



Escuela Politécnica  
Superior de Ingeniería  
Sección de Náutica, Máquinas  
y Radioelectrónica Naval



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA  
SECCIÓN NÁUTICA, MÁQUINAS Y  
RADIOELECTRÓNICA NAVAL

**“FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ACEITE TÉRMICO DEL BUQUE  
VOLCÁN DE TENEGUÍA”**  
TRABAJO FIN DE GRADO

Ricardo Antonio Puentes Robert  
Marzo 2021

# FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE ACEITE TÉRMICO BUQUE VOLCÁN DE TENEGUÍA.



**Tutor:**

Dr. D Alexis Dionis Melian

**Nombre**

Ricardo Antonio Puentes Robert

**Grado:**

Tecnologías Marinas

**Fecha:**

Marzo 2021

**Dr. D Alexis Dionis Melian**, Profesor Titular de Universidad de la UD de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifica que:

**D. Ricardo Antonio Puentes Robert**, alumno que ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Fin de Grado denominado "*Funcionamiento del sistema de Aceite Térmico buque Volcán de Teneguía*" para la Obtención del Título de Graduado en Tecnologías Marinas por la Universidad de La Laguna.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el Tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife a **03/03/2021**

Alexis Dionis Melian

Director del Trabajo Fin de Grado

## RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado en Tecnologías Marinas está basado en el funcionamiento de los sistemas de transferencia de calor por medio de aceite térmico.

Siguiendo un orden lógico nos adentramos en el estudio de las características del sistema y los principales elementos que lo integran.

Se analizan las propiedades del Aceite Térmico como fluido de transferencia de calor. Se estudian sus apreciables ventajas respecto a los sistemas tradicionales de generación de calor mediante el vapor.

Tomando como ejemplo el sistema de aceite térmico del Buque Volcán de Teneguía de la prestigiosa naviera ARMAS, se exponen los detalles técnicos de funcionamiento, mantenimiento y labores de reparación de averías de los equipos que intervienen en el proceso de generación y transmisión del calor.

Teniendo en cuenta las experiencias prácticas del personal de máquinas a bordo del buque y los ingenieros del departamento técnico de la naviera, se exponen las mejoras introducidas al sistema como parte de las labores de reparación de este.

## **ABSTRACT**

This Final Degree Project in Marine Technologies is based on the operation of heat transfer systems by means of thermal oil.

Following a logical order, we delve into the study of the characteristics of the system and the main elements that comprise it.

The properties of Thermal Oil as a heat transfer fluid are analyzed. Its appreciable advantages over traditional steam heat generation systems are studied.

Taking as an example the thermal oil system of the Vulcan de Teneguía Ship of the prestigious shipping company ARMAS, the technical details of operation, maintenance and repair work of breakdowns of the equipment involved in the process of generation and transmission of heat are exposed.

Considering the practical experiences of the machinery personnel on board the ship and the engineers of the technical department of the shipping company, the improvements made to the system as part of the repair work are presented.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al profesor D. Alexis Dionis Melian por su apoyo y oportunas orientaciones en la realización del proyecto.

Al departamento Técnico de la empresa naviera Armas y tripulación de máquinas del buque Volcán de Teneguía por su ayuda en la recopilación de datos para la elaboración del trabajo.

A mis hijas y a mi esposa por su comprensión y ayuda brindada durante la preparación del trabajo.

## **ÍNDICE**

## Índice de contenidos

<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>7</b>
<b>Índice de ilustraciones</b>	<b>10</b>
<b>índice de esquemas</b>	<b>11</b>
<b>índice de graficos</b>	<b>11</b>
<b>índice de tablas</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>13</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
II.1. Objetivo General	14
II.2. Objetivos Específicos	14
<b>III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES</b>	<b>16</b>
III.1. Reseña histórica de las instalaciones de aceite térmico	16
III.2. Instalaciones Térmicas	17
III.3. Calderas y calentadores térmicos	19
III.4. Instalaciones de calentamiento con aceite térmico	23
III.4.1. Componentes principales del sistema de aceite térmico	24
III.4.2. Caldera de Aceite térmico	25
III.5. Aceite Térmico	34
III.5.2. Propiedades del aceite térmico	38
III.5.3. Ventajas y desventajas del aceite térmico	42
III.5.4. Análisis del aceite térmico	49
III.6. Aplicaciones de las instalaciones en la industria	51
<b>IV. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>56</b>
IV.1 . Material	56
IV.2 . Métodos	56
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>58</b>

V.1	Sistema de aceite Térmico M/N Volcán de Teneguía	58
V.1.1	Aceite térmico. Características Técnicas y propiedades	60
V.2	Caldera de puerto o de combustión interna	62
V.2.1.	Descripción y características principales	64
V.2.2.	Quemador	65
V.2.3.	Bomba de Combustible HFO/MDO (2und)	69
V.3	Caldera de Gases de escape del motor principal	72
V.3.1.	Parámetros de trabajo Caldera de Gases	73
V.3.2.	Sistema de enfriamiento. (Dumping Cooler System)	74
V.4	Equipos auxiliares del sistema de aceite térmico	75
V.4.1.	Bombas de Circulación. (2 und)	75
V.4.2	Tanque de Desaireación o Deariación	77
V.4.3.	Tanque de Expansión	78
V.4.4.	Tanques de Almacén	79
V.4.5.	Bomba de llenado y drenaje	79
V.5	Dispositivos y controles de Seguridad del sistema	80
V.5.1.	Dispositivos de seguridad en el tanque de expansión	84
V.5.2.	Bomba Contra incendios	85
V.5.3.	Controles de Seguridad que se realizan al sistema	85
V.5.4.	Medidas de seguridad para trabajar con el sistema	86
V.6	Fallas en el circuito de aceite térmico	87
V.6.1.	Fallas de la caldera de Puerto	87
V.6.2.	Fallas en la caldera de gases de escape	89
V.7	Mantenimiento del sistema de aceite térmico	90
V.7.1.	Limpieza y mantenimiento de la caldera de combustión	90
V.7.2.	Limpieza y mantenimiento caldera de gases	97
V.7.3.	Mantenimiento general del sistema	99
V.8	Avería en caldera de combustión por incendio en sala de máquinas	102
V.8.1.	Reparación de la Caldera	104
V.8.2.	Descripción de los trabajos realizados	105
V.8.3.	Pruebas de funcionamiento del sistema	108

V.8.4. Impacto Económico reparación de Averías	109
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>112</b>

### Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Aceite Térmico. Fuente [10]	34
Ilustración 2. Análisis de Aceite Térmico. Fuente[10]	49
Ilustración 3. Calentamiento de tanques mediante AT. Fuente [14]	51
Ilustración 4 Tratamiento para reciclaje de aceite. Fuente [14]	51
Ilustración 5 Sistemas de Calefacción- refrigeración. Fuente [14]	52
Ilustración 6.Industria Química. Fuente [14]	52
Ilustración 7 Calentamiento de prensas para automoción. Fuente [14]	53
Ilustración 8. Calentamiento Prensas para tableros de madera. Fuente [14]	53
Ilustración 9. Calentamiento de freidoras	54
Ilustración 10. Horno de pan. Fuente [14]	54
Ilustración 11.Remolcador de Altura VB Hispania. Fuente.Trabajo de campo	55
Ilustración 12.Portacontenedores Mapocho.Fuente. Trabajo de campo	55
Ilustración 13. Caldera de combustión. Fuente: Trabajo de campo	64
Ilustración 14. Quemador. Fuente: Trabajo de Campo	65
Ilustración 15. Carta de combustible. Fuente: Archivos del buque	70
Ilustración 16. Caldera de gases. Fuente: Trabajo de campo	73
Ilustración 17. Enfriador dumping cooler. Fuente: Trabajo de campo	74
Ilustración 18. Bombas de Circulación. Fuente: Trabajo de campo	75
Ilustración 19. Tanque desaireador. Fuente: Trabajo de campo	77
Ilustración 20. Termostatos de Temperatura de gases. Fuente: Trabajo de campo	82
Ilustración 21. Desmote de tapa de caldera. Fuente Trabajo de Campo	91
Ilustración 22. Hogar Sucio. Fuente: Trabajo de campo	92
Ilustración 23. Hogar limpio. Fuente: Trabajo de Campo	92
Ilustración 24. Carta de Análisis de Aceite. Fuente: Archivos del Buque	100
Ilustración 25.Caldera de Combustión averiada. Fuente: Trabajo de Campo.	103

Ilustración 26. Quemador nuevo. Fuente: Trabajo de campo	105
Ilustración 27. Válvula de 2 vías con accionamiento hidráulico. Fuente: Trabajo de campo	106
Ilustración 28. Válvula de 2 vías accionamiento neumático. Fuente: Trabajo de Campo	106
Ilustración 29. Válvula de regulación Dumping cooler. Fuente: Trabajo de campo	107

### **Índice de esquemas**

Esquema 1. Caldera Pirotubular. Fuente [6]	20
Esquema 2. Caldera Acuotubular. Fuente [7]	21
Esquema 3. Caldera Eléctrica de Fluido Térmico. Fuente [8]	22
Esquema 4. Circuito de Aceite Térmico. Fuente: Elaboración Propia	25
Esquema 5. Calderas de Ejecución Vertical y Horizontal. Fuente [8]	27
Esquema 6. Partes de la caldera de Combustión. Fuente[8]	28
Esquema 7. Zonas de intercambio térmico. Fuente [9]	30
Esquema 8. Temperatura se película. Fuente [12]	39
Esquema 9. Circuito de aceite Térmico B/ Volcán de Teneguía. Fuente: Elaboración propia	60
Esquema 10 Partes del Quemador. Fuente: Archivos del buque	66
Esquema 11. Cuadro de Seguridades. Fuente: Trabajo de Campo	80
Esquema 12. Calibración de electrodos. Fuente: Manual de servicio	88
Esquema 13. Reglaje del quemador. Fuente: Manual de servicio	94
Esquema 14. Limpieza Caldera de gases. Fuente: Manual de servicio	97

### **Índice de gráfico.**

Gráfico 1. Transferencia de calor en el hogar. Fuente [9]	31
Gráfico 2. Presión- Temperatura. Aceite Térmico/ Vapor. Fuente [1]	42

### **índice de tablas**

Tabla 1. Propiedades del Aceite térmico. Fuente: Archivos del barco	62
Tabla 2. Enfriador Domping cooler	74
Tabla 3. Costos. Elaboración propia	109

# INTRODUCCIÓN

## **I. INTRODUCCION.**

En el camino por lograr mayor eficiencia y ahorro energético, ha jugado un papel relevante, la implementación de las nuevas tecnologías. La optimización de los nuevos sistemas de generación, transporte y control de la energía térmica contribuyen a la disminución de los costos de mantención y operación de las instalaciones térmicas.

La aplicación de estas tecnologías en la industria naval ha permitido una reducción del tamaño de los equipos, la simplificación de los procesos que abordo se realiza, lograr mayor seguridad y control de las operaciones.

En la actualidad existe un creciente número de buques con salas de máquinas UMS (Unattended Machine Space), que permiten un control más automatizado de los sistemas, de esta forma los operarios quedan encargados de velar por el correcto funcionamiento de cada sistema y los mantenimientos periódicos o reparaciones que se requieran.

La evolución y desarrollo de los sistemas de calentamiento indirecto mediante aceite térmico han hecho de esta tecnología la alternativa más ventajosa y rentable para la Generación, transporte y aprovechamiento del calor en los buques.

Con la creciente modernización y automatización en la rama naval, el área de máquinas ha sido la que más ha evolucionado en los buques. La necesidad de disminuir las pérdidas energéticas y reaprovechar de forma más eficiente la energía producida, hizo que aproximadamente en la década de los 80 se introdujeran los primeros sistemas de aceite térmico en los buques de nueva construcción.

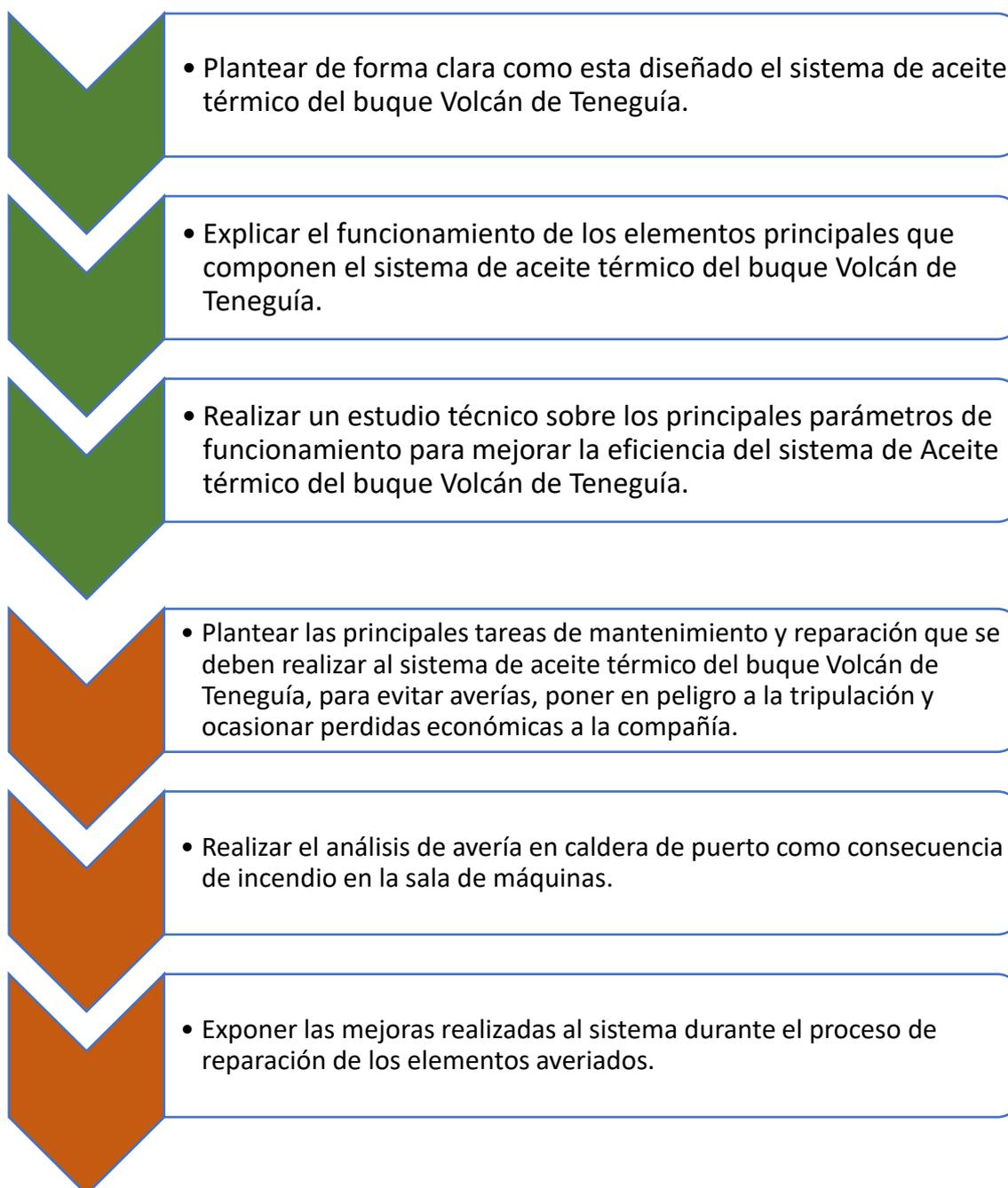
Desde entonces ha encontrado gran uso en distintos tipos de buques ya que es un sistema que permite la completa automatización del servicio tanto en régimen de navegación como en puerto y donde los operarios solo se ocupan de la correcta asistencia al sistema con mantenimientos mínimos.

## II. OBJETIVOS

### II.1. Objetivo General.

Para el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado nos hemos trazado los siguientes objetivos con el fin de acercarnos al estudio del funcionamiento de los sistemas de calentamiento con aceite térmico.

### II.2. Objetivos Específicos.



## **REVISION Y ANTECEDENTES**

### III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

En el presente capítulo abordaremos sobre el estudio de las calderas y los sistemas de Generación y transferencias de calor.

#### III.1. Reseña histórica de las instalaciones de aceite térmico.

Desde la fabricación e instalación de los primeros generadores de fluido térmico en España en la década de los setenta, la aplicación de calderas que utilizan esta tecnología no ha parado de desarrollarse.

Originalmente los primeros procesos que usaron aceite térmico fueron aquellos que requerían elevadas temperaturas de calentamiento. Dicho de otro modo, aquellos procesos donde la aplicación del vapor no representaba una alternativa cómoda. De esta forma, fueron ganando terreno las calderas de aceite térmico, dado que, a ese nivel de temperaturas, por tratarse de equipos sin presión (o con la presión de la bomba de recirculación, pero en general a unos 3 bar)- representaban una opción más simple y más económica. [1]

Desde esa época hasta hoy, diseños, técnicas de fabricación, rendimientos, equipos de combustión, bombas, etc. no han parado de evolucionar y han conferido nuevos campos de aplicación en sectores donde se requiere la máxima seguridad y fiabilidad.

En su origen estos equipos se utilizaron principalmente en aquellos casos en que las temperaturas elevadas representaban una barrera para el vapor, ahora la industria moderna utiliza estos equipos incluso en los casos en que las temperaturas son relativamente bajas (alrededor de los 100 °C).

Se trata de equipos que trabajan sin presión y sin agua, lo que evita gran parte de la problemática del vapor: fugas, corrosiones, tratamiento de agua, etc., y que conllevan, consiguientemente, un elevado grado de mantenimiento. Además, la durabilidad de los equipos y las instalaciones es prácticamente ilimitada, pudiéndose aplicar en todo tipo de sectores:

químico, petroquímico, alimentario, hotelero, hospitalario, automoción, plástico, farmacéutico, naval.

Actualmente, el aceite térmico es la alternativa tecnológica más apropiada para todo tipo de industria donde se precise del calentamiento indirecto, ya que no exige un nivel alto de mantenimiento como sucede con las calderas de vapor.

### III.2. Instalaciones Térmicas.

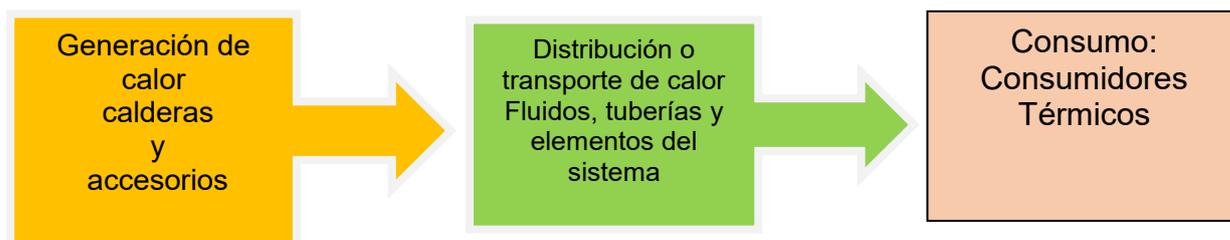
Se podría definir a las instalaciones térmicas como aquellas instalaciones en las que se intercambia energía para elevar o disminuir la temperatura de los fluidos con el que los usuarios de este interactúan, de manera directa o indirecta, por cuestiones de seguridad, confort o higiene. **[2]**

Un fluido podría ser:

- El agua que calienta una caldera para ducharse.
- Los refrigerantes que al pasar por una batería de frío intercambian energía con el flujo de aire que pasa que se transmite a una habitación.
- El agua de una instalación solar térmica para una instalación de suelo radiante.
- El vapor de agua en calderas de vapor.
- Aceite térmico en sistemas de aceite térmico.

Cualquier instalación que caliente o enfríe agua o aire, o caliente aceite con cualquier sistema posible.

En toda instalación térmica de calor, se definen 3 procesos fundamentales: **[3]**



Requisitos mínimos de una instalación térmica eficiente.

Características que debe tener una instalación térmica para que según los cánones de la eficiencia energética sea correcta.

Distribución de calor y frío eficiente:

➤ Aislamiento térmico de equipos y las redes de distribución de las instalaciones térmicas para lograr que los fluidos lleguen a las unidades terminales con temperaturas lo más próxima posible a las de salida de los equipos de generación.

➤ Rendimiento energético elevado

La selección de los equipos de generación de frío y calor, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos deberá realizarse para conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, se encuentren lo más cercano posible a su régimen de rendimiento máximo.

➤ Recuperación de energía

Las instalaciones térmicas que sean eficientes deberán incorporar elementos que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales del sistema.

➤ Regulación y control

Toda instalación térmica que sea eficiente debe incorporar regulación y control para mantener las condiciones térmicas ideales en las zonas climatizadas, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como parar el servicio cuando sea necesario.

➤ Medición de consumos

Las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de medida del consumo para que cada usuario sepa su consumo de energía. Esta medida sirve a su vez para repartir los gastos de explotación en la instalación energética entre los distintos usuarios si es una instalación centralizada con múltiples consumidores.

➤ Uso de energías renovables

Las instalaciones térmicas serán más eficientes si usan las energías renovables disponibles, para así lograr cubrir una parte del consumo de la instalación.

Un sistema de transferencia de calor es aquel en el que los medios orgánicos de transferencia de calor están contenidos en un circuito cerrado y el aporte de calor se efectúa por medio de calentadores.

Comprende todos los equipos e instalaciones, incluidos los almacenados para su reemplazo, especificados para el modo de operación dado.

En estos sistemas el medio se calienta en el calentador, se conduce por gravedad o circulación forzada al consumidor de calor y luego retorna al calentador.

### III.3. Calderas y calentadores térmicos.

*Se puede definir como caldera a todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor. [4]*

Clasificación de las calderas.

Uno de los puntos principales a tener en cuenta a la hora de elegir un generador de fluido térmico o caldera industrial es tener claro que cumple con los estándares internacionales. Con este objetivo, la American Society of Mechanical Engineers (ASME) creó los certificados ASME, una certificación reconocida internacionalmente por los profesionales de los sectores donde los estándares han de cumplir con las máximas garantías de diseño, fabricación y de calidad. Esta confianza en un código de diseño ASME se puede entender en buena medida por contar con más de 125.000 miembros adheridos.

Aunque las certificaciones ASME abarcan un amplio abanico de equipos industriales; dentro de la Sección VIII encontramos la división 1: para construir recipientes a presión tales como calderas de aceite térmico, intercambiadores, vaporizadores y depósitos. [5]

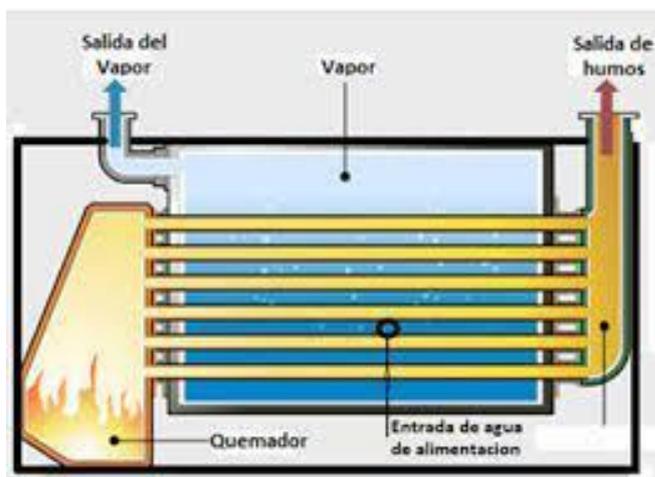
Existen muchas formas de clasificar las calderas.

Según las normas ASME las calderas se pueden clasificar:

Por su principio de funcionamiento y construcción:

- Calderas de tubos de fuegos o pirotubulares: en este tipo de caldera, el fluido en estado líquido se encuentra en un recipiente, y es atravesado por tubos por los cuales circula fuego y gases producto de un proceso de combustión.

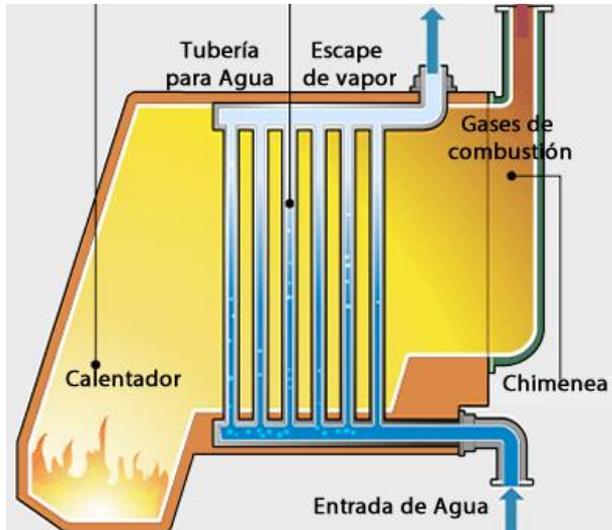
Esquema 1. **Caldera Pirotubular.** Fuente [6]



Actualmente se utilizan para presiones de hasta 30 bares, temperaturas de 300 °C (vapor sobrecalentado) y una producción de hasta 55 t/h de vapor, con uno o dos hogares dependiendo de la potencia, según se indica en la normativa europea EN 12953.

- Calderas de tubos de agua o acuotubulares: el agua circula por el interior de los tubos y los productos de la combustión por el exterior.

Esquema 2. Caldera Acuotubular. Fuente [7]

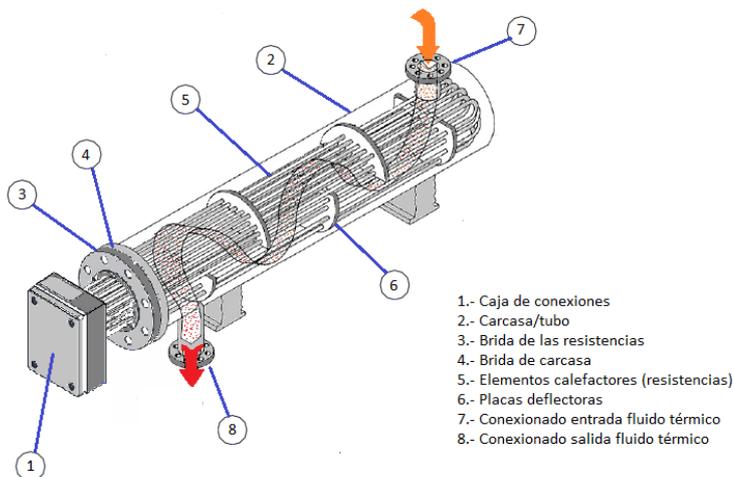


Han conseguido superar los límites de potencia y presión de las pirotubulares con estándares de presiones de hasta 350 Bar, 600 °C y producciones de hasta 2000 t/h. Este tipo de calderas se fabrican de acuerdo con la normativa europea EN 12952.

Dentro del grupo de calderas acuotubulares, para pequeñas producciones, se encuentran las llamadas de vapor rápido o serpentín que, gracias al pequeño volumen de agua, permiten obtener vapor en muy poco tiempo.

- Calderas de resistencias eléctricas.

**Esquema 3. Caldera Eléctrica de Fluido Térmico. Fuente [8]**



Utilizan la energía eléctrica mediante electrodos para generar calor.

Por el tipo de fluido portador de calor:

- Calderas de vapor: es la que utiliza el vapor de agua como fluido de transporte de calor. Han sido ampliamente utilizadas en la industria.
- Caldera de agua sobrecalentada: toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura superior a 110 °C. Se emplea en hornos de secado.
- Caldera de agua caliente: toda caldera en la que el medio de transporte es agua a temperatura igual o inferior a 110 °C. Se emplea en instalaciones pequeñas como las domésticas para satisfacer las demandas de ACS (agua caliente sanitaria) que trabajan entre 60 y 70 °C.
- Caldera de fluido térmico: toda caldera en la que el medio de transporte de calor es un líquido distinto del agua.

Las calderas también se pueden clasificar por el tipo de combustible que utilizan para la generación del calor:

- Calderas de tipo sólido: carbón, madera, biomasa.
- Calderas de combustibles líquidos: petróleo y sus derivados (gasóleo y fuel). Los combustibles líquidos requieren de quemadores mecánicos.

➤ Caldera a Gases: calderas de gas natural y gas licuado de petróleo. Dependen de los quemadores asociados a ellas. Muchas permiten combustibles líquidos o gaseosos, con sólo adaptar el quemador.

Las calderas a gas son las más usadas especialmente en los edificios de apartamentos ya que ofrecen una eficiencia superior al 80% y el desperdicio de recursos es mínimo. Debido a la gran aplicación de este tipo de calderas, se han desarrollado diferentes aplicaciones:

➤ Calderas o calentadores eléctricos: son calderas que emiten calor para mejorar la temperatura del ambiente y del agua, estas calderas en un gran porcentaje se usan en hogares y reemplazan las calderas a gas. El funcionamiento de esta caldera se basa en un termostato que se programa y emite el calor suficiente para calentar el ambiente y el agua. Aunque se ha generado controversia respecto al consumo de energía eléctrica, los proveedores de este servicio incluyen el consumo de la caldera en la facturación mensual y los análisis han demostrado que el consumo no se incrementa sustancialmente.

➤ Economizadores: recupera la energía térmica de los gases de escape para mantener la temperatura de un fluido que ha sido calentado anteriormente.

#### III.4. Instalaciones de calentamiento con aceite térmico.

Se entiende por instalación de calentamiento con aceite térmico la unidad operativa en la cual el líquido portador calentado en un generador térmico se conduce, en circulación forzada, hacia los puntos de consumo, cediendo el calor y retornando al generador para ser calentado nuevamente.

El aumento del consumo térmico en las instalaciones trajo como consecuencia un aumento en las temperaturas y presión de trabajo en las tradicionales instalaciones de vapor, con todos los riesgos que entraña. Por poner un ejemplo a 180 °C, el agua desarrolla una presión de 10 Bar, pero para alcanzar una temperatura de 260 °C, desarrolla una presión de 50 Bar. Sumado a los problemas de corrosión, mantenimiento y tratamientos de agua se ha puesto en serio aprieto a las tradicionales instalaciones de vapor.

Las instalaciones de aceite térmico son capaces de operar con presiones muy bajas dentro de una gama de temperaturas hasta los 350 °C. Desaparecen los problemas de corrosión y su bajo riesgo posibilita su fácil ubicación. Por otra parte, el agente portador de calor trabaja siempre en fase líquida, sin cambios de estado durante todo el proceso, lo cual conlleva a la disminución considerable de las pérdidas energéticas dando mayor eficiencia a la instalación.

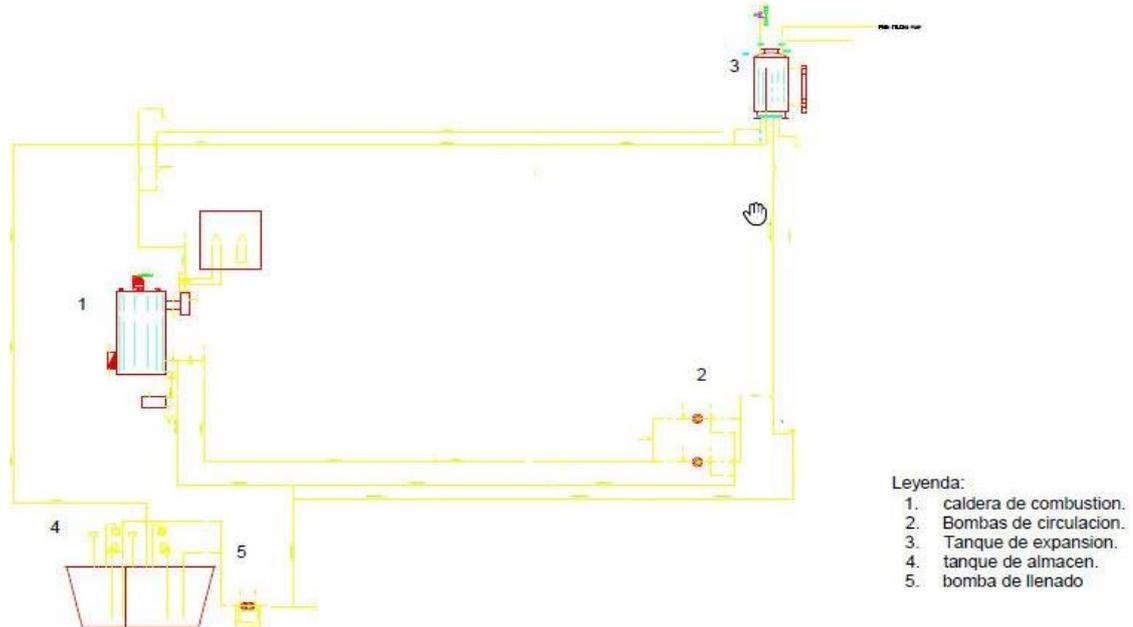
Son de diseño muy simples en comparación con otros sistemas de generación y transferencia de calor por lo que han penetrado con fuerza en todos los sectores y procesos industriales.

#### III.4.1. Componentes principales del sistema de aceite térmico.

En el diseño de una instalación de aceite térmico intervienen varios componentes que deben estar relacionados en función de la temperatura y las características del aceite utilizado, pero al mismo tiempo debe de cumplir las exigencias prácticas de ingeniería y las normas que se aplican para el funcionamiento, reparación y mantenimiento de las instalaciones en su conjunto. De la misma forma se debe trabajar para lograr estándares adecuados de eficiencia, fiabilidad, seguridad con los operarios y respetando el cuidado del medio ambiente.

Esquema simple del circuito de aceite térmico.

Esquema 4. Circuito de Aceite Térmico. Fuente: Elaboración Propia



1. Caldera de combustión de aceite térmico.
2. Bomba de circulación.
3. Tanque de expansión.
4. Tanque de almacén.
5. Bomba de llenado y vaciado.
6. Aceite térmico o fluido de transporte de calor.

#### III.4.2. Caldera de Aceite térmico.

Es uno de los elementos principales del sistema. La caldera de aceite térmico es del tipo acuotubular de flujo forzado donde el aceite viaja a gran velocidad por los serpentines ubicados en su interior. Diseñada para el trabajo a elevadas temperaturas hasta los 350 °C y baja presión.

Sus principales características:

- Hogar de grandes dimensiones.
- El aceite viaja a gran velocidad por el interior de los serpentines 2 a 3 m/s.
- Dada la gran velocidad el flujo se hace totalmente turbulento obteniendo elevados coeficientes globales de transmisión del calor
- El salto térmico es de 25 - 40 °C, aunque existen márgenes según el fluido utilizado y la temperatura de servicio. La caída de presión depende del diámetro y configuración de los serpentines y si están dispuestos en serie o paralelo.
- La caldera está dotada de un control de flujo lo cual hace que el quemador funcione solamente si existe un flujo mínimo de aceite térmico.
- El sistema trabaja a baja presión, determinada por la presión de las bombas de circulación.

Según como sea la aportación de calor a la caldera de aceite térmico, podemos dividirlos en tres grupos:

- Calderas de combustión: Por medio de combustibles tradicionales, ya sean líquidos o gaseosos.
- Calderas eléctricas: Calentamiento por medio de resistencias eléctricas
- Caldera de recuperación: La energía es aportada por la recuperación de calor sensible de gases procedentes de la combustión de un horno o de un proceso productivo.

Calderas de combustión:

La aportación del calor se produce por medio de combustibles líquidos tradicionales (fuel oil, gasoil) o gaseosos gas natural o GLP.

Es el tipo de caldera más utilizado y su diseño, con algunas variaciones y detalles, es muy parecido en muchos de los fabricantes del sector.

Esquema 5. Calderas de Ejecución Vertical y Horizontal. Fuente [8]



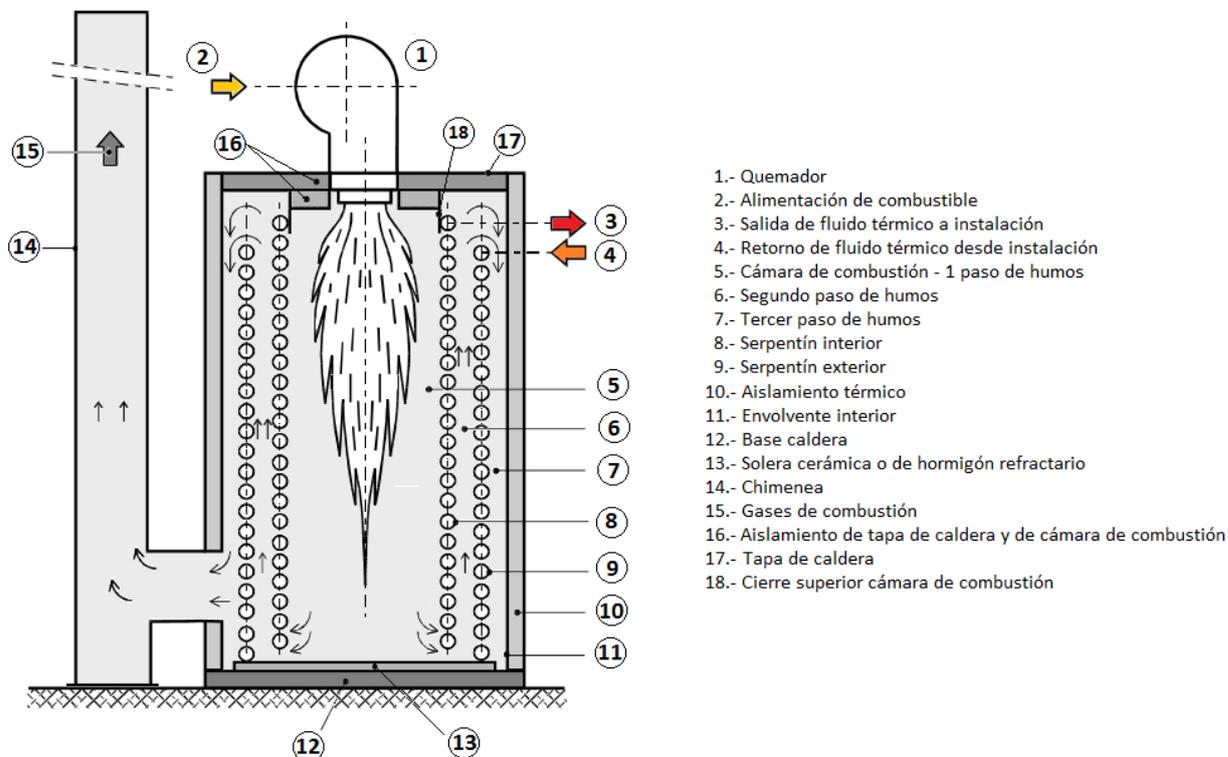
Su ejecución puede ser vertical u horizontal según las necesidades del usuario, pero en ambos casos, el concepto y por tanto el diseño es el mismo.

Una caldera de ejecución horizontal permite su ubicación en salas que no precisan una elevada altura y tener un acceso muy cómodo al quemador y a las distintas partes del equipo.

Una caldera de ejecución vertical puede ser ubicada en plantas con mayores necesidades de espacio.

➤ Partes componentes de la caldera de combustión:

Esquema 6. Partes de la caldera de Combustión. Fuente[8]



El diseño más habitual es de dos serpentines concéntricos (8) y (9), en donde va aumentando el fluido térmico su temperatura al absorber la energía que proporciona por combustión el quemador (1), fijado en la tapa de la caldera (17).

Con un solo serpentín – y por tanto dos pasos de humos -, es difícil obtener buenos rendimientos por una insuficiente superficie de intercambio de calor, mientras que tres o más serpentines, aunque garantiza una alta eficiencia energética, implica un coste económico elevado.

Así el equipo con dos serpentines y tres pasos de humos se puede considerar como el de “diseño óptimo” que conjuga unos rendimientos satisfactorios con un coste moderado.

El serpentín interior hace las funciones de contorno de la cámara de combustión (5), estableciendo el diámetro de esta. La llama del quemador se proyecta desde el quemador hasta dicha cámara, llegando según la regulación de la combustión, a estar al límite de chocar con la solera cerámica – cierre

trasero de la cámara de combustión (13) – que delimita la longitud del hogar. Este es el que es llamado coloquialmente, primer paso de humos.

Al llegar a este cierre trasero de la cámara de combustión, los gases cambian de sentido y circulan a elevada velocidad y turbulencia, entre los dos serpentines concéntricos – segundo paso de humos (6) – hasta la tapa delantera, donde vuelven a cambiar nuevamente de sentido hasta su evacuación por la chimenea (14), a través del paso entre el serpentín exterior y la envolvente interior (11) – tercer paso de humos -.

En la gran mayoría de las ocasiones, ambos serpentines se encuentran conectados en serie. Sólo diseños específicos para grandes caudales y diferenciales térmicos bajos obligan al diseño de los serpentines en paralelo.

Para conseguir la estanqueidad de este circuito de humos, necesaria para asegurar los rendimientos energéticos de la caldera previstos, existen cierres (13) y (18), que obligan a los gases de combustión a realizar el trayecto inicialmente previsto en el diseño del equipo.

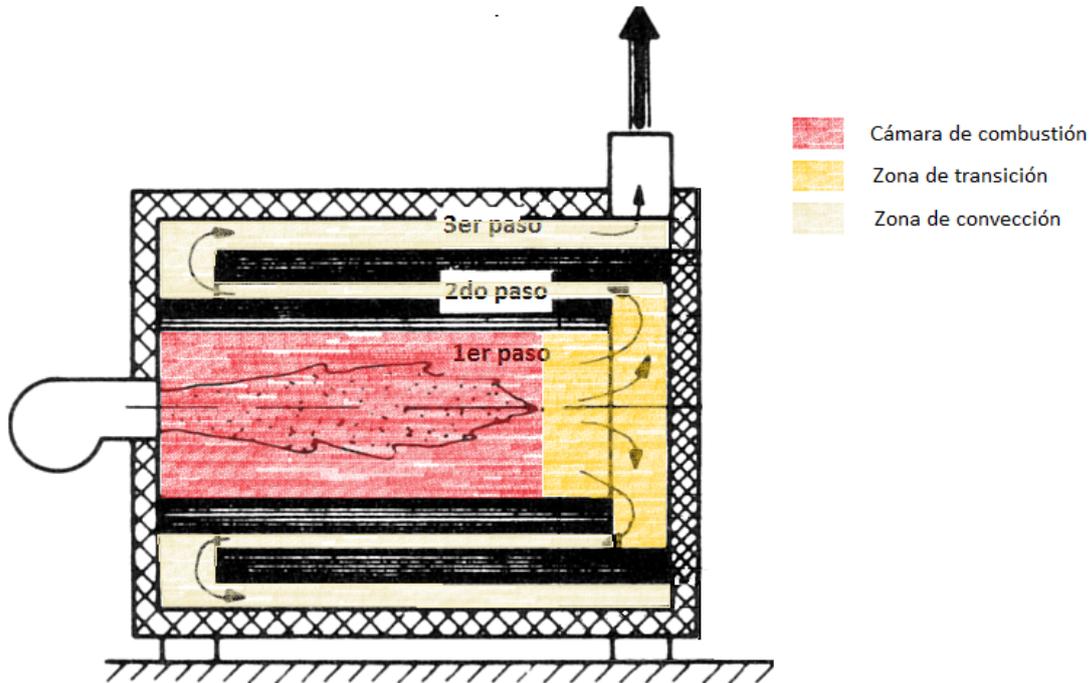
Para favorecer el intercambio térmico, la circulación del fluido térmico es inicialmente por el serpentín exterior para pasar posteriormente al serpentín interior, siendo por tanto un intercambio a contracorriente de temperaturas con respecto a los gases de combustión y consiguiendo unos rendimientos energéticos excelentes

Todo el conjunto se encuentra aislado térmicamente (10), (12) y (16) para minimizar las pérdidas estructurales energéticas al ambiente, evitando al mismo tiempo posibles quemaduras por contacto involuntario con la superficie de la caldera.

Intercambio térmico:

A efectos de intercambio térmico podemos dividir la cámara de combustión en 3 zonas fundamentales según el método de transferencia de calor respecto a las condiciones técnicas que se requieren en cada punto para conseguir los resultados de eficiencia energética y de durabilidad de la carga de fluido térmico y de los materiales del equipo.

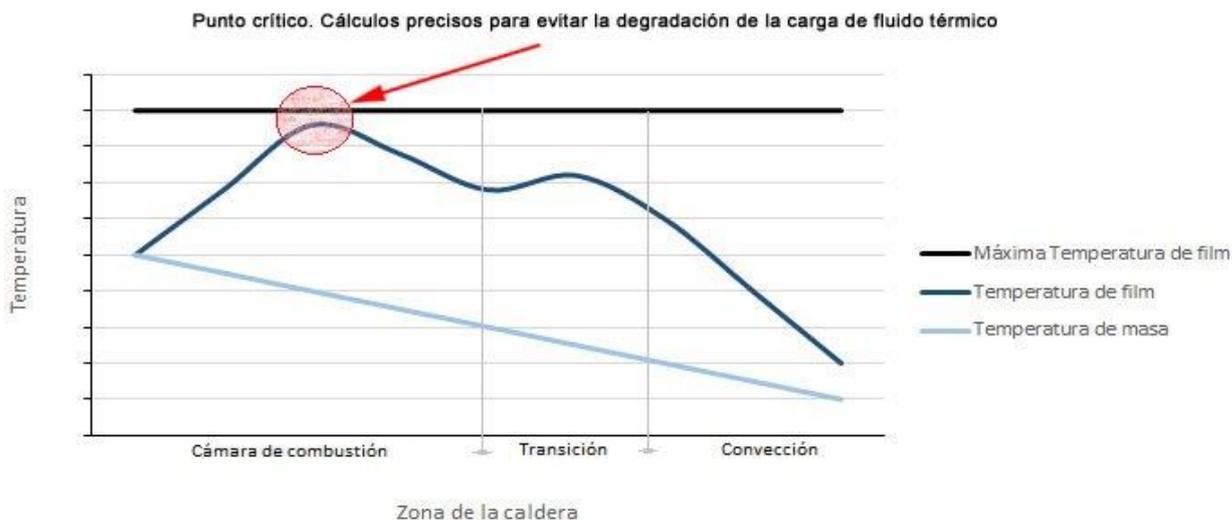
Esquema 7. Zonas de intercambio térmico. Fuente [9]



Cámara de combustión:

En esta zona el calor se transmite por radiación, específicamente la cara interior del serpentín, siendo determinante desde un punto de vista técnico, conocer exactamente los valores de la temperatura máxima alcanzada tanto por el fluido térmico como por el material del serpentín, ya que, si bien es la zona de mayor capacidad de intercambio, también lo es de riesgo de superar los valores máximos permitidos.

Gráfico 1. Transferencia de calor en el hogar. Fuente [9]



Las características del fluido térmico utilizado, el combustible, la regulación de la combustión, el diámetro de llama, las necesidades de intercambio, el caudal circulante mínimo requerido de fluido térmico, y por tanto su velocidad y el diámetro del tubo del serpentín, son parámetros determinantes que deben ser considerados críticos en el diseño – dimensionamiento del diámetro y la longitud de la cámara.

Un valor demasiado ajustado del diámetro de la cámara de combustión permitirá una transferencia de calor óptima, pero pondrá en peligro la durabilidad de la carga de fluido térmico y de la propia caldera y representará también una pérdida de carga del circuito de humos quizás inasumible para un quemador standard.

Por el contrario, una cámara de combustión con un diámetro sobredimensionado restará eficiencia energética al equipo.

Asimismo, la longitud de la cámara de combustión tiene gran importancia en la fiabilidad del equipo. Una cámara de combustión demasiado corta para la potencia requerida implicará temperaturas inusualmente elevadas en el cierre inferior y en el cierre superior de dicha cámara, pudiendo llegar a la destrucción parcial de los mismos. [9].

➤ Zona de transición

Comprende las caras interiores de los extremos de los serpentines interior y exterior. Según la regulación del quemador, puede incluir parcialmente la cara exterior del serpentín interior.

En esta zona, coexisten la radiación y la convección como procesos de transferencia de calor y por ello a nivel térmico, deben considerarse y tener en cuenta tanto las precauciones debidas al intercambio por radiación, como los condicionantes obligados por el intercambio por convección.

Especial atención debe observarse en el diseño del cambio de sentido del circuito de gases de combustión en el cierre inferior de la cámara de combustión, ya que debe conseguirse una estanqueidad total – de no ser así los gases de combustión pasarían directamente del 1er paso a la salida de chimenea, con rendimientos pésimos y lo que es peor, con temperaturas muy elevadas en chimenea que podrían provocar su destrucción, junto con una pérdida de carga moderada en el cambio de sentido de los gases de combustión.

➤ Zona de convección

Corresponde a las dos caras del serpentín exterior y la cara interior del serpentín interior.

Aunque pueden existir pequeños riesgos de superar las temperaturas máximas de utilización de fluido térmico y materiales, la preocupación principal en el diseño de esta zona consiste en conseguir una elevada transferencia de calor por medio de una velocidad de los gases de combustión considerable, pero que no suponga riesgos de ensuciamiento importantes en los pasos de humos 2 y 3 por estrechez excesiva en dichos pasos, o elevada pérdida de carga en el circuito de humos – llamada sobrepresión en caldera -, que dificulte la utilización de quemadores de mercado standards.

### Caldera eléctrica de fluido térmico.

Son aquellas en las que la aportación de calor se realiza por medio de resistencias eléctricas.

La ausencia de contaminación atmosférica, diseño compacto y sencillo hacen que puedan ser utilizadas por laboratorios y empresas ubicadas en entornos urbanos donde el estricto respeto por el medio ambiente forma parte de su filosofía empresarial.

El uso de este tipo de calderas de fluido térmico queda limitado a potencias caloríficas relativamente pequeñas, ya que, debido al coste económico elevado de la energía eléctrica, hay que añadir la disponibilidad de tener contratada la potencia necesaria.

### Calderas de Recuperación de gases.

Son las que aprovechan la energía térmica de los gases provenientes de una caldera u otro medio externo antes de ser expulsados a la atmósfera. Se ubican en los conductos de salida de gases del medio que realiza su aportación.

Características comunes de todas las calderas de recuperación de gases:

- La combustión se realiza en equipo externo a la caldera de recuperación.
- La energía se transfiere en una gran proporción por convección.
- El sistema de limpieza del equipo es un punto que considerar como crítico.

### III.5. Aceite Térmico.



**Ilustración 1. Aceite Térmico. Fuente [10]**

Los aceites térmicos fueron introducidos en el mercado en el año 1930. La composición de los líquidos térmicos está basada en mezclas eutécticas, óxidos difenilicos, bifenilos, etc. Estos tienen puntos de ebullición altos. Sus usos prácticos se encuentran en la fase líquida en los rangos de 200°C hasta más de 400°C. [10]

Actualmente el aceite térmico es la alternativa tecnológica más apropiada para todo tipo de industria donde se precise del calentamiento indirecto. La durabilidad de los equipos e instalaciones es prácticamente ilimitada, pudiéndose aplicar en todo tipo de sectores.

Es el líquido empleado como portador térmico y está recomendado para sistemas cerrados de calefacción ya sea por circulación forzada o circulación natural mientras no se supere la temperatura máxima de película del aceite.

Características principales.

Un fluido transmisor de calor debe poseer unas características específicas para poder realizar su función de transporte de energía con suficiencia técnica y a costes moderados.

Estas características son:

- Debe poseer buenas propiedades de transferencia de calor.
- Tener una buena estabilidad térmica que permita largos periodos de servicio con una funcionalidad estable.

- Baja viscosidad en todo el rango de trabajo, especialmente en las condiciones de arrancada evitando consumos eléctricos elevados.
- Baja temperatura de solidificación que permita paradas prolongadas seguras.
- Baja corrosión a los elementos que formen parte del sistema.
- Idóneo técnicamente para satisfacer esas particularidades propias y específicas que cada proceso tiene y muy especialmente la temperatura de servicio requerida si ésta es elevada.
- Debe tener baja toxicidad y ser respetuoso con el medio ambiente, facilitando de esta manera la eliminación al cumplir su ciclo de trabajo
- Costes moderados tanto de adquisición como de mantenimiento
- Bajos riesgos para personal y maquinaria, garantizando seguridad y evitando costes elevados ante posibles fugas.
- Baja volatilidad.

No existe ningún fluido transmisor de calor que pueda cumplir a la perfección con todos los condicionantes anteriores, pero sin duda los comúnmente llamados aceites o fluidos térmicos, cumplen a la perfección con la mayoría de los requisitos anteriores y aventajan a otros fluidos transmisores de calor como el vapor, en puntos determinantes.

Así, altas prestaciones técnicas como elevadas temperaturas de servicio, gran precisión y uniformidad en las temperaturas finales en producto o versatilidad y flexibilidad elevadas, junto con altos niveles de seguridad, ausencia de corrosión y costes de mantenimiento moderados, hacen de los fluidos térmicos el medio transmisor de calor por excelencia en la actualidad, en todos los sectores industriales y para todo tipo de aplicaciones.

En la selección del fluido térmico óptimo para cada instalación, es aconsejable recurrir a los especialistas, ya sea fabricantes de los propios fluidos térmicos o a los fabricantes de calderas, que podrán aconsejar el fluido térmico más idóneo, dentro de la amplia gama existente en el mercado.

Será el que se adapte mejor a los requisitos, tanto técnicos como funcionales del proceso productivo, consiguiendo no sólo unas altas prestaciones técnicas a un buen coste económico, sino también una vida útil de nuestra carga de fluido térmico, prolongada.

Se considera que en circunstancias normales de trabajo, con las operaciones de mantenimiento adecuadas y moviéndose en los parámetros de operación de fluido térmico seleccionado y optimo, la vida útil de una carga debe ser del orden de 35000-40000 horas efectivas. **[11]**

Esta vida útil puede ser prolongada si las características del fluido térmico son muy superiores a las requeridas por el sistema.

### III.5.1. Clasificación de los fluidos térmicos.

Los fluidos térmicos de calor pueden clasificarse según su estructura química en tres tipos principales:

➤ Aceites sintéticos o de tecnología sintética:

Con dos grandes subgrupos: de gama media y de alta gama:

Son los aceites base que se obtiene mediante procesos de síntesis química u otros procesos diferentes al refinado convencional.

También denominados aromáticos, consisten en estructuras a base de benceno e incluyen los óxidos de óxido de difenilo / bifenilo, los difeniletanos, dibenciltoluenos y terfenilos. Dependiendo del producto específico, el rango de temperatura de funcionamiento de este tipo de fluidos es del orden de -20°C a 400°C.

Son más caros que los minerales y su precio varía en función de la gama del aceite.

Su temperatura óptima de trabajo podemos encontrarla por los 300 °C

➤ Aceites minerales:

El aceite base procede del refinado convencional del petróleo. Está formado por una base obtenida directamente de la destilación del petróleo y la mayoría consisten en hidrocarburos parafínicos y / o nafténicos, a la que se le añaden algunos aditivos que le confieren unas propiedades que mejoran sus prestaciones, básicamente para obtener bajas viscosidades y elevar su resistencia a la oxidación. El rango general de operación es del orden de -10 °C a 315 °C

Su temperatura óptima de trabajo está por el orden de los 280 °C.

Son más económicos que los aceites sintéticos.

Ejemplos:

Fabricante: Exxonmobil. Lubricante mobiltherm serie 600, Shell Heat transfer oil S2S.

El calificativo de sintético o mineral se relaciona con el método de obtención del componente principal del fluido térmico, el aceite base.

➤ Aceites de siliconas:

Los fluidos a base de silicona, y en mayor medida los fluidos híbridos de glicol, se usan principalmente en aplicaciones especializadas que requieren compatibilidad de proceso / producto en caso de que se produzca una fuga del intercambiador de calor.

Son aceites denominados no tóxicos y suele ser empleado en la industria alimenticia.

Las desventajas de este grupo en cuanto al rendimiento y al coste en los rangos comparativos de temperatura de los aceites sintéticos y minerales hacen que este tipo de fluidos sean opciones exclusivamente para este tipo de aplicaciones y por tanto poco probables para la gran mayoría de procesos.

### III.5.2. Propiedades del aceite térmico.

El conocimiento de las propiedades físico- químicas del fluido térmico es vital para el correcto funcionamiento del sistema. Se debe realizar un estudio exhaustivo de cada una de ellas para lograr la elección adecuada del aceite térmico. Resulta igualmente importante seguir las recomendaciones del fabricante del sistema.

Propiedades físico- químicas del aceite:

➤ Temperatura máxima de operación:

Es la temperatura máxima que el fabricante del fluido recomienda que pueda usarse en uso continuo y aun así mantener un nivel aceptable de estabilidad térmica.

Debido a que las tasas de degradación del fluido están estrechamente ligadas a la temperatura, trabajar habitualmente por encima de la temperatura de funcionamiento máxima del fluido, aumentará exponencialmente la tasa de degradación.

Los posibles problemas causados por una degradación excesiva y la subsiguiente formación de subproductos de degradación incluyen aumento de la coquización y suciedad, dificultades mecánicas y disminución de la eficiencia de transferencia de calor.

Es de gran importancia en la selección del fluido térmico más adecuado para cada proceso productivo.

➤ Temperatura máxima de película.

En una caldera, las paredes de los serpentines alcanzan temperaturas más elevadas que la temperatura de servicio del fluido térmico.

La temperatura de servicio del fluido térmico, se considera la determinada en el centro de la sección de los serpentines, y se llama también habitualmente

temperatura de masa, mientras que la temperatura de film es la temperatura que alcanza el fluido térmico que está en contacto con la pared de los serpentines.

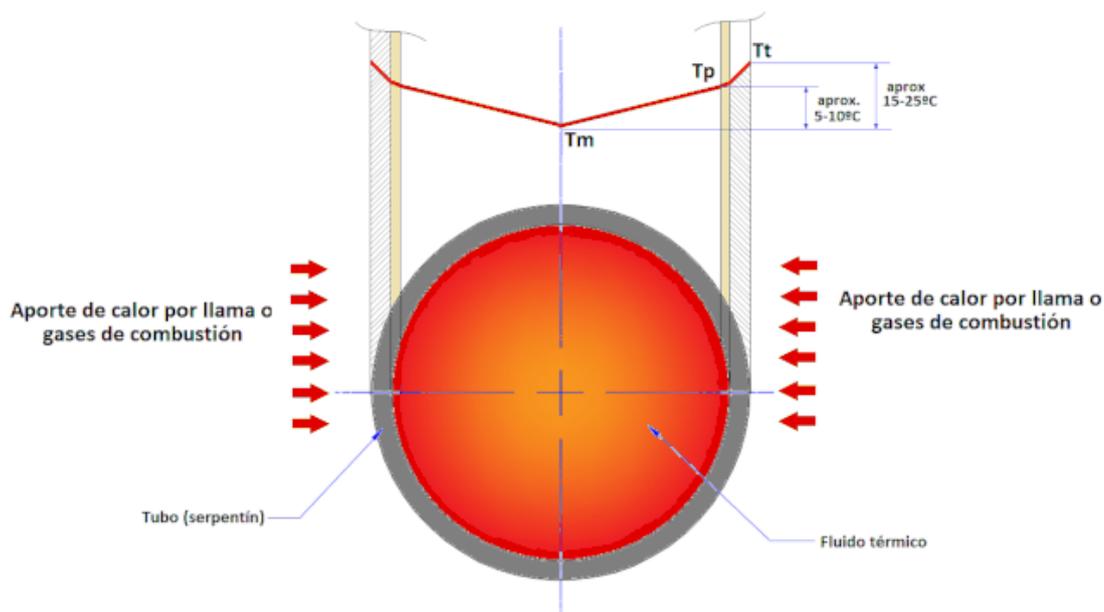
Esta temperatura tiene siempre un valor más elevado que la temperatura de masa y si en condiciones de uso sobrepasa la determinada por el fabricante del fluido térmico, se degradará térmicamente.

Esta temperatura es de vital importancia para el diseño de las calderas.

En condiciones de servicio, con una caldera correctamente diseñada y con el caudal de fluido térmico adecuado, la temperatura de film acostumbra a ser del orden de 5 a 10 °C superior a la temperatura de masa.

Es una de las propiedades más importantes a tomar en cuenta cuando se realiza la selección del aceite térmico.

Esquema 8. Temperatura se película. Fuente [12].



$T_m$ - temperatura de masas  
 $T_p$ - temperatura de película.  
 $T_t$ - temperatura del tubo.

➤ Punto de congelación: (pour point)

Es la temperatura a la cual el fluido térmico no es capaz de escurrir por simple gravedad, ya que la viscosidad se ha vuelto infinita. Para reducir dicho punto, los fluidos térmicos se aditiva, estando la mayoría de los fluidos térmicos del mercado en valores próximos a los -30 °C.

➤ Temperatura mínima de bombeo:

Esta temperatura y no el punto de congelación, es la temperatura a la cual un fluido térmico puede operar y por tanto hay que tenerla en consideración en la selección del fluido térmico.

Se define como la temperatura a la cual la viscosidad del fluido alcanza un valor – típicamente 2000 cP – en el que las bombas centrífugas no pueden hacer circular el fluido.

Aunque la mayoría de las aplicaciones de proceso se ejecutan a temperaturas muy por encima de dicho punto, los diseños de sistemas podrían encontrarse con problemas durante paradas de emergencia o paradas de mantenimiento sino hemos considerado este requisito en la adquisición de la carga de fluido térmico de nuestra instalación.

Generalmente, la mayoría de los aceites térmicos minerales y los fluidos sintéticos de gama media tienen valores para el arranque hasta el rango de - **20°C a -5°C**.

Los fluidos sintéticos de alta gama – fluidos sintéticos aromáticos con óxidos de difenilo / tipo bifenilo y con temperaturas máximas de servicio de 370°C -400°C tienen valores de **5°C a 15°C** como temperaturas mínimas de bombeo.

Los procesos que utilizan un fluido térmico que potencialmente puede tener problemas de arranque en frío necesitarán disponer en su instalación de tuberías con trazado de aporte de calor, ya sea por vapor o por resistencias eléctricas.

➤ Punto de inflamación: (flash point)

Es la temperatura a la cual los vapores producidos por el fluido térmico al calentarse se inflaman, surgiendo una llamarada repentina sobre la superficie del fluido térmico cuando se aproxima una llama o se hace saltar una chispa, en presencia de oxígeno. No importa que la llamarada surgida se apague inmediatamente después.

Es un indicativo muy importante del estado del fluido térmico. Los valores normales se sitúan alrededor de los 190° C.

Hay que tener presente que un circuito de fluido térmico es cerrado, no existiendo por tanto presencia de oxígeno y siendo por tanto imposible una combustión sin una fuga.

Es muy importante no confundir esta temperatura, con la temperatura de autoignición o con la temperatura de combustión.

➤ Punto de autoignición:

Es la temperatura mínima a la cual el fluido térmico se enciende por sí mismo, sin presencia de llama o chispa que inicie la combustión. La presencia de aire comburente es necesaria.

La temperatura por considerar ante una eventual fuga de fluido térmico es la temperatura de autoignición.

La fuga sería precisa, ya que sin ella no hay oxígeno en el circuito y por lo tanto, aunque se alcanzasen temperaturas de punto de autoignición en circuito cerrado, no sería posible una combustión.

➤ Punto de combustión: (fire point)

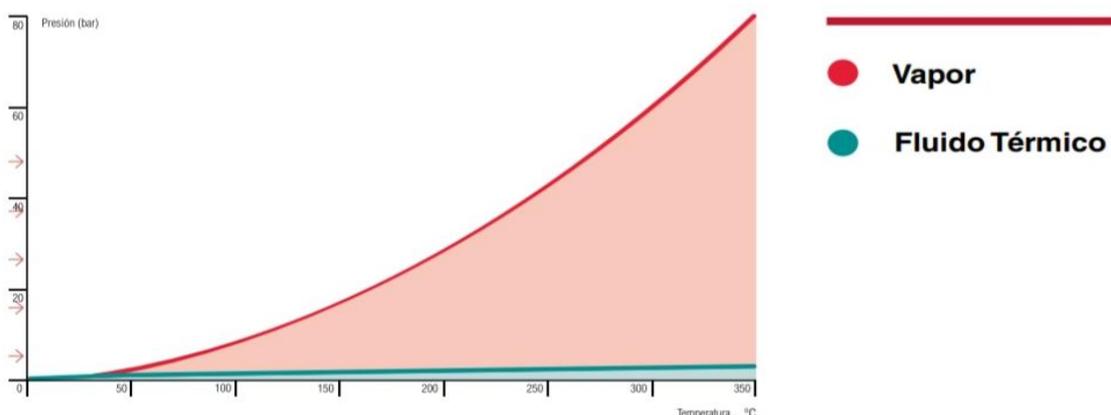
Es la temperatura a la cual, y una vez aproximada una llama o chispa, en presencia de combustible (oxígeno), la llama que se forma se mantiene al menos 5 segundos encendida. Los valores normales se sitúan alrededor de los 210 °C.

### III.5.3. Ventajas y desventajas del aceite térmico.

La principal ventaja que aporta el aceite térmico es que puede ser operado a altas temperaturas con una presión mínima de trabajo, prácticamente la presión de circulación de las bombas.

Gráfico 2. Presión- Temperatura. Aceite Térmico/ Vapor. Fuente [1]

## Relación Presión-Temperatura



Esto se debe a que el aceite térmico a altas temperaturas no forma vapor.

El aceite térmico se caracteriza por ser un medio caloportador de gran versatilidad ya que permite cubrir las necesidades concretas de una amplia variedad de sectores industriales.

Las ventajas que la tecnología del aceite térmico está aportando en este momento a todo tipo de industrias, las más recientes la del sector auxiliar de la automoción (fabricación de techos de automóviles) y alimentación son:

- Altas temperaturas (Hasta 400°C en fase líquida) con mínimas presiones atmosféricas, lo que simplifica el diseño de la instalación
- Ausencia de corrosión (el fluido lubrica la instalación)
- Elevada inercia térmica (el sistema retiene el calor por más tiempo)
- Larga vida de los equipos (Más de 20 años con un mantenimiento estándar y sin necesidad de reformas importantes)
- Sistema no presurizado
- Diseño de baja presión
- Emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> proporcionalmente reducidas

- Temperaturas mixtas que pueden ser fácilmente alcanzadas por diferentes usuarios en un solo sistema
- Trabajos de obra civil más sencillos debido a la operación a baja presión.
- Seguridad por ausencia de corrientes circulantes en los platos típicas de las resistencias eléctricas.
- Economía por término medio de un 20% en términos de combustible, Gracias a la recirculación de aceite térmico se consiguen precisiones de temperatura de + - 1° C a lo largo de toda la superficie de calentamiento.
- Mantenimiento extremadamente bajo por tratarse de un sistema centralizado de calentamiento.
- Calidad en el producto final, debido fundamentalmente a la uniformidad de temperaturas en toda la superficie de calefacción.

Otro de los factores que sin duda han contribuido al desarrollo de las instalaciones de aceite térmico en los sectores industriales son los aspectos legales. Toda la legislación vigente a nivel europeo clasifica las instalaciones de vapor y, en particular, los recipientes a presión, encontrándose entre ellos obviamente las calderas, según diferentes estadios (categoría C, B y A) en función de su presión de servicio y su nivel medio de agua.

Por el hecho de que las calderas de fluido térmico trabajan sin presión, o únicamente con la presión de la bomba de recirculación, estos equipos ocupan prácticamente siempre la categoría menos restrictiva en cuanto a clasificación de calderas. Esto ocurre además en la inmensa mayoría de los casos e independientemente de la potencia de la caldera.

Por consiguiente, este hecho ha representado otro punto a favor en la proliferación de este tipo de instalación, dado que casi nunca es necesario construir una sala de calderas con sus correspondientes muros de contención, respetando distancias a paredes, techos, etc. Todo ello repercute sin duda en costes y en una problemática a nivel legal que a menudo resulta embarazosa para empresas poco habituadas en estas tareas.

Desventajas del aceite térmico.

Pese a sus apreciables ventajas al compararlos con otras sustancias caloportadoras como el vapor, el aceite térmico también presenta limitaciones como puede ser la degradación. La velocidad de degradación puede estar influenciada por procedimientos de operación inadecuados, mal diseño o contaminación.

La degradación del aceite térmico se produce por 3 fenómenos:

### **La Contaminación:**

Se produce cuando un fluido con pobre estabilidad térmica es adicionado por error (agua fundamentalmente, o fluidos hidráulicos) al sistema. El agua puede provocar cavitación de alguna de las bombas.

Los contaminantes pueden promover la degradación del fluido, así como causar problemas operativos. Los contaminantes pueden entrar en el sistema de varias maneras:

En instalaciones nuevas

Una instalación nueva requiere que las partes que se fabrican y montan en terreno, habitualmente tuberías, tengan un grado de limpieza como mínimo equivalente a los componentes que van a unir, y que han sido suministrados limpios y protegidos desde fábrica.

Un problema frecuente en instalaciones de fluido térmico es la contaminación del fluido originada durante el montaje, ya sea por causa de las operaciones de corte y soldadura, por polvo y suciedad, empleo de lacas protectoras, por deficiente almacenamiento de componentes o por una manipulación inadecuada durante el proceso de llenado de la carga.

Un método de limpieza y purificación de un fluido térmico, en instalaciones nuevas es el llamado "Flushing".

Una vez finalizada la instalación, ya en fase operativa el fluido puede sufrir igualmente contaminaciones, con partículas sólidas o por agua. Estas contaminaciones afectan tanto a las tuberías como a los componentes del sistema, por lo que es necesaria la recuperación del nivel de limpieza inicial.

Las partículas sólidas pueden ser eliminadas mediante el empleo de filtros que deben ser limpiados regularmente, verificando que la presión en la aspiración de la bomba no descienda del normal de servicio.

Este hecho es indicativo de suciedad en el filtro.

La presencia de agua implica casi con total seguridad fugas en intercambiadores, que obviamente deben ser reparadas.

Pruebas de presión

Otra posibilidad de la presencia de agua en la instalación puede ser haber realizado pruebas de presión de alguno de los equipos integrantes de la misma con agua.

Esta presencia, que sería detectada inmediatamente a la conexión del equipo implicado, podría ser eliminada por medio del sistema de purga de la instalación. Estos casos deben ser evitados requiriendo a los proveedores de equipos para la instalación que realicen las pruebas a presión con el fluido térmico de la instalación, ya que es extremadamente difícil un buen secado.

También es posible la presencia de agua por condensación de humedad en el depósito de expansión, lo que implicaría necesariamente un diseño inadecuado del sistema de estanqueidad del mismo y por tanto, sería también bastante factible la presencia de aire.

### **Oxidación:**

Los fluidos térmicos reaccionan con el oxígeno del aire para formar ácidos orgánicos, entre ellos los más comunes los ácidos carboxílicos. Estos ácidos se son sometidos a la polimerización de radicales libres aumentando la viscosidad del fluido y dando lugar a la formación de depósitos de lodos.

La velocidad de oxidación es baja en condiciones ambientales, pero aumenta rápidamente con la temperatura.

La reacción se ve favorecida por la presencia de oxígeno, por la temperatura y por la presencia de catalizadores (determinados metales como el Cu, o los propios lodos).

Los lodos tienen varios efectos:

- Obstruyen los filtros
- Erosionan las bombas, si atraviesan los filtros
- Se depositan en los asientos de válvulas
- Catalizan la reacción de oxidación
- Rebajan el punto de inflamación

Para minimizar la oxidación y alargar el proceso de deterioro de la carga por esta causa debemos tomar algunas medidas:

- El diseño de la instalación debe ser estanca, ya sea por medio del llamado “cojín hidráulico” o por otros sistemas, incluyendo la utilización de gases inertes. Compruebe que sea cual sea el sistema empleado en el diseño de su instalación, este funciona correctamente, con cojín hidráulico suficiente y con presión de nitrógeno correcta.
- El diseño debe asegurar también, que la temperatura en el depósito de expansión se mantenga por debajo de 60°C. – No aisle el depósito de expansión ni las tuberías conectadas al mismo.
- Realice las operaciones de mantenimiento con el fluido a temperaturas inferiores a 60 °C.
- Cambie cierres mecánicos de bombas y juntas si existen fugas. Cada vez que se realice una parada en la instalación, puede producirse un vacío en esos puntos y facilitar la entrada de aire a la instalación por esos puntos.
- Ante una modificación o ampliación de la instalación, debe realizarse una nueva puesta en marcha repitiendo el proceso de deshidratación inicial.

- Se deben evitar los puntos en los que la temperatura del aceite estando por encima de 54 °C, entre en contacto con el medio ambiente.

### **Craqueo térmico o sobrecalentamiento:**

Se entiende por craqueo químico o “cracking” la descomposición de un producto, en nuestro caso el fluido térmico, en elementos de elevado y bajo punto de ebullición, por exceder la temperatura de película máxima recomendada del fluido térmico.

Podemos decir más “gráficamente” que se rompe la cadena de unión de diferentes componentes del producto y éste ya no se comporta uniformemente. La descomposición se divide entre “low boilers” y “high boilers”.

Low boilers: se halla formado por las fracciones más volátiles del fluido, que vaporizan y son eliminadas al exterior por los depósitos de expansión. Su aparición provoca calentamientos no uniformes y cavitaciones en bombas.

High Boilers: se halla compuesto por las sustancias del fluido térmico que se carbonizan, adhiriéndose a las paredes de los serpentines.

Inicialmente este cracking incipiente produce una disminución del rendimiento de la caldera al convertirse estos productos en pseudoaislantes con el incremento de combustible que ello representa y las dificultades de producción lógicas.

Sin embargo, el siguiente paso es aún peor. A medida que el fluido va degradándose la cantidad de calor que pasa a través de la tubería de los serpentines es menor y la temperatura de la pared aumenta.

El desenlace; destrucción de los serpentines, requemados y por ello sustitución de la caldera.

Se puede minimizar o evitar el “cracking”:

- Preste atención a las seguridades instaladas y realice un mantenimiento de dicha instrumentación. Con las seguridades reglamentarias y correctamente

funcionando, el “cracking” no es posible. La actuación de las alarmas por alta temperatura y / o de bajo caudal, indican sobrecalentamiento y evitan el “cracking” si son consideradas y evaluadas.

- Considerando una instalación correctamente diseñada de origen, con un fluido térmico acorde con nuestras necesidades, sea muy cuidadoso en la selección de un cambio de bomba por cualquier circunstancia, ya que el “cracking” puede producirse por una deficiencia de caudal de fluido térmico en la caldera. Ante una modificación o ampliación del circuito inicial, recurra a un rediseño hidráulico profesional de la instalación, ya que es posible que obligue a una sustitución de las bombas iniciales. Debe realizarse una nueva puesta en marcha.
- No realizar el arranque del sistema a plena potencia. Un calentamiento progresivo hasta alcanzar la temperatura de 100 °C, minimiza el “stress” térmico del fluido.
- Igualmente, evite las paradas repentinas, permitiendo que el fluido circule hasta que la temperatura de salida de la caldera sea alrededor de 100°C.
- El quemador debe proporcionar la potencia de diseño de la caldera existente y estar perfectamente ajustado.
- Si es habitual que se produzcan fallos de alimentación, considere la posibilidad de conectar la bomba a la fuente de alimentación auxiliar.
- Realice los análisis rutinarios de las muestras de fluido térmico extraídas de su instalación y las recomendaciones que de los resultados emanen. Un “cracking” puede producirse por haber querido alargar la vida útil de una carga que debería haber sido sustituida anteriormente por otra causa – oxidación, por ejemplo -.

#### III.5.4. Análisis del aceite térmico.



**Ilustración 2. Análisis de Aceite Térmico. Fuente[10]**

El aceite térmico constituye un elemento imprescindible del sistema de calentamiento que al mismo tiempo puede ser crítico en nuestro sistema productivo. Asegurar que el fluido térmico se encuentra en condiciones de servicio satisfactorias tiene una incidencia vital en aspectos como la seguridad del equipo o los costes energéticos.

En efecto, una degradación de la carga implica una disminución de las capacidades de transferencia de calor del fluido térmico. Al no poder absorber adecuadamente la energía suministrada por el combustible a través del quemador, la temperatura de los gases de combustión en la salida de humos – chimenea -, sea más elevada y por tanto el rendimiento energético de la caldera inferior y el coste en combustible aumentará.

La mayoría de estos problemas pueden ser identificados a tiempo y corregidos si el fluido es analizado periódicamente.

Estos análisis rutinarios o de mantenimiento preventivo, son reglamentariamente en España como mínimo una vez al año.

Según indica la norma UNE 9310, en su Apartado 19.2, en que especifica que debe comprobarse el correcto estado de la carga de fluido térmico anualmente. Esta norma es de obligado cumplimiento según el vigente Reglamento de Equipos a Presión. **[13]**

Esta frecuencia mínima, también se halla recomendada en la norma alemana DIN 4754, verdadero referente internacional en las instalaciones de fluidos térmicos.

No obstante, a lo prescrito en la norma, el intervalo de tiempo puede ser determinado en base a experiencias anteriores con el sistema, a las condiciones de servicio, tales como temperatura de servicio u horas de producción real anual y a las recomendaciones del fabricante de la caldera o del instalador.

Las cuatro pruebas más críticas que realizar para comprobar si nuestro aceite esta degradado son:

- Número ácido, demuestra el nivel actual de la oxidación del aceite, pudiéndose anticipar a problemas de suciedad y sedimentos
- Viscosidad, determina si el aceite ha llegado a ser demasiado viscoso para una transferencia térmica eficiente
- Insolubles, analiza la posible alteración en la composición del fluido, causada por el cracking y que puede formar depósitos.
- Punto de inflamación, aceptando una variación del 10% del valor inicial.

Si las pruebas concluyen que el aceite ha sufrido degradación, es posible que se deban al equipo o anomalías de carácter operativo. Problemas que se deben corregir antes de que causen otros problemas más serios, permitiendo el ahorro de dinero y el incremento en la eficiencia del sistema.

### III.6. Aplicaciones de las instalaciones de aceite térmico en la industria

Los aceites térmicos, como fluido térmico, se utilizan en una gran variedad de aplicaciones e industrias donde se requieren altas temperaturas. Algunas de las principales industrias en las que se utilizan dichos sistemas de transferencia térmica de aceite térmico son:

- Industria Petrolífera: producción de petróleo o gas.



Ilustración 3. Calentamiento de tanques mediante AT. Fuente [14]



Ilustración 4 Tratamiento para reciclaje de aceite. Fuente [14].

- Sistema de calefacción- refrigeración.



**Ilustración 5 Sistemas de Calefacción- refrigeración. Fuente [14]**

- **Industria Química:** en la preparación de resinas alquímicas que sirven como base en la preparación de pinturas.



**Ilustración 6. Industria Química. Fuente [14]**

- Industria automotriz.



**Ilustración 7 Calentamiento de prensas para automoción. Fuente [14]**

- Industria maderera. Secado de maderas.



**Ilustración 8. Calentamiento Prensas para tableros de madera. Fuente [14]**

- Industria alimenticia: En la industria alimentaria, es muy habitual encontrar freidoras que trabajan en continuo para elaborar aperitivos (snacks), alimentos rebozados (carnes, pescados o verduras) o productos de pastelería o panadería.

Para ello, una de las maneras más eficientes consiste en ubicar un intercambiador aceite térmico-aceite vegetal, por el que, mediante una caldera de aceite térmico, se calienta el aceite vegetal que se utiliza para freír. De este modo, evitamos que el aceite térmico alcance temperaturas muy elevadas, como ocurriría con otros tipos de calentamiento.



**Ilustración 9. Calentamiento de freidoras**



**Ilustración 10. Horno de pan. Fuente [14]**

- Industria textil: secado de telas.
- Autoclaves para las industrias.
  - Lavandería.
- Industria farmacéutica.
- Industria metalúrgica:
  - Acabado de metales y enfriamiento de máquinas.
- Aplicaciones marinas: Calefacción de tanques de hidrocarburo y servicios generales en varios tipos de embarcaciones.



Ilustración 11. Remolcador de Altura VB Hispania. Fuente. Trabajo de campo.



Ilustración 12. Portacontenedores Mapocho. Fuente. Trabajo de campo.

## IV. MATERIAL Y MÉTODOS.

### IV.1 . Material.

Para la elaboración del Trabajo de Fin de Grado Funcionamiento del Sistema de Aceite Térmico Buque Volcán de Teneguía.

- Normativa internacional.
- Artículos web.
- Conferencias técnicas publicadas en youtube.
- Artículos especializados.
- Diccionario de inglés Técnico para mecánicos. **[15]**
- Recomendaciones del fabricante.
- Experiencias prácticas del personal a bordo.

### IV.2 . Métodos.

El método utilizado para la elaboración del trabajo ha sido el siguiente:

- Lectura, y síntesis del material bibliográfico.
- Recogida de datos en trabajo de campo.
- Elaboración de gráficos y tablas para ilustrar datos reales.
- Exposición de trabajos reales desarrollados sobre campo.

## **RESULTADOS**

## V. RESULTADOS

En este apartado expondremos parte de los conocimientos Teórico-Prácticos adquiridos a lo largo de 20 años de trabajo a bordo de diferentes tipos de buques de La Marina Mercante y la Flota de Pesca ocupando varias funciones en la cadena de mando del departamento de máquinas.

Describiremos las principales características técnicas del sistema de Aceite Térmico del buque Volcán de Teneguía de la prestigiosa naviera Armas.

### V.1 Sistema de aceite Térmico M/N Volcán de Teneguía.

Para satisfacer la demanda de energía térmica del buque dentro de parámetros eficientes de trabajo contamos con el sistema de aceite térmico. El buque se encuentra equipado con 2 calderas de aceite térmico, la caldera de Combustión interna y la Caldera de gases de escape. Estos equipos componentes fundamentales del sistema, trabajan en serie para lograr una mejor eficiencia del sistema.

El sistema de aceite térmico es un sistema de baja presión y alta temperatura por el que circula el aceite térmico mediante un circuito cerrado desde los calentadores de gas y de combustión interna hasta los consumidores retornando nuevamente al punto inicial para satisfacer la demanda de energía térmica de abordó. Los parámetros de trabajo presión de trabajo 6,5 bar con temperatura de trabajo de aceite térmico 160 °C.

El objetivo fundamental del calentamiento del aceite térmico es la transmisión del calor por convección a los consumidores de abordó siendo su principal consumidor los tanques de combustible pesado Fuel Oil. El combustible pesado Fuel Oil deberá mantener parámetros de viscosidad óptimos para su almacenamiento y consumo. A tal efecto se dispone de:

- Tanques de almacenamiento donde el combustible deberá mantener una temperatura entre 85- 95 °C.
- Tanques de Sedimentación 85- 95 °C.
- Tanques de servicio diario 95- 100°C.

Todos los tanques de combustibles de abordaje están diseñados con un serpentín de aceite térmico en su parte inferior para lograr una mejor transferencia del calor.

De igual forma el aceite térmico se utiliza a bordo para múltiples servicios entre las que podemos encontrar:

- Los calentadores de las depuradoras de combustible y aceite.
- El módulo de combustible del motor principal.
- Calefacción en el sistema de aire acondicionado.
- Tanques de almacén, asiento y servicio diario de combustible.
- Tanques de aceite.
- Tanques de lodo.

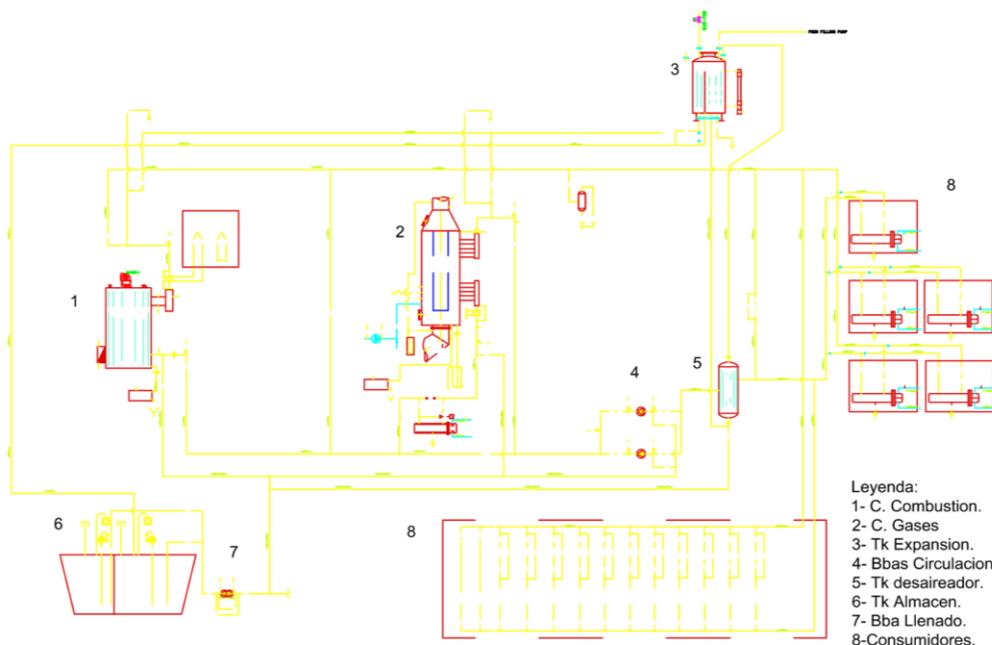
El sistema de aceite térmico del buque se encuentra diseñado para el trabajo en automático, reduciendo el trabajo manual al arranque inicial del circuito.

De forma automática se alterna el trabajo de los calentadores según los parámetros de trabajo ajustados durante el arranque inicial del sistema.

Con el objetivo de optimizar la eficiencia y capacidad del sistema durante el régimen de navegación del buque, se programa el trabajo de la caldera de gases recuperando la energía térmica de los gases de escape del motor principal manteniendo la caldera de combustión en stand by. La caldera de combustión iniciará su funcionamiento de forma automática al cambiar el régimen de navegación a maniobra durante el arribo del buque a puerto o al producirse alguna falla en el funcionamiento de la caldera de gases que originen la disminución de la temperatura de trabajo del aceite térmico por debajo del valor programado.

Disposición general del sistema.

Esquema 9. Circuito de aceite Térmico B/ Volcán de Teneguía. Fuente: Elaboración propia.



V.1.1 Aceite térmico. Características Técnicas y propiedades.

El Aceite térmico utilizado para la transferencia del calor a los consumidores debe tener la capacidad de mantener adecuadas propiedades para el servicio al menos por 1 año de trabajo en el sistema. Para garantizar la calidad del aceite durante el periodo de servicio se deben mantener los valores óptimos de temperatura de trabajo del aceite en el sistema.

El sistema utiliza un aceite mineral derivado del petróleo marca Mobiltherm 605.

Es un aceite de transferencia de calor de alto desempeño destinado para ser utilizado en instalaciones de circuito cerrado y calentamiento indirecto.

Esta formulado a partir de aceites base altamente refinados que son resistentes al craqueo térmico y a la oxidación química. Es muy estable térmicamente y capaz de proporcionar una vida de servicio extremadamente larga sin la formación de depósitos ni incremento en la viscosidad.

Tienen buena eficiencia de transferencia de calor y su viscosidad es tal que pueden bombearse fácilmente tanto a la temperatura de arranque como a la de operación.

Demuestra valores de calor específico y de conductividad térmica que proporcionan una disipación más rápida del calor. El punto de inflamación de este aceite no disminuirá significativamente en servicio debido a su resistencia al craqueo térmico a las temperaturas de operación para los que se recomiendan.

#### Características Técnicas:

- Temperatura de trabajo -7 hasta 315 °C.
- Alta resistencia al craqueo y descomposición térmicos.
- Excelentes propiedades térmicas.
- Buena estabilidad térmica y oxidativa.
- Buena fluidez a bajas temperaturas.

#### Ventajas y beneficios:

- Ausencia de depósitos de lodos y de coque, un mínimo de interferencia con la capacidad de transferencia de calor y mínimas necesidades de mantenimiento.
- Altas tasas de transferencia de calor, mejor eficiencia operativa y menores costos operativos.
- Larga vida de servicio libre de problemas y menor cantidad de tiempo muerto.
- Fácil arranque de los sistemas fríos.

Propiedades y Especificaciones:

Tabla 1. Propiedades del Aceite térmico. Fuente: Archivos del barco.

Densidad a 15 C, kg/l, ASTM D1298	0,857
Punto de inflamación, °C, ASTM D92	200 (min)
Viscosidad cinemática (cSt) a 100 °C	5,4
Viscosidad cinemática (cSt) a 40 °C	30,4
Punto de fluidez, °C, ASTM D97	-6
Residuos de Carbón, wt %, D4530	0,05 (max)

## V.2 Caldera de puerto o de combustión interna.

La caldera de combustión interna se emplea fundamentalmente durante la estancia del barco en puerto.

Trabaja bajo el principio de la combustión del combustible líquido para generar calor que después es transferido por convección a la bobina de tubos por cuyo interior circula el aceite térmico y colocado en las paredes del hogar de la caldera. Este aceite térmico es calentado y transfieren el calor a los consumidores de abordó.

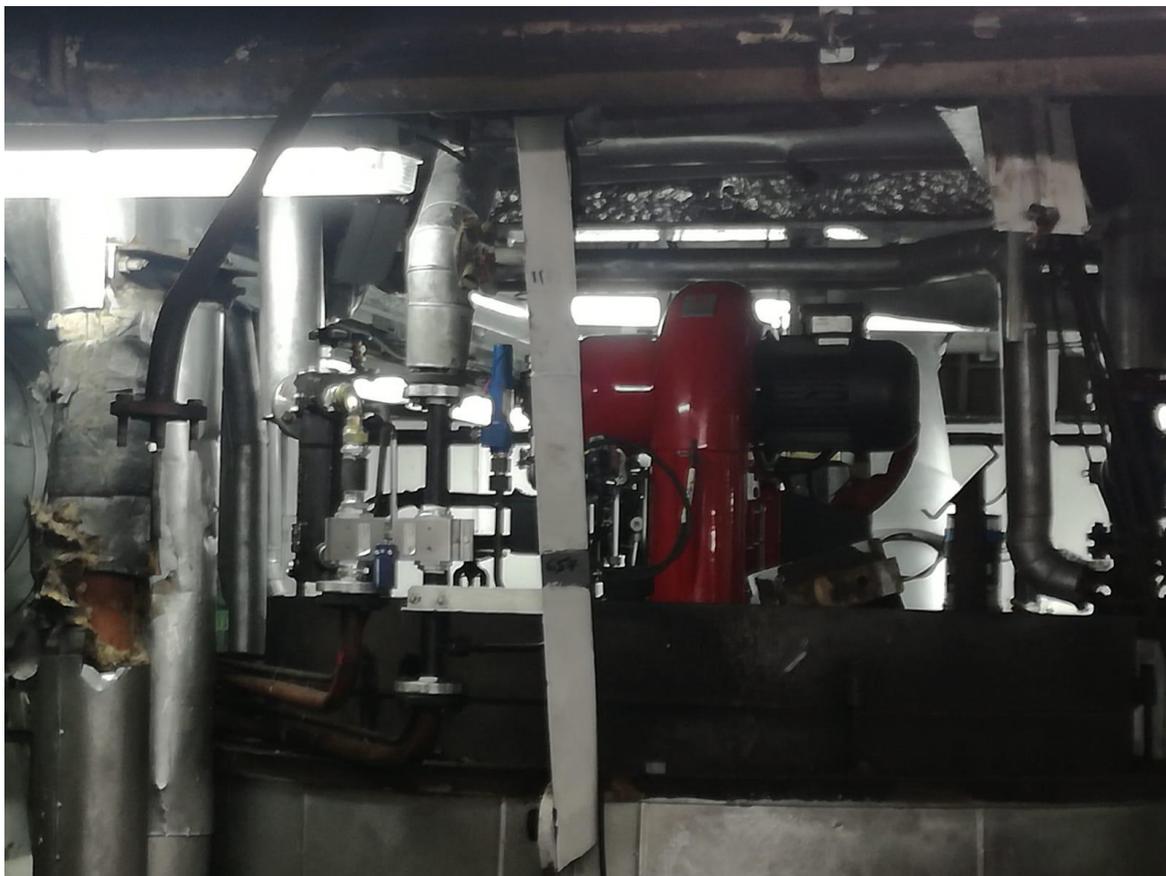
Se encuentra dispuesta en forma vertical y es de accionamiento automático, ya que no precisa de una acción manual para su funcionamiento salvo en la puesta en servicio inicial o en caso de sufrir parada de emergencia por parte de alguno de sus elementos de seguridad. Su componente fundamental es el quemador el cual se encarga del funcionamiento del equipo.

El diseño constructivo del calentador de aceite se ha llevado a cabo según las normas DIN 4754 para sistemas de transferencia de calor que funcionan con medios orgánicos y las regulaciones de recipientes sometidos a presión.

Las partes fundamentales que componen el diseño de la caldera son:

- Cámara de combustión: ampliamente diseñada para que las llamas no entren en contacto directo con las tuberías de aceite térmico, dando mayor seguridad y vida útil al equipo.
- Cono refractario: compuesto por una chapa refractaria de 35 cm de espesor se encuentra en la parte superior de la caldera y en ella se genera un torbellino de calor expulsando los gases calientes hacia la superficie de calentamiento.
- Superficie de calentamiento: es donde se aprovecha la energía térmica de los gases producto de la combustión para la transferencia del calor por convección. Compuesta por serpentines concéntricos de 3 pasos dispuestos en forma vertical por donde circula el aceite térmico a gran velocidad.
- Quemador: Componente fundamental de la caldera y es el encargado del proceso de la combustión.
- Cámara de salida de gases: se encuentra por un costado de la caldera y es donde se expulsan los gases de escape de la caldera.
- Casco: Parte exterior de la caldera diseñado para soportar los procesos de trabajo de la caldera y aislar sus partes internas del medio exterior.

V.2.1. Descripción y características principales.



**Ilustración 13.** Caldera de combustión. Fuente: Trabajo de campo

- Fabricante: GESAB.
- Modelo: TOH 100 V 40.
- Capacidad: 1000 Kw.
- Viscosidad Máxima del combustible: 380 cSt at 50° C/ Diesel oil.
- Eficiencia: 90,5 %.
- Temperatura de Diseño: 300 °C.
- Temperatura de entrada/ salida de aceite térmico: 160/200 °C.
- Caudal de Aceite térmico: 46 m<sup>3</sup>/h.
- Caudal mínimo de aceite térmico: 40,8 m<sup>3</sup>/h.
- Volumen de la caldera: 680 Lts.

El sistema de tuberías en el hogar, están construidas de material resistente para calderas acero sin costuras.

### V.2.2. Quemador

Para garantizar el trabajo eficiente de la caldera de combustión interna es importante tener en cuenta las condiciones técnicas del quemador. La caldera de combustión del buque opera con un quemador de una etapa de trabajo el cual satisface la demanda de energía térmica de abordo.

Marca: WEISHAUP MONARCH

Modelo: RMS7ZMD

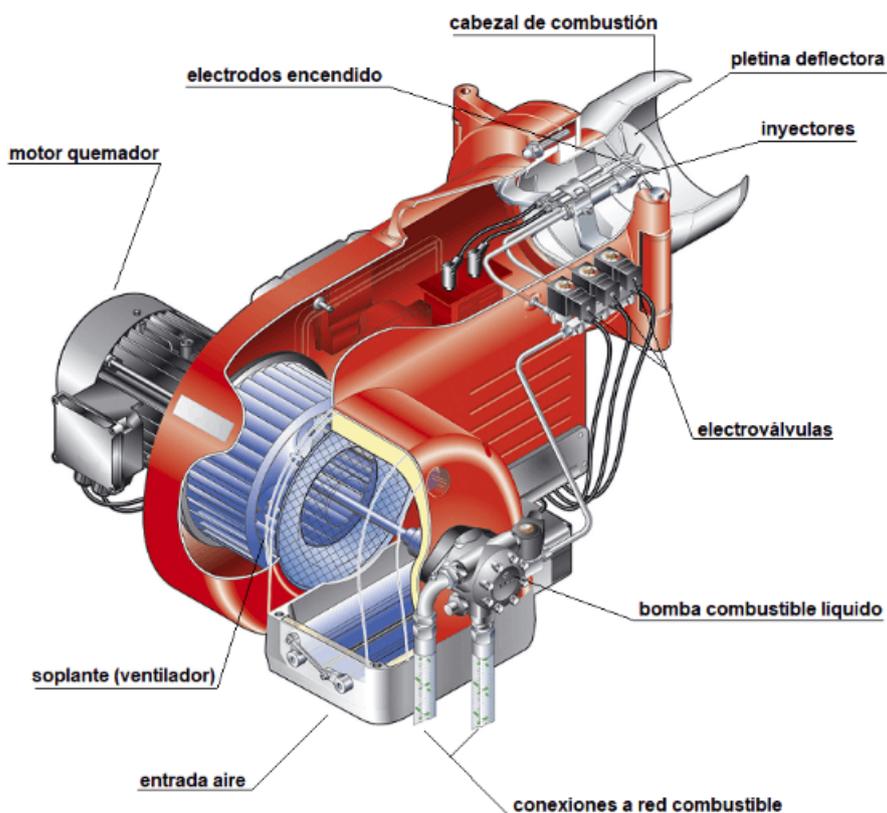


**Ilustración 14.** Quemador. Fuente: Trabajo de Campo.

El quemador es el encargado del proceso de la combustión de la caldera. La llama debe mantenerse en condiciones estables de trabajo para lograr la eficiencia requerida por la caldera, lo cual en condiciones óptimas de trabajo podremos alcanzar hasta un 90,5 % de aprovechamiento del combustible, reduciendo las pérdidas térmicas por debajo del 10 %.

El quemador es una unidad integrada por varios elementos que trabajan coordinados por una unidad de control la cual toma como referencia para su funcionamiento los parámetros de trabajo controlados por los diferentes instrumentos de control. Al arrancar la caldera, el quemador funciona a plena carga y luego se regula a una carga menor según el consumo de energía. Tan pronto como se alcanza la temperatura programada, el quemador se apaga.

**Esquema 10 Partes del Quemador. Fuente: Archivos del buque.**



Componentes eléctricos del quemador:

- Unidad de control automático del fuego tipo LOK 16.250: es la unidad de control central del quemador. Controla la secuencia de operación y monitorea la llama.
- Motor quemador: acciona la rueda del ventilador y la bomba de combustible.

- Unidad de encendido electrónico: se encarga de crear una chispa en los electrodos, que enciende el combustible /mezcla de aire.
- Sensor de llama: El control del quemador monitorea la señal de llama con el sensor de llama. Si la señal de llama se vuelve demasiado débil, el control del quemador inicia un apagado controlado.
- Fococeldas, accesorio eléctrico para control de la llama del quemador.
- Interruptor de límite: Impide que el quemador funcione con la charnela abierta.
- Módulo de combustible: se encuentra equipado con la bomba de combustible, electroválvulas, presostatos de combustible, reguladores de cantidad de combustible y el calentador de combustible. Se realiza el calentamiento del combustible para garantizar que llegue con la viscosidad adecuada a las toberas.

Otros Componentes:

- Damper: diseñado con compuertas para regular el suministro de aire necesario para la combustión. El dämper es accionado por una solenoide con accionamiento mecánico la cual recibe una señal de la unidad de control para variar el ángulo de las compuertas y permitir mayor o menor paso de aire a la cámara de combustión según la demanda de carga del equipo.

Cuando se produce la parada del quemador, las compuertas se cierran de forma automática reduciendo las pérdidas de calor en el hogar de la caldera.

- Ventilador centrífugo: suministra el aire desde la carcasa de entrada de aire a la cámara de combustión.
- Difusor: es el encargado del ajuste entre la presión de la mezcla y la cantidad de aire necesaria para la combustión completa del combustible en el hogar. La distancia entre la tobera y la pared del disco del difusor viene dada por el fabricante según la capacidad del hogar.

Secuencia de trabajo del quemador:

La secuencia de encendido del quemador se divide en varias fases las cuales involucran a todos sus componentes:

- Ventilación. Al recibir la señal de encendido en la unidad de control automático del quemador, se produce el encendido del motor y con ello comienza la ventilación de la cámara de combustión por un periodo aproximado de 10 segundos.
- Pre Encendido: el tiempo de pre encendido comienza con el arranque del motor del quemador. Después de la fase de ventilación, con la bomba de combustible en funcionamiento, comienza la fase de circulación.
- Inyección del combustible: una vez transcurrido el tiempo de pre encendido, con el combustible en circulación, se cierran los solenoides de combustible aumentando la presión del combustible hasta la presión de tarado de la tobera de inyección y se produce la inyección del combustible.
- Encendido: al tiempo que se produce el cierre de las válvulas solenoides de combustible, se energiza el transformador que alimentan los electrodos calibrados en la boquilla del inyector, provocando un arco eléctrico en sus extremos. La mezcla de aire y combustible en presencia de una chispa provocan el encendido de la llama. Celdas fotoeléctricas para el monitoreo de la llama son colocadas en la cámara de combustión.
- Parada del quemador: Al variar las condiciones normales de trabajo, o si por fallas en el encendido del quemador no se produce el encendido de la llama, se abren nuevamente las válvulas solenoides, disminuyendo la presión del combustible en el circuito y propiciando la ventilación de la cámara de combustión por un tiempo aproximado de 10 segundos. Luego de este tiempo, se produce la parada del quemador.

Si la parada del quemador se origina después de haber alcanzado las condiciones establecidas de trabajo del aceite térmico, el mismo queda en stand by y listo para un nuevo arranque.

En cambio, si el origen de la parada ha sido por fallas del equipo o las condiciones de trabajo, el quemador debe realizarse el rearme manual del equipo después de restablecidas las condiciones para el arranque y antes de un nuevo arranque.

### V.2.3. Bomba de Combustible HFO/MDO (2und).

La caldera de combustión o caldera de puerto se encuentra diseñada tanto para el trabajo con combustible pesado HFO o combustible diésel.

La caldera de puerto en nuestro buque se encuentra ajustada para el trabajo con combustible diésel dada las regulaciones existentes para el control de las emisiones de gases al medio ambiente en zonas restringidas como lo son las Islas Canarias.

Con esta medida se da cumplimiento a la Instrucción de Servicio # 13/2019, del Ministerio de Fomento que aborda sobre la aplicación de los nuevos límites de contenido de azufre de los combustibles marinos. La instrucción establece el cumplimiento a partir del 1 de enero del 2020, del apartado 3 de la regla 14.1 del anexo VI del Convenio MARPOL, que establece que el contenido de azufre de todo combustible utilizado a bordo de los buques no excederá del 0,5% masa/masa. **[16]**.



SELLER: COMPAÑIA ESPAÑOLA DE PETROLEOS S.A.U.  
 TORRE CEPSA - PASEO DE LA CASTELLANA 259A  
 28046 MADRID - ESPAÑA  
 Tel +34 91 337 6000 Fax +34 91 337 6027  
 BUNKER@CEPSA.COM / HTTPS://BUNKER.CEPSA.COM

SUPPLIER: SAME AS THE SELLER

### Recibo de Entrega Bunker (REB) / Bunker Delivery Note (BDN)

DEPENDENCIA SUMINISTRADORA / BUNKER INSTALLATIONS <b>FACTORIA PETROCAN LAS PALMAS</b>		FECHA SUMINISTRO / DELIVERY DATE <b>03/05/2019</b>	Nº RECIBO / RECEIPT No. <b>008019012032</b>
PUERTO / PORT <b>- LAS PALMAS DE G.C.</b>	PUNTO DE ENTREGA / SUPPLY POINT <b>VIRGEN DEL PINO (I)</b>		Nº NOMINACION / NOMINATION No. <b>0060640855</b>
NOMBRE DEL BUQUE / VESSEL'S NAME <b>VOLCAN DE TENEGUIA</b>	Nº IMO / IMO NUMBER <b>9535161</b>	BANDERA / FLAG <b>ESPAÑA</b>	PUERTO DE MATRICULA / PORT OF REGISTER <b>STA CRUZ DE TENERIFE</b>
DESTINO / DESTINATION <b>NACIONAL</b>	PAIS / COUNTRY <b>NACIONAL</b>	ARMADOR / ARMADOR DISPONENTE / OPERADOR / OWNER / DISPOENENT OWNER / OPERATOR <b>COMPAÑIA TRASMEDITERRANEA SA</b>	N.I.F. / COD. <b>A28018076</b>
COMPRADOR / BUYER <b>COMPAÑIA TRASMEDITERRANEA SA</b>	N.I.F. / COD. <b>A28018076</b>	CONSIGNATARIO / PORT AGENT <b>TRASMEDITERRANEA</b>	N.I.F. / COD. <b>A28018076</b>

TIPO DE OPERACION  CON L.E.  EXENTO DE L.E.  CON IVA R.G.I.C.  EXENTO IVA R.G.I.C.

FORMA DE SUMINISTRO / METHOD OF DELIVERY **GABARRA ANAFI**

Producto / Product	Epi/grafe / Tax 7B	Cantidades Suministradas / Supplied Quantities			Densidad / Density 15°C air	Viscosidad / Viscosity cSt	Azufre / Sulphur % m/m	Inflamabilidad / Flash Point °C	Muestras Nº / Samples Nº				
		M3	M3 a 15°C (in air)	MT					Barco / Ship	Suminist. / Supplier	Custodia / Custody	Barco / Vessel	Suminist. / Supplier
IFO 380	1.5	362,501	353,786	350,000	989,3	380,00	2,70	65,00	0049126	0049125	0049124	0034140	0034139
GASOIL	1.3	45,961	45,740	40,000	874,5	4,60	0,080	63,00	0049123	0049122	0049121	0034138	0034137

Declaración, firmada y certificada por el representante del proveedor del fueloil, de que el fueloil suministrado se ajusta a lo dispuesto en la regla 18.3 del Anexo VI del Convenio MARPOL y que el contenido de azufre del fueloil suministrado no excede // Supplier's Representative declares and certifies that the fuel oil supplied is in conformity with regulation 18.3 of MARPOL Annex VI and that the sulphur content of the fuel oil supplied does not exceed.

El límite indicado en la regla 14.1 del presente Anexo // the limit value given by regulation 14.1 of this Annex.

El límite indicado en la regla 14.4 del presente Anexo, o el límite value given by regulation 14.4 of this Annex, or

El límite de \_\_\_\_\_ (% masa/masa) especificado por el comprador, cumplimentado por el representante del proveedor del fueloil y previa notificación del comprador de que el fueloil se va a utilizar // the purchaser's specified limit value of \_\_\_\_\_ (% m/m), as completed by the fuel oil supplier's representative and on the basis of the purchaser's notification that the fuel oil is intended to be used.

1. en combinación con un método de cumplimiento equivalente de conformidad con lo dispuesto en la regla 4 del presente Anexo; or 1. in combination with an equivalent means of compliance in accordance with regulation 4 of this Annex; or

2. está sujeto a una exención pertinente para un buque en el que se llevan a cabo pruebas relativas a la investigación de tecnologías de control y reducción de las emisiones de azufre de los buques, de conformidad con lo prescrito en la regla 3.2 del presente Anexo. // 2. is subject to a relevant exemption for a ship to conduct trials for sulphur oxides emission reduction and control technology research in accordance with regulation 3.2 of this Annex.

Producto / Product	DATOS DE TIEMPO / TIME SHEET										TOTAL HORAS / HOURS	Nº NOTA ENTREGA / No. DELIVERY NOTE
	ATRACÓ / FONDEÓ / DOCKED / ANCHORED		ACOPLÓ / CONNECTED		EMPEZÓ / COMMENCED		TERMINÓ / COMPLETED		DESCONECTÓ / DISCONNECTED			
	HORA / HOUR	FECHA / DATE	HORA / HOUR	FECHA / DATE	HORA / HOUR	FECHA / DATE	HORA / HOUR	FECHA / DATE	HORA / HOUR	FECHA / DATE		
IFO 380	7:42	03/05/2019	8:48	03/05/2019	9:06	03/05/2019	10:54	03/05/2019	11:06	03/05/2019	2: 18	
GASOIL	7:42	03/05/2019	8:54	03/05/2019	9:18	03/05/2019	9:42	03/05/2019	10:08	03/05/2019	1: 14	
											2: 18	

Recibida la cantidad indicada para consumo en buque que NO realiza navegación privada de recreo, junto con las muestras representativas y Marpol de los productos. / Received on board the stated quantities to be used as bunker in commercial shipping, together with representative and Marpol samples.

Este REB está sujeto a las Condiciones Generales de Venta de Combustibles Marinos de CEPSA disponibles en [www.cepsa.com](http://www.cepsa.com) // This BDN is subject to CEPSA's General Terms & Conditions for Marine Bunker sales available at [www.cepsa.com](http://www.cepsa.com)

El Vendedor NO ESTÁ VINCULADO por los términos y condiciones de la póliza de fletamento del buque. No se admiten sellos o cartas de protesta que impidan el embargo del buque inculcadas o que se puedan incluir en los documentos de entrega de combustible del buque. / Seller SHALL NOT BE BOUND neither by Buyer's charterparty terms nor by any. No Lien stamps or any wording similar in nature and/or meaning on any document including but not limited to bunker delivery receipts.

Firma del Capitán y Sello del Buque  
(Master's Signature and Vessel's Stamp)



Firma Responsable Suministro  
(Supplier's Representative Signature)



OBSERVACIONES / REMARKS

\*\*\* The Marpol sample is to be kept under the ship's custody at least 12 months / La muestra Marpol debe ser retenida a bordo al menos 12 meses

Ilustración 15. Carta de combustible. Fuente: Archivos del buque.

Datos técnicos:

Bomba:

- Fabricante: Allweiler.
- Modelo: BAS 250 G8.3- F-E-W8.
- Caudal: 330 L/h.
- NPSH (altura neta positiva en aspiración): 2 m.l.c.
- Lifting head (altura de impulsión): 40 m.l.c.
- Viscosidad máxima del combustible: 380 cSt at 50° C/Diesel oil.

Motor:

- Fabricante: ABB.
- Modelo: VI-71.
- Corriente Eléctrica: 3x 440V-60 Hz.
- Potencia: 0.43 Kw.

Uno de los parámetros que se controla durante el trabajo de la caldera, es la temperatura de salida de humos limitada por el pirostato. Los parámetros de salida de humos vienen dados según la composición de la mezcla aire-combustible. En la correcta formación de la mezcla influyen las propiedades del combustible, condiciones técnicas del quemador, regulación de los elementos que intervienen en el proceso y la calidad del aire inyectado a la cámara de combustión.

### V.3 Caldera de Gases de escape del motor principal.

La caldera de gases de escape está diseñada para lograr una mayor economía y eficiencia del sistema.

Su funcionamiento está basado en el aprovechamiento de la energía térmica de los gases de escape del motor principal durante la navegación para mantener la temperatura del aceite térmico entre 160- 180 °C. La disposición de las secciones de calentamiento de gas de escape se encuentra situada de manera que aprovecha de forma efectiva el flujo de gases del motor principal.

Se encuentra situada en la cubierta superior de la sala de máquinas, justo en el camino de salida de los gases de escape del motor principal.

Una vez terminado el régimen de maniobra del motor principal, se va aumentando paulatinamente la carga del motor variando el paso de la hélice hasta llegar al 95% de la carga. Se controlan los parámetros de presión y temperatura del motor principal. Al aumentar la temperatura de los gases de escape del motor, también se produce un aumento en la temperatura del aceite térmico. Cuando la temperatura del aceite térmico alcanza los 180 °C, se activa la válvula de control de la temperatura enviando el flujo de aceite térmico hacia el enfriador (dumping cooler) y al control del quemador, efectuando la parada de este.

A partir de este momento la caldera de combustión queda en posición de stand by, listo para su arranque en automático cuando el controlador de temperatura detecte una disminución de la temperatura del aceite térmico por debajo de 160 °C.

Este proceso se ejecuta de forma automática por medio del control de la temperatura del aceite térmico en el sistema.

### V.3.1. Parámetros de trabajo Caldera de Gases.



**Ilustración 16. Caldera de gases. Fuente: Trabajo de campo.**

- Marca: GESAB.
- Modelo: EGH 917 V 40.
- Capacidad: 914 kw.
- Temp de entrada/ salida de gases de escape. 330/251 °C.
- Temp de entrada/ salida del aceite térmico 140/180 °C.
- Flujo de gases de escape 38900 kg/h.
- Caudal de aceite térmico 42 m<sup>3</sup>/h.
- Volumen de la caldera: 1143 L.

La temperatura de salida del aceite térmico es controlada por el sistema de enfriamiento dumping cooler.

V.3.2. Sistema de enfriamiento. (Dumping Cooler System).



Ilustración 17. Enfriador dumping cooler. Fuente: Trabajo de campo.

El Sistema de enfriamiento (Dumping cooler system) se encarga de controlar la capacidad calorífica de la caldera de gases de escape, reduciendo el exceso de calor del aceite térmico cuando el consumo de energía calorífica disminuye. El control de la temperatura del aceite se realiza de forma automática por medio de una válvula de by-pass de 3 vías con accionamiento eléctrico, controlada desde el panel de control (autómata) la cual retorna el aceite al sistema o lo envía al enfriador según los valores de temperatura de aceite térmico establecidos previamente.

Por medio de la bomba de agua dulce de enfriamiento del motor principal le es suministrada el agua al enfriador tubular del sistema.

Enfriador de aceite térmico.

**Tabla 2. Enfriador Domping cooler**

Tipo	Carcasa y Tubos
Marca/modelo	Sperre/ ES219-700- 2800

#### V.4 Equipos auxiliares del sistema de aceite térmico.

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y la circulación del aceite térmico mediante un circuito cerrado donde el aceite retorna a las calderas después de cada servicio, el sistema se encuentra equipado con equipos auxiliares entre los que se encuentran:

##### Bombas de Circulación.

- Tanque de desaireación.
- Tanque de Almacén.
- Tanque de expansión.
- Bomba de llenado y drenaje.

##### V.4.1. Bombas de Circulación. (2 und).



**Ilustración 18. Bombas de Circulación. Fuente: Trabajo de campo.**

El sistema se encuentra equipado con 2 bombas centrifugas de gran caudal las cuales se encargan de producir un flujo turbulento del aceite en su paso por el interior de las calderas disminuyendo la temperatura de película de aceite. Este flujo se mantiene a lo largo de todo el circuito.

Su construcción es de acero al carbono resistente a las altas temperaturas y con sello mecánico especial provisto de enfriamiento natural

Se encuentran situadas en medio del circuito próximas al tanque de desaireacion. Sus principales parámetros de trabajo:

#### Bomba:

- Fabricante: Allweiler.
- Modelo: NBT 50-200.
- Caudal: 48 m<sup>3</sup>/h.
- Densidad del aceite térmico: 850 Kg/m<sup>3</sup> a 220 °C .
- Consumo: 13,6 kw.
- Velocidad: 3500 rpm.
- NPSH(altura neta positiva en aspiración) 6.1 m.l.c
- Lifting head (altura de impulsión): 82 m.l.c.

#### Motor Eléctrico:

- Fabricante: Marelli.
- Modelo: V1- 160 M.
- Corriente Eléctrica: 3x 440V- 60 Hz.
- Potencia: 17,3 Kw.

La parada por cualquier circunstancia de una de estas bombas en marcha provoca la parada del quemador por falta de flujo de aceite térmico.

Dichas bombas están instaladas en paralelo de forma que cuando una bomba está en servicio, la otra permanece en stand by.

V.4.2. Tanque de Desaireación o Deariación.



**Ilustración 19. Tanque desaireador. Fuente: Trabajo de campo.**

Se emplea en medio del Circuito y por encima de las bombas de circulación con el objetivo de mantener la presión positiva en aspiración de las bombas para de esta forma evitar la cavitación. Esto se logra evacuando los vapores de aire en forma de pequeñas Bolsas que provoca el mismo funcionamiento de la Bombas y que no pudieron ser eliminadas en el tanque de expansión.

- Fabricante del proyecto: GESAB
- Modelo: DTO 250.
- Volumen: 250 Lts.
- Presión de diseño: 10 Bar.
- Temperatura de diseño: 220° C

#### V.4.3. Tanque de Expansión.

El Tk de Expansión con una capacidad de 2 m<sup>3</sup> se encuentra situado en la parte alta del sistema. Su función:

- Asimilar la dilatación o expansión del aceite térmico durante las variaciones de temperaturas en el circuito.
- Ventear el aire presente en el Circuito de Llenado/Vaciado.
- Expulsar vapores de agua que se forman en el tanque producto de la condensación de los vapores de aceite térmico.
- Reponer las pérdidas de aceite térmico del sistema.

Datos técnicos:

- Fabricante del proyecto: GESAB
- Modelo: ETO 2000.
- Presión de Diseño: 2 Bar.
- Temperatura de diseño: 100 °C.

Equipamiento:

- Indicador visual y sensores de nivel.
- Sensores de nivel mínimo que al activarse envían una señal al controlador de la caldera deteniendo el funcionamiento del quemador.
- Termómetro.
- Válvulas de descarga, desaire y drenaje.
- Válvula de seguridad

Está instalado por encima de la tubería principal de alimentación y retorno de aceite térmico.

Al iniciar el funcionamiento del sistema, el tanque contiene un 25% de su capacidad, llegando hasta un 75 % durante el trabajo del sistema.

La temperatura de trabajo del aceite térmico en el tanque de expansión es de 50 °C.

#### V.4.4. Tanques de Almacén.

Los Tk de Almacén se utilizan como depósitos durante las maniobras de cambios de aceite y drenaje del sistema. Diseñados para albergar hasta 150 % de la capacidad de aceite térmico del circuito en caso de avería del sistema.

- Tanque # 404, Tanque Aceite Térmico Almacén #1: 8,5 T.
- Tanque # 405, Tanque Aceite Térmico Almacén #2: 7,5 T.

#### V.4.5. Bomba de llenado y drenaje.

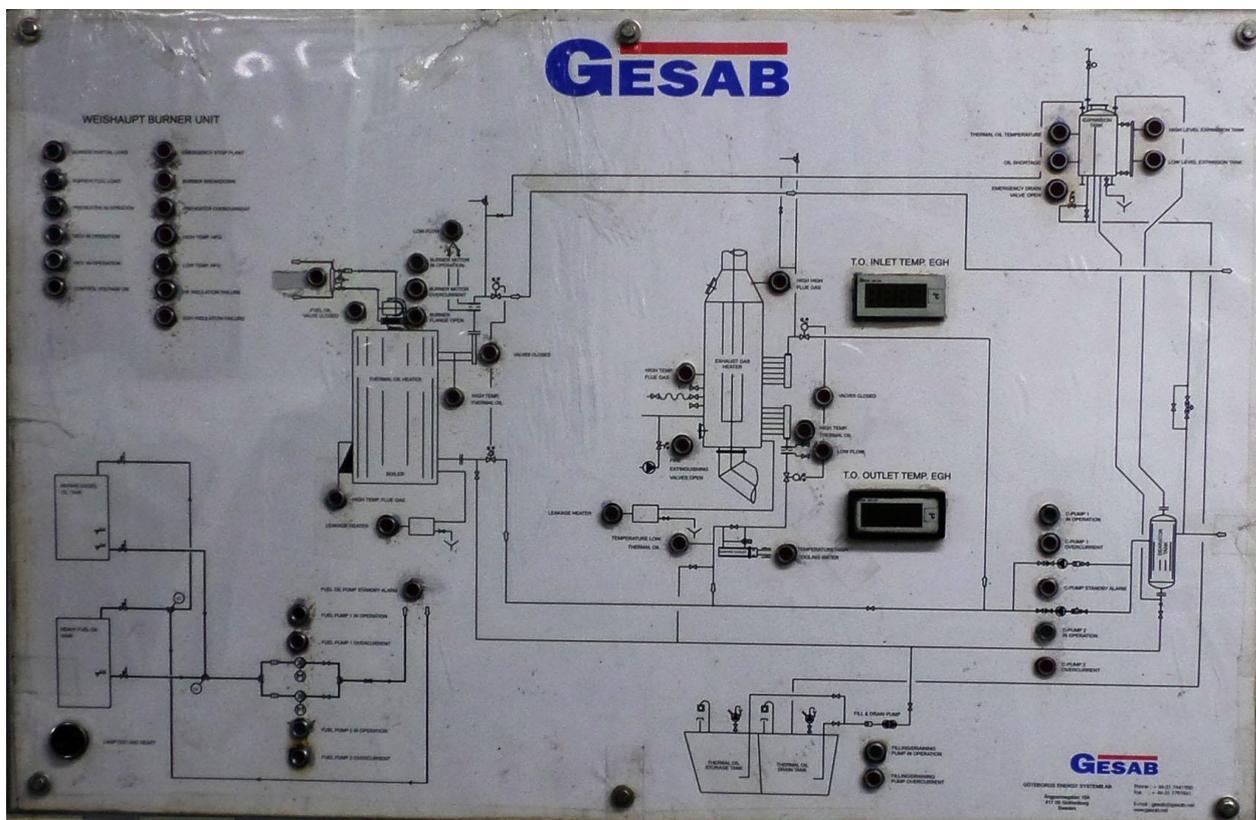
Se encuentra situada próxima a los tanques de almacén para facilitar el llenado y vaciado de los mismos durante las maniobras de cambios de aceite del sistema.

Son bombas de engranaje que trabajan a temperatura ambiente.

- Fabricante: Swedenborg.
- Modelo: BK1 GG CC.
- Caudal: 3 m<sup>3</sup>/h.
- NPSH (altura neta positiva en aspiración): 3 m.l.c.
- Lifting head (altura de impulsión): 50 m.l.c.
- Potencia eléctrica de trabajo: 1.05 kw.
- Potencia eléctrica del motor: 1,1 kw.

V.5 Dispositivos y controles de Seguridad del sistema.

Esquema 11. Cuadro de Seguridad. Fuente: Trabajo de Campo.



El circuito de aceite térmico del buque está dotado con un moderno sistema de control, señalización y protección de los equipos que componen el sistema. Los elementos eléctricos del mecanismo de seguridad están conectados según un principio de circuito cerrado. Dentro de estos equipos podemos encontrar:

- Termómetro de resistencia PT 100. El regulador electrónico de temperatura controla las etapas del quemador para mantener la temperatura preestablecida de acuerdo con los pulsos recibidos, también indica los flujos de entrada y retorno.

Al arrancar la planta, el quemador funciona a plena carga y luego se regula según el consumo de energía a una carga más pequeña. Tan pronto como se alcanza la temperatura programada, el quemador se apaga.

En caso de que la diferencia de temperatura sea mayor que la que se muestra en la placa de datos técnicos de la caldera, entonces una falla está presente y debe rastrearse. Una posible causa es un cortocircuito en el controlador de flujo o el controlador está defectuoso, lo que da como resultado que circule muy poco aceite a través de la planta.

- Termostato de seguridad (limitador de seguridad): El termostato de seguridad está montado en la conexión de salida de la caldera y debe estar preajustado en 10 °C por encima de la temperatura máxima de salida de aceite térmico de la caldera. Se encuentra tarado a 200°C. El propósito del termostato de seguridad es impedir el aumento de la temperatura de salida por encima de los estándares de seguridad del sistema, por lo que es de suma importancia que se ajuste con precisión.

Cuando el termostato entra en funcionamiento, el quemador se apaga de forma automática.

- Termostato de gases de escape (limitador de seguridad): El termostato de gases de escape se encuentra en el conducto de escape y debe estar preestablecido a 50 °C por encima de la temperatura de trabajo de los gases de escape 220 °C. Su propósito es evitar un aumento de la temperatura de los gases de escape por encima de los parámetros normales de trabajo, además de advertir sobre la presencia de posibles fallas en el funcionamiento de la caldera.

Cuando el termostato entra en funcionamiento, el quemador se apaga de forma automática.

- Termostato TSH-11 ÷ 12. Se coloca en la caldera de aceite térmico para controlar la temperatura de aceite térmico en la caldera de puerto. Si dicha temperatura excede los 180°C, envía la señal y detiene el quemador, señalizando la avería en el panel de alarmas de la caldera de aceite térmico.
- Termostato TSH- 33 ÷ 37. Se coloca en la caldera de gases de escape para control de la temperatura de aceite térmico. Si dicha temperatura excede los

180°C, envía la señal de alarma al panel de alarmas de la caldera de gases de escape.

La Caldera de gases de escape cuenta con 2 termostatos para el control de la temperatura de gases.



**Ilustración 20. Termostatos de Temperatura de gases. Fuente: Trabajo de campo**

- Alta temperatura de gases de escape (el de abajo): da Alarma de Alta Temperatura de Gases de Escape en la Caldera de Gases, no actúa sobre ningún elemento, es una Alarma indicativa para que el personal de Máquinas tome acciones oportunas sobre el Motor Principal. En este caso Reduzca la carga del Motor Principal y así evitar un sobrecalentamiento del Aceite Térmico. Se activa cuando los gases de escape alcanzan el 110 % de la temperatura nominal de trabajo. Se encuentra tarado a 15 seg de actuación.
- Muy alta temperatura de gases de escape (el de arriba) da Alarma de Muy Alta Temperatura de Gases de Escape en la caldera de gases de Escape si actuando directamente sobre el Regulador del M.P dando reducción de la

Carga al 50%. En este caso la señal actúa sobre el Controlador de la Central de Hélice de Paso Variable (CPP) dejando el paso al 50%). Se activa cuando los gases de escape alcanzan un 130 % de la temperatura de nominal de trabajo del motor. Se encuentra tarado a 15 seg de actuación.

- Control de Flujo PDLS- 11(manómetros de presión diferencial) Los indicadores de presión diferencial, indican la diferencia de presión del flujo de aceite entre dos puntos en los calentadores. Si la diferencia de presión del flujo disminuye por debajo del punto de ajuste, el quemador se detendrá, y encenderá la “Alarma por baja presión del flujo” en el panel de Alarmas de la caldera de puerto.

El valor de presión diferencial debe ser ajustado hasta un 5 % por debajo de la presión diferencial normal de trabajo. Valor de presión diferencial 0.1- 0,4 Bar.

Si la diferencia de presión cae por debajo del mínimo, el quemador se apaga automáticamente

- Control de Flujo PDLS- 11. Los indicadores de presión diferencial indican la diferencia de presión del flujo de aceite en el calentador de gases de escape. Si la diferencia de presión del flujo disminuye por debajo del punto de ajuste, la “Alarma de baja presión del flujo” aparece en el panel de alarmas del calentador de gases de escape.

- Válvulas de seguridad:

El sistema cuenta con 2 válvulas de seguridad en la línea de aceite de la caldera de combustión y la caldera de gases respectivamente. Se encuentran taradas a 120 % de la presión nominal de trabajo del sistema 8 Bar. Dichas válvulas se activan cuando se detecta una sobrepresión en la línea de aceite de los calentadores, by pasean el flujo de aceite, aliviando la presión del sistema.

Posible causa que originó la avería:

- Si las válvulas de seguridad entran en funcionamiento, verifique que el controlador de flujo esté funcionando y que todas las válvulas estén abiertas.

#### V.5.1. Dispositivos de seguridad en el tanque de expansión.

##### ➤ Válvula de Seguridad

El tanque de expansión se encuentra equipado con una válvula de seguridad de accionamiento hidráulico a la salida para aliviar los aumentos de la presión en su interior que puedan producirse como consecuencia de la expansión del aceite. Esta válvula es normalmente cerrada y solo se abre en caso de avería en el sistema.

La entrada en funcionamiento de esta válvula provoca la parada del quemador.

- Interruptores de nivel: se colocan en el tanque de expansión y sirve como preaviso ante la existencia de bajo nivel de aceite térmico.

Posibles causas de activación de la alarma:

- Bajo nivel de aceite en el tanque.
- Detector de nivel defectuoso.

En caso de que se esté alcanzando el nivel mínimo de aceite en el tanque, el quemador se apaga automáticamente.

- Válvula de drenaje.

Se encarga de descargar el agua de condensación que eventualmente se acumule en el tanque.

- Válvula de emergencia con control a distancia:

Esta válvula permanece cerrada durante el funcionamiento del sistema. En caso de emergencia (incendio, fuga, etc), mediante la señal recibida desde el panel de control (autómata) se realiza la apertura de la válvula permitiendo el drenaje del aceite térmico. Al mismo tiempo se detendrá el quemador y las bombas de circulación de aceite térmico.

- Válvula de purga de aire:

Se emplea para realizar el venteo o la purga de aire de los gases en el tanque.

- Termostato:

Se activa por alta temperatura de aceite en el tanque de expansión por encima de los 50 °C.

#### V.5.2. Bomba Contra incendios.

El sistema se encuentra equipado con una bomba contraincendios propia la cual actúa dentro de la caldera de gases de escape en caso de incendio de los habitáculos por rotura de algún tubo de aceite térmico. La bomba trabaja con agua dulce de los tanques de abordó.

- Fabricante: Swedenbord.
- Modelo: SLN40-160.
- Caudal: 18 m<sup>3</sup>/h.
- NPSH( altura neta positiva de aspiración): 3,7 m.l.c.
- Lifting head(altura de impulsión): 42 m.l.c.
- Potencia eléctrica de trabajo: 3,9 kw.
- Potencia eléctrica del motor: 4,6 kw.

Al estar el motor principal trabajando en régimen de navegación la velocidad de los gases de escape que pasan a través del calentador aumenta. El vapor generado por estos gases cargados de monóxido de carbono, ayudaran a la extinción de cualquier incendio que se produzca en el interior de la caldera.

#### V.5.3. Controles de Seguridad que se realizan al sistema:

Durante el funcionamiento del sistema se deben realizar controles periódicos a los elementos de seguridad del sistema entre los cuales tenemos:

- Control de nivel de aceite en el tanque de expansión.
- Control de flujo diferencial de presión aceite a la entrada y salida de los calentadores.
- Control de la temperatura de gases de escape de la caldera de combustión.
- Control de temperatura de entrada y salida de aceite a los calentadores.
- Comprobar el funcionamiento de la válvula de alivio de presión en el tanque de expansión.

- Comprobación de las válvulas de seguridad del sistema.
- Comprobación de funcionamiento de presostatos.
- Comprobación de controles de temperatura PT 100.

#### V.5.4. Medidas de seguridad para trabajar con el sistema.

A pesar de la seguridad que brinda el sistema por trabajar a bajas presiones para la obtención de altas temperaturas, se requiere de un grupo de medidas a tomar en cuenta durante el funcionamiento del sistema en su conjunto y los equipos que lo integran. La primera medida de seguridad a tener en cuenta sería seguir las recomendaciones del fabricante para la explotación, mantenimiento y reparación de los componentes del sistema.

- No exceder la temperatura de trabajo del aceite térmico.
- Realizar comprobaciones periódicas de la calidad del aceite térmico.
- Al realizar la parada del sistema, mantener la bomba de circulación funcionando hasta disminuir la temperatura del aceite térmico en un 25 % de su valor nominal de trabajo.
- Al abrir el quemador para limpieza o ajuste de algún elemento de trabajo cortar la alimentación de este. Realizar los trabajos de ajuste con el equipo en frío.

## V.6 Fallas en el circuito de aceite térmico.

Debido al desgaste de trabajo y en ocasiones carencia de mantenimiento adecuado, los equipos durante su funcionamiento pueden tener fallas que impiden o dificultan su funcionamiento. Entre las fallas más comunes podemos encontrar durante el trabajo diario del equipo las siguientes:

- Posibles fallas que pueden derivar en la disminución de la presión diferencial: La falla por bajo caudal de aceite en el sistema puede ser originada por varios factores siendo entre los más comunes los relacionados con el funcionamiento de las bombas de circulación.
- Presencia de agua en el sistema y debido a la acumulación de vapor, se interrumpe el flujo de aceite.
- Bajo nivel de aceite en el sistema por lo que se crean bolsas de aire interrumpiendo el flujo.
- Acoplamiento defectuoso entre bomba y motor
- Bomba de circulación no encendida
- Bomba de circulación defectuosa
- filtro de aceite de sucio.

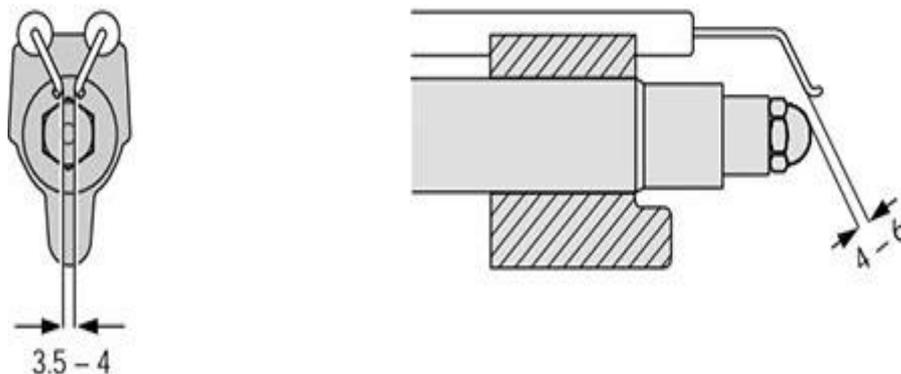
### V.6.1. Fallas de la caldera de Puerto.

- La caldera no arranca

El mal trabajo de los componentes del quemador puede originar fallas en el arranque de la caldera. Si la caldera de puerto no arranca:

Revisar el estado de los electrodos de encendido: en el caso que estén sucios o húmedos limpiarlos. Dado el caso se deben calibrar la separación entre ellos. Los electrodos no deben ser tocados por el combustible atomizado. La distancia de los electrodos de encendido a la pletina deflectora y la tobera del inyector siempre deben ser mayor que la distancia del espacio de chispa.

**Esquema 12.** Calibración de electrodos. Fuente: Manual de servicio.



- Humo negro por el conducto de escape de la caldera:

Se está produciendo la combustión incompleta del combustible inyectado a la cámara de combustión. Esto se debe a mala formación de la mezcla aire combustible. En este caso estamos en presencia de una mezcla no homogénea la cual provoca mayor consumo de combustible y mayor emisión de gases contaminantes a la atmosfera. Se debe:

- Realizar el ajuste del quemador aumentando el coeficiente de exceso de aire en la cámara de combustión.
- Humo blanco por conducto de escape de la caldera.
- Esta falla se puede asociar con insuficiente cantidad de combustible en la formación de la mezcla. Para solucionarla debemos:
- Inspeccionar el inyector. Remover suciedad o tupición del mismo.
- Ajustar la presión del combustible en la bomba de combustible del quemador. El ajuste de la presión del combustible se realiza directamente en la bomba por medio del tornillo de regulación. La presión del combustible debe ser ajustada en 28 bar. Girando en sentido horario se aumenta la presión. Girando en sentido antihorario se disminuye presión.
- Comprobar que no existan perdidas de combustible por los racores de unión en la línea de combustible del quemador.
- Alta temperatura de gases de escape.

Comprobar el sensor de temperatura de gases de escape de la caldera. (Pirostato PT 100).

Realizar ajuste del quemador.

Realizar limpieza de la superficie de calentamiento de la caldera.

Las fotoceldas dentro del quemador están defectuosas

Las boquillas de los quemadores están gastadas, lo que permite el paso de demasiado combustible.

El termostato de los gases de escape está demasiado bajo o está defectuoso.

#### V.6.2. Fallas en la caldera de gases de escape.

- Alta temperatura de aceite térmico a la salida de la caldera.

Superficie de calentamiento sucia. Realizar la limpieza de la superficie de calentamiento.

Enfriador del sistema de enfriamiento de aceite térmico, sucio (dooping cooler). Realizar la limpieza mecánica del enfriador.

Accionamiento de válvula de by-pass del sistema de enfriamiento de aceite averiada: no responde correctamente a la señal del control de temperatura para derivar el flujo de aceite térmico hacia el enfriador. Se debe sustituir la válvula.

Reajustar el parámetro de temperatura de salida de aceite térmico en el panel de control. 220 °C.

Tubo de Aceite térmico roto en el interior de la caldera de gases.

Fallas en el dispositivo de control automático de temperatura.

Fallas en el accionamiento de la válvula de seguridad de salida de la caldera.

## V.7 Mantenimiento del sistema de aceite térmico.

El buen funcionamiento del sistema de aceite térmico depende en gran medida de los trabajos de limpieza y mantenimiento que se realizan a los elementos que lo componen.

Las apreciables ventajas y comodidad que brinda el control automático de los sistemas modernos en cuanto a operatividad y fiabilidad del sistema deben ser complementadas con la correcta explotación y cumplimiento de los protocolos de comprobación y mantenimiento del sistema.

Las mejoras en el funcionamiento del sistema de aceite térmico contribuyen a la seguridad de los operarios y la eficiencia del sistema.

Las instrucciones de mantenimiento son enriquecidas por las experiencias prácticas de los operarios abordo.

### V.7.1. Limpieza y mantenimiento de la caldera de combustión

Como resultado de la combustión del combustible en el interior de la caldera, se crean residuos del proceso los cuales provocan la formación de hollín en el hogar de la caldera. Un requisito indispensable para mejorar la eficiencia del equipo será mantener limpia la superficie de calentamiento.

El incremento de la temperatura de salida de gases 30 °c por encima de la temperatura normal de trabajo del equipo con la caldera limpia 220 °c para un 100 % de la carga, puede ser un indicador que la caldera está sucia, aumentando el consumo de combustible y la emanación de gases al medio ambiente.

El aumento de los consumidores, también puede ser la causa de un aumento repentino y continuo de la temperatura de los gases de escape provocando la sobrecarga de la caldera.

El mantenimiento del equipo se puede dividir en 2 facetas fundamentales, la limpieza de la superficie de calentamiento y el mantenimiento, reglaje del quemador.

La limpieza de la superficie de calentamiento se realiza de forma manual y no es más que remover el hollín incrustado en la superficie de las bobinas de calentamiento por donde circula el aceite térmico en su interior. Se realiza de forma manual de la siguiente forma:

- Desmote la tapa o parte superior del calentador.



Ilustración 21. Desmote de tapa de caldera. Fuente Trabajo de Campo

- Use cepillo de cobre alargado para limpiar entre las bobinas.
- Abra el drenaje en la parte inferior de la caldera.
- Limpie la suciedad con agua fresca a presión.
- Compruebe la posición del difusor de llama en comparación con la punta de la tobera sobre el quemador y desmote el difusor de llama para acceder al interior de la bobina de calentamiento.
- Si se ha quitado la tapa del quemador, se debe reemplazar la junta.
- Después de limpiar la caldera, deje que el quemador funcione con carga mínima hasta que se haya evaporado toda el agua.



**Ilustración 22. Hogar Sucio. Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 23. Hogar limpio. Fuente: Trabajo de Campo.**

La secuencia de limpieza dependerá de la carga, el combustible utilizado, el ajuste del quemador y la calidad de la mezcla aire- combustible.

El trabajo del equipo con cargas regulares y una correcta combustión pueden distanciar los periodos de limpieza.

El mantenimiento del quemador:

La instalación de combustión debe ser sometida a trabajos de mantenimiento una vez al año. Dependiendo de las condiciones de la instalación puede ser necesaria una comprobación más frecuente.

Los componentes sometidos a mayor desgaste o cuya vida útil prevista haya sido ya sobrepasada antes del próximo mantenimiento previsto deben, por prevención ser cambiados.

Las toberas de los quemadores se desgastan por la acción del combustible que las atraviesa durante el trabajo, por tanto, deben cambiarse a intervalos regulares.

Dependiendo del tipo de combustible utilizado, la renovación debe realizarse entre 300 y 1000 horas de trabajo.

Cuando las toberas están gastadas, el consumo de combustible aumenta y el sistema de tuberías de la caldera y el aceite que lo atraviesa puede dañarse.

### **Regulación de la mezcla**

Una de las acciones más importantes en el mantenimiento de la caldera, es la regulación de la mezcla.

La relación aire/ combustible debe mantenerse a niveles tan bajos como sea posible con el objetivo de ahorrar combustible.

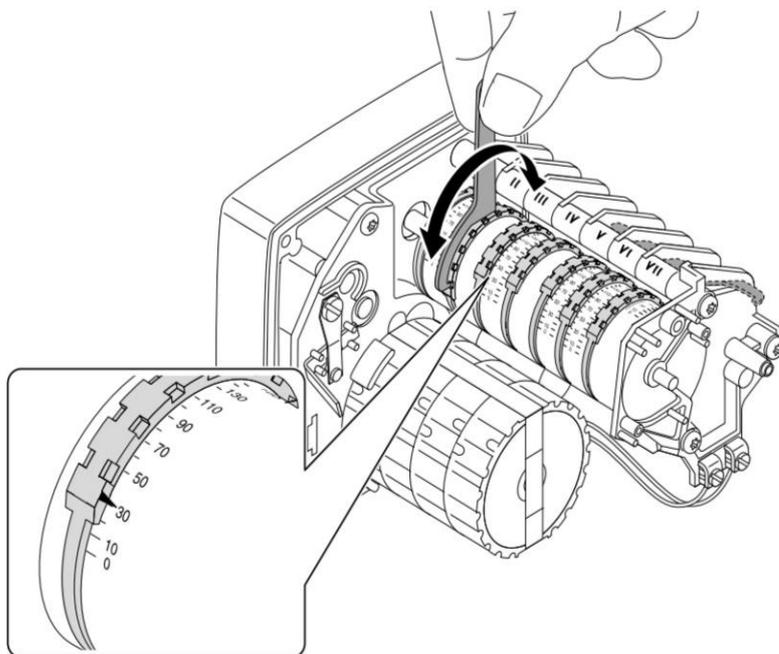
El programador de procesos del quemador de la caldera se encuentra diseñado y programado para el control automático de la relación entre la apertura de las compuertas de aire y la válvula solenoide del combustible a medida que la tasa de combustión varía con la carga.

Para realizar un correcto ajuste del quemador debemos tener en cuenta las recomendaciones del fabricante. Antes de comenzar los trabajos debemos tener especial cuidado en no hacer contacto con partes calientes del equipo.

El ajuste del quemador se realiza por medio del programador de procesos ajustando las levas del servomecanismo. Este proceso debe realizarse con la caldera limpia.

La primera acción que se realiza es comprobar la posición de encendido:

**Esquema 13. Reglaje del quemador. Fuente: Manual de servicio**



- I: La leva número I nos indica los grados de apertura de la charnela en el momento del soplado inicial que se considera a plena carga.
- II: La segunda leva nos indica el 0° o la posición de cierre de la charnela.
- III: La tercera leva nos indica los grados de apertura de la charnela con el quemador trabajando en primera llama.
- IV: la cuarta leva son los grados de apertura de la válvula solenoide de combustible.

Compruebe la combustión

Lleve a cabo mediciones de gases de combustión para garantizar un funcionamiento ecológico, económico y fiable de la instalación.

Ajustar el exceso de aire

- Cerrar lentamente la compuerta de aire en el punto de funcionamiento correspondiente:

Hasta que aumente la cantidad de humos

O el contenido de O<sub>2</sub> alcance el 1% a plena carga y aproximadamente 3,5 % a carga parcial.

- Incremente la cantidad de aire para obtener un mayor coeficiente de exceso de aire en la cámara de combustión

Por 0,15 – 0,2 equivalen a un aumento del 15- 20 % de exceso de aire.

- Puede aumentar en 0,2 o 20 % por condiciones específicas:

Aire de admisión sucio.

Temperatura de entrada fluctuante.

Tiro de chimenea fluctuante.

Para calcular el coeficiente de exceso de aire:

$$\lambda^* = \lambda + 0,15$$

$\lambda$ - cantidad de aire de admisión.

Durante el funcionamiento del equipo debe prestarse especial atención a los índices de combustión y la temperatura de gases de escape.

El CO<sub>2</sub> y el índice de hollín deben medirse, como mínimo, una vez al mes.

El CO<sub>2</sub> debe estar entre el 12,5 – 15 % independientemente del combustible utilizado, gasoil o HFO.

El índice de hollín permitido menor de 1 para Diésel Ligero

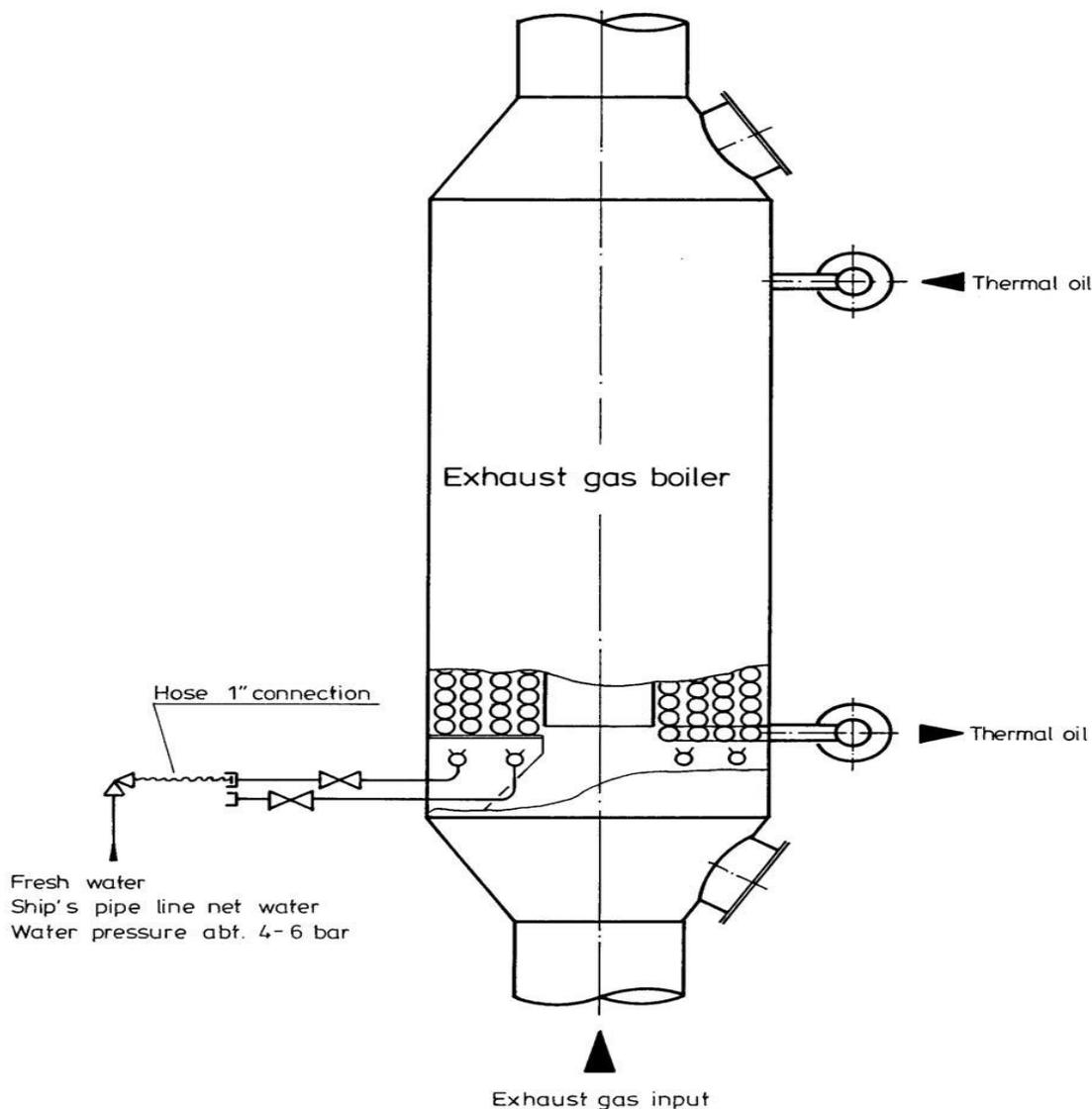
También de vemos valorar el CO menor de 100 ppm y O<sub>2</sub> del 2 al 4 %.

En la práctica muy pocos barcos cuentan con la instrumentación requerida para medir de forma periódica estos parámetros. Dicho análisis puede ser realizado por el fabricante cuando por deficiencias en el servicio que no pueden ser solucionadas a bordo como la desprogramación del programador, se requiere los servicios de sus especialistas.

En la experiencia práctica de los operarios a bordo, manteniendo el control sobre la temperatura de los gases de escape de la caldera de combustión y la observación en cuanto a tonalidad de humos se puede conocer cuando el quemador necesita ser ajustado actuando fundamentalmente sobre la regulación de la mezcla aire/ combustible.

V.7.2. Limpieza y mantenimiento caldera de gases.

Esquema 14. Limpieza Caldera de gases. Fuente: Manual de servicio.



Como consecuencia del paso de los gases de escape del motor principal a través de la superficie de calentamiento de la caldera de gases se produce la formación de hollín en la superficie de los tubos de la bobina de calentamiento de aceite.

La configuración lisa de la superficie de los tubos facilita la adherencia de los productos de la combustión en forma de hollín, provocando el aumento de la caída de presión de los gases de escape por encima de lo normal 10,4 mb a la

par que disminuye progresivamente la temperatura de salida del aceite térmico. Estos son síntomas de que debe realizarse una limpieza del calentador.

El procedimiento se debe efectuar semanalmente siempre que las condiciones de trabajo lo permitan ya que, si los parámetros de la combustión del motor no fueran los adecuados, la caldera se ensucia más disminuyendo los intervalos de limpieza. Por indicación de la compañía actualmente la limpieza de la caldera se efectúa cada 2 días de trabajo.

El sistema de propulsión del buque es por medio de una hélice de paso variable por lo que el motor principal trabaja a 750 rpm constantes durante los diferentes regímenes de trabajo.

La limpieza con agua se realiza con el motor en funcionamiento en un régimen de trabajo de aproximadamente el 80 % de la carga nominal.

Para efectuar la limpieza del equipo, se conecta una manguera a la toma de agua dulce de servicio del buque. La presión del agua debe estar entre 4-6 bar. Al abrir la llave del agua, esta se dispensa en el interior de la caldera por medio de rociadores dispuestos alrededor de la superficie de los tubos de aceite. En la parte baja de la caldera presenta una válvula de drenaje para evacuar el agua.

Realice la conexión de la manguera entre la red del barco y una válvula de cierre en el soplador de hollín.

- Abra la válvula de drenaje en la parte inferior de la caldera.
- Abra la válvula (el agua corre hacia los sopladores de hollín y limpia la superficie de calentamiento en el calentador de gases de escape con vapor). La presión del agua suministrada debe estar entre los 4- 6 bar.
- Cierre la válvula después de 1 minuto aproximadamente. Si sale mucho humo negro por la chimenea durante la limpieza es síntoma de que el calentador debe limpiarse con más frecuencia, pero si hay humo casi blanco, se pueden prolongar los intervalos de lavado.
- Repita el procedimiento 2 o 3 veces hasta que los gases de escape tomen una coloración más clara durante la limpieza.
- Una vez terminado el procedimiento, drenar el agua restante.

Después de haber realizado de forma correcta el proceso se deben obtener los siguientes resultados en el funcionamiento de la caldera:

- La temperatura de salida de gases de escape del calentador debe ser más baja que antes de realizar la limpieza, medida por el termómetro de salida de gases de la caldera.
- La presión del lado de los gases de combustión antes del calentador de gases de escape debe ser menor que antes de la limpieza (manómetro de tubo en U en el calentador de gases de escape).
- Aumento de la temperatura del aceite térmico a la salida del calentador.

Las tuberías de los sopladores de hollín deben revisarse cada seis meses en busca de suciedad y depósitos.

#### V.7.3. Mantenimiento general del sistema.

Entre las principales tareas de mantenimiento que se realizan al sistema de aceite térmico se encuentran:

- Análisis de las propiedades del aceite térmico:

Se hace necesario tener el control periódico sobre la calidad del aceite térmico, de su buen estado depende el correcto funcionamiento del sistema bajo estándares adecuados de seguridad de los equipos y los operarios a bordo.

El examen de la calidad del aceite térmico debe ser realizado al menos una vez por año o cada 3000 hrs de trabajo según recomendaciones del fabricante. En el buque se efectúa cada 6 meses.

Las muestras de aceite a examinar deben tomarse primero directamente de la caldera y en segundo lugar del tanque de expansión.

Las muestras se analizan en laboratorios externos los cuales al terminar las pruebas emiten certificado de idoneidad del aceite.



Programa de análisis predictivo  
**OilMonitor**

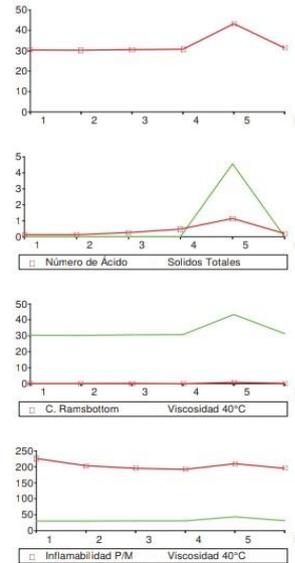
Asistencia Técnica

Referencia	
Cód. CEPSA Equipo:	70 064194
Denominación:	CIRCUITO TERMICO
Producto:	MOBILTHERM 605
Buque:	VOLCAN DE TENEGUIA

**NAVIERA ARMAS S.A.**  
Pablo Gonzalez Iglesias - Dpto Insp.  
JUAN DOMINGUEZ PEREZ 2  
  
LAS PALMAS  
35008 - GRAN CANARIA - ISLAS CANARIAS

Muestras	Actual	Anteriores		
Etiqueta	6103933	NAVTGA-00061	NAVTGA-00043	NAVTGA-00024
Nombre de la muestra	1908656	1818197	1806277	1715455
Fecha de toma	20/ 4/2019	12/ 9/2018	23/ 3/2018	25/ 8/2017
Fecha de recepción	6/ 5/2019	25/ 9/2018	6/ 4/2018	29/ 8/2017
Horas/Km equipo	94338			
Horas/Km aceite	2400			
Cambio	No	No	No	No
Re lleno				
Ref. aceite	67170	67170	67170	67170
Tomada de				

Resultados					
- Características Físico-Químicas					
Contenido en Agua - %(m/m)	Karl Fischer	0.01	0.13 *	<0.010	0.01
Inflamabilidad P/M - °C	ASTM D 93	196	210	192	196
Viscosidad 40°C - mm <sup>2</sup> /s	ASTM D 445	31.323	43.332 **	30.769	30.584
Sólidos Totales - %(m/m)	IP 316	<0.10	4.57 **	<0.10	<0.10
Número de Ácido - mg KOH/g	ASTM D 664	0.20	1.14	0.48	0.27
C. Ramsbottom - %(m/m)	ASTM D 524	0.2828	0.8292	0.0302	0.2676



- Nivel **Precaución** (\*) Nivel **Alerta** (\*\*)

**Diagnóstico**  
ACEITE: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACEITE DENTRO DE LÍMITES NORMALES  
NO HAY PRESENCIA DE AGUA  
LA TRANSFERENCIA DE CALOR SE PRODUCE DE MANERA ADECUADA

Fdo.: Mónica Martín Abad  
Fecha emisión: 31/07/2019

**Acciones Preventivas**  
EL ACEITE ESTA EN CONDICIONES DE SERVICIO ADECUADAS  
CONTINUAR CON PROGRAMA DE SEGUIMIENTO ESTABLECIDO.



CEPSA COMERCIAL PETROLEO, S.A. - Departamento de Asistencia Técnica  
- Los resultados y comentarios tienen carácter informativo. La validez de los datos está en función de la representatividad de la muestra.

**Ilustración 24. Carta de Análisis de Aceite. Fuente: Archivos del Buque.**

Los criterios de idoneidad del aceite se llevan a cabo según lo expresado en las normas DIN 4754 (Sistemas de transferencia de Calor con medios orgánicos) y VID 3033.

Evitando el trabajo del aceite térmico a elevadas temperaturas de trabajo se contribuye a preservar la calidad del aceite.

- Revisión de bombas de circulación de aceite térmico:

Se debe observar diariamente los parámetros de presión de succión y descarga de las bombas, presencia de ruidos mecánicos, pérdidas de aceite.

La temperatura de los rodamientos no debe ser mayor de 80 °C. Se debe observar la temperatura del motor eléctrico.

Reemplazar rodamientos y sello mecánico según recomendaciones del fabricante.

- Intercambiador de calor: la limpieza mecánica del as tubular por medio de cepillo mecánico se realiza al menos una vez al mes o cuando se detectan fallas de temperatura de trabajo del aceite térmico durante el trabajo de la caldera de gases.

Drenar el tanque de expansión al menos una vez por semana para eliminar el agua producto de la condensación de los vapores de aceite en el depósito.

- Semanalmente compruebe el funcionamiento automático del sistema: Panel de averías.

Alarmas.

Indicadores luminosos.

Fugas.

- Tanque de expansión:

Una vez al mes verifique el funcionamiento de los sensores de nivel, temperatura y presión.

Antes de cada puesta en marcha, comprobar el nivel de aceite en el depósito de expansión abriendo la válvula de control.

#### V.8 Avería en caldera de combustión por incendio en sala de máquinas.

Como consecuencia de incendio en la sala de máquinas, provocado por fuga de combustible en la línea de alta presión del motor principal, que, al entrar en contacto con partes calientes del escape, se inflama y comienza el siniestro sin control en la cubierta donde se encuentra instalada la caldera de combustión.

Las llamas alcanzan las tuberías de combustible de la caldera de combustión en funcionamiento provocando la propagación del fuego hasta el quemador quedando seriamente afectado.

Durante el siniestro, se activaron las alarmas contra incendios de la sala de máquinas y se dispararon las válvulas del sistema water mix el cual no funciono de forma eficiente para sofocar el incendio.

Entre los daños causados por este hecho extraordinario, quedaron seriamente afectado los elementos siguientes:



**Ilustración 25.** Caldera de Combustión averiada. Fuente: Trabajo de Campo.

- Quemador completo.
- sistema de alimentación de combustible
- válvulas de corte rápido por emergencia
- termostatos de control
- pirostato inferior
- sondas de control
- válvula de regulación neumática exterior.
- válvula de corte combustible
- manómetros de control.
- Tuberías de alimentación de combustible de la caldera.

Igualmente resultaron dañados los cables de alimentación eléctrica de la caldera que se encuentran en el interior de canaletas metálicas.

Los recubrimientos del techo y mamparos de la cubierta de calderas de la sala de máquinas quedaron muy afectados.

#### V.8.1. Reparación de la Caldera.

Una vez realizada la defectación de los elementos averiados, se realiza la lista de reparación y solicitud de los recambios, se sustituyen los elementos averiados:

- Quemador.
- Válvulas de corte de salida y retorno aceite térmico.
- Válvula de regulación de temperatura
- Válvula de regulación temperatura dumping cooler,
- Termostatos
- Manómetros diferenciales de presión
- Presostatos.
- Se identifican todos los cables de conexión desde el cuadro eléctrico a elemento de campo.

Se realiza la verificación de arranque del quemador para su posterior regulación, comprobando que todos los elementos de seguridad sustituidos funcionan correctamente:

- Se comprueba que el contacto de corte de combustible funciona y para el arranque del quemador.
- Contacto quemador abierto para arranque de quemador.
- Contacto de válvula de retorno caldera para arranque de quemador.
- Contacto de válvula de salida caldera para arranque de quemador.
- Comprobación de funcionamiento de Termostatos 1 y 2 de control de temperaturas.
- Pirostato de salida de humos caldera para arranque de quemador.
- Presostato diferencial de aceite térmico realiza su función por encima y por debajo de consigna.
- Centralita de control de temperatura lee y controla temperatura de caldera.
- Centralita de control de temperatura lee y controla válvula de regulación dumping cooler.
- Se verifican fugas en línea de combustible con bomba en marcha.
- Se verifica el funcionamiento del cuadro eléctrico y de control.

V.8.2. Descripción de los trabajos realizados.

Se realiza suministro de todos los materiales conforme a los prescritos en principio por fabricante, siendo estos los siguientes.

- Cambio de quemador, de la marca WEISHAUP MONARCH modelo RMS7ZMD (EV2D)- Ejecución naval con número de serie 40506198, incluido programador, latiguillos DN20 Inox, manómetro 0-40 BAR, filtro AF7131 S, desgasificador, reguladora de anillo FDR 15 y resistencia de calentamiento 2M 62ww.



**Ilustración 26. Quemador nuevo. Fuente: Trabajo de campo.**

- Válvulas de dos vías DN80 para aceite térmico de alta temperatura con klixon de control de apertura y cierre hidráulico por disparo de emergencia.



**Ilustración 27.** Válvula de 2 vías con accionamiento hidráulico. Fuente: Trabajo de campo.

- Válvula de 2 vías de regulación neumática DN 65 para Aceite Térmico con control por aire.



**Ilustración 28.** Válvula de 2 vías accionamiento neumático. Fuente: Trabajo de Campo.

- Válvula de 3 vías DN 50 con actuador de 3 puntos 220 V para control Dumping Cooler.



**Ilustración 29.** Válvula de regulación Dumping cooler. Fuente: Trabajo de campo.

- Sondas dobles de control arranque PT 100 con vaina 150 mm.
- Presostatos diferenciales para aceite térmico doble conmutado.
- Manómetro con Glicerina esfera 100 mm 0-16 Bar.
- Termostato 20°C -500°C para salida de humos contacto simple.

De igual forma:

- Se sustituyó el recubrimiento de techos y mamparos de la zona afectada con material ignifugo.
- Se sustituyeron las tuberías de alimentación de combustible protegiéndolas con material aislante térmico.

- Se sustituyó todo el cableado de alimentación eléctrica de la caldera.

#### V.8.3. Pruebas de funcionamiento del sistema.

Finalizado la sustitución de los elementos averiados del sistema de aceite térmico, se procede a las pruebas de funcionamiento del sistema con el buque en puerto, detectando que el pirostato de salida de humos es de contacto simple por lo que solo realiza la función de controlar la temperatura de salida de humos producto de la combustión en la caldera, pero no manda el aviso en el cuadro de control.

Se realiza la sustitución del pirostato comprobando que funciona correctamente.

Se realizan pruebas de navegación comprobando el correcto funcionamiento de la caldera de recuperación de gases.

V.8.4. Impacto Económico reparación de Averías.

El costo económico estimado solo por concepto de reparación, puesta en marcha y certificación de la caldera de combustión tuvo un valor aproximado de 58000 euros.

Tabla 3. Costos. Elaboración propia

<b>COSTO ECONOMICO ESTIMADO DE REPARACION DE AVERIAS</b>			
<b>DETALLE</b>	<b>cantidad</b>	<b>Precio estimado</b>	<b>Costo estimado</b>
Quemador completo (WEISHAUP MONARCH. Mod RMS7ZMD)	1	21152,1	21152,1
Puesta en marcha	1	1550,32	1550,32
Montaje y puesta a punto	1	29936,65	29936,65
manometro 4871	1	22	22
E.E.E ESPIGA+ E.R MACHO	1	125,13	125,13
Broca cil hss+ tornilleria varia	1	27,8	27,8
Tubos de acero	2	175	350
Niples 3/8	1	18	18
TL-06 TE	1	1,56	1,56
Union doble	1	1,5	1,5
Materiales	1	503,25	503,25
valvula globo cierre y ret. cuerpo fund.	1	812	812
material hidraulico	1	1645,89	1645,89
valv. Globo dn 25PN 10/16"	1	80	80
material reparacion de incendio	1	1056,29	1056,29
manguera inox. 2m 3/4	1	123,76	123,76
VALVULA GLOBO DN32 PN16 RECTA	1	83,22	83,22
Valvula de seguridad	1	56,24	56,24
manometro	1	13,27	13,27
VALV. ESFERA, UNION	1	276,23	276,23
Tornillería	1	47,64	47,64
ABRAZA. REFOR. AX-22-28-35-42- Y CODO G.	1	145,89	145,89
<b>TOTAL</b>		<b>57853,74</b>	<b>58028,74</b>

## CONCLUSIONES:

Durante la elaboración de este trabajo, hemos realizado un análisis del funcionamiento del sistema de aceite térmico del buque Volcán de Teneguía de la prestigiosa " Naviera Armas ".

Se han expuesto las características del sistema, así como sus funciones principales.

Se ha realizado el análisis Técnico de los principales elementos que componen el sistema de aceite térmico.

Se ha explicado de forma clara la importancia que tiene la operación y los mantenimientos del sistema de aceite térmico para lograr su correcto funcionamiento bajo estándares apropiados de seguridad y eficiencia energética planteados por el fabricante.

Se expusieron cuáles fueron las labores de reparación realizadas a la caldera de puerto averiada durante siniestro de incendio en la sala de máquinas.

Se analizaron las consecuencias de la avería en la caldera de lo cual se introdujeron un grupo de mejoras durante el proceso de reparación para contrarrestar daños futuros en la instalación. En tal sentido podemos mencionar:

- Se aumentó el aislamiento térmico a las tuberías de alimentación de combustible de la caldera de puerto.
- Se aumentó el aislamiento térmico en recubrimiento de techos y mamparos de la cubierta de calderas.
- Se completó la protección ignífuga del cableado de alimentación de la caldera en la parte afectada cubierta de caldera ya que se encontraba desprotegida contra eventos de esta naturaleza.
- Se protegieron los sensores de caldera, presostatos y termostatos de la zona del quemador.
- Se reparó el sistema water mixt (Agua nebulizada) en la zona de la cubierta de la caldera de puerto.
- Se trasladó de lugar el cuadro de control y válvulas de disparo del sistema water mix que se encontraban en la cubierta caldera de puerto para la zona fuera del interior de la sala de máquinas donde se encuentra la bomba water mix.

De forma general hemos podido conocer las apreciables ventajas que nos brinda el sistema de aceite térmico en la industria lo cual representa una alternativa muy importante para muchos procesos productivos.

## Bibliografía

1. Pirobloc, Carles Ferrer. Director Comercial. Canales sectoriales interempresas Química. [En línea] 01 de Abril de 2006. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/13730-La-tecnologia-del-aceite-termico-irrumpe-con-fuerza-en-la-industria.html>.
2. efENERGIA. [En línea] <https://www.efenergia.com/instalaciones-eficiencia-energetica/termicas/>.
3. 02 julio Conferencia técnica Calderas de aceite termico (CIME). Youtube.[En línea] 3 de Julio de 2013. <https://www.youtube.com/watch?v=SGNuVV2T-wc&t=928s>.
4. Evert, Alex. DIN 4754 Heat Transfer Systems Operation With Organic Media. [En línea] KUPDF, 3 de Octubre de 2017. [https://kupdf.net/queue/din-4754-heat-transfer-systems-operation-with-organic-media\\_59d2eae608bbc5425968716d\\_pdf?queue\\_id=-1&x=1615051461&z=NzkuMTUyLjI1MS4xNTc=](https://kupdf.net/queue/din-4754-heat-transfer-systems-operation-with-organic-media_59d2eae608bbc5425968716d_pdf?queue_id=-1&x=1615051461&z=NzkuMTUyLjI1MS4xNTc=).
5. GETMEDIA. Código ASME para calderas y recipientes a presión. Código internacional. *VIII Reglas para la construcción de recipientes a presión. Division 1*. [En línea] 1 de Julio de 2013. <https://www.asme.org/getmedia/443f6b0a-4e45-4a12-8f83-3230fa92306a/35832.pdf>.
6. [www.portalelectromecanico.org](http://www.portalelectromecanico.org). (s.f.). Obtenido de caldera pirotubular: <https://images.app.goo.gl/TSCVRjTp375dE8aE7>
7. [www.portalelectromecanico.org](http://www.portalelectromecanico.org). (s.f.). Obtenido de caldera acuotubular: <https://images.app.goo.gl/YG8bRVft7NrJEQBx9>
8. [Pirobloc.com](http://Pirobloc.com). (s.f.). Obtenido de <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/#tipos-caldera>
9. [Pirobloc.com](http://Pirobloc.com). [En línea] <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/#sticky-stopper>.
10. LTI industrial Cleaning services. HTF Fluidos Termicos . [En línea] <http://limpiezastecnicasindustriales.com/index.php/htf-fluidos-termicos>.
11. [Pirobloc.com](http://Pirobloc.com). (s.f.). Obtenido de <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/#cap2>.
12. [Pirobloc.com](http://Pirobloc.com). (s.f.). Obtenido de <https://www.pirobloc.com/sistemas-de-fluido-termico-la-guia-completa/#tipos-temperaturas>.

13. UNE Normalizacion Española. (16 de 11 de 1992). *UNE 9310*.
14. Noxman. Noxman heating tecnonologys. [En línea] <https://www.noxman.com/ES/x05/aplicaciones.html>.
15. robb, Louis a. *Diccionario para Ingenieros*. La Habana : Cientifico-Tecnica de Cuba, 1978.
16. Ministerio de Fomento. Instruccion de servicio N 13/2019 sobre limite de contenido de azufre en los combustibles marinos. 2019.