



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

**Trabajo de Fin de Grado para la obtención del
título de Graduado en Tecnologías Marinas.**

Sistema de Agua Salada del B/T Tinerfe.

Sergio Jorge Sigut

Junio 2020

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Dr. D. *Alexis Dionis Melián*, Profesor titular del Área de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. *Sergio Jorge Sigut* con DNI 54064079-A, ha superado las asignaturas de los cuatro cursos del grado en Tecnologías Marinas, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado:

Sistema de Agua Salada B/T Tinerfe.

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 documento.

En Santa Cruz de Tenerife, a 24 de junio de 2020.

Fdo: Alexis Dionis Melián
Director del Trabajo de Fin de Grado

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

ÍNDICE

1

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE CONTENIDOS	2
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 ABSTRACT	11
II. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
III. ANTECEDENTES	17
3.1 PRINCIPALES PROBLEMAS	19
3.1.1 CORROSIÓN	19
3.1.2 BIOFOULING	21
3.1.3 PROTECCIÓN CATÓDICA	22
3.1.3.1 ICCP Y CP	22
3.1.3.2 ANTIFOULING	24
IV. METODOLOGÍA	26
4.1 MATERIAL	28
4.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE	28
4.1.2 MOTOR PRINCIPAL	30
4.1.2.1 DISPOSICIÓN	31
4.1.3 MOTOR AUXILIAR	32

4.1.3.1 ALTERNADOR.....	33
4.2 METODOLOGÍA.....	34
V. RESULTADOS	36
5.1 BOMBAS DEL SISTEMA.....	38
5.1.1 BOMBA DE AGUA SALADA.....	38
5.1.1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	39
5.1.2 BOMBA CONTRA INCENDIOS.....	40
5.1.2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	41
5.1.3 BOMBA DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIOS.....	42
5.1.3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	43
5.1.4 BOMBA DE LASTRE.....	44
5.1.4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	46
5.2 EQUIPOS QUE UTILIZAN AGUA SALADA	47
5.2.1 ENFRIADORES DE AGUA DE BAJA TEMPERATURA (L.T.).....	47
5.2.1.1 DESCRIPTIVA	48
5.2.1.2 CARACTERÍSTICAS	49
5.2.2 GENERADOR DE AGUA DULCE	50
5.2.2.1 DESCRIPTIVA	51
5.2.2.2 CARACTERÍSTICAS	52
5.2.2.3 SALINIDAD DEL AGUA PRODUCIDA.....	53
5.2.3 CALDERA.....	54
5.2.3.1 TIPOS DE CALDERA	54
5.2.3.2 DESCRIPTIVA	55
5.2.3.3 CARACTERÍSTICAS	55
5.2.3.4 UTILIZACIÓN DEL AGUA SALADA EN LA CALDERA.....	57
5.2.4 COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE.....	58

5.2.4.1 TIPOS DE COMPRESORES DE DOS ETAPAS	58
5.2.4.2 CARACTERÍSTICAS	59
5.2.4.3 UTILIZACIÓN DEL AGUA SALADA EN LOS COMPRESORES	60
5.2.5 SEPARADOR DE SENTINAS	61
5.2.5.1 CARACTERÍSTICAS	62
5.3.5.2 UTILIZACIÓN DEL AGUA SALADA EN EL SEPARADOR DE SENTINAS	62
5.3 OTROS POSIBLES USOS DEL AGUA SALADA A BORDO.....	63
5.3.1 MOTOR PRINCIPAL	63
5.5 AVERÍAS	66
VI. CONCLUSIONES	68
VII. BIBLIOGRAFÍA	72

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: “Ánodo de zinc”	24
Ilustración 2: “Buque Tinerfe en astillero”	28
Ilustración 3: “Motor principal buque Tinerfe”	30
Ilustración 4: “Motor principal buque Tinerfe”	31
Ilustración 5: “Motor auxiliar buque Tinerfe”	32
Ilustración 6: “Alternador buque Tinerfe”	33
Ilustración 7: “Bomba vertical centrífuga AS buque Tinerfe”	38
Ilustración 8: “Bomba contra incendios buque Tinerfe”	40
Ilustración 9: “Aspecto bomba de emergencia contra incendios”	42
Ilustración 10: “Sistema FRAMO”	44
Ilustración 11: “Unidad de potencia sistema FRAMO”	45
Ilustración 12: “Enfriador de placas”	47
Ilustración 13: “Descriptiva enfriador de placas buque Tinerfe”	48
Ilustración 14: “Generador de agua dulce buque Tinerfe”	50
Ilustración 15: “Partes principales del generador de agua dulce”	51
Ilustración 16: “Vista superior caldera buque Tinerfe”	56
Ilustración 17: “Condensador de purga de la caldera buque Tinerfe”	57
Ilustración 18 : “Enfriador AS / LT compresores de aire buque Tinerfe ”	60
Ilustración 19: “Separador de sentinas buque Tinerfe”	61
Ilustración 20: “Alternativa, sistema de agua salada para el motor principal”	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: “Tipos de corrosión localizada”	20
Tabla 2: “Especificaciones buque tanque Tinerfe”	29
Tabla 3: “Características motor principal”	30
Tabla 4: “Características motores auxiliares”	32
Tabla 5: “Características alternador”	33
Tabla 6: “Características bombas de agua salada”	39
Tabla 7: “Características bombas contra incendio”	41
Tabla 8: “Características bomba emergencia contra incendios”	43
Tabla 9: “Características sistema FRAMO”	46
Tabla 10: “Características enfriador de agua L.T.”	49
Tabla 11: “Características generador de agua dulce”	52
Tabla 12: “Características caldera acuotubular”	55
Tabla 13: “Características compresores de dos etapas, simple efecto”	59
Tabla 14: “Características separador de sentinas”	62
Tabla 15: “Ventajas y desventajas agua salada en el motor principal”	63

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

I. INTRODUCCIÓN

8

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

1.1 INTRODUCCIÓN

Con la elaboración de este Trabajo Fin de Grado, se pretende transmitir al lector los pasos y pautas seguidos para analizar el agua salada dentro del buque tanque Tinerfe. Analizando al completo todos los equipos que utilizan el agua salada, y equipos que podrían usarlo.

En el **Capítulo Objetivos**, se pretende visualizar de manera esquemática la finalidad que se quiere lograr con la elaboración de este Trabajo Fin de Grado.

En el **Capítulo Antecedentes**, trata de una descripción bastante general del buque tanque Tinerfe, conociendo las características principales del mismo, así como, su motor principal y motores auxiliares.

En el **Capítulo Metodología**, se tratarán los procedimientos llevamos a cabo para la realización de este Trabajo Fin de Grado.

En el **Capítulo Resultados**, es la parte principal, en el se citan las características y equipos que utilizan a bordo agua salada, así como su funcionamiento, características particulares y más información de estos.

En el **Capítulo Conclusiones**, se exponen las conclusiones a las que se ha llegado con el agua salada y su utilización a bordo del buque tanque Tinerfe.

En el **Capítulo Bibliografía**, se citan los manuales y referencias utilizadas para la elaboración de este Trabajo Fin de Grado.

1.2 ABSTRACT

With the preparation of this Final Degree Project, it is intended to transmit to the reader the steps and guidelines followed to analyze the salt water inside the Tinerfe tanker. Fully analyzing all equipment that uses salt water, and equipment that can use it.

In the **Objectives Chapter**, it is intended to schematically visualize the intention to be achieved with the preparation of this Final Degree Project.

In the **Background Chapter**, it deals with a fairly general description of the Tinerfe tanker, knowing its main characteristics, as well as its main engine and auxiliary engines.

In the **Methodology Chapter**, the procedures we carry out for carrying out this Final Degree Project will be discussed.

In the **Results Chapter**, it is the main part, in the section the characteristics and equipment that use salty water, as well as its operation, particular characteristics and more information about these.

In the **Conclusions Chapter**, set out the conclusions you have reached with the salt water and its use on board the tanker Tinerfe.

In the **Bibliography Chapter**, the manuals and references used to prepare this Final Degree Project are cited.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

II. OBJETIVOS

13

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Estudio del sistema de agua salada del buque tanque Tinerfe.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las características principales del buque y del agua salada junto a sus principales problemas.
- Conocer los sistemas y bombas del buque que utilizan agua salada a bordo y sus características.
- Ver los equipos que utilizan el agua salada, así como su funcionamiento y descriptiva.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

III. ANTECEDENTES

17

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

3.1 PRINCIPALES PROBLEMAS

3.1.1 CORROSIÓN

Se entiende por corrosión como el deterioro de un material debido a una serie de reacciones químicas entre él y el medio que lo rodea. Tanto el tipo de metal como las condiciones del medio, determinan la forma y la velocidad de dicho deterioro.

¿Cómo evitar la corrosión?

- I. Recubrimientos: con polímeros o plásticos, lo que evita o reduce la corrosión ambiental.
- II. Aleaciones: combinaciones de metales que aportan mayor resistencia a la corrosión, como por ejemplo el zinc.
- III. Inhibidores de corrosión: son sustancias químicas que se encargan de ralentizar o impedir el proceso natural de corrosión.
- IV. Elección de materiales: elegir bien qué materiales dejar expuestos y cuales no.

Existen generalmente dos tipos de corrosión, según la forma en la que tiene lugar y según el medio.

Según la forma:

- A. Corrosión uniforme: el ataque de este tipo de corrosión se produce de forma homogénea sobre la superficie metálica y la penetración media es igual por toda la superficie.
- B. Corrosión localizada: este tipo de corrosión alberga los casos intermedios entre corrosión localizada y corrosión uniforme. Se caracteriza por que el efecto de corrosión se localiza mayormente en unas zonas que en otras, no obstante, se presenta como un ataque general al metal.

Tabla 1: "Tipos de corrosión localizada"

CORROSIÓN LOCALIZADA	
Corrosión en Placas	Se caracteriza porque el ataque tiene lugar en algunas zonas más que en otras
Corrosión por Picaduras	Por Fricción Se produce debido a pequeños movimientos o vibraciones de dos sustancias metálicas
	Por Cavitación Se produce por el contacto de la superficie metálica con un fluido, formando burbujas en su superficie
	Por Microbiología Los organismos biológicos originan el "poro" o hacen de aceleradores del proceso de corrosión
Corrosión Intergranular	Se localiza en los límites del grano, lo que provoca pérdidas en la resistencia, por tanto se produce la desintegración de los bordes del grano
Corrosión por Erosión	Causada o acelerada por el movimiento relativo de la superficie del metal y el medio que lo rodea
Corrosión Selectiva	Se da únicamente en metales nobles (oro - cobre) o (plata - cobre)

Fuente: Elaboración propia [2]

Según el medio:

- A. Corrosión química: se da cuando un metal reacciona con un medio no iónico. Es decir, cuando una superficie está en contacto con el oxígeno.
- B. Corrosión electroquímica: tiene lugar cuando circula electricidad por el metal expuesto a corrosión.

Dentro de la corrosión electroquímica encontramos la **corrosión galvánica**, se da cuando dos metales diferentes están en contacto en un medio húmedo, uno es de tipo activo y el otro noble. El metal menos resistente a la corrosión se denominaría ánodo mientras que el más resistente es el cátodo. El cátodo se corroe muy poco. La velocidad de corrosión es proporcional al área de contacto. [1] [2] [3]

3.1.2 BIOFOULING

También llamada bioincrustación, Se entiende por biofouling la deposición no deseada de microorganismos sobre una superficie. Estas deposiciones de microorganismos reciben el nombre de biopelículas. En este caso, dichos microorganismos poseen la propiedad de multiplicarse, convirtiendo la materia orgánica de la superficie en biomasa. Las sustancias disponibles en el medio desempeñan el papel de nutrientes.

Refiriéndose al ámbito naval, el biofouling es un problema serio de contaminación biológica, dado que estos organismo que se crean en los cascos de los buques los acompañan a donde quiera que vayan. Lo que pone al descubierto un problema ecológico mundial, puesto que se trata del transporte de especies invasoras para los lagos, ríos, océanos que no son su habitat natural.

Las deposiciones acumuladas en los buques, también llamadas alfombra de vida marina, crecen en todos los medios por los que circula el agua salada. No obstante, los cascos de los buques tanto detenidos como en movimiento, causan un efecto denominado **arrastre de agua**, lo que quiere decir que, un buque necesitará más o

menos un treinta por ciento más de combustible para recorrer la misma distancia. Dicha contaminación está condicionada por una serie de factores, entre ellos:

- A. El proyecto y la construcción de las zonas nicho (tomas de mar, hélice de proa, salientes del casco).
- B. La modalidad operativa, incluyendo los factores de velocidades de funcionamiento y la relación entre que el buque esta navegando, y el tiempo que esta atracado, fondeado o amarrado.
- C. Los lugares visitados y las rutas comerciales.
- D. El historial de mantenimiento, además del estado y funcionamiento del sistema de bioincrustación. [4] [5] [6]

3.1.3 PROTECCIÓN CATÓDICA

Se denomina protección catódica al conjunto de tecnologías empleada para controlar la corrosión galvánica o el fouling en una superficie metálica. El metal noble que se desea proteger será, por tanto, el cátodo de una celda electroquímica., este metal podría ser el casco, timón o hélice de un buque.

También recibe el nombre de protección galvánica, es un sistema anti corrosión empleado para buques de cualquier tamaño y estructuras metálicas que están en continuo contacto con el agua. [7]

3.1.3.1 ICCP Y CP

Sistema de protección catódica por corrientes impresas, ICCP (Impress Current Cathodic Protection). Este sistema monitoriza constantemente el casco del buque, para detectar instantáneamente la aparición de corrosión. Se realiza con electrodos instalados en el casco que son los encargados de medir el diferencial de potencial en cualquier punto. Cuando el diferencial de potencial varía corresponde con el inicio del proceso de corrosión, por tanto, el sistema activa la inyección de corriente

22

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

a través de los ánodos de inyección de corriente instalados en el casco del buque, es decir, esta corriente fluye por todo el casco del buque, lo que hace que nivele la diferencia de potencial hasta unos valores de protección para mantener el casco sin corrosión. Por esto mismo, también recibe el nombre de protección activa.

La protección catódica, CP (Cathodic Protection), es el método para evitar dicha corrosión galvánica de forma pasiva. Consiste en conectar el metal que se desea proteger, cátodo, con otro que tenga más facilidad de ser corroído, actuando como ánodo de la celda electroquímica. Por este motivo, se le conoce como ánodo de sacrificio. Se disponen a lo largo del casco del buque, así como en el timón y en las proximidades de la hélice.

El material de los ánodos de sacrificio varía según el medio de navegación del buque, siendo este agua salada o agua dulce.

A. Agua salada, generalmente se utilizan de zinc y aluminio, el zinc, posee una resistividad generalmente menor. Siendo un material fiable, pero no adecuado para altas temperaturas puesto que tendería a la pasivación, es decir, se hace menos negativo, por tanto, si esto sucede, la corriente puede fluir y en consecuencia, el ánodo deja de funcionar. El aluminio tiene una serie de ventajas, como el peso mas ligero y una capacidad mucho mayor que el zinc, sin embargo, no se considera sus capacidades electroquímicas tan fiables como las del zinc. Otra desventaja del aluminio es que si se golpea una superficie oxidada, este podría producir una gran chispa, quedando su uso restringido a los buques con atmósfera explosiva.

B. Agua dulce, el material más utilizado es el magnesio, es el metal con más potencial negativo, siendo idóneo para situaciones en las que la resistividad del electrolito es mayor. [7] [8]

3.1.3.2 ANTIFOULING

Es el método para controlar el biofouling, ya que esta posee millones de seres vivos que, cuando entran en las tuberías o equipos por los cuales circula agua salada, se adhieren a las paredes internas pudiendo llegar a obstruir por completo estas conducciones, es decir, va reduciendo el diámetro de las tuberías y por tanto su caudal.

Dichas incrustaciones tienden a ir aumentando por el constante flujo de comida y oxígeno proporcionado por el paso del agua, además, que esta se renueva constantemente.

La solución a esto es la generación de iones de cobre en las cajas de mar del buque. Dichos iones de cobre son un potente biocida que al ser transportados por el propio caudal de agua, mata a los organismos que intentan adherirse a las paredes de las tuberías y equipos. Al mismo tiempo, este sistema crea iones de aluminio o de hierro para prevenir así la corrosión de dichas tuberías y equipos. [7]

Ilustración 1: "Ánodo de zinc"



Fuente: IrCorrosión

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

IV. METODOLOGÍA

26

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

4.1 MATERIAL

4.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE

El buque tanque Tinerfe pertenece a la Distribuidora Marítima Petrogás, naviera dedicada al transporte de productos derivados del petróleo por el norte de Africa, islas canarias y península. Consta de una flota total de seis buques, (Mencey, Herbania, Nivaria, Dácil, Guanarteme y Tinerfe), se trata de una compañía de bandera española. El buque que nos ocupa es de tipo “Chemical Tanker Type - 2”.

Actualmente el buque tiene operatividad en el mar mediterráneo con base de carga en los puertos de Algeciras, Cartagena y Castellón de la Plana. Sus principales destinos son los puertos de: Motril, Ibiza, Palma de Mallorca y Mahon. Estos puertos pueden variar según el flete del buque. Actualmente pertenece al grupo CLH.

Ilustración 2: “Buque Tinerfe en astillero”



Fuente: Elaboración propia

28

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Tabla 2: "Especificaciones buque tanque Tinerfe"

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Nombre	Tinerfe
Tipo de Buque	Quimiquero
Bandera	Española
Número IMO	9498107
Año de Construcción	2009
Eslora	144 M
Manga	22,6 M
Puntal	12,5 M
Calado	9,2 M
Peso Muerto	17539 DWT
Capacidad Tanques de Carga (98 %)	18611 M ³
Capacidad de Lastre	7599 M ³
Hélice Propulsora	Paso Fijo de 5 Palas
Timón	Pala Estándar

Fuente: Elaboración propia según planos de buque [9]

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
 La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

4.1.2 MOTOR PRINCIPAL

Tabla 3: "Características motor principal"

MAN B&W 8S35MC	
Ciclos	2 Tiempos
Potencia	1 x 5.950 kW
Nº de Cilindros	8 en línea
Nº de Revoluciones	173 r.p.m
Presión de Inyección	330 - 380 bar
Tipo de Cáster	Seco
Orden de Cilindros	1 - 8 - 3 - 4 - 7 - 2 - 5 - 6
Combustible	HFO (380) / MDO

Fuente: Elaboración propia según manuales [10]

Ilustración 3: "Motor principal buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

30

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

4.1.2.1 DISPOSICIÓN

Señalar que se trata de un motor sin reductora y con hélice de paso fijo de 5 palas. A popa de éste motor MAN B&W, se encuentra el cojinete de apoyo intermedio y la bocina. En el bloque motor, encontramos en la proa del mismo, los sistemas de gobierno locales de emergencia, en la banda de estribor encontramos el colector de admisión y el colector de escape. En la banda de babor encontramos las bombas de inyección, una por cilindro. En la popa de este bloque motor podemos encontrar situado, de arriba hacia abajo, la turbosoplante, enfriador de aire de barrido y por último el virador. El sistema de lubricación se encuentra en la banda de babor y a la popa del mismo, siendo también la entrada de combustible. Las “blowers” están situadas en la banda de estribor y hacia la popa. Los botellines de aire de seguridades y de aire de control están también en la bada de estribor y a la proa del bloque motor. Este motor MAN B&W posee válvula de escape en cabeza.

Ilustración 4: “Motor principal buque Tinerfe”



Fuente: Elaboración propia

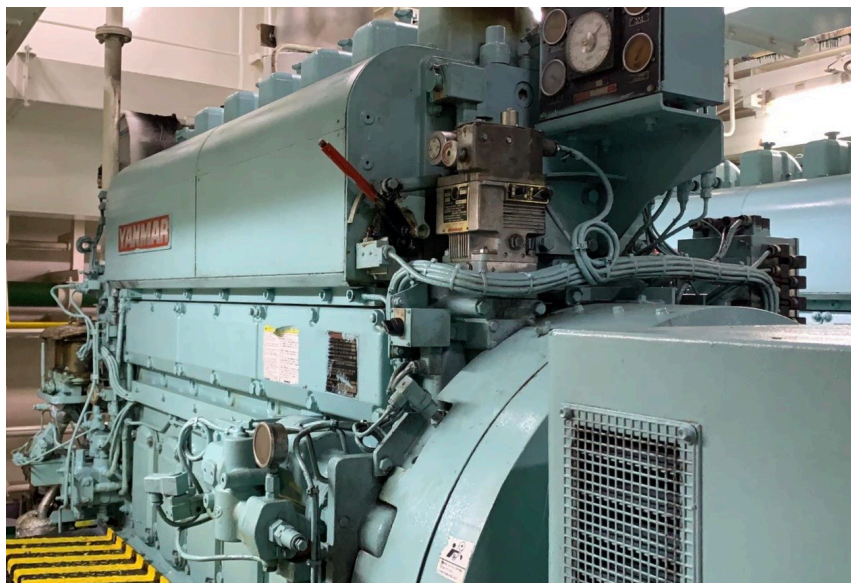
4.1.3 MOTOR AUXILIAR

Tabla 4: "Características motores auxiliares"

YANMAR	
Ciclos	4 Tiempos
Potencia	3 x 745 kW
Nº de Cilindros	6 en línea
Nº de Revoluciones	900 r.p.m
Presión de Inyección	340 +/- 5 bar
Tipo de Cáster	Húmedo
Combustible	HFO (380) / MDO

Fuente: Elaboración propia según manuales [11]

Ilustración 5: "Motor auxiliar buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

4.1.3.1 ALTERNADOR

Tabla 5: "Características alternador"

ALTERNADOR	
Marca	
TAIYO	Modelo: FE547C - 8
	Nº de Polos: 8
	Nº de Revoluciones: 900 r.p.m
	Voltaje: 440 V / 60 Hz
	Amperaje: 1203 A
	Nº de Fases: 3

Fuente: Elaboración propia según manuales [12]

Ilustración 6: "Alternador buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

4.2 METODOLOGÍA

El presente Trabajo Fin de Grado se ha basado en documentos, planos, manuales, paginas web, etc. Siendo los manuales del buque la principal fuente. Además de los conocimientos adquiridos en el grado y en el periodo de prácticas.

La redacción de este Trabajo Fin de Grado, viene dado por la experiencia adquirida a bordo del buque Tinerfe como alumno de máquinas. La gran mayoría de las tablas son de elaboración propia, gracias a los manuales del buque. Además, las ilustraciones se han obtenido en diferentes webs de internet, como por ejemplo, las del fabricante.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

V. RESULTADOS

36

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

5.1 BOMBAS DEL SISTEMA

A continuación se realizara una descriptiva de cada una de las bombas del sistema de agua salada del buque.

5.1.1 BOMBA DE AGUA SALADA

Se trata de dos bombas centrífugas verticales, con impulsor cerrado y con cierre mecánico. Son capaces de elevar la presión del agua hasta los 2,5 bar. Están dispuestas en paralelo de tal manera que una unidad se encuentra constantemente en activo mientras que la otra está en la condición de Stand-By, su uso se alterna mensualmente para que ambos equipos lleven las mismas horas de funcionamiento.

Ilustración 7: "Bomba vertical centrífuga AS buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

Su funcionamiento se basa en un motor eléctrico que gira un impulsor, al girar este, mueve una masa de agua a la que le imparte fuerza centrífuga, aumentando así su velocidad y presión.

Este tipo, puede llevar equipado un eyector, siendo este el caso de la bomba N° 1, además, esta bomba consta con la característica que se puede utilizar como aspiración de emergencia de la sentina, alineando las correspondientes válvulas. El eyector funciona utilizando aire de servicio procedente de la botella de aire de servicio y tras pasar por la reguladora de presión de 30 kilos a 7 kilos, este “sopla” el eyector para así poder aspirar de la sentina en caso de emergencia. Lo que logra es un cebado de dicha bomba.

Tras la descarga de la bomba, el agua va hacia los diferentes equipo que precisan de su utilización. La descarga al mar se realiza por los costados del buque.

5.1.1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tabla 6: “Características bombas de agua salada”

BOMBAS DE AGUA SALADA		
Marca		
TAIKO	Bomba	Tipo: EMC - 250 MCT
		Capacidad: 395 m ³ /h
		Presión de Descarga: 2,5 bar
		Nº Revoluciones: 1800 r.p.m
ABB	Motor Eléctrico	Voltaje: 440 V / 60 Hz
		Intensidad: 70,88 A
		Fecha: 2009

Fuente: Elaboración propia según manuales [13]

5.1.2 BOMBA CONTRA INCENDIOS

El buque dispone de dos bombas verticales centrífugas, que funcionan del mismo modo que las dos de agua salada, situadas en paralelo. En este caso, ambas bombas constan de un eyector propio para el cebado de las mismas. Se utilizan para:

Ilustración 8: "Bomba contra incendios buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

- A. Descarga de lodos y aguas sucias del buque, aspirando de todos los tanques donde se acumulan dichos residuos.

- B. Aspiración de emergencia de la sentina, esto solo se puede realizar con el permiso del jefe de máquinas y ante una emergencia como podría ser una vía de agua.

40

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

C. Contra incendios, dichas bombas pueden aspirar agua salada desde las tomas de mar. De este modo, el agua se distribuye y es capaz de llenar las líneas contra incendios y poder actuar en caso que sea necesario, estas líneas están tanto en la sala de máquinas como por toda la cubierta y el castillo.

D. La bomba número dos, de contra incendios, sirve de respaldo para el evaporador, de modo que si su propia bomba de aspiración de agua salada fallase o quedara fuera de servicio, alineando según los planos una serie de válvulas, podamos alimentar a este y seguir produciendo agua destilada.

5.1.2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tabla 7: "Características bombas contra incendio"

BOMBAS CONTRA INCENDIOS		
Marca		
TAIKO	Bomba	Tipo: EMDE 150 MB
		Capacidad: 155/200 m ³ /h
		Nº Revoluciones: 3600 r.p.m
		Potencia: 86 kW
		Presión de Descarga: 9 bar
ABB	Motor Eléctrico	Tipo: M2QA28062A
		Tensión: 440 V / 60 Hz
		Intensidad: 132,2 A
		Nº Revoluciones: 3564 r.p.m

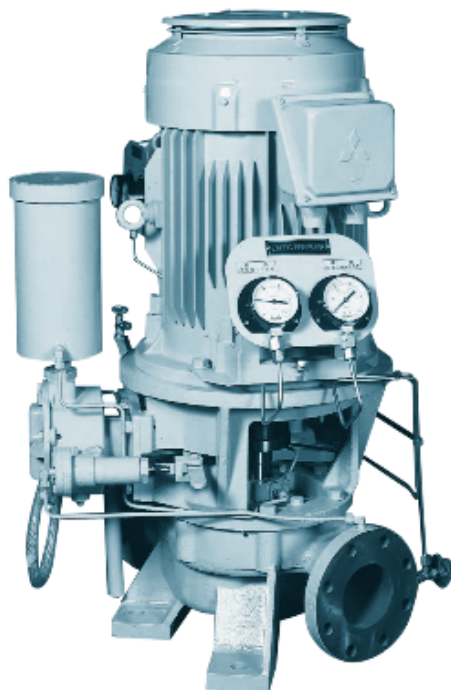
Fuente: Elaboración propia según manuales [14]

5.1.3 BOMBA DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIOS

El buque está dotado de una bomba de emergencia contra incendios, que está ubicada fuera de la sala de máquinas, concretamente en el local de proa. Esta bomba posee su propia toma de mar, desde la misma se pueden alimentar la totalidad de las líneas contra incendios del buque. Ésta se puede arrancar desde el propio local de proa o desde el puente de mandos.

Se trata al igual que las bomba de agua salada y contra incendios, de una bomba centrífuga vertical pero de menor tamaño.

Ilustración 9: "Aspecto bomba de emergencia contra incendios"



Fuente: Manual Taiko [15]

5.1.3.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tabla 8: "Características bomba emergencia contra incendios"

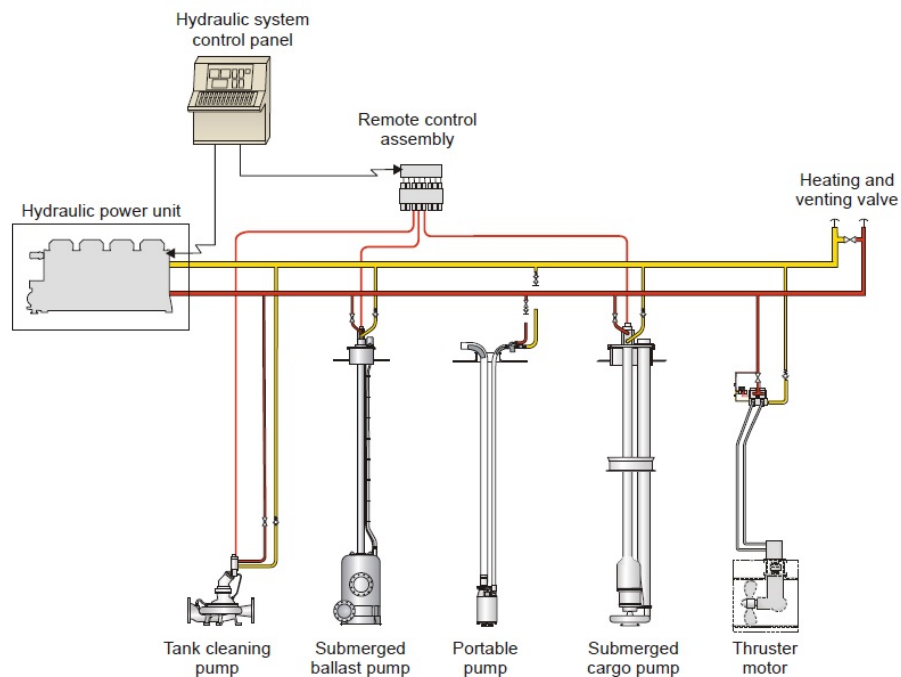
BOMBAS EMERGENCIA CONTRA INCENDIOS		
Marca		
TAIKO KIKAI	Bomba	Tipo: EMCN - 125MB
		Capacidad: 60 m ³ /h
		Nº Revoluciones: 3600 r.p.m
		Potencia: 34,5 kW
		Presión de Aspiración: 5 bar
ABB	Motor Eléctrico	Tipo: M20A200L2A
		Tensión: 440 V / 60 Hz
		Potencia: 34,5 kW
		Nº Revoluciones: 3540 r.p.m

Fuente: Elaboración propia según manuales [15]

5.1.4 BOMBA DE LASTRE

El buque utiliza para el lastre un sistema denominado FRAMO. Está diseñado para una operación flexible y segura de todos los equipos instalados. Se trata de una bomba accionada por un motor hidráulico instalada en diversos sistemas como podrían ser bombas de carga o bombas de lastre, todas ellas están conectadas a través de una línea de anillos hidráulicos a una unidad de potencia hidráulica. La bomba de lastre es de tipo sumergida centrífuga de una etapa con un impulsor cerca de la parte superior del tanque, lo que ofrece un buen rendimiento tanto de bombeo como de extracción.

Ilustración 10: "Sistema FRAMO"



Fuente: Manual sistema FRAMO [16]

La unidad de potencia hidráulica es accionada por varios motores eléctricos, en el buque Tinerfe son concretamente tres unidades, también podría funcionar con un motor diesel. Las bombas hidráulicas son de tipo de pistón axial y diseño de placa oscilante con desplazamiento variable. Para controlar y limitar la velocidad de giro de motor, cada uno posee una válvula de control.

El sistema también está dotado de una bomba denominada "Jockey", se arranca y detiene manualmente desde el panel de control o de forma local en el arrancador eléctrico. Siempre debe de estar en funcionamiento cuando la unidad de potencia hidráulica no se encuentra en funcionamiento.

La descarga de las bombas de lastre se puede realizar de forma local a través de la válvula de control o de manera remota en el panel de control FRAMO, ubicado en el control de carga del buque. [16]

Ilustración 11: "Unidad de potencia sistema FRAMO"



Fuente: Elaboración propia

5.1.4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tabla 9: "Características sistema FRAMO"

SISTEMA FRAMO		
Marca		
FRAMO	Unidad de Potencia Hidráulica	Nº Motores Eléctricos: 3
		Potencia: 300 kW
		Amperaje: 475 A
		Voltios: 440 V / 60 Hz / 3 Ph
		Nº Revoluciones: 1786 r.p.m
	Bomba "Jockey"	Nº Motores Eléctricos: 1
		Potencia: 2,5 kW
		Amperaje: 4,7 A
		Voltios: 440 V / 60 Hz / 3 Ph
		Nº Revoluciones: 3420 r.p.m
	Bombas de Lastre	Tipo: SB 200 - 3 MUHH90 - A372
		Nº Revoluciones: 2600 r.p.m
		Volumen de Aceite Hidráulico en Bomba: 38 L
		Capacidad: 350 m³/h

Fuente: Elaboración propia según manuales [16]

5.2 EQUIPOS QUE UTILIZAN AGUA SALADA

A continuación se realizará una descriptiva de los equipos que utilizan el sistema de refrigeración por agua salada.

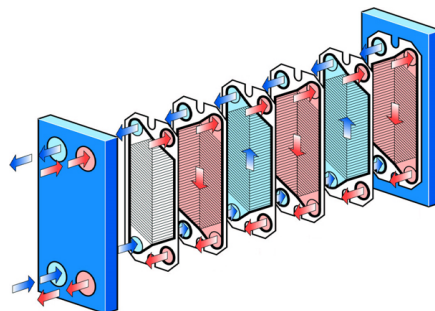
5.2.1 ENFRIADORES DE AGUA DE BAJA TEMPERATURA (L.T.)

El buque está dotado de 4 enfriadores de placas en total pero, que utilicen agua salada existen dos.

1. Un enfriador de aceite, donde este es enfriado por agua L.T.
2. Un enfriador de agua H.T., donde está es enfriada por agua L.T.
3. Dos enfriadores de agua L.T., que se enfrían a través del agua salada.

La función de dichos enfriadores es que el agua salada enfríe el agua de baja temperatura, también conocida como “Agua L.T.” (Low Temperature). Esto se consigue gracias al intercambio de calor que se da entre dichas placas.

Ilustración 12: “Enfriador de placas”

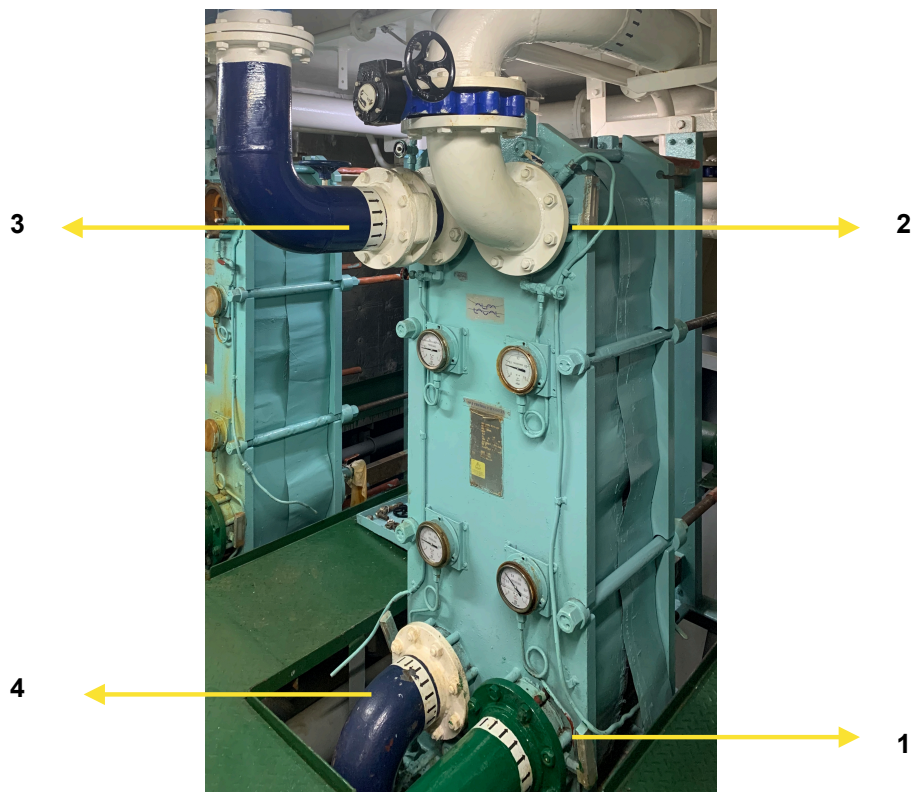


Fuente: Ingeniero Marino

Este intercambio se consigue mediante las placas metálicas. La cantidad de placas viene determinada en función de la cantidad de producto a enfriar. Las placas presentan ondulaciones para que así se generen turbulencias y aumente la superficie de intercambio de calor. Dichas placas se unen con pernos y juntas de goma para que quede sellado herméticamente.

5.2.1.1 DESCRIPTIVA

Ilustración 13: "Descriptiva enfriador de placas buque Tinerefe"



Fuente: Elaboración propia

1. Entrada agua salada.

2. Salida agua salada.

3. Entrada agua baja temperatura (L.T.).

4. Salida agua baja temperatura (L.T.).

48

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

5.2.1.2 CARACTERÍSTICAS

Tabla 10: "Características enfriador de agua L.T."

ENFRIADOR AGUA L.T.	
Marca	
Alfa Laval	Tipo: M15 - BFM8
	Volumen: 102,3 L
	Presión: 6 bar
	Temperatura: 90 °C
	Test de Presión: 9 bar
	Fecha 2009

Fuente: Elaboración propia según manuales [17]

Según el fabricante, las ventajas de utilizar dicho enfriador son:

- A. Una alta eficiencia energética.
- B. Posee una configuración flexible puesto que hay posibilidad de modificar la superficie de transmisión de calor.
- C. Instalación sencilla al ser un diseño compacto.
- D. Mantenimiento sencillo. [17]

5.2.2 GENERADOR DE AGUA DULCE

El generador de agua dulce o también llamado evaporador, cumple la función de producir agua destilada, gracias al agua de mar. Se almacena en los tanques del buque.

Su funcionamiento se basa en la entrada del agua de mar, que entra en el generador de agua dulce, donde se evapora a una temperatura aproximadamente de 40 - 60 °C. Esta temperatura de evaporación se logra gracias a un vacío de 85 - 95 %, logrado y mantenido por el eyector de salmuera / aire. Los vapores generados pasan por unas mallas donde se eliminan las gotas de agua de mar y estas caen gracias a la acción de la gravedad al sumidero o recolector de salmuera, ubicado en el fondo de la cámara del generador. Los vapores limpios de agua dulce continúan subiendo por el interior de la cámara hasta llegar al condensador, enfriándose gracias al agua de mar y saliendo de esta a través de una bomba, donde será conducida hasta el tanque seleccionado en el buque. [18]

Ilustración 14: "Generador de agua dulce buque Tinirfe"



Fuente: Elaboración propia

50

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

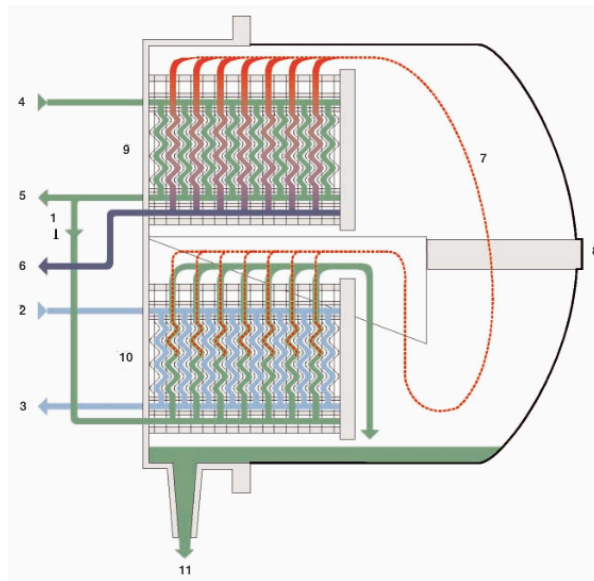
Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

5.2.2.1 DESCRIPTIVA

A vista esquemática, se podría decir, que las partes mas importantes de un generador de agua son las siguientes:

Ilustración 15: "Partes principales del generador de agua dulce"



Fuente: Manual Alfa Laval [18]

- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1.- Alimentación de agua salada. | 7.- Vapor. |
| 2.- Entrada de agua caliente. | 8.- Malla. |
| 3.- Salida de agua caliente. | 9.- Condensador. |
| 4.- Entrada de agua salada. | 10.- Evaporador. |
| 5.- Salida de agua salada. | 11.- Salmuera. |
| 6.- Salida de agua destilada. | |

5.2.2.2 CARACTERÍSTICAS

Tabla 11: "Características generador de agua dulce"

GENERADOR DE AGUA DULCE		
Marca		
Alfa Laval	Generador de Agua Dulce	Tipo: JWP - 26 - C80
		Capacidad: 15 m ³ /24h
		Fecha: 2009
	Bomba de Agua Destilada	Tipo: pvVF1532.2X-012
		Nº Revoluciones: 3360 r.p.m
		Capacidad: 17,5 L/min
		Presión: 24 m.c.a
	Bomba Eyector	Capacidad: 360 m ³ /h
		Nº Revoluciones: 3500 r.p.m
		Potencia: 7,20 kW
		Presión: 38 m.c.a
	ABB	Motor Eléctrico de Agua Destilada
Intensidad: 1,6 A		
Potencia: 0,75 kW		
Nº Revoluciones: 3276 r.p.m		
Motor Eléctrico de Agua Salada		Voltaje: 440 V / 60 Hz / 3 PH
		Intensidad: 17,4 A
		Potencia: 11 kW
		Nº Revoluciones 3616 r.p.m

Fuente: Elaboración propia según manuales [18]

Según el fabricante, las ventajas de este generador son:

- A. Alta calidad de agua con bajos contenidos de sólidos disueltos (salinidad).
- B. Larga vida útil, gracias a los materiales de alta calidad y la resistencia de estos a la corrosión.
- C. Bajo costos de operación y mantenimiento.
- D. Instalación simple y tiene la posibilidad de ser armado en el lugar. [18]

5.2.2.3 SALINIDAD DEL AGUA PRODUCIDA

El evaporador consta con un un indicador de salinidad el cual esta reglado a 6 p.pm (partes por millón), este se encuentra en la descarga hacia los tanques almacén de agua destilada se encuentra un salinómetro. En caso de que el agua destilada producida sea superior al Set Point (6 p.pm), se activará una solenoide y el agua es desechada a la sentina. Con la activación de la solenoide se activa también una alarma en el control de máquinas que indica el exceso de salinidad.

5.2.3 CALDERA

El buque está equipado con una caldera de tipo acuotubular con presión de trabajo de 8 kg. Una caldera es un recipiente metálico destinado a producir a una presión determinada una cantidad de vapor. El principio básico de funcionamiento de una caldera consiste en una cámara llamada hogar donde se produce una combustión, con la ayuda de aire y combustible y a través de una superficie se realiza intercambio de calor.

5.2.3.1 TIPOS DE CALDERA

Según la posición entre el fluido a calentar y los gases de combustión, las calderas pueden ser de dos tipos:

- A. Acuotubulares, como sería el caso del buque Tinerfe, donde por el interior de los tubos circula agua y los gases productos de la combustión se encuentran en contacto con las caras exteriores de ellos.

- B. Pirotubulares: en la que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el agua se encuentra por el exterior. Los gases, al atravesar los tubos, ceden su calor a través de sus paredes al agua que los rodea, produciéndose así en las proximidades de los tubos la vaporización. [19]

5.2.3.2 DESCRIPTIVA

Quemador: sirve para quemar el combustible, contiene la llama principal y la llama piloto.

Hogar: contiene el quemador en su interior y es dónde se produce la combustión y la generación de los gases calientes.

Tubos de intercambio de calor: donde se realiza el flujo de intercambio entre los gases y el agua. También se generan en ella las burbujas de vapor.

Chimenea: vía de escapa de los gases productos de la combustión hacia la atmósfera

Carcasa: contiene el hogar y el sistema de tubos. [19]

5.2.3.3 CARACTERÍSTICAS

Tabla 12: "Características caldera acuotubular"

CALDERA	
Marca	
Miura	Modelo: HB 15 T
	Presión Máxima Trabajo: 9 bar
	Superficie de Intercambio: 184,2 m ²
	Presión Válvula Seguridad: 13,5 bar
	Producción de Vapor: 15000 kg/h

Fuente: Elaboración propia según manuales [20]

Las ventajas de las calderas acuotubulares son:

- A. Pueden trabajar hasta presiones de 100 bar.
- B. Uso adecuado para grandes potencias.
- C. Circulación del agua bien definida.
- D. Alta tasa de producción de vapor.
- E. Muy buena calidad del vapor. [20]

Ilustración 16: "Vista superior caldera buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

5.2.3.4 UTILIZACIÓN DEL AGUA SALADA EN LA CALDERA

En el sistema de caldera, la utilización del agua salada se encuentra ubicado en el enfriador del condensador de purga, en el cual entra vapor proveniente de una de las líneas de vapor de la caldera. Gracias al agua salada es enfriado por lo que cambia de estado y de forma líquida es conducido al tanque de cascada o tanque de purga. Tanque que sirve para rellenar la caldera de agua cuando el nivel de este baja por debajo del Set Point.

Ilustración 17: "Condensador de purga de la caldera buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

5.2.4 COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE

El buque está dotado de dos compresores de aire de arranque con sus respectivas botellas, las botellas son de 3,5 M³ de capacidad. Los compresores, proporcionan una presión constante en la línea de 25 kg. Son de tipo dos etapas de pistón, de simple efecto.

5.2.4.1 TIPOS DE COMPRESORES DE DOS ETAPAS

Existen dos tipos de compresores, de simple efecto y de doble efecto:

Compresores de simple efecto: en este tipo de compresores, el recorrido del aire en la compresión se realiza en dos etapas por medio de dos pistones. Una compresión se realiza en la primera etapa, y la otra, en la segunda etapa. El compresor aspira a través de un filtro por la etapa de baja presión o primera etapa, por lo que la válvula de aspiración se abre y deja pasar el aire a la cámara. Esto se realiza de forma automática, ya que, al descender el pistón se crea vacío y debido a la presión atmosférica dicha válvula es empujada, al iniciar el ascenso, aumenta la presión por lo que la válvula de aspiración se cierra.

El pistón sigue subiendo y el aire es comprimido hasta que este vence la fuerza de las válvula de escape, por lo que se abre y deja pasar el aire comprimido al espacio de refrigeración. Aquí es enfriado por agua. Con una sola etapa se podría alcanzar la presión deseada, pero, se ha comprobado en la práctica y teóricamente que enfriando el aire y haciéndolo en otra etapa se obtiene mayor rendimiento y un aire más frío a la presión final de salida. Por tanto, el aire se comprime a pocos kg de presión en la primera etapa, luego se enfría y seguido de esto, se realiza la segunda etapa o etapa de alta presión, siendo la descarga de la primera etapa, la admisión de la segunda. El ciclo de aspiración, compresión y escape es igual para ambas etapas.

Compresores de doble efecto: en este tipo de compresores el aire proporcionado es prácticamente el doble que un compresor de dos pistones de simple efecto. En

este caso el compresor aspira aire por dos filtros, pasando a dos cámaras de compresión, al descender los pistones, se abren la válvulas de aspiración propias de cada cámara y al igual que en los de simple efecto se realiza de forma automática, ya que, al descender el pistón se crea vacío en el interior. Al iniciar el ascenso, aumenta la presión obligando a las válvulas de admisión a cerrarse. El aire se va comprimiendo hasta que vence la fuerza de las válvulas de escape de cada cámara donde se abre y dejan pasar el aire al enfriador.

Una vez el aire es enfriado hasta temperatura ambiente, se obtenido un mayor rendimiento y un aire más frío a la presión final. Comenzando así la segunda etapa o etapa de alta presión, en el cual el ciclo de aspiración, compresión y escape es igual es igual para ambas etapas, siendo la descarga de la primera etapa, la admisión de la segunda. Además, las dos cámaras de compresión son más pequeñas ya que el aire comprimido ocupa menos espacio. Lo mismo ocurre con las válvulas que pueden ser mas pequeñas al necesitar menos superficie de paso. [21]

5.2.4.2 CARACTERÍSTICAS

Tabla 13: "Características compresores de dos etapas, simple efecto"

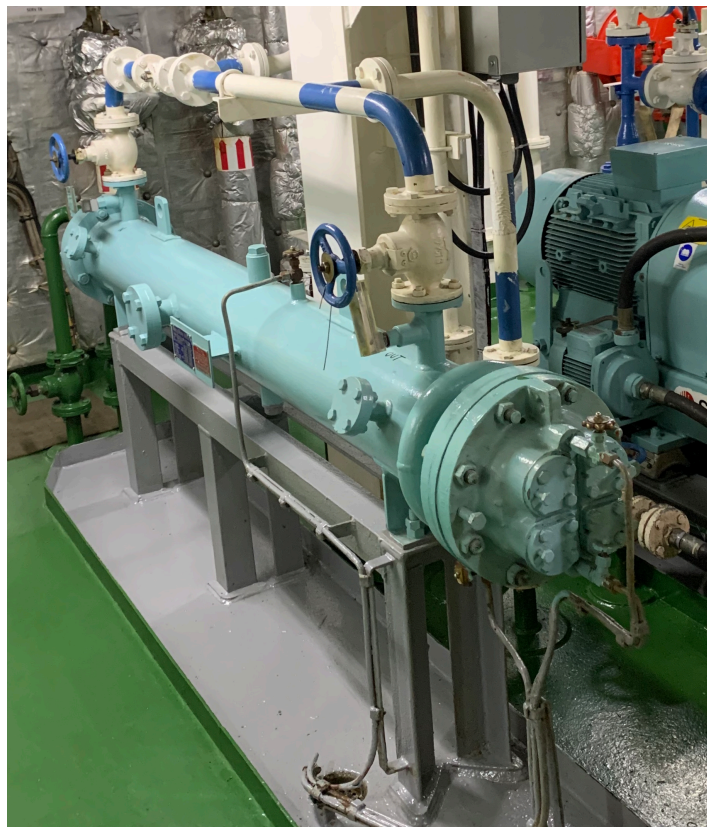
COMPRESORES DE AIRE		
Marca		
ABC	Compresor	Tipo: SXC - 30 - 15
		Capacidad: 94 m ³ /h
		Presión de Descarga: 30 bar
		Nº Revoluciones: 1175 r.p.m
		Potencia: 20,6 kW
Siemens	Motor Eléctrico	Voltaje: 4040 V / 60 Hz
		Amperaje: 39 A
		Potencia: 10,5 kW

Fuente: Elaboración propia según manuales [22]

5.2.4.3 UTILIZACIÓN DEL AGUA SALADA EN LOS COMPRESORES

El sistema de refrigeración del compresor de dos etapas de simple efecto del buque Tinerfe consta de, una fase de enfriador agua / aire que se da en el proceso entre la primera etapa y a la segunda etapa, en donde el aire es enfriado hasta temperatura ambiente, dicha agua (L.T.), circula por el interior de tubos dentro del enfriador y el aire rodea a estos tubos, realizando un intercambio de calor. Y una segunda fase donde se encuentra un enfriador agua / agua, donde el agua (L.T.), que es la encargada de enfriar el aire en el otro enfriador, antes mencionado, es enfriada a través de un enfriador de tubos, por los que circula agua salada, a través de un intercambio de calor, donde el foco caliente cede temperatura al foco frío.

Ilustración 18 : "Enfriador AS / LT compresores de aire buque Tinerfe "



Fuente: Elaboración propia

60

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

5.2.5 SEPARADOR DE SENTINAS

La principal misión del separador de sentinas es separar los hidrocarburos del agua aceitosa que proviene de la sentina del propio buque. Así la finalidad es que se pueda descargar por la borda de acuerdo con la regulación MEPC 107 (49) de la OMI.

El principio de funcionamiento se basa en la decantación por medio de la diferencia de densidad entre el agua y el aceite. En la primera etapa, separa los hidrocarburos a través de la gravedad con la ayuda de un filtro de absorción donde en este se queda el aceite, al irse acumulando, el aceite sube y se concentra en la parte superior del separador mientras que el agua continua cayendo.

Ilustración 19: "Separador de sentinas buque Tinerfe"



Fuente: Elaboración propia

Cuando la parte superior destinada al aceite esta llena, es cuando comienza la segunda etapa, en la cual se permite la descarga del aceite al tanque de lodos y el agua pasa por un filtro donde debe cumplir unas condiciones para ser expulsada al mar. El contenido de hidrocarburos de esta debe de ser igual o inferior a 15 ppm, si no será descargada a la sentina para comenzar de nuevo el ciclo. [23]

5.2.5.1 CARACTERÍSTICAS

Tabla 14: "Características separador de sentinas"

SEPARADOR DE SENTINAS	
Marca	
GeoRim	Modelo: GRS25 - 126
	Volumen: 1º 600 L ; 2º 110 L
	Capacidad: 2,5 m³/h
	Presión Máxima: 3 bar
ABB	Voltaje: 440 V / 60 Hz
	Amperaje: 1,9 A
	Potencia: 0,75 kW
	Nº de Revoluciones: 1690 r.p.m

Fuente: Elaboración propia según manuales [23]

5.3.5.2 UTILIZACIÓN DEL AGUA SALADA EN EL SEPARADOR DE SENTINAS

El separador de sentinas utiliza el agua salada a modo de limpieza, entrando a contraflujo y arrastrando los restos de aceite que se encuentran atrapados en el separador. El agua salada con aceite sale por la parte superior del separador, donde será enviado al tanque de aguas aceitosas.

5.3 OTROS POSIBLES USOS DEL AGUA SALADA A BORDO

5.3.1 MOTOR PRINCIPAL

Según el fabricante de este, MAN B&W, señala que, el agua de mar se podría utilizar para refrigerar diversas partes del motor principal. El agua salada presenta una serie de ventajas e inconvenientes:

Tabla 15: "Ventajas y desventajas agua salada en el motor principal"

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Solo es necesario dos juegos de bombas, una para agua el agua salada y otro juego de combas para el agua de chaquetas	Al ir el agua de mar por todos los enfriadores, el costo de los mantenimiento es mayor respecto al agua dulce
Simple sistema de tuberías	Coste de tuberías mayor ya que precisan ser de materiales corrosivos como podrían ser de acero galvanizado

Fuente: Elaboración propia según manuales [10]

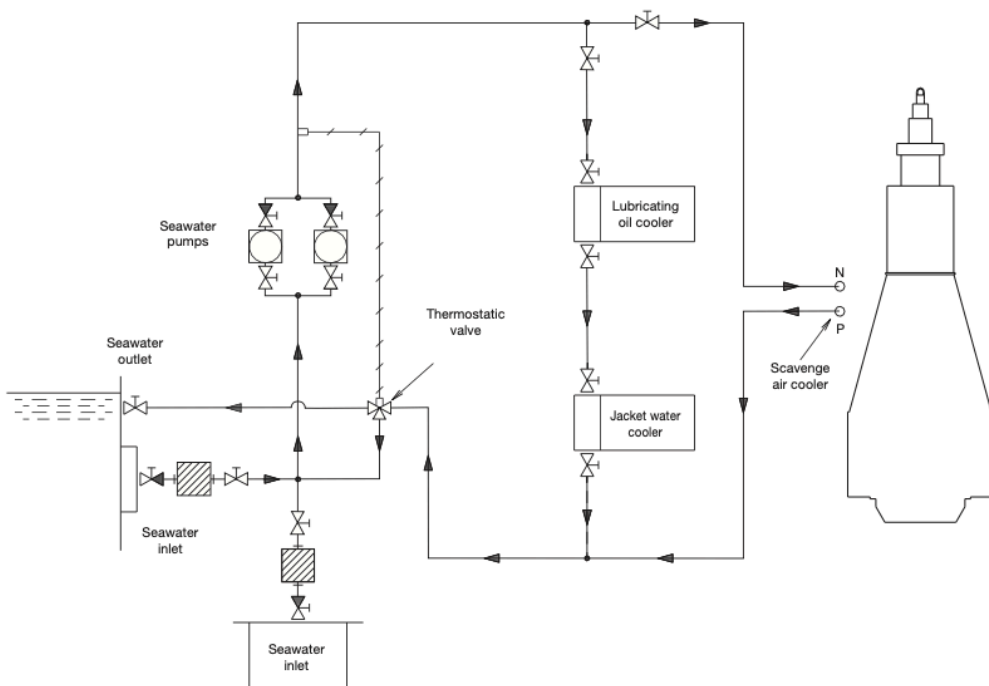
En este motor, los equipos que, según el fabricante, podrían utilizar el agua salada como medio para enfriar otros fluidos, serian los tres enfriadores siguientes:

- A. Enfriador de aceite lubricante.
- B. Enfriador de agua de chaquetas.
- C. Enfriador de aire de barrido.

Tanto el enfriador de aceite lubricante, como el enfriador de agua de chaquetas, son de tipo enfriadores por placas ya explicado en el apartado 5.2.1.

El enfriador de aire de barrido es un intercambiador de calor que enfría el aire de barrido a una temperatura específica para mejorar el rendimiento del motor. El calor extraído del aire es arrastrado por el agua de enfriamiento, agua salada. Dicha agua fluye por el interior de tubos dentro del enfriador y el aire rodea a estos tubos.

Ilustración 20: "Alternativa, sistema de agua salada para el motor principal"



Fuente: Manual MAN B&W [10]

En dicha ilustración (Ilustración 20), se puede apreciar como el agua salada sería un circuito tanto abierto como cerrado, donde, a través de las bombas de agua salada, lo primero que esta hace es pasar por un filtro, luego es conducida hacia el enfriador de aire de barrido o hacia los dos enfriadores de placas, donde, tras cumplir su función, se encuentra una válvula termostática que, dependiendo de la temperatura a la que se encuentra el agua de mar esta puede ser o bien recirculada, iniciando de nuevo el circuito o devuelta al mar. [10]

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.

La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

5.5 AVERÍAS

Las principales averías vividas a bordo fueron las siguientes:

Pérdida de vapor en la caldera por una junta en una válvula. La solución fue parar la caldera y sustituirla por una nueva.

Shut down del motor principal por baja presión de HFO, navegando hacia astillero, puesto que la intención de la naviera era llegar con el mínimo nivel en los tanques para poder limpiarlos. Las depuradoras aspiraron bastante suciedad y por ello se tupieron los filtros y cayó la presión. La solución fue limpieza de los filtros y cambio del motor principal a MDO.

A la salida de astillero, poniendo el buque en servicio, cuando la caldera comenzó a subir presión, llegando a 4 bar, la válvula principal de vapor perdía vapor de forma considerable por la empaquetadura. Hubo que parar la caldera y cambiar dicha empaquetadura por una nueva y volver a iniciar el proceso.

Shut down del motor principal por baja presión de aceite ya que con bastante mal tiempo, los bandazos del barco agitaron todo el carter del motor principal y la bomba de L.O. aspiró bastante suciedad lo que provocó una obstrucción de los filtros de las bombas, además del filtro automático de velas, el manual y filtro de contraflujo.

Problema con el acople del auxiliar N°3, en algunas ocasiones no acopla. Se sospecha que puede ser una de las bobinas del Breaker.

Avería en el motor eléctrico de la bomba de producción de agua destilada del evaporador. Se limpió y barnizó el motor eléctrico pero seguía sin funcionar, por tanto se procedió a comprar una nueva.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

VI. CONCLUSIONES

68

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Para finalizar este Trabajo Fin de Grado basado en el sistema de agua salada del buque tanque Tinerfe, se ha podido observar que, es un sistema imprescindible a bordo, por ello, debe de tenerse muy en cuenta las reseñas que detalla el fabricante en todo momento para asegurar el funcionamiento de los sistemas y operatividad del buque.

Desde mi punto de vista me gustaría destacar que, gracias a mi periodo de embarque en el buque tanque Tinerfe y la elaboración de este Trabajo Fin de Grado, he podido adquirir y desarrollar una serie de conocimientos, pero que debido a la realización de este Trabajo Fin de Grado, me ha ayudado a aprender y continuar mi formación.

Todo sistema de agua salada conlleva serios problemas de corrosión si no se llevan a cabo una serie de trabajos preventivos durante la vida del buque.

Realizar mantenimientos preventivos sistemáticos por horas y condicionados (vibraciones, análisis, etc) alargan la vida útil del equipo y por lo tanto, del buque.

En mi experiencia como alumno he aprendido que cada uno de estos mantenimientos son muy importantes para evitar problemas mayores.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

VII. BIBLIOGRAFÍA

72

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNQ

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05

- [1] <https://www.bricolemar.com/blog/como-evitar-corrosion/>
- [2] <http://blog.utp.edu.co/metalografia/12-corrosion-y-procesos-de-corrosion/>
- [3] <https://concepto.de/corrosion/>
- [4] <https://www.solociencia.com/ingenieria/07020606.htm>
- [5] <http://www.imo.org/es/ourwork/environment/biofouling/paginas/default.aspx>
- [6] <http://bucserver01.unican.es:8080/xmlui/bitstream/handle/10902/1550/TesisBRC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] <https://www.llalco.com/proteccion-catodica/>
- [8] <https://www.nauticadvisor.com/blog/2016/06/22/que-son-y-que-funcion-cumplen-los-anodos-de-sacrificio-en-las-embarcaciones/>
- [9] Manual general del buque Tinerfe.
- [10] Manual MAN B&W motor principal del buque Tinerfe.
- [11] Manual Yanmar motor auxiliar del buque Tinerfe.
- [12] Manual Taiyo alternador motor auxiliar del buque Tinerfe.
- [13] Manual Taiko bomba agua salada del buque Tinerfe.
- [14] Manual Taiko bomba contra incendios del buque Tinerfe.
- [15] Manual Taiko bomba emergencia contra incendios del buque Tinerfe.

[16] Manual sistema FRAMO del buque Tinerfe.

[17] Manual Alfa Laval, enfriador de placas de baja temperatura del buque Tinerfe.

[18] Manual Alfa Laval, generador de agua dulce del buque Tinerfe.

[19] <https://www.absorsistem.com/tecnologia/calderas/descripción-de-calderas-y-generadores-de-vapor>

[20] Manual MIURA caldera del buque Tinerfe.

[21] http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica11.htm

[22] Manual ABC compresores de aire del buque Tinerfe.

[23] Manual GeoRim separador de sentinas del buque Tinerfe.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 2545669 Código de verificación: KcHk3tNq

Firmado por: Alexis Dionis Melián
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 11/06/2020 18:03:05