta el quemador, teniendo más énfasis en los fitting de la línea de gas.	
4. En caso de detectarse fugas de gas se debe cortar la llave de paso de gas de la sala de caldera, apagar el interruptor general de la sala de caldera y proceder a llamar a la compañía de gas distribuidora.	

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

Tabla 3-6. Inspección de vaso de expansión.

<b>INSPECCIÓN DE VASO DE EXPANSIÓN</b>		<b>PERIODICIDAD:</b>
		<b>MENSUAL</b>
<b>Antes de trabajar tener en cuenta lo siguiente:</b>		
<b>Bloqueo de equipo</b>		
Apagar el interruptor principal del panel de mandos (off)		
Apagar el interruptor general de la sala de calderas		
<b>Riesgo</b>	<b>Medida de control</b>	
Quemaduras en la piel	Utilizar guantes de cabritilla	
	No exponer extremidades a superficies a alta temperatura	
<b>Herramientas que utilizar</b>	compresor portátil con pistola infladora de neumáticos	

	Manómetro
<b>Pasos</b>	
1.Revisar visualmente que el vaso o estanque de expansión se encuentre sin abolladuras, rupturas y oxidación	
2. Introducir manómetro en la válvula de aire del vaso de expansión y medir la presión de aire que esta tiene en su interior. Se debe presionar el vástago de la válvula de aire del vaso de expansión con un destornillador ya que si tira aire al presionar el vástago significará que la membrana interior está en buenas condiciones, pero si bota agua significará que la membrana está en malas condiciones y se tendrá que cambiar.	
3.Si la presión de aire en el interior del vaso de expansión es inferior a 1.5bar se tendrá que recargar de aire hasta dicha presión utilizando el compresor.	

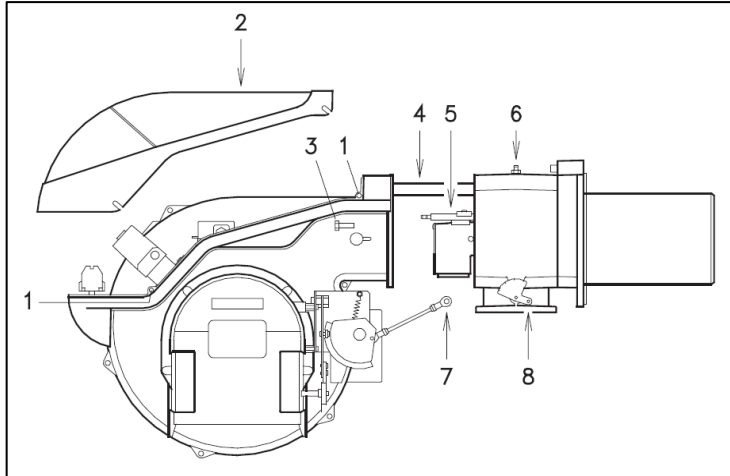
Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

Tabla 3-7. Inspección cabezal de combustión y ventilador.

<b>INSPECCIÓN CABEZAL DE COMBUSTIÓN Y VENTILADOR DEL QUEMADOR</b>		<b>PERIODICIDAD: MENSUAL</b>
<b>Antes de trabajar tener en cuenta lo siguiente</b>		
<b>Bloqueo de equipo</b>		
Cortar la alimentación eléctrica del quemador con el interruptor general de la instalación		
Cerrar la válvula de alimentación del combustible		
Esperar que se enfríen completamente los componentes en contacto con fuentes de calor		
<b>Riesgo</b>	<b>Medida de control</b>	
Partida inesperada de equipo	Realizar correcto bloqueo de equipo	
Quemaduras	Dejar enfriar equipos	
<b>Herramienta que utilizar</b>	juego dados y chicharra	
	Escobilla de acero	
	Destornilladores cruz y paleta varios.	
<b>Pasos</b>		

<p>1. Abrir portalón de la caldera y el quemador. Para abrir el quemador seguir los siguientes pasos apoyándose en la figura 3-2. Aflojar el tornillo 1) y extraer la cubierta 2). Soltar la rótula 7) del sector graduado 8). En los modelos con tubo de llama alargado (385-415 mm), montar los prolongadores en las guías 4). Quitar el tornillo 3) y desplazar el quemador por las guías 4) unos 100 mm. Desconectar los cables de la sonda y del electrodo y desplazar todo el quemador. En este punto es posible extraer el distribuidor de gas 5), después de haber desenroscado el tornillo 6)</p>
<p>2. Controlar que el cabezal de combustión este bien fijado a la caldera</p>
<p>3. Verificar que los componentes del cabezal de combustión estén intactos y no deformadas por las altas temperaturas, no tengan suciedades provenientes del ambiente y que estén correctamente posicionadas.</p>
<p>4. Limpiar electrodo, sonda y el cabezal con la escobilla de acero de forma suave para eliminar el hollín que estos puedan tener.</p>
<p>5. Controlar que el registro de aire esté bien colocado. Verificar que no se haya acumulado polvo en el interior del ventilador ni en las palas de la turbina: reduce el caudal de aire, provocando una combustión defectuosa.</p>
<p>6. Cerrar portalón y quemador. Para cerrar el quemador primero debe quitar el pasador 9) y empujar el quemador hasta que esté a unos 100 mm del soporte quemador. Volver a conectar los cables y desplazar el quemador hasta que haga tope. Volver a colocar el tornillo 3) y, con cuidado, tirar de los cables de la sonda y del electrodo hacia afuera, hasta someterlos a una ligera tensión. Volver a enganchar la rótula 7) en el sector graduado 8). Desmontar los dos prolongadores de guías 4).</p>

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020



Fuentes: Guia técnica Riello

Figura 3-2. Quemador a gas

Tabla 3-8. Lista de componentes a cambiar.

<b>Cambio de componentes</b>	<b>Periodicidad</b>
Termostato de trabajo	Cada 2 años
Termostato de seguridad	Cada 2 años
Burlete de portalón	Cada 2 años
Empaquetadura de la caja de humos	Cada 2 años
Junta de la placa quemador	Cada 2 años
Cristal mirilla llama	Cada 2 años
Empaquetadura cristal mirilla llama	Cada 2 años

Fuente: Elaboración propia del 16/08/2020

Tabla 3-9. Check List mantenimiento preventivo

CHECK LIST MANTENIMIENTO PREVENTIVO A CALDERA DE ACS		
FECHA:		
Pasos	Verificación de Controles	✓
<b>01 Aspecto de seguridad</b>		
1,1	Se identificaron los posibles riesgos y los peligros involucrados en la tarea	<input checked="" type="checkbox"/>
1,2	Se cuenta con los EPP requeridos para la ejecución de la actividad (calzado de seguridad, guantes cabrietilla, overol, respirador con filtros )	<input checked="" type="checkbox"/>
1,3	Las condiciones del entorno son aptas para el trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>02 Herramientas</b>		
2,1	Se cuenta con las herramientas para realizar la tarea (Multimetro, deshollinador, aspiradora, escobilla de acero, juego de destornilladores, juego de dados y chicharra, analizador de gases de combustión, detector de fugas de gas portátil, compresor)	<input checked="" type="checkbox"/>
2,2	Las herramientas se encuentran en buen estado	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>03 Inspección y mediciones en tablero eléctrico</b>		
3,1	Verificar estado exterior del tablero electrico	<input checked="" type="checkbox"/>
3,2	Verificar estado de contactores, reles, termicos, cables e interruptores de mando	<input checked="" type="checkbox"/>
3,3	Medir voltaje de alimentación del tablero	<input checked="" type="checkbox"/>
3,4	Medir voltaje de la caldera cuando este en funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
3,5	Medir intensidad de la caldera en funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
3,6	Medir voltaje de la bomba del circuito primario cuando este en funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
3,7	Medir intensidad de la bomba del circuito primario en funcionamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
3,8	Realizar limpieza interior y exterior del tablero	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>04 Medicion de los gases de combustion</b>		
4,1	Cerrar puerta y ventanas de la sala de caldera	<input checked="" type="checkbox"/>
4,2	Accionar interruptor de la caldera en posicion "manual"	<input checked="" type="checkbox"/>
4,3	Dejar operar la caldera en un tiempo de 5 min minimos	<input checked="" type="checkbox"/>
4,4	Insertar sonda del instrumento analizador de combustion en agujero de testeo de la chimenea de la caldera evitando infiltraciones de aire que alteren la medicion	<input checked="" type="checkbox"/>
4,5	Dejar sonda en posicion de muestreo durante 2 min minimo	<input checked="" type="checkbox"/>
4,6	Anotar los datos obtenidos	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>05 Deteccion de fugas en red alimentadora de gas</b>		
5,1	Verificar presión de en manómetro de gas	<input checked="" type="checkbox"/>
5,2	Identificar visualmente estado de cañería de gas( que no se encuenten trizaduras, torseduras, corrosion,)	<input checked="" type="checkbox"/>
5,3	Pasar sonda del detector de fugas de gas por toda la superficie de la cañería de gas y dando incapie en los fitting y las valvulas	<input checked="" type="checkbox"/>

06 Inspeccion del vaso de expansión		
6,1	Revisar que estanque de expansión se encuentre sin abolladuras, rupturas u oxidación	<input checked="" type="checkbox"/>
6,2	Verificar estado de membrana	<input checked="" type="checkbox"/>
6,3	Medir presión de aire del estanque de expansión	<input checked="" type="checkbox"/>
6,4	Recargar si la presión de aire es menor a la indicada por el fabricante	<input checked="" type="checkbox"/>
07 Inpeccion cabezal de combustion y ventilador de quemador		
7,1	Realizar bloqueo electrico de quemador	<input checked="" type="checkbox"/>
7,2	Realizar bloqueo de alimentación de combustible	<input checked="" type="checkbox"/>
7,3	Dejar enfriar la caldera para poder intervenirla	<input checked="" type="checkbox"/>
7,4	Abrir portalón de la caldera	<input checked="" type="checkbox"/>
7,5	Abrir quemador	<input checked="" type="checkbox"/>
7,6	Inspeccionar que el cabezal de combustion este bien sujeto a la caldera	<input checked="" type="checkbox"/>
7,7	Verificar estado de los componentes del cabezal de combustión	<input checked="" type="checkbox"/>
7,8	Limpiar electrodo, sonda y el cabezal con escobilla de acero	<input checked="" type="checkbox"/>
7,9	Limpieza a ventilador	<input checked="" type="checkbox"/>
7,10	Cerrar portalón y quemador	<input checked="" type="checkbox"/>
08 Limpieza interior de caldera		
8,1	Realizar bloqueo electrico de quemador y caldera	<input checked="" type="checkbox"/>
8,2	Realizar bloqueo de alimentación de combustible	<input checked="" type="checkbox"/>
8,3	Realizar bloqueo de alimentación hidrica	<input checked="" type="checkbox"/>
8,4	Abrir portalón, puerta trasera de lumpieza y compuerta de chimenea	<input checked="" type="checkbox"/>
8,5	Extraer dispositivos de turbulencia	<input checked="" type="checkbox"/>
8,6	Limpiar los conductos humo, chimenea y la cámara de combustión con un deshollinador	<input checked="" type="checkbox"/>
8,7	Aspirar el hollín	<input checked="" type="checkbox"/>
8,8	Verificar que los dispositivos de turbulencia se encuentren en buenas condiciones e instalarlos	<input checked="" type="checkbox"/>
8,9	Cerrar la puerta trasera de limpieza, cerrar el portalón y cerrar la compuerta de la chimenea	<input checked="" type="checkbox"/>
8,10	Desbloquear equipos y energizar	<input checked="" type="checkbox"/>
Retroalimentacion de la ejecucion del trabajo, comentarios y observaciones finales		
Nombre del ejecutor: _____ Firma: _____		

Fuente: Elaboración propia del 27/08/2020

### 3.3.2 Plan de mantenimiento correctivo

En la creación del plan de mantenimiento correctivo la caldera de ACS SUPERAC se abarco los problemas más comunes y críticos que ocurren en las calderas de esta categoría, se valió de el FMEA del cual se extrajeron las problemáticas que podría presentar la caldera en cuestión y

con información técnica se da solución a cada aspecto que podría presentarse, y se presenta en un formato de fácil comprensión para el lector. Es importante que al momento de realizar las operaciones de mantenimiento correctivo tener en cuenta primero la seguridad del ejecutor o mantenedor del equipo en cuestión, y el encargado tendrá la obligación de realizar los bloqueos de los equipos de la sala de caldera asegurándose que no existan energías de ningún tipo o que estas estén controladas, de igual forma el que entre a la sala de caldera deberá portar el equipo de protección personal básico como son los guantes de cabritilla, calzado de seguridad, lentes de seguridad y overol de trabajo.

Tabla 3-10. Mantenimiento correctivo.

<b>Avería</b>	<b>Solución</b>
El quemador no se enciende	Controlar las conexiones eléctricas
	Controlar que el flujo de combustible sea regular en la red
	Controlar la integridad y la limpieza de la instalación de alimentación del combustible y que haya sido purgada del aire
	Controlar la regular formación de las chispas de encendido y el funcionamiento de los dispositivos del quemador
	Controlar la actuación del termostato de seguridad de la caldera con reactivación manual
El quemador se enciende regularmente, pero se apaga inmediatamente después	Controlar la detección de la llama, la regulación del aire y el funcionamiento de los dispositivos del quemador.
	Regular cabezal de combustión
	Sustituir la caja de control llama
Dificultad de regulación del quemador y/o carencia de rendimiento.	Controlar la limpieza del quemador, de la caldera, del conducto caldera/chimenea y de la chimenea
	Controlar la hermeticidad del circuito humos (portalón, placa quemador, pequeña puerta limpieza, unión caldera/chimenea)
	Controlar que el flujo de combustible sea regular y la real potencia suministrada por el quemador

	Analizar el agua de la instalación para diagnosticar la eventual presencia de cal y efectuar una limpieza química
La caldera no alcanza la temperatura.	Verificar la limpieza de la caldera lado humos y lado agua
	Controlar la combinación, la regulación y las prestaciones del quemador
	Controlar la temperatura programada en los termostatos y su correcto funcionamiento
	Controlar la posición de las sondas de los termostatos
Olor de gas y/o productos sin quemar	Controlar la estanqueidad de la instalación de alimentación del combustible
	Controlar la hermeticidad del circuito humos (portalón, placa quemador, caja de humos, unión caldera/chimenea)
	Controlar que el portagomas que hay en la mirilla de la llama esté conectado con la toma de aire del quemador o bien tapado
La caldera se calienta, pero el sistema de calentamiento está frío	Controlar que en la instalación no haya aire
	Controlar el correcto funcionamiento de las bombas de circulación
	Controlar la regulación del termostato ambiente
Actúa continuamente la válvula de seguridad de la caldera	Controlar la presión de carga de la instalación
	Controlar la eficiencia del depósito de expansión
	Controlar la correcta regulación de la válvula de seguridad
Presencia de agua en el suelo cerca de la caja de humos (condensación).	Controlar la correcta colocación de las sondas, el correcto funcionamiento y el ajuste del termostato de regulación de la caldera (entre 60 y 90°C)
	Verificar que el desagüe que hay en la caja de humos esté empalmado con un recipiente de recogida
	Verificar que la bomba anti-condensación y la regulación de esta (si hay) funcione correctamente
	Controlar que la temperatura del agua de retorno de la instalación no sea inferior a 50 °C

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La creación de un plan de mantenimiento responde a la necesidad de mantener una fiabilidad, disponibilidad y perdurabilidad en el tiempo del equipo y visto del punto de vista del cliente significa una gran inversión la instalación de una caldera de ACS por lo que es importante cuidar de esta y mantener complacido a el usuario.

En este trabajo se logró cumplir los objetivos planteados al principio, primero entregándose conocimiento base de cómo se compone una sala de calderas viéndose la caldera, el quemador, los intercambiadores de calor, el boiler, estanque de expansión, bombas de recirculación, estanque de expansión, válvulas de seguridad y los elementos de medición, el funcionamiento de cada uno de estos y la importancia que tiene cada elemento dentro de este sistema.

El mantenimiento consiste más que en solo saber cómo funcionan los componentes tenemos que utilizar ese conocimiento para anteponerse a la falla y el buen mantenimiento aflora en ello, en anticiparse a los problemas y como se plantea en el segundo objetivo se creó un FMEA que consistió en un análisis de la metodología para usar esta herramienta que ayudo a saber cómo las fallas afectarían el equipo, como se darían a conocer y de esa forma orientar hacia donde se debe dirigir las acciones correctivas y preventivas del mantenimiento.

Al desarrollar el último capítulo se creó procedimientos de mantenimiento preventivo que permiten la correcta ejecución de las tareas a realizar, buscando que exista una estandarización del como se debe hacer las tareas preventivas y exista calidad en el servicio que se ofrece al cliente. Así se vio materializado el trabajo previo de investigación y análisis efectuado en los capítulos anteriores en la culminación de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo, y cumpliendo el objetivo general de este trabajo de desarrollar un plan de mantenimiento para calderas pirotubulares de ACS.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ACHS. Asociación chilena de seguridad: Descripción de calderas y generadores de vapor. [En línea] <[http://: www.achs.cl](http://www.achs.cl)> [Consulta: 27 Julio 2019]

ANWO S.A. Empresa dedicada a la venta de equipos de calefacción: Catálogo de productos de calefacción. [En línea] <<http://: www.anwo.cl>> [Consulta: 16 Abril 2019]

ATECYR. IDEA. Guia técnica: Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas. Madrid, España. [Febrero 2007]

ATECYR. IDEA. Guia técnica: Instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas. Madrid, España. [Septiembre 2008]

ATECYR. IDEA. Guia técnica: Agua caliente sanitaria central. Madrid, España. [Junio 2010]  
CCHC. Manual de instalaciones térmicas. Chile. [Marzo2008]

METROGAS. Manual hotelero Metrogas. [En línea] <<http://: www.metrogas.cl>> [Consulta: 8 Agosto 2020]

PEDRO FERNANDEZ DIEZ. Calefacción. [En línea] <<http://: www.pfernandezdiez.es>> [Consulta: 28 Julio 2019]

RECAL. Catálogo de acumulador: Acumulador con serpentín serie 1 cal RBC calentador de agua vertical. [En línea] <<http://: www.recal.cl>> [Consulta: 17 Julio 2019]