

Sistema de Purificación de Aceite. Funcionamiento y Mantenimiento.

Trabajo Fin de Grado
Grado en Tecnologías Marinas
Junio de 2023

Autor:
Cristhian Bacallado Rodríguez
51.961.609Z

Tutora:
Prof. Dra. D^a. María del Cristo Adrián de Ganzo

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

D^a. M.^a del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora de la UD de Marina Civil, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Cristhian Bacallado Rodríguez** con **DNI 51169609Z**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Sistema de Purificación de Aceite de un Buque. Funcionamiento y Mantenimiento.**

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 20 de junio de 2023.

Fdo.: M^a del Cristo Adrián de Ganzo.

Tutora del trabajo.

Bacallado Rodríguez, C. (2023). *Sistema de Purificación de Aceite de un Buque*. Funcionamiento y Mantenimiento. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

RESUMEN

Tras la realización de los diferentes periodos de embarque como alumno a bordo de los buques Canarias Express y L´Audace, se produjeron bastantes intervenciones al sistema de purificación de aceite por motivos de mantenimiento o avería.

Por lo tanto, como objetivo de este trabajo de fin de grado, es la realización de un documento descriptivo del sistema de purificación de aceite, del mantenimiento de sus diferentes partes, además de dar información de los diferentes sistemas que interactúan para su funcionamiento.

Para comenzar, se comenzará con una descripción del buque sobre el que se ha realizado la mayoría de las intervenciones durante el periodo de embarque, el buque L´Audace y de la compañía a la que pertenece SUARDIAZ Shipping lines. Se mostrará información sobre la empresa constructora de la depuradora el elemento más importante del sistema de purificación de aceite, que en este caso es Westfalia y se hará una descriptiva de los elementos más importantes de la sala de máquinas del buque en estudio. Se continuará mostrando el sistema de purificación de aceite y sus elementos, en especial la depuradora de aceite del que se describirá su funcionamiento, tipos, partes, montaje y desmontaje, así como sus mantenimientos más habituales y averías. A continuación, también se describen los sistemas asociados al de purificación de aceite como son el sistema de agua destilada y el de vapor ambos con gran importancia en el proceso de purificación.

Finalmente, con relación a lo anteriormente mencionado, la cantidad de tipos de buques es grande y los sistemas de purificación pueden variar, sobre todo en el tipo de depuradora utilizada, aunque en la actualidad la mayoría de buques siguen utilizando motores de combustión interna por lo que estos necesitan lubricación por medio de aceite y por lo tanto un sistema de purificación para este independientemente del tipo que sea que tienen una base común de mantenimiento y funcionamiento.

Palabras claves: Depuradora, Purificación, Mantenimiento.

Bacallado Rodríguez, C. (2023). *Sistema de Purificación de Aceite. Funcionamiento y Mantenimiento*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

ABSTRACT

During the different periods of boarding as a student on board the ships Canarias Express and L'Audace, there were many interventions on the oil purification system for maintenance or breakdown reasons.

Therefore, the objective of this final degree project is to produce a descriptive document of the oil purification system, the maintenance of its different parts, as well as providing information on the different systems that interact for its operation.

To begin with a description of the vessel on which most of the interventions were carried out during the embarkation period, the ship L'Audace and the company to which SUARDIAZ shipping lines belongs. The most important element of the oil purification system, which in this case is Westfalia, will be shown and a description of the most important elements of the engine room of the vessel under study will be given. The oil purification system and its elements will continue to be shown, especially the oil purifier, whose operation, types, parts, assembly and disassembly will be described, as well as its most common maintenance and breakdowns. Then we will also describe the systems associated with the oil purification system, such as the distilled water system and the steam system, both of which are very important in the purification process.

Finally, in relation to the above, the number of ship types is large and the purification systems can vary, especially in the type of scrubber used, although at present most ships still use internal combustion engines and therefore need oil lubrication and therefore a purification system for this regardless of the type that have a common basis of maintenance and operation.

Keywords: Depuration, Purification, Maintenance.

AGRADECIMIENTOS

Tras largos periodos de tiempo fuera de casa, donde el estrés, el cansancio y la soledad es lo habitual, quería agradecer a todas aquellas personas que me han apoyado día tras día.

Gracias a la tripulación del buque Canarias Express y L`Audace por iniciarme en el mundo del marino y acogerme con los brazos abierto durante mis prácticas.

Gracias a mis oficiales de máquinas por tener la paciencia y dedicación para enseñarme sus conocimientos.

En especial agradecimiento a mi familia por su cariño y apoyo cada día por difícil que fuera.

Índice

ÍNDICE

Índice del TFG

1. Introducción.....	18
2. Objetivos.....	20
2.1. Objetivo principal.	20
2.2. Objetivos secundarios.....	20
3. Revisión y Antecedentes.	22
3.1. Historia del Grupo Suardiaz.	22
3.2 Historia GEA WESTFALIA.	25
3.2.1 Separador GEA WESTFALIA.	26
4. Metodología.	29
4.1 Material.....	29
4.1.1 Buque L`Audace.	29
4.1.2 Disposición sala de Máquinas.....	32
4.1.3 Motores principales.....	35
4.1.4 Separador centrifugo.	36
4.2 Metodología.....	37
5. Resultados.....	39
5.1. Sistemas asociados.	40
5.1.1. Sistema de agua depurada.....	40
5.1.2. Funcionamiento del Generador de agua.....	42
5.1.3. Equipo de presión de agua destilada.....	45
5.1.4. Sistema de vapor.....	46
5.1.5. Producción de vapor.....	48
5.1.6. Calentador de aceite.....	48
5.2. Sistema de purificación de aceite.....	50

5.2.1 Tanque de retorno de aceite	50
5.2.2. Bomba de alimentación de aceite de la depuradora.....	50
5.2.2.1. Funcionamiento y generalidades.....	51
5.2.2.2. Características de la bomba.....	52
5.2.2.3. Filtro.....	53
5.2.2.4. Conexiones tuberías.	54
5.2.2.5. Válvula de bypass.....	54
5.2.2.6. Puesta en Servicio.	55
5.2.2.7. Montaje y desmontaje.	55
5.3 Depuradora.....	56
5.3.1. Funcionamiento.	57
5.3.2. Principios de funcionamiento	63
5.3.2.1. Principio de funcionamiento de la centrifuga.	63
5.3.2.2. Tambor purificador.....	63
5.3.2.3. Tambor clarificador.	64
5.3.2.4. Diafragma o disco regulador.	64
5.3.2.5. Determinación diámetro diafragma mediante diagrama.	65
5.3.2.6. Determinación de diafragma por ensayo.....	66
5.3.2.7. Principio de funcionamiento pistón deslizante.....	68
5.3.2.8. Cierre del tambor	69
5.3.2.9. Apertura tambor	70
5.3.2.10. Funcionamiento del rodete.....	70
5.3.2.11. Funcionamiento de accionamiento.....	71
5.3.2.12. Funcionamiento embrague centrífugo.....	71
5.3.3. Información técnica.....	72
5.3.3.1. Centrifugación.....	72
5.3.3.2. Descarga tambor.	72
5.3.3.3. Desplazamiento.	75

5.3.3.4. Descarga de lavado.....	75
5.3.3.5. Procedimientos antes del arranque.....	75
5.3.3.6. Arranque de la centrífuga.....	75
5.3.3.7. Descarga del tambor.....	76
5.3.3.8. Parada de la centrífuga.....	77
5.3.3.9. Anomalías de servicio.....	77
5.3.4 Mantenimiento.....	78
5.3.4.1. Mantenimiento cada 4000 horas.....	78
5.3.4.2. Mantenimiento cada 8000 horas.....	79
5.3.4.3. Mantenimiento cada 16000 horas.....	80
5.3.4.4. Lubricación.....	80
5.3.5 Despiece y Montaje.....	81
5.3.5.1 Avería. Desmontaje para cambio de juntas.....	82
5.3.5.2 Montaje tambor tras cambio de juntas.....	87
6. Conclusiones.....	94
7. Bibliografía.....	96

Índice del Ilustraciones

Ilustración 1: Buque Sancho Panza.....	22
Ilustración 2: Buque Suar Vigo.....	23
Ilustración 3: Líneas Regulares Suardiaz Shipping Lines.....	24
Ilustración 4: Buque Greenoil.....	25
Ilustración 13: Primer separadorcentrífuo de GEA.....	26
Ilustración 14: Separador centrífugo GEA.....	27
Ilustración 5: Buque L´Audace.....	29
Ilustración 6: Planos Cubiertas Buque “L´Audace”.....	31

Ilustración 7: Planos Cubiertas Buque “L´Audace”	31
Ilustración 8: Línea Med-Canarias.....	32
Ilustración 9: Plano disposición Sala de Máquinas.	33
Ilustración 10: Disposición Sala de Máquinas (Continuación).....	33
Ilustración 11: Sala de Máquinas Buque L´Audace.	35
Ilustración 12: Motor Principal Buque L´Audace.	36
Ilustración 15. Recorte del plano Sistema de trasiego y purificación de aceite.	39
Ilustración 16. Generador agua.	41
Ilustración 17. Partes del evaporador.	41
Ilustración 18. Mecanismo Efecto Ventiry.....	43
Ilustración 19. Elementos del intercambiador y del condensador.	44
Ilustración 20. Salinómetro.	45
Ilustración 20. Equipo de presión de agua destilada.....	46
Ilustración 21. Plano sistema de vapor.....	47
Ilustración 21. Calentador de aceite.	49
Ilustración 22. Bomba de alimentación de Aceite.	51
Ilustración 23. Husillos bomba de alimentación de aceite.....	52
Ilustración 24. Filtro de la bomba de alimentación de aceite.....	53
Ilustración 25. Válvula bypass de la bomba de alimentación de aceite.....	54
Ilustración 26. Tabla de desmontaje.	56
Ilustración 27. Separador centrífugo.....	58
Ilustración 28. Depuradora preparada para iniciar secuencia de limpieza.	59
Ilustración 29 y 30. Proceso de cerrado tambor y llenado de agua de desplazamiento.	59
Ilustración 31 y 32. Proceso de apertura del bowl.	60
Ilustración 32 y 33. Llenado del bowl con producto y comienzo del proceso de limpieza.....	61
Ilustración 34 y 35. Detección de agua y lodos en el tambor.	62
Ilustración 36 y 37. Desplazamiento del aceite y apertura del bowl para limpieza de lodos. .	62
Ilustración 38. Principio de funcionamiento discos.....	64
Ilustración 39. Gráfica elección de diámetro.....	66
Ilustración 40. Ilustración del resultado de elegir un diafragma demasiado grande.	67
Ilustración 41. Ilustración del resultado de elegir un diafragma demasiado pequeño.....	67

Ilustración 42. Línea de separación entre el agua y el aceite en el disco separador con un diafragma adecuado.....	68
Ilustración 43. Esquema entradas y salidas del tambor.....	69
Ilustración 44. Rodete centrípeto.....	70
Ilustración 45. Elementos del accionamiento.....	71
Ilustración 46. Grafica determinación tiempo de centrifugación.....	74
Ilustración 47. Tabla recomendaciones fabricante por horas de uso.....	76
Ilustración 48. Juntas a cambiar a las 4000h.....	79
Ilustración 49. Juntas a cambiar a las 8000h.....	79
Ilustración 50. Toma para cambio de aceite lubricante.....	81
Ilustración 51. Útiles para desmontaje y montaje del tambor.....	82
Ilustración 52. Tambor al descubierto tras desatornillar la tapa del chasis.....	83
Ilustración 53. Extracción del tornillo vertical.....	84
Ilustración 54. Llave de tetones colocada sobre el tambor.....	85
Ilustración 55. Distribuidor con algunos platos.....	85
Ilustración 56. Fondo del tambor.....	86
Ilustración 57. Disco con carbonilla.....	88
Ilustración 58. Tornillo del eje vertical.....	89
Ilustración 59. Campana roscada con el pistón deslizante.....	89
Ilustración 60. Distribuidor con discos limpios.....	90
Ilustración 61. Placa colocada y apretada sobre la tapa del tambor.....	91
Ilustración 62. Tambor totalmente montado, con rodete y casquillo distanciador.....	92

Índice del Tablas

Tabla 1: Datos Buque L´Audace.....	30
Tabla 2: Horarios de llegada y salida de puerto Buque “L´Audace”.....	32
Tabla 3: Equipos y elementos Sala de Máquinas.....	34
Tabla 4. Identificación elementos del sistema de purificación en el plano.....	40
Tabla 5. Partes evaporador.....	42

Tabla 6 y 7. Parámetros bomba de alimentación.....	52
Tabla 6. Relación tamaño interior diafragma densidad producto	65
Tabla 8. Calculo de diámetro diafragma	65
Tabla 7. Entradas y salidas del tambor. Numeración con la ilustración anterior.	69
Tabla 8. Elementos del accionamiento.....	71
Tabla 9. Periodo de descargas según producto.....	73
Tabla 10. Definición de elementos.....	73
Tabla 11. Datos problema tiempo centrifugación.....	73
Tabla 12. Características aceite mineral.....	80
Tabla 13. Características aceite sintético	81

I. INTRODUCCIÓN

1. Introducción

En este trabajo de Fin de Grado con el nombre de “Sistema de Purificación de Aceite”, se quiere mostrar la importancia de este sistema para el correcto funcionamiento de uno de los sistemas más importantes para el funcionamiento de un buque con motor de combustión interna como es el sistema de lubricación, el cual mantiene todas las partes móviles de los equipos de propulsión sometidas a fricción en el mejor estado posible intentando reducir dicha fricción entre los elementos. Para ello se necesita que el aceite este en el mejor estado posible y de esto se encarga el Sistema de Purificación de Aceite que elimina las impurezas del aceite.

Para comenzar se explicarán los objetivos de este Trabajo de Fin de Grado que han llevado a la realización del mismo. Y posteriormente, antes de comenzar con la explicación del funcionamiento y mantenimiento del Sistema de Purificación de Aceite, se va a mostrar las características del buque donde se realizó el estudio, así como la empresa a la que pertenece. Además, se hará referencia a la compañía fabricante del elemento principal del Sistema de Purificación de Aceite, la depuradora centrífuga.

Una vez visto esto se comenzará a explicar los diferentes sistemas que colaboran para el correcto funcionamiento del Sistema de Purificación de Aceite de un buque, en este caso del buque L`Audace perteneciente a la compañía Suardiaz Shipping Lines. A continuación de este se irán explicando uno a uno los elementos del sistema en cuestión, así como su mantenimiento habitual para mantenerlo en el mejor estado sin que surjan anomalías.

Para finalizar se expondrán varias conclusiones tras la realización del trabajo, sobre todo después de la experiencia a bordo al poder realizar los diferentes mantenimientos descritos.

II.OBJETIVOS

2. Objetivos.

2.1. Objetivo principal.

El objetivo principal planteado en la realización de este Trabajo de Fin de Grado es el siguiente:

- Poder entender y mostrar el funcionamiento y importancia de la planta purificadora de aceite, haciendo especial hincapié en el mantenimiento de la depuradora centrífuga mostrando detalladamente paso a paso como montar y desmontar la depuradora para su mantenimiento.

2.2. Objetivos secundarios.

Para poder explicar mejor este apartado hay otros objetivos que facilitan poder completar el principal:

- Describir las características del buque donde se realiza el estudio para entender mejor en qué tipo de sala de máquinas está funcionando el Sistema de Purificación de Aceite del estudio realizado.
- Mostrar con los diferentes esquemas del buque como interactúa el Sistema de Purificación con los demás Sistemas para poder realizar su funcionamiento adecuadamente.
- Mostrar con imágenes de cada uno de los equipos y en el caso de la depuradora, cada uno de sus elementos y pasos a seguir en el desmontaje y montaje al realizar el mantenimiento fijado por horas.

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

3. Revisión y Antecedentes.

La instalación de purificación de aceite sobre la que se va a realizar el estudio, donde fueron realizadas las prácticas como alumno, pertenece al buque L`Audace perteneciente al Grupo Suardiaz Shipping lines. Por ello se comenzará exponiendo de manera breve la historia de dicha compañía y los diferentes buques de los que consta y el resto de servicios que ofrece, posteriormente se verá más en concreto el buque en cuestión y sus características más importantes. Para finalizar se nombrará la historia de la empresa fabricante del módulo de aceite, elemento más importante del sistema de lubricación de aceite, además de los productos marinos que ofrece en la actualidad.

3.1. Historia del Grupo Suardiaz.

El Grupo Suardiaz comenzó su andadura en el año 1944, cuando fue creada Vapores Suardiaz por los hermanos Rafael y José Riva Suardiaz. Desde sus inicios en el mundo marítimo siempre a contado con su propia flota de buques, dicha flota se ha ido renovando y adaptando con el paso de los años para estar siempre adaptados a los avances tecnológicos y las necesidades del Mercado.



Ilustración 1: Buque Sancho Panza

Fuente: Fuente: servipres9.wixsite.com [6]

La empresa comenzara centrándose en el transporte terrestre por medio de ferrocarril, pero nunca dejando de lado el sector marítimo, hoy en día el Grupo Suardiaz gestiona varias actividades a través de distintas divisiones tales como:

- Transporte marítimo de mercancías.
- Transporte y suministro de hidrocarburos.
- Explotación de terminales marítimas.
- Forwarding internacional y consignación de buques.
- Almacenajes.
- Aduanas y divisiones de Cargas y Proyectos.

Imagen.

La Flota Suardiaz pertenece a dicho Grupo que se compone de varias empresas que conviven para poder dar a sus clientes los mejores servicios en solución de transporte.

Fue pionera en España en operar buques roll on / roll off con carga rodada, y a día de hoy cuenta con la primera flota española de buques roll on/ roll off y car carrier.



Ilustración 2: Buque Suar Vigo

Fuente: Marinetraffic.com

Con buque roll on roll of hacemos referencia a los buques que transportan carga rodada, es decir automóviles, camiones, o vehículos de finalidad industrial.

Hoy en día cuenta cuenta como armador con un total de 25 buques, especializado en transporte de vehículos, remolques refrigerados, etc entre diversos puertos de distintos continentes para muchos fabricantes del sector automovilísticos e industrial.

Las principales rutas regulares de la empresa son 5 con la nueva incorporación todavía sin realizar el primer trayecto hasta septiembre de este mismo año de la ruta entre Vigo y Liverpool. Sin contar con esta ultima son cuatro líneas reguladas bastante asentadas de transporte de vehículos con las que cuenta el Grupo Suardiaz estas son:

- Autopista del Mar: Vigo- ST Nazaire.
- Línea Atlántica: diferentes puertos entre ellos Tenerife, Las Palmas, Vigo, Sheerness, Flushing, Zeebrugge.
- Línea Med - Canarias : Las Palmas, Tenerife, Barcelona.
- Línea Med - Argelia : Alicante, Argelia, Barcelona , Marsella.

Líneas Regulares

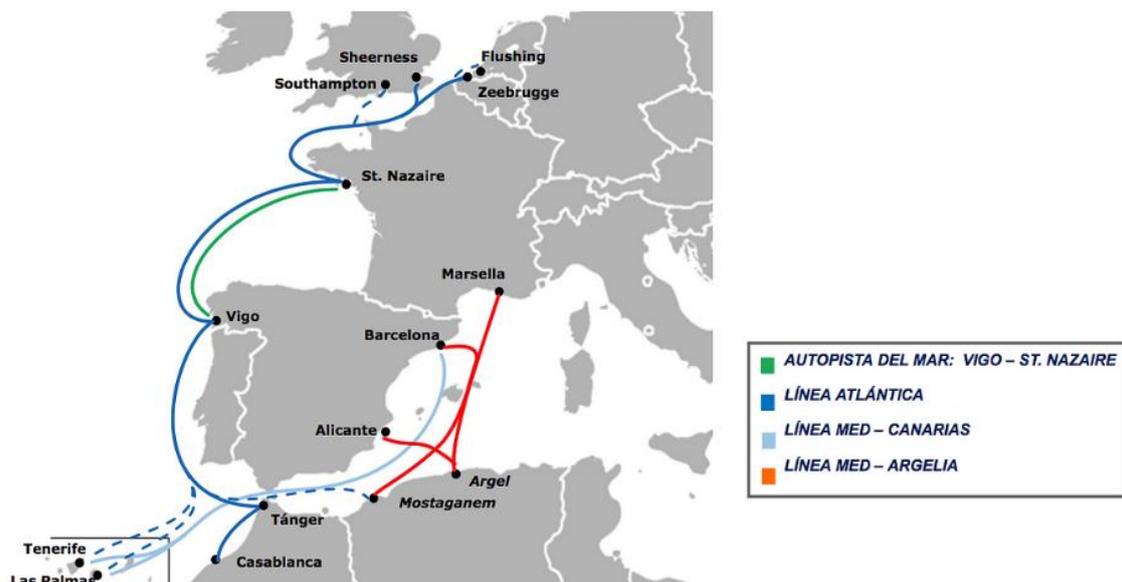


Ilustración 3: Líneas Regulares Suardiaz Shipping Lines

Fuente: Fuente: servipres9.wixsite.com [6]

La Flota Suardiaz con buques en propiedad consta de once buques entre ellos ocho de tipo Ro/Ro para el transporte de carga rodada mayoritaria mente vehículos y dos buques de tipo Bunkering Tanker para suministro de hidrocarburos ahora mismo realizando sus operaciones en puertos de Algeciras y Tánger, y por último un buque tipo Ro/ Pax.



Ilustración 4: Buque Greenoil

Fuente: Puentedemandando.com

3.2 Historia GEA WESTFALIA.

La compañía comienza de la mano de dos cuñados Franz Ramesohl y Franz Schmidl el día 1 de septiembre del año 1893, cuando ambos abren un taller con el nombre de Ramesohl & Schmidt oHG. Se trataba de un taller de construcción de separadores de leche para la industria de la alimentación. La empresa creció rápidamente y en 1897 ya fabricaban más de 2000 centrifugadoras y contaban con más de 60 empleados.

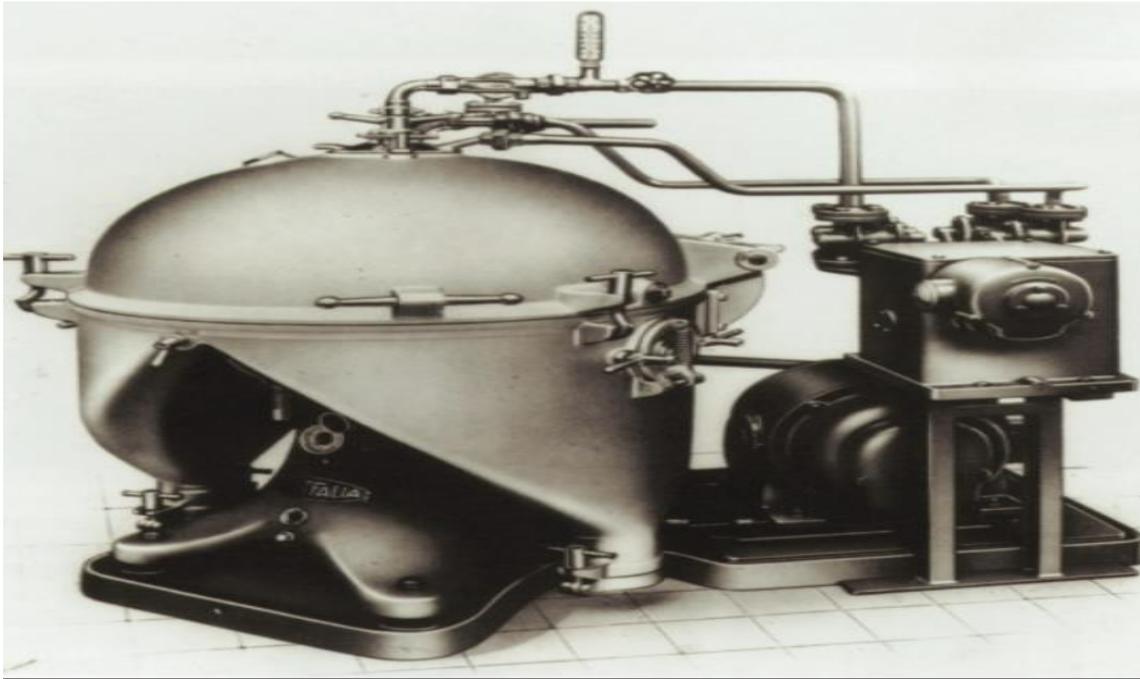


Ilustración 13: Primer separador centrífugo de GEA

Fuente: en.wikipedia.org [3]

A inicios del siglo XX ya tenían en funcionamiento más de 10000 centrifugadoras de leche, además de esto comenzaron con la producción de motocicletas, pero esto no duro. Lo mismo les paso con los automóviles, aunque esto les duro varios años más.

En 1907 lanzan el primer separador de mezclas de aceite mineral y agua, posteriormente en 1931 presentan el primer separador auto limpiante que fue todo un éxito.

En 1968 ya contaban con una gama de más de 70 modelos diferentes de separadores según su finalidad con hasta 350 diseños distintos.

Desde 1994 Westfalia Separator forma parte de grupo GEA, que opera a nivel global y tiene una gran fama a nivel mundial con respecto a sistema de separadores para uso naval.

3.2.1 Separador GEA WESTFALIA.

El separador en este caso fabricado por GEA Westfalia son un elemento importante en una sala de máquinas ya que los aceites lubricantes de los motores se contaminan constantemente, todas las piezas lubricadas del motor van depositando impurezas en el aceite.

También se le van añadiendo residuos del proceso de combustión o incluso agua condensada que se deposita en el cárter, en definitiva, sufre continuo desgaste y adición de sustancia y impurezas en su proceso de lubricación. Al no ser tratada este aceite se pueden producir síntomas considerables de desgaste en los elementos lubricados por la calidad del aceite.

Para ello los separadores como su propio nombre indica separa toda la sustancia no deseada para prolongar la vida útil del aceite y evitar desgaste en el motor principal. Dichos separadores realizan sus procesos de manera automática durante las 24 horas gracias a la automatización del proceso, que facilita las labores de mantenimiento en un buque.

Actualmente GEA tiene en el mercado el separador para ámbito naval denominado serie E. Este modelo no sirve solo para el ámbito naval, sino que se utiliza también en los procesos de separación en la industria química y farmacéutica, además de la de la producción de lácteos cervezas vino etc.

Estos separadores tienen cámara anular o de disco. Y además tienen distintos funcionamientos, centrífugas de tipo disco discontinuas que se deben detener para extraer manualmente los sólidos acumulados, centrífugas de tipo disco con desfangado automático o lo que es igual separadores auto limpiantes o separadores de tipo boquilla.



Ilustración 14: Separador centrífugo GEA

Fuente: gea.com [4]

IV. METODOLOGÍA

4. Metodología.

4.1 Material

4.1.1 Buque L`Audace.



Ilustración 5: Buque L`Audace

Fuente: Santacruzmiuerto.com

El buque L`Audace es de tipo Ro/Ro construido por Hijos de J.Barreras, registrado en el año 1999 con las siguientes características principales.

Tabla 1: Datos Buque L´Audace	
<i>Bandera</i>	<i>Española</i>
<i>Puerto de registro</i>	<i>Santa Cruz de Tenerife</i>
<i>Nº IMO</i>	
<i>Registro</i>	<i>R. Especial</i>
<i>Tipo</i>	<i>Ro-Ro</i>
<i>Eslora</i>	<i>141,25 m</i>
<i>Tpm</i>	<i>4.600.000 kg</i>
<i>Manga</i>	<i>21 m</i>
<i>Calado</i>	<i>6 m</i>
<i>Velocidad</i>	<i>20 Nudos</i>
<i>Capacidad de pasajeros</i>	<i>12 unidades</i>
<i>Capacidad de tripulantes</i>	<i>18 tripulantes</i>
<i>Potencia Motor</i>	<i>12.960 kW</i>
<i>Revoluciones hélice</i>	<i>150 R.p.m.</i>
<i>Cantidad hélice de proa</i>	<i>1 paso variable, motor eléctrico 800 BHP</i>
<i>Grupo electrógeno de emergencia</i>	<i>1 Motor diesel de 150 HP</i>
<i>Cubiertas de carga</i>	<i>4 +3 Mviles</i>
<i>Capacidad de vehículos</i>	<i>1253</i>
<i>Capacidad de remolques</i>	<i>110 remolques + 231 coches</i>
<i>Equipo de carga</i>	<i>Rampa popa 15x10 m</i>
<i>Rampa fija</i>	<i>Entre principal y doble fondo</i>
<i>Rampa móvil</i>	<i>Entre cubierta principal y superior</i>
<i>Cardecks elevables</i>	<i>3 entre cubiertas de carga</i>
<i>Capacidad de tanques FO</i>	<i>870 m3</i>
<i>Capacidad de tanques GO</i>	<i>115 m3</i>
<i>Capacidad de Aceite Lubricante</i>	<i>45 m3</i>
<i>Capacidad agua de lastre</i>	<i>2000 m3</i>
<i>Capacidad de agua dulce</i>	<i>130 m3</i>
<i>Fuente:</i>	

El buque consta de 4 cubiertas más tres cars/decks con una capacidad de carga de más de 1200 vehículos o 110 tráiler y 230 vehículos. Además, consta de tres cubiertas más una con la habilitación, la siguiente con el puente y sobre este la cubierta magistral. Cada una de las cubiertas y car decks consta de una rampa que comunica dicha cubierta o car deck con el inferior excepto en la cubierta superior que comunica con la cubierta principal y no con el car deck inferior. Estas rampas interiores sirven para estibar con gran velocidad los vehículos en cada cubierta sin perder mucho tiempo ya que el buque realiza cortos periodos de tiempo en puerto, alrededor de unas 5 o 6 horas aproximadamente.

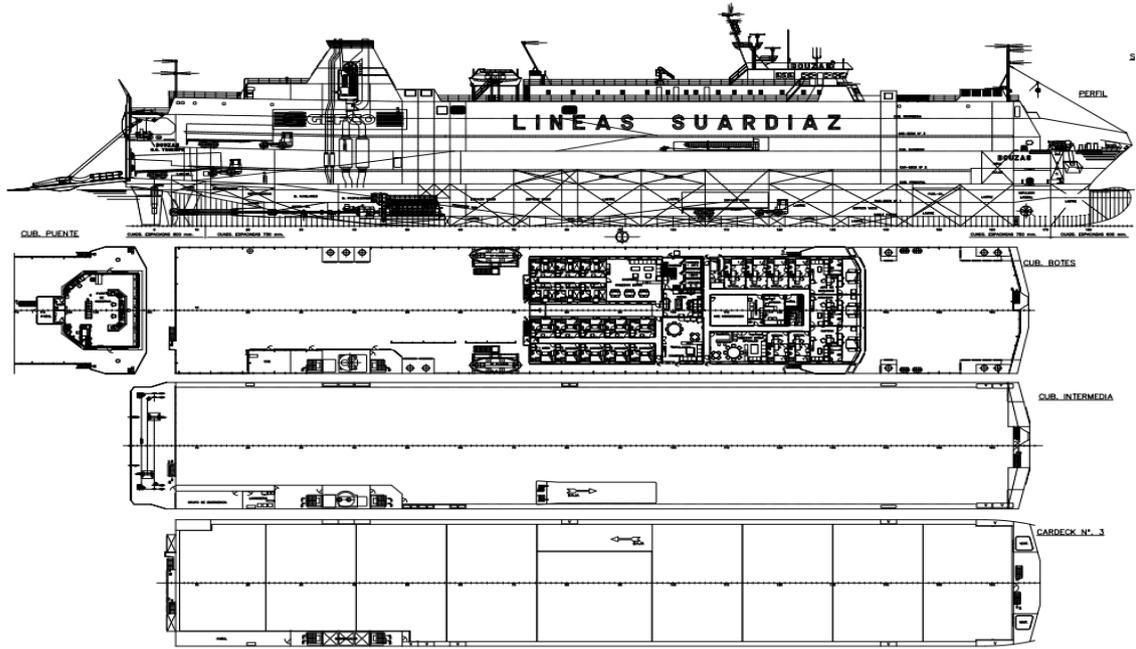


Ilustración 6: Planos Cubiertas Buque "L'Audace"

Fuente: Planos Buque L'Audace

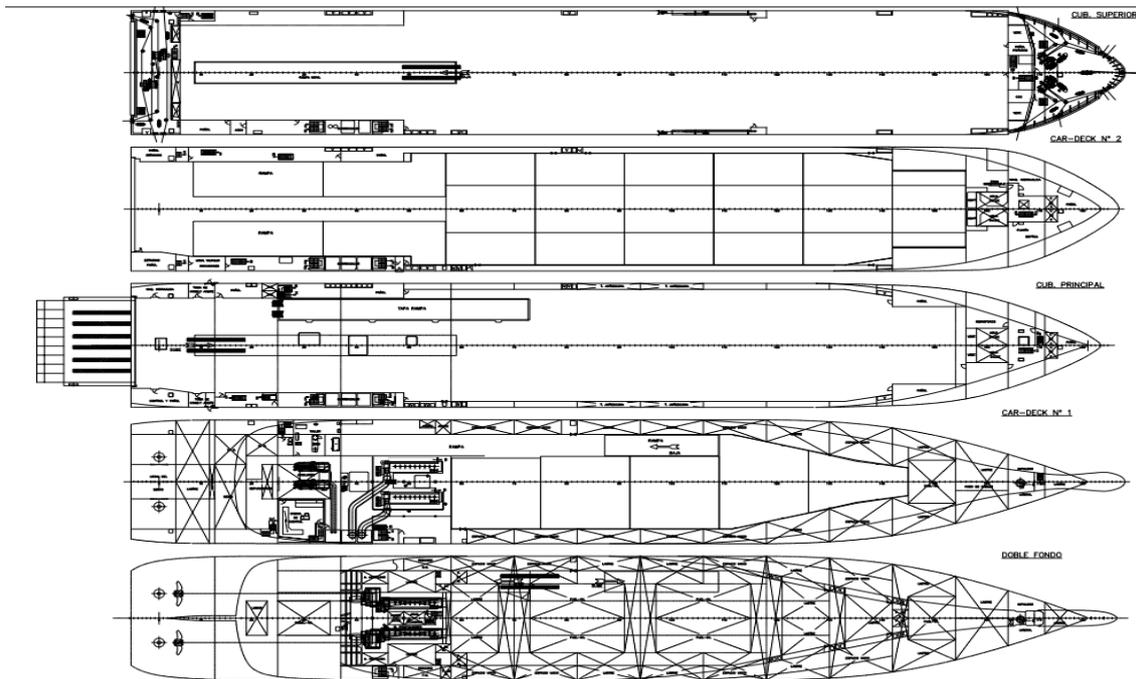


Ilustración 7: Planos Cubiertas Buque "L'Audace"

Fuente: Planos Buque L'Audace

Actualmente realiza en solitario la línea Med- Canarias, se trata de una línea que se realiza con paradas en el puerto de Barcelona, el puerto de Las Palmas de Gran Canaria y el puerto de Santa Cruz de Tenerife con el siguiente itinerario semanal si no se producen retrasos en la línea.

Barcelona	Viernes 5:00 aprox	Viernes 14:30 aprox
Las Palmas	Lunes 8:00 aprox	Lunes 16:00 aprox
Tenerife	Lunes 19:00 aprox	Martes 01:00 aprox

Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración 8: Línea Med-Canarias.

Fuente: servipres9.wixsite.com [6]

4.1.2 Disposición sala de Máquinas.

Centrándonos en la sala de maquinas del buque, esta es la disposición general de sus diferentes elementos.

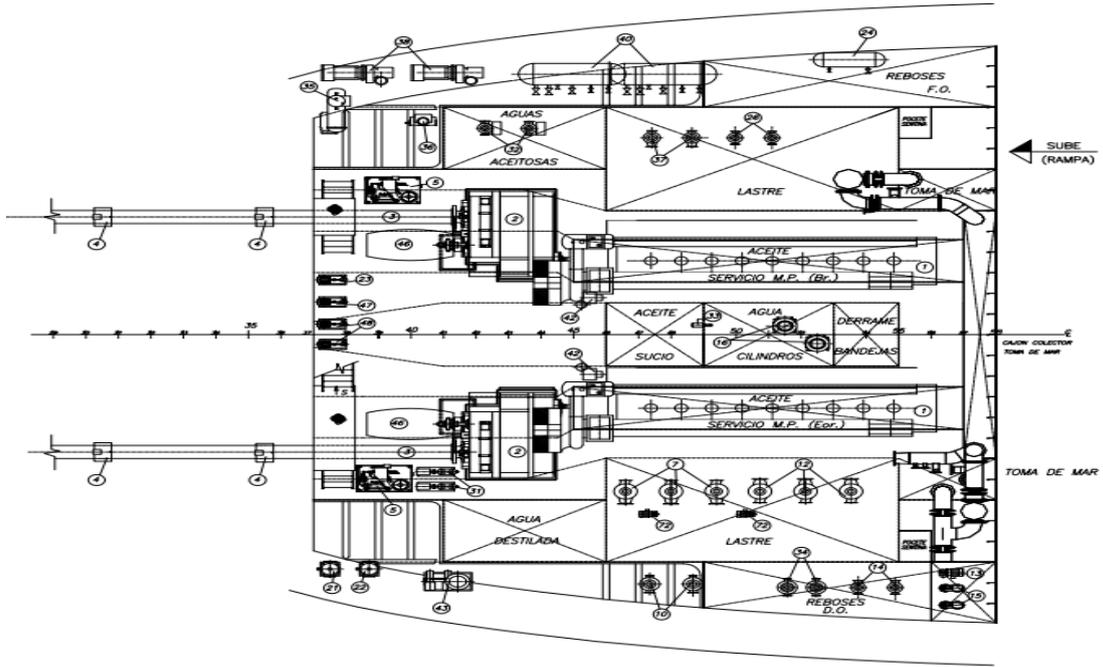


Ilustración 9: Plano disposición Sala de Máquinas.

Fuente: Planos Buque L'Audace

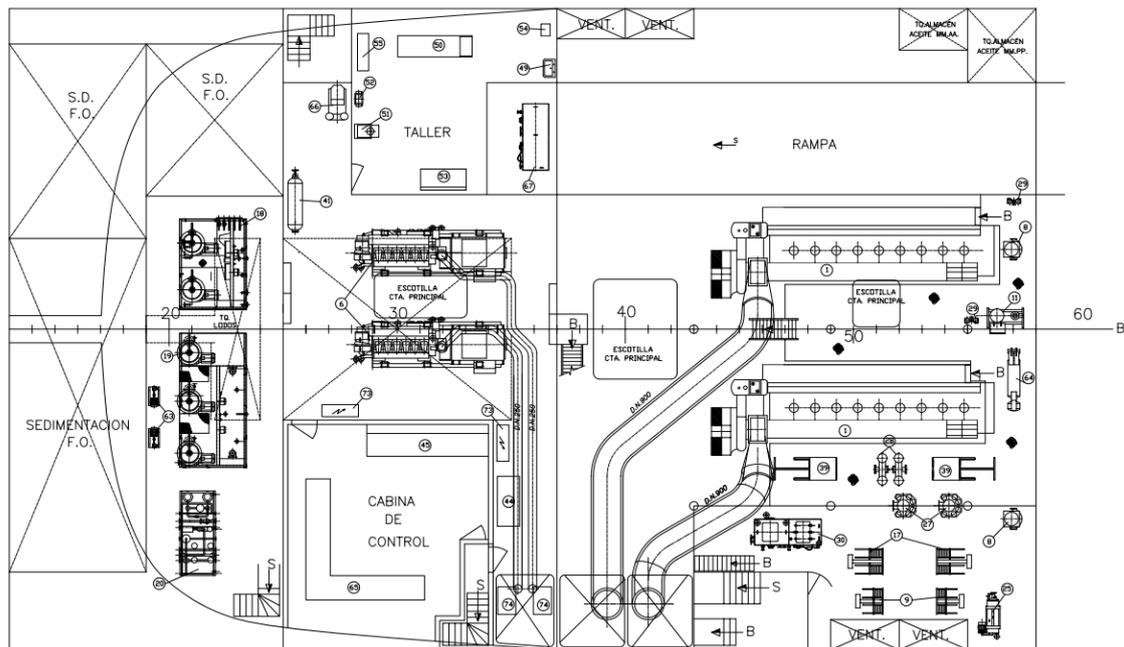


Ilustración 10: Disposición Sala de Máquinas (Continuación).

Fuente: Planos Buque L'Audace

Tabla 3: Equipos y elementos Sala de Máquinas.

MOTORES PRINCIPALES	2	MAN Tipo 9L 40/54
REDUCTOR	2	REINTJES
LINEA DE EJES	2	
CHAMUCERAS	4	BALIÑO
EQUIPO ACCIONAMIENTO HELICE P.V	2	KAMEWA
MOTOR AUXILIAR	2	CATERPILLAR Modelo 3508
BOMBAS REFRIGERACIÓN A.D. A.T.	2	AZCUE Tipo 80/40
BOMBAS REFRIGERACIÓN A.D. B.T.	3	AZCUE Tipo 125/40
ENFRIADOR DE A.D. A.T.	2	APV Tipo MSG-07
BOMBAS DE BALDEO	2	AZCUE tipo 65/26
BOMBAS CIRCULACION A.S.	3	AZCUE Tipo 125/33
BOMBAS CIRCULACION A.S. GENERADOR A.D.	1	GEFICO
BOMBAS CIRCULACION A.S. AIRE ACOND.	2	INERCA Tipo 80/40
BOMBAS CIRCULACIÓN A.S. GAMBUZA	2	AZCUE
BOMBA RESERVA ACEITE MMPP	2	AZCUE tipo 280-S
ENFRIADOR A.D. B.T.	2	APV Tipo MG- 07
MODULO PURIFICACIÓN ACEITE	1	WESTFALIA
MODULO PURIFICACIÓN COMBUSTIBLE	1	WESTFALIA
MODULO PREPARACIÓN COMBUSTIBLE	1	AURA MARINE
BOMBA TRASIEGO F.O.	1	AZCUE Tipo 160-M
BOMBA TRASIEGO D.O.	1	AZCUE Tipo 160-M
BOMBA LODOS	1	AZCUE Tipo 100-L
BOTELLA DE AIRE AUTOMATISMOS	1	INTEGASA
GENERADOR DE A.D.	1	GEFICO
BOMBAS DE CIRCULACIÓN A.S. MM.AA	2	AZCUE Tipo 65/26
FILTROS AUTOMATICOS ACEITE MMPP	2	MAN- B&W
FILTRO DOBLE ACEITE MMPP	2	MAN- B&W
FILTRO DOBLE COMBUSTIBLE MMPP	2	MAN- B&W
TANQUE FILTRO Y OBSERVACION DE PURGAS	2	
BOMBAS AGUA ALIMENTACION CALDERA	2	M.I.B.S.A Tipo 3604
BOMBAS DE SENTINAS	2	AZCUE Tipo 100/33
BOMBA TANQUES DRENAJES	1	
BOMBAS A.S. ROCIADORES DE GARAJE	2	AZCUE Tipo 100/26
SEPARADOR DE SENTINAS	1	FACET INTERNACIONAL
BOMBA ALTERNATIVA DE SENTINAS	1	AZCUE Tipo RKZc 140/100
BOMBA DE LASTRE	2	AZCUE Tipo 125/33
ELECTROCOMPRESORES DE AIRE	2	SPERRE Tipo HL2-120
ENFRIADOR DE ACEITE	2	GEA Tipo VT80 MHL/ B-12
BOTELLA PRINCIPAL DE AIRE MMPP	2	INTEGASA
BOTELLA DE AIRE M.AUXILIAR	1	INTEGASA
VIRADOR MMPP	2	MAN- B&W
EQUIPO DE PRESION DE A.D.	1	AZCUE
CONSOLA CABINA DE CONTROL	1	INERCA Tipo UFM-180
ALTERNADOR	2	STANFORD
BOMBA D.O. PURIFICADORA	1	AZCUE Tipo 80-b
BOMBA ACEITE PURIFICADORA	2	AZCUE Tipo 80-b
BOMBA COMBUSTIBLE PURIFICADORA	2	AZCUE Tipo 90-L
COMPRESOR DE AIRE MMAA	1	SPERRE
UNIDAD REFRIGERACIÓN TOBERAS	1	MAN- B&W
TRANSFORMADORES	2	TN 150K
SILENCIOSOS MMPP	2	MAN- B&W
SILENCIOSOS MMAA	2	MAN- B&W

Fuente: Trabajo de campo



Ilustración 11: Sala de Máquinas Buque L'Audace.

Fuente: Trabajo de campo

4.1.3 Motores principales.

El buque consta de dos motores principales de la marca MAN en concreto el modelo 9L 40/54, se trata de un motor de cuatro tiempos, sobrealimentado con inyección directa de combustible. Como el nombre del modelo indica consta de nueve pistones en línea con un diámetro de cilindro de 400mm y 540 de carrera del pistón. Consta de una cilindrada de 67,8 dm³ con una relación de potencia de entre 11,9 kg/CV. Cada uno de los cilindros tiene una potencia de 720 Kw o lo que es igual a 980 CV. Por lo tanto al tener nueve pistones cada motor aporta 6480 Kw para un total de 12960 Kw para el buque. Los motores trabajan a 550 revoluciones por minuto en régimen habitual de travesía.

Los motores en línea 40/54 están formados principalmente de elementos estáticos como son la caja del cigüeñal las camisas del cilindro y la culata, y por otra parte los principales elementos móviles como el eje del cigüeñal con el émbolo, la propulsión por ruedas y el árbol de levas.



Ilustración 12: Motor Principal Buque L´Audace.

Fuente: Trabajo de campo.

4.1.4 Separador centrifugo.

La depuradora de aceite, elemento más destacado del sistema de purificación de aceite es un producto de la empresa GEA Westfalia, por lo que antes profundizar más en la propia depuradora explicando su funcionamiento y mantenimiento, se mostrara el progreso a lo largo del tiempo de la compañía constructora hasta la actualidad.

4.2 Metodología

El conjunto de métodos a seguir para la realización de este documento comienza con la investigación sobre en qué consiste la purificación del aceite y para que se realiza tal operación en el buque.

Una vez comprendido esto, se comenzará a identificar por medio de los planos y localizar en la sala de máquinas del buque donde se realiza el estudio que equipos están involucrados en el proceso de purificación de aceite.

Tras hallar todos los equipos, habrá que tener claro e investigar cuál es su función dentro del proceso de purificación, cómo funciona el equipo y como hay que mantenerlo en correcto funcionamiento.

Tras investigar todo lo nombrado anteriormente por medio de los manuales de cada equipo y la información recopilada de aportada por sus fabricantes, se comenzara a definir el funcionamiento de cada elemento, dándole mayor importancia al separador centrífugo del que se detallara paso a pasa su proceso de funcionamiento y se explicara el plan de mantenimiento que se le realiza con la información recabada del libro de mantenimiento del buque y el manual aportado por el fabricante de la depuradora. Además, se estudiara un elemento adicional como son las electroválvulas, elemento de gran importancia en el proceso de separación realizado por el separador centrífugo.

Una vez clara la metodología a seguir, se procederá a la redacción del funcionamiento del sistema de purificación de Aceite y su mantenimiento como se muestra en el siguiente apartado de resultados.

V. RESULTADOS

5. Resultados.

Una vez expuestos los datos del buque en estudio, así como la historia de las depuradoras elemento más importante del sistema de purificación, se puede proceder a mostrar un esquema del sistema de purificación de aceite para ir identificando sus diferentes elementos y explicándolos parte por parte, además de ver cómo interactúan con otros sistema para poder realizar su funcionamiento correctamente.

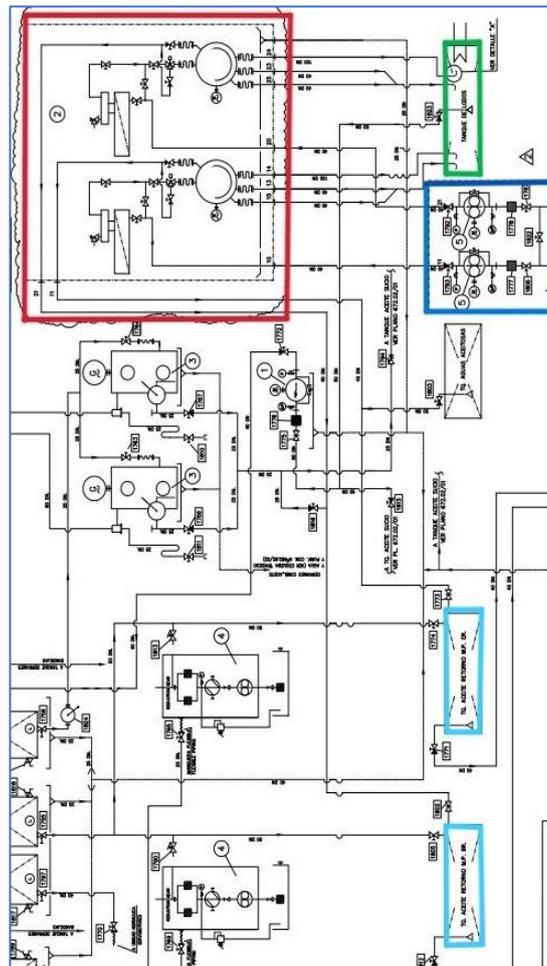


Ilustración 15. Recorte del plano Sistema de trasiego y purificación de aceite.

Fuente: Trabajo de campo.

Tabla 4. Identificación elementos del sistema de purificación en el plano.

<i>Color cuadro</i>	<i>Elemento</i>
<i>Rojo</i>	<i>Modulo de aceite</i>
<i>Azul oscuro</i>	<i>Bombas de alimentación depuradoras</i>
<i>Azul claro</i>	<i>Tanques de retorno MMPP</i>
<i>Verde</i>	<i>Tanque de lodos</i>

Fuente: Elaboración propia.

En la imagen mostrada se ven todos los elementos principales del sistema de purificación de aceite y las líneas que los unen, las bombas de alimentación de las depuradoras, marcadas en azul oscuro, son las encargadas trasladar el aceite desde los tanques de retorno, en este caso situados justo bajo el cárter de los motores principales tanto en babor como en estribor, hasta las depuradoras mostradas en el cuadro rojo, donde está el módulo de aceite formado por las dos depuradoras una para babor y otra para estribor alimentándose de su tanque respectivo y el calentador de aceite. Además de estos elementos, encuadrado en verde se encuentra el tanque de lodos donde acaban los desechos del aceite.

5.1. Sistemas asociados.

Para el correcto funcionamiento del sistema de purificación de aceite, deben interactuar varios sistemas que se encargan de suministrar varios factores fundamentales como agua depurada y vapor para el calentamiento del aceite.

5.1.1. Sistema de agua depurada.

Uno de los sistemas que tienen un papel importante para una correcta purificación del aceite, es el sistema de agua destilada, se encarga de suministrar agua de servicio tanto para los disparos que impulsan los lodos y la suciedad fuera de la depuradora, además de crear la capa de agua que crea la línea de separación dentro de la depuradora entre lodos y aceite limpio, como para la apertura y cierre del bolo.



Ilustración 16. Generador agua.

Fuente: Trabajo de campo.

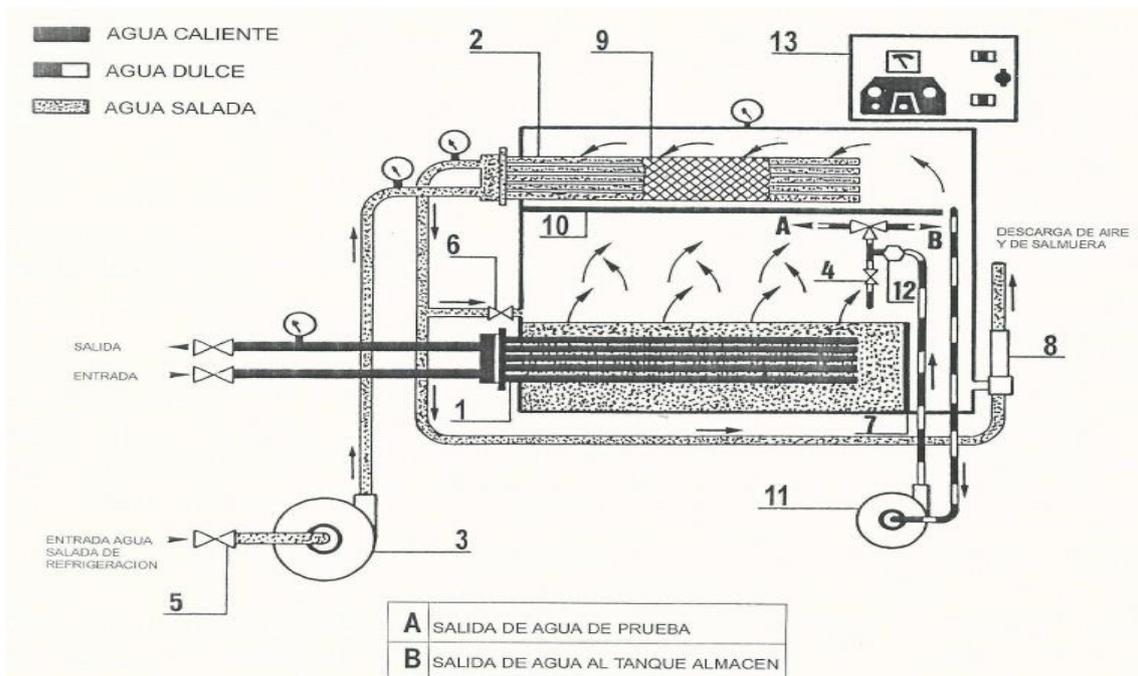


Ilustración 17. Partes del evaporador.

Fuente: Manual Instrucciones, Generador AQUAMAR [10]

Tabla 5. Partes evaporador.

1	<i>Intercambiador de calor</i>	8	<i>Eyector de vacío</i>
2	<i>Condensador</i>	9	<i>Separador de vapor</i>
3	<i>Bomba de circulación</i>	10	<i>Bandeja de destilado</i>
4	<i>Válvula solenoide</i>	11	<i>Bomba de agua dulce</i>
5	<i>Válvula de aspiración</i>	12	<i>Célula salinométrica</i>
6	<i>Válvula de alimentación</i>	13	<i>Cuadro de maniobra y control</i>
7	<i>Diafragma</i>		

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Funcionamiento del Generador de agua.

El generador de agua destilada necesita para su funcionamiento una fuente de calor residual cercana, el motor genera gran cantidad de calor residual y uno de los medios por los que se extrae es por el agua de refrigeración de alta temperatura, por la energía térmica utilizada será la procedente de dicha fuente. Esta agua caliente pasa por el interior de los tubos en forma de U del calentador, en la parte inferior del equipo. Este calentador o evaporador está completamente bañado en agua salada enviada al generador por medio de una bomba que está conectado a una de las tuberías principales de la toma de mar, esta agua eleva su temperatura hasta la de vaporización correspondiente al vacío existente dentro de la unidad. La presión dentro del generador es inferior a la del exterior, gracias a la creación de vacío por medio de un eyector instalado en su interior que crea un efecto Ventury y disminuye dicha presión. Cuanto mayor sea el vacío existente en el equipo menor será la temperatura de vaporización del agua salada en su interior.

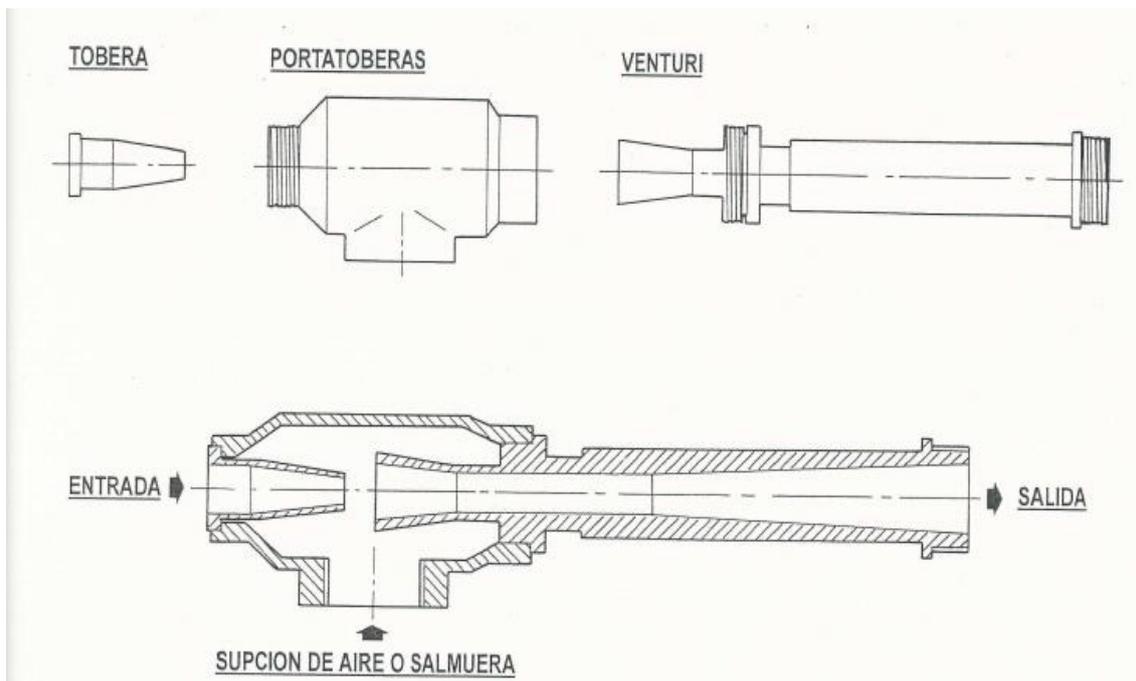


Ilustración 18. Mecanismo Efecto Ventiry.

Fuente: Manual Instrucciones, Generador AQUAMAR [10]

Por otro lado, en la parte superior del generador hay un condensador, en este caso por el interior de los tubos pasa agua salada a baja temperatura, una pequeña parte de esta agua es cogida posteriormente para rellenar el agua salada situada en la parte baja del equipo, esta cantidad es regulada a través de una válvula de control de alimentación constante. El resto del agua que entra en el condensador es conducida hacia el eyector de aire, que también se encarga de eliminar la salmuera del equipo, este realiza con el efecto Ventury el vacio dentro del cuerpo y extrae la cantidad de agua salada de alimentación que no ha sido vaporizada.

El intercambiador de calor eleva la temperatura del agua salada que lo rodea y gracias al vacio parte de esta se vaporiza a baja temperatura, esto tiene varios efectos beneficiosos, reduce la formación de depósitos salinos sobre el calentador y posibilita la utilización de energía térmica a baja temperatura.

El vapor producido va hacia la parte superior del cuerpo donde pasa previamente por un sistema de placas deflectoras y un filtro separador ya que, como el proceso sucede a gran velocidad y de manera muy intensa el vapor generador puede arrastrar micro gotas de agua salada, las cuales aumentarían la salinidad del agua generada disminuyendo su calidad. El vapor es forzado a pasar por las placas donde las gotas arrastradas chocan y son de vuelta conducidas a la cámara de calentamiento. Una vez la mayoría de las gotas han sido separadas, se produce una segunda separación más profunda en el filtro separador, donde las gotas se calientan y decantan a la parte baja, mientras que el vapor sigue subiendo hacia la cámara de condensación.

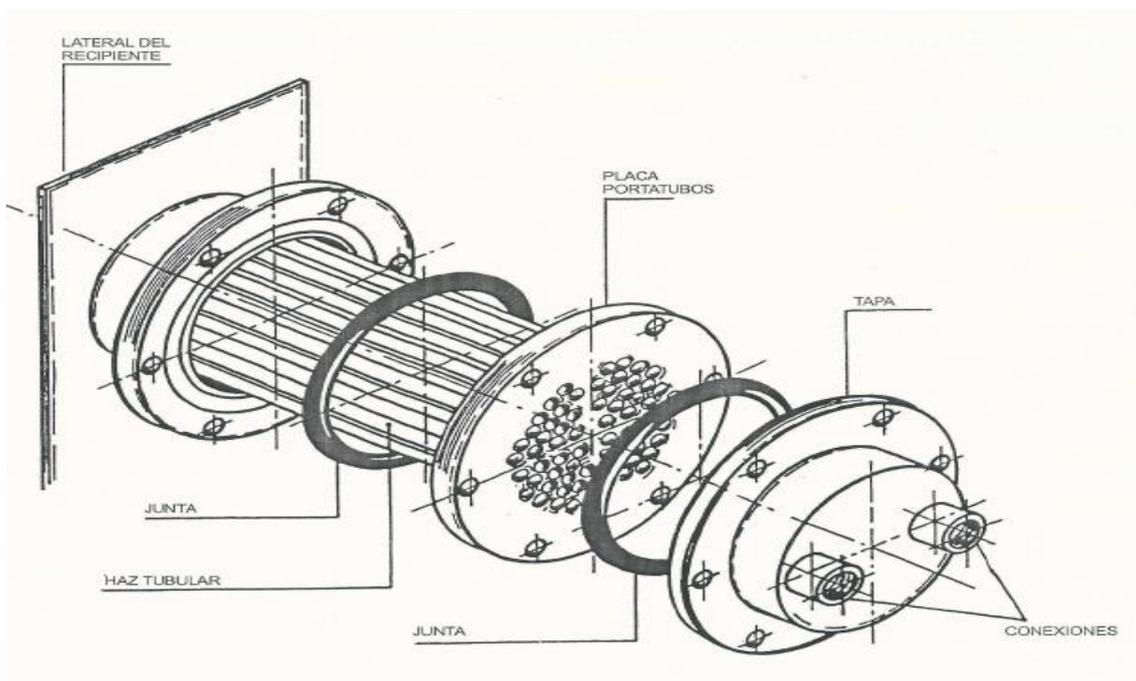


Ilustración 19. Elementos del intercambiador y del condensador.

Fuente: Manual Instrucciones, Generador AQUAMAR [10]

El vapor que alcanzan la parte superior se ponen en contacto con la pared exterior de los tubos por donde pasa el agua salada a una baja temperatura que condensa dicho vapor. El vapor condensado, ahora convertido en agua destilada se almacena en una bandeja bajo el propio condensador y la bomba de extracción transporta dicha agua desde el generador hasta el tanque de almacén de agua destilada.

Para asegurar que el agua tiene un nivel correcto de salinidad, el equipo está provisto de una célula salinométrica colocada en la línea de descarga de la bomba de extracción, que analiza toda el agua producida, asegurándose que solamente el agua de calidad adecuada, sobre unos 4-10 p.p.m de cloruros, es conducida al tanque. Se puede ver el nivel de sal gracias a que dicha célula está conectada con un salinómetro que está situado en el cuadro eléctrico, además de una alarma que nos avisa en caso de elevada salinidad.



Ilustración 20. Salinómetro.

Fuente: alrezaentreprice.com

En el supuesto de que la calidad del agua producida sea inferior al valor de ajuste de alarma, la célula salinométrica detecta esta situación de alarma de alta salinidad abriendo la válvula solenoide de recirculación o la de descarga a la sentina dependiendo del nivel de sal.

5.1.3. Equipo de presión de agua destilada.

Una vez producida el agua destilada, en el buque en cuestión se dirige por medio de tuberías hacia un tanque de almacén de agua destilada, desde ahí se consume el agua necesaria para los diferentes equipos que consumen agua destilada. Para suministrar agua destilada a estos equipos y en concreto al sistema de depuración de aceite se utiliza un sistema de presión de agua destilada que se encarga de mandar con presión agua destilada a los puntos necesarios.

Un equipo de presión, es básicamente consta de una o varias bombas, un depósito de agua, un presostato y un cuadro eléctrico. En este caso el sistema posee dos bombas encargadas de ir rellenando el depósito de agua que consta de 1000 litro. Este depósito tiene conexiones de entrada y salida para el agua destilada y también de aire, la botella consta de un presostato que marca la presión dentro de la botella, normalmente se va llenando de agua hasta que llega al nivel adecuado esto depende de la presión necesaria para el circuito, para este se llena hasta tres cuartos del recipiente y luego se introduce aire para elevar la presión dentro de la botella. La presión dentro de la botella se deja entre 4,5 y 5,5 bar. Para completar el sistema se programa el cuadro eléctrico para que cuando vaya bajando la presión de la botella al ir consumiendo agua se ponga en funcionamiento una o ambas bombas para ir rellenando el recipiente y aumentar la presión y cumplir con la demanda de agua. El equipo de presión de este buque trabaja a 5 bar una vez alcanza los 4 bar arranca una de las bombas, si la presión no sube por la alta demanda se arranca la segunda bomba en 3,5 bar. Cuando empieza a subir la presión se para una de las bombas en 4,5 bar y la segunda en 5,5 bar. De esta manera se mantiene la presión necesaria en los diferentes equipos consumidores como en el sistema de purificación necesaria para realizar los disparos de limpieza donde se necesita dicha presión.



Ilustración 20. Equipo de presión de agua destilada.

Fuente: Trabajo de campo.

5.1.4. Sistema de vapor.

Además del sistema de agua destilada otro de los sistemas importantes para el correcto funcionamiento de la depuradora es el sistema de vapor que se encarga de calentar por medio del calentador el aceite a la temperatura ideal de trabajo para que la purificación sea lo más completa posible. El vapor para calentar dicho aceite proviene de la línea de vapor principal del buque producido en la caldera mixta y llevado por las tuberías del sistema hasta el módulo de purificación de aceite como se puede ver a continuación en el plano de la instalación.

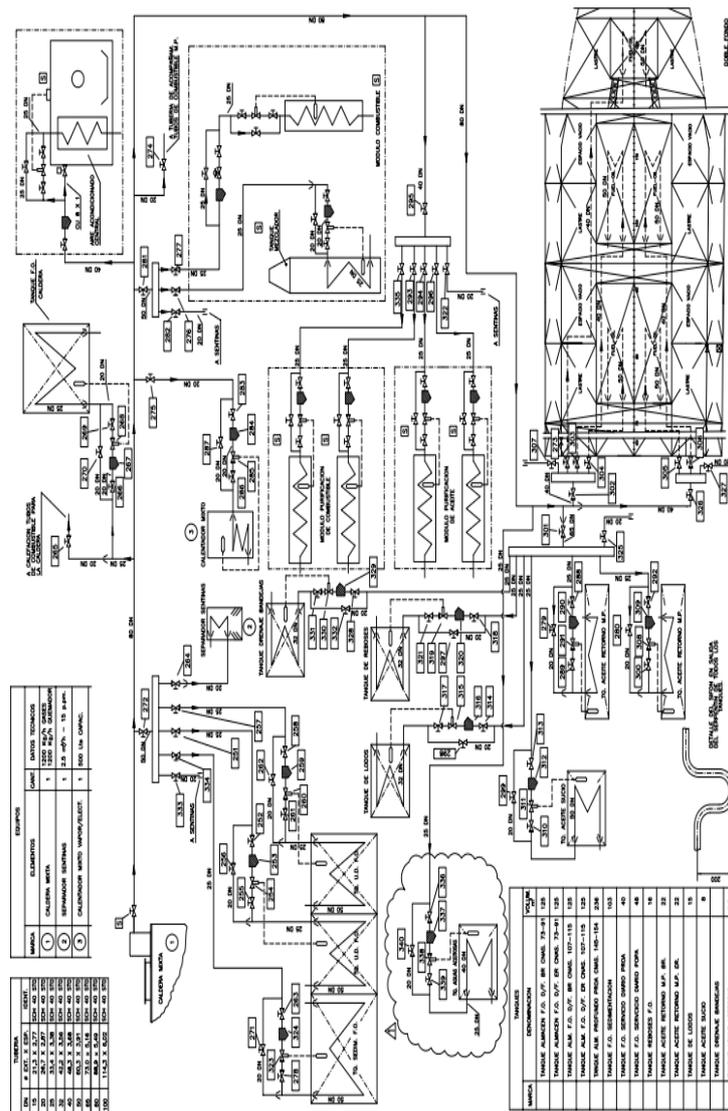


Ilustración 21. Plano sistema de vapor.

Fuente: Planos Buque L´Audace.

5.1.5. Producción de vapor.

El vapor es producido en la caldera, en este caso se trata de una caldera mixta producida por Factorías Vulcano, modelo COMMODORE, con diseño vertical que está comprendida en dos secciones diferenciadas, una alimentada por un quemador y otra por los gases de escape producidos por el motor principal.

La producción de vapor comienza con la introducción del agua en el evaporador mediante dos bombas que envían agua destilada hasta alcanzar el nivel de agua normal de trabajo. En el caso de estar actuando el quemador, este realiza su proceso de arranque automático, debido a que el presostato de la caldera detecta baja presión en ella, el quemador calienta el hogar por medio de radiación de calor de la llama producida y los gases calientes pasan por un haz de tubos aportando más calor. Los tubos pasan a la parte del evaporador donde está el agua destilada, esta empieza a coger temperatura y se evapora produciendo vapor que es conducido posteriormente hacia la línea de servicio para dar abastecimiento a varios sistemas que lo necesitan como en el de purificación de aceite. En el caso de estar arrancados los motores principales y a pleno régimen de revoluciones, la caldera puede trabajar aprovechando los gases de escape producidos por el motor principal, estos son conducidos hasta la caldera y se introducen en los haces de tubos para realizar el mismo proceso que utilizando el quemador. En caso de elevada presión solo automáticamente se detiene el quemador o en el caso de los gases de escape mediante una grampa de se desvían directamente a la atmosfera sin pasar por la caldera.

El vapor producido continua por las diferentes tuberías hasta los equipos que necesiten servicio y posteriormente continúan por unas líneas de condensado hasta llegar a un tanque de retorno del cual se alimenta la caldera. Como siempre hay pérdidas, cuando este tanque esta bajo de nivel se recarga con agua destilada por medio del equipo de presión de agua destilada.

5.1.6. Calentador de aceite.

Una vez producido el vapor y abriendo las válvulas necesarias para que llegue hasta el módulo de aceite, este se utiliza para calentar el aceite a la temperatura adecuada para que la purificación del producto sea lo más optima posible.

El calentador de aceite es un recipiente vertical para elevar la temperatura del aceite, consta de unos 80 litros en este caso, hecho en acero al carbono y calorifugado con lana mineral de roca para evitar que el calor se transmita al exterior del recipiente. Se trata de un recipiente cilíndrico, con fondos abombados.

Para producir el calentamiento del aceite consta de un calefactor multitubular por donde pasa el vapor, este entra por el cabezal que va atornillado a la conexión de alojamiento del intercambiador situado en la parte baja de la virola del recipiente. El haz tubular tiene forma de U y pasa desde la zona baja del recipiente hasta la parte superior para volver a salir por la parte inferior hacia la línea de condensado. El circuito de vapor consta a su entrada de una válvula termostática de regulación de caudal de Vapor, con válvulas de incomunicación y by-pass que van en función de la temperatura del aceite. El aceite entra por un lateral del recipiente en la zona inferior y sale por la zona lateral superior.

En el caso de que el aceite no esté a la temperatura deseada sino inferior se recircula al tanque de almacenamiento de aceite bajo el cárter hasta que el aceite este a la temperatura adecuada.



Ilustración 21. Calentador de aceite.

Fuente: Trabajo de campo.

5.2. Sistema de purificación de aceite.

Una vez explicado los sistemas asociados que intervienen en el correcto funcionamiento del sistema de purificación de aceite se puede comenzar con la explicación de los elementos del propio sistema expuesto. Como ya se han nombrado con anterioridad los principales elementos son: tanque de retorno de aceite, bomba de alimentación de aceite, calentador de aceite, depuradora y tanque e lodos.

5.2.1 Tanque de retorno de aceite

Este tanque se encuentra bajo el cárter de ambos motores principales, tiene una capacidad de 12,3 m³, aunque se suele mantener entre 6 m³ y 6,8 m³, desde este tanque de aceite se alimenta mediante una bomba la depuradora que una vez purifica el aceite vuelve a mandar el producto a dicho tanque. Desde este tanque también se alientan el sistema de lubricación del motor principal que tras pasar por varios filtros y lubricar los elementos necesarios, el aceite vuelve a caer en el tanque.

Se debe rellenar el tanque semanalmente debido a las pérdidas y deterioro del aceite.

5.2.2. Bomba de alimentación de aceite de la depuradora.

La depuradora de aceite necesita ser suministrada de aceite por otro elemento del sistema, la bomba de alimentación. Dicha bomba se encarga de aspirar el aceite desde el tanque de aceite situado bajo el motor principal, una vez ya ha pasado por el motor principal y ha lubricado la instalación, hasta la depuradora de aceite para ser purificado y vuelto a ser llevado a la línea de lubricación principal. Esta bomba es un elemento muy importante para el sistema de purificación de aceite ya que sin ella no habría suministro hacia la depuradora y por tanto se pararía el ciclo de purificación.

Para el buque en estudio, la bomba de alimentación es de la marca "Azcue", un suministrador especial de bombas para la industria marina. Se trata de una bomba de tipo tornillo de dicha marca de la serie BT y modelo HM.



Ilustración 22. Bomba de alimentación de Aceite.

Fuente: Trabajo de campo.

5.2.2.1. Funcionamiento y generalidades.

La bomba consta en su interior de tres tornillos o husillos dentro de unos alojamientos en el cuerpo de la bomba, el husillo central o motriz con cavidades más anchas y dos laterales o conducidos similares entre ellos. Las cámaras de impulsión formadas entre los vanos y flancos de los husillos y el alojamiento, avanzan de forma axial y de forma uniforme desde la zona de aspiración hasta la de descarga. Este sistema garantiza el bombeo del fluido sin pulsaciones o turbulencias, impulsando de forma continua y con bajo nivel sonoro pudiendo trabajar a elevadas revoluciones de rotación. Además, los husillos son autocebantes y de desplazamiento positivo.

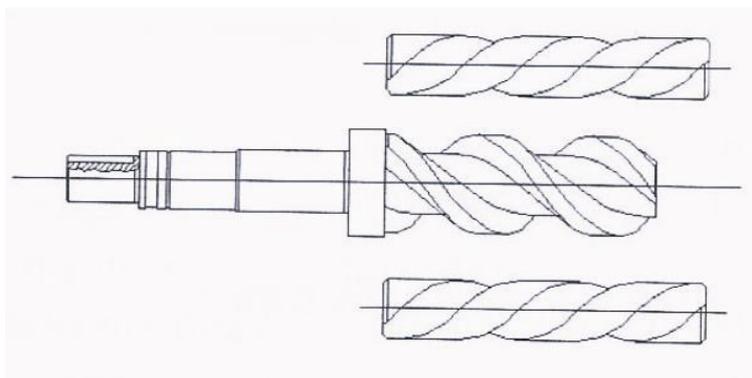


Ilustración 23. Husillos bomba de alimentación de aceite

Fuente: Manual Instrucciones Bomba AZCUE.[8]

5.2.2.2. Características de la bomba.

La velocidad de giro de la bomba y la viscosidad del fluido transportado condicionan la capacidad de la bomba para aspirar, por lo que se debe tener en cuenta a la hora de elegir una bomba para dicho trabajo, siempre debe tener una capacidad de aspiración mayor que la altura de aspiración existente en la línea de la instalación. En el caso de estudio la altura de aspiración máxima no llega a superar los 4 metros de altura por lo que la bomba con estas características mostradas a continuación es suficientemente valida.

Tabla 6 y 7. Parámetros bomba de alimentación.

Tipo de bomba	AZCUE BT-HM
Pres. Impulsión Max. (Bar)	16
Pres. Aspiración Max. (Bar)	5
Viscosidad. (cSt)	2-1500
Temperatura Max. (°C)	<100°C
R.P.M:	1450

Materiales	AZCUE BT-HM
Husillo central	Acero al carbono nitrurado
Husillo lateral	Hierro fundido GG30
Cuerpo guía husillos	Hierro fundido GG25
Cuerpo bomba	Hierro fundido GG25

Las bombas han de estar en bases firmes y estables, para evitar que los balances deterioren su interior, pueden estar colocadas de manera vertical o horizontal en este caso pero siempre han de estar colocadas en un lugar con facilidad de acceso al eje de la bomba para los trabajos de mantenimiento que se le deban hacer con el tiempo.

La bomba está preparada para quedar cebada si la línea de aspiración queda con fluido en su interior, en este caso la bomba está por encima de la línea de nivel del tanque de aceite por lo tanto para que quede cebada se le instala una tubería previa a la bomba con forma de sifón para que cuando se detenga la bomba, por cualquier mantenimiento en el sistema de purificación, en la línea de aspiración haya aceite que mantenga cebada la bomba.

5.2.2.3. Filtro.

Para proteger la bomba, garantizar un correcto funcionamiento, rendimiento y alargar su vida útil, es clave evitar que se introduzcan con el fluido impurezas tales como perlas de soldaduras, virutas de metal, cascarilla de las tuberías, etc., esto puede producir un gran deterioro en el interior de la bomba ocasionando daños a los husillos y demás elementos de la bomba que pueden producir desde pérdida de rendimiento hasta la rotura total de la bomba. Por ello se instala un filtro en la línea de aspiración antes de entrar a la bomba para evitar que lleguen a ella, debe estar instalado lo más cerca posible de la entrada de la bomba para reducir el tramo sin filtro que pueda generar impurezas y pasar libremente al interior de la bomba.

El filtro realiza un trabajo fundamental para la bomba, pero hay que tener en cuenta que crea una pérdida de carga al conducto de aspiración de la bomba, pudiendo incluso crear problemas de cavitación. Esta pérdida de carga varía en función del tamaño del filtro, la malla de este y de la viscosidad en este caso del aceite que utilizemos, como norma general el filtro que elijamos no debe suponer más de un 0,1bar de pérdida para una capacidad de trabajo normal de la bomba. Esta pérdida de carga también aumentara a medida que se vaya acumulando las impurezas en el filtro, por lo que es aconsejable instalar un manómetro entre el filtro y la bomba para saber cuándo debe ser limpiado. En cuanto a la malla para el fluido ha transportar el propio fabricante de la bomba nos aconseja usar un filtro de malla con aberturas de entre 0,4 a 0,8 mm para un correcto funcionamiento.



Ilustración 24. Filtro de la bomba de alimentación de aceite.

Fuente: Trabajo de campo.

5.2.2.4. Conexiones tuberías.

Las conexiones entre las tuberías y la bomba no deben tener tensiones que produzcan deformaciones, roturas o pérdidas en la línea. Las bridas y uniones tienen que estar bien firmes y sujetas para no permitir entrada de aire o partículas del exterior al circuito y por supuesto evitar goteos. Se instalan válvulas en la línea de aspiración y descarga de la bomba para poder cerrar el paso del aceite en caso de derrame por rotura de la bomba o para poder realizarle cualquier mantenimiento fácilmente a la bomba sin que se produzca demárrame por retorno de aceite.

Es importante no colocar válvulas de retención o regulación de caudal en la línea de aspiración de la bomba, siempre en la línea de descarga, debido a que una restricción en la entrada puede producir que la bomba se descebe y tener cavitación. Lo normal es que dicha válvula de regulación de caudal este junto a la depuradora.

5.2.2.5. Válvula de bypass.

Para proteger la bomba de sobrecargas, se le instalan válvulas de seguridad o válvulas bypass. En este caso la bomba del modelo HM tiene incorporada una válvula de seguridad interna que realiza esta función, pero la recirculación de un elevado caudal de fluido dentro de la bomba puede provocar un aumento de la presión además de elevada temperatura en el interior de la bomba, este es un aspecto a tener en cuenta por lo que si la instalación va a estar en recirculación continuamente es consecuente la colocación de otra válvula de seguridad externa en la línea de descarga que recircule directamente al tanque de aspiración.

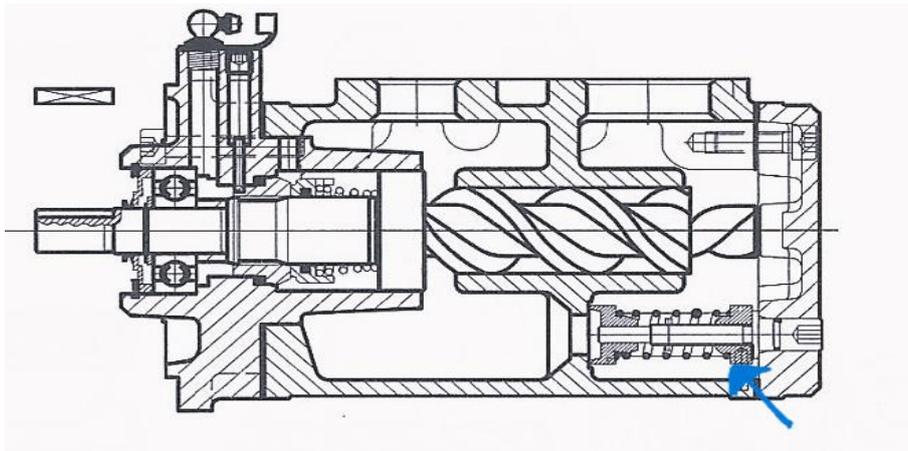


Ilustración 25. Válvula bypass de la bomba de alimentación de aceite.

Fuente: Manual Instrucciones Bomba AZCUE.[8]

5.2.2.6. Puesta en Servicio.

Para el servicio de la bomba, en su primera puesta en marcha asegurarse de haber llenado la bomba con fluido para que no trabaje en seco y deteriore los husillos. En el resto de puestas en servicio la bomba debería estar ya cebada al tener el cuello de cisne en la tubería o sifón, pero de todas formas son bombas autocebantes que consiguen extraer el aire y crear vacío en la línea de aspiración que atrae el fluido hacia la bomba y la ceba, por lo que el siguiente paso es asegurarse de que las válvulas de aspiración y de descarga están abiertas, una vez comprobado eso poner en marcha comprobar que esta cebada si tarda más de 45 segundos parar y consultar las posibles anomalías, si esta correctamente cebada comprobar la presión de aspiración y de descarga es correcta. La presión de impulsión se puede ajustar tarando la válvula bypass de la bomba mediante el tornillo de ajuste entre los rangos mostrados con anterioridad.

Ante todo, cuando la ponemos en marcha tenemos que fijarnos en el sonido de la bomba, cuando la arrancamos y el aceite es muy viscoso y está bajo de temperatura, la pérdida de carga en la línea de aspiración puede ser muy elevada, esto se muestra en un mayor vacío en la línea o un sonido elevado en el funcionamiento de la bomba que es producido por la cavitación. Este problema se soluciona elevando la temperatura del aceite, pero hasta que suceda se puede reducir disminuyendo la capacidad de la bomba mediante la válvula bypass que reduciría la pérdida de carga en la línea de aspiración. Cuando el aceite vuelve a su temperatura normal de trabajo solo tenemos que volver a ajustar la válvula bypass a su valor habitual.

La lubricación de todas las piezas interiores de la bomba se hace mediante el fluido de bombeo, excepto los rodamientos. Los rodamientos de bola se suministran engrasados de fábrica y en este tipo de bomba no es necesario volver a engrasarlos, solo hay que asegurarse de que siguen funcionando bien y si no es el caso cambiarlos por unos rodamientos nuevos, el fabricante nos aconseja cambiarlos cada 30000 horas de servicio.

5.2.2.7. Montaje y desmontaje.

Para su desmontaje y posterior montaje por necesidad a causa de alguna avería donde sea necesario cambiar algún elemento de la bomba hay que seguir unos pasos que nos muestra el fabricante en un plano de 6 pasos de desmontaje y montaje de forma inversa con las herramientas necesarias para ello y los elementos que separamos.

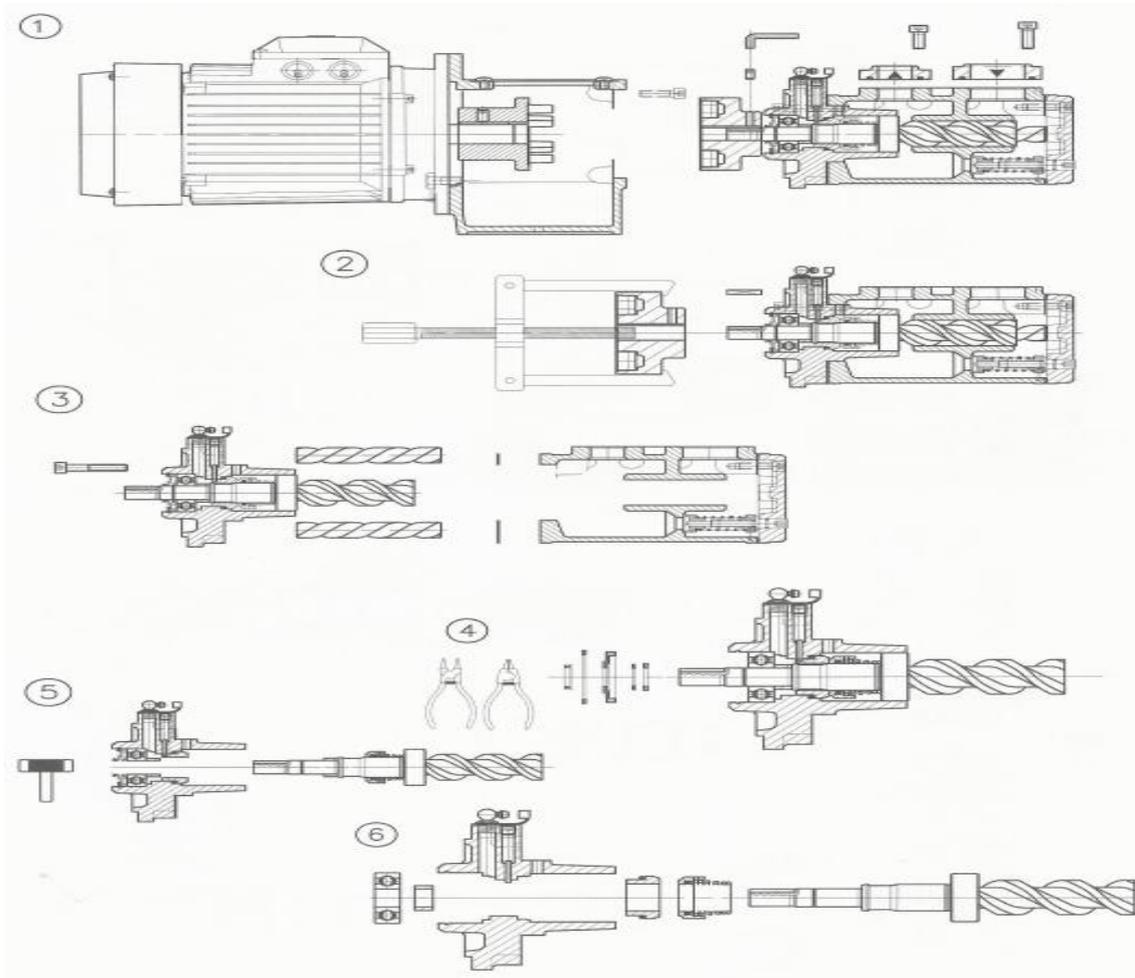


Ilustración 26. Tabla de desmontaje.

Fuente: Manual bomba AZCUE.

5.3 Depuradora.

Una vez la bomba de alimentación de aceite hace llegar esta hasta el módulo de aceite y pasa por el calentador para llevar el aceite a la temperatura perfecta para la purificación llega a la depuradora donde comienza el proceso purificación para que el aceite pueda retornar al sistema de lubricación y el aceite pueda realizar su función.

5.3.1. Funcionamiento.

La depuradora centrífuga consta de un rotor o tazón que gira a ciertas revoluciones en una carcasa fija. Por medio de ciertos elementos internos y la fuerza centrífuga consigue separar del aceite fangos y agua. El líquido comienza el proceso entrando por la parte superior de la separadora centrífuga por la tubería de entrada, el líquido se introduce al tazón, se dirige al distribuidor y cuando alcanza las ranuras, va subiendo a través de los canales de los discos, donde se reparte por igual. Con la influencia de la fuerza centrífuga, la parte más densa se desplaza hacia la pared de la cámara y se mueve por la parte baja de los discos, mientras que la parte más ligera se mueve y fluye por la cara superior del juego de discos.

Cuando el aceite limpio sale de los discos, es guiado a través de varios orificios de distribuidor y es dirigido hacia la cámara del rodete, donde por medio del rodete centrípeto sale al exterior. Los sólidos más pesados se van acumulando en el cono del bowl hasta que llegan a cierto nivel, en ese momento se corta la entrada de aceite y el aceite que queda en el tazón es desplazado por el agua de remplazo, una vez expulsado todo el aceite, se comienza la apertura y eliminación de los fangos resultantes de la purificación del aceite.

El efecto de la separación se produce en los espacios entre los discos del juego de platos donde se crea la interface entre el aceite y el agua y los lodos.



Ilustración 27. Separador centrífugo.

Fuente: Trabajo de campo.

Para que se pueda entender mejor el proceso de funcionamiento se mostrara por partes cada secuencia ejecutada por el separador centrífugo.

Para poder comenzar con la secuencia de tratamiento del aceite, antes es necesario tener el bowl girando a máximas RPM y la bomba de alimentación de aceite en marcha, pero con la válvula solenoide de la depuradora en recirculación.

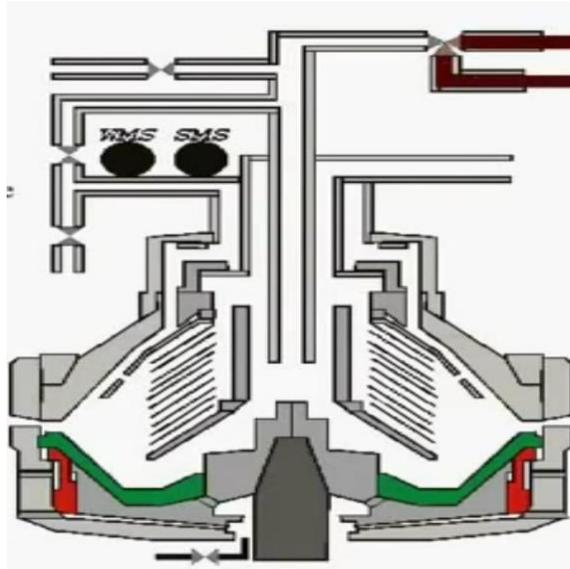


Ilustración 28. Depuradora preparada para iniciar secuencia de limpieza.

Fuente: Engine.od.ua

Una vez estos requisitos estén se comenzará con un cerrando el pistón deslizante, para ello se abre la válvula de agua de maniobra que empuja el pistón deslizante hacia arriba y cerrar. Ya se le puede introducir agua de desplazamiento para realizar un lavado del bowl, para esto se abre la válvula de agua de desplazamiento y se llena el bowl.

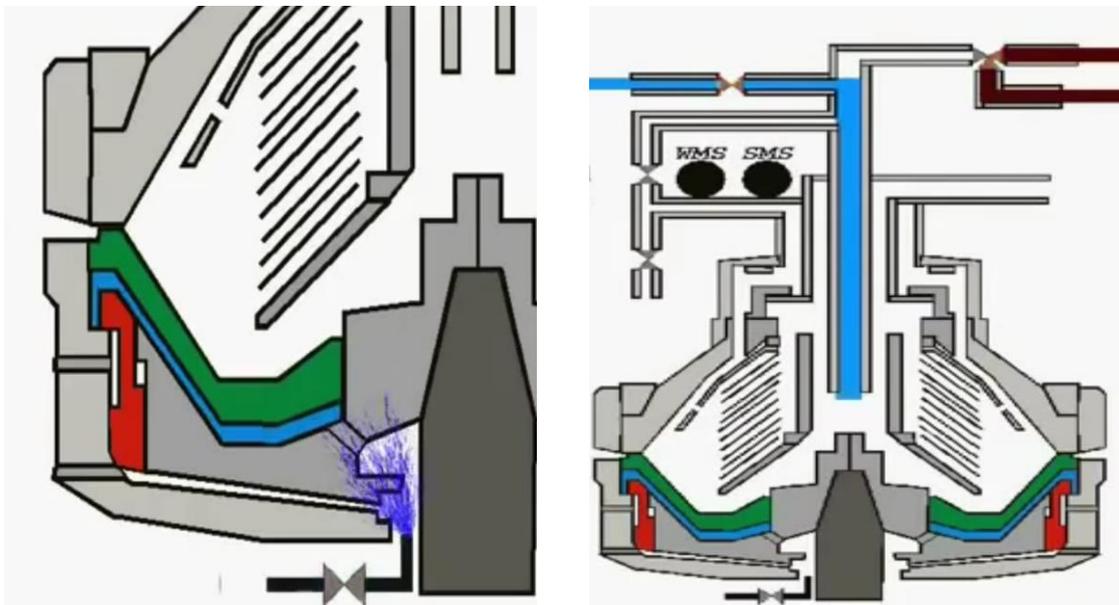


Ilustración 29 y 30. Proceso de cerrado tambor y llenado de agua de desplazamiento.

Fuente: Engine.od.ua

Una vez lleno se vuelve a abrir la válvula de maniobra que eleva el pistón anular y este a permite el paso del agua hacia la salida bajando así el pistón deslizante y abriendo el bowl para que salga el agua de desplazamiento.

Este proceso se repite dos veces antes de la entrada en el bowl de producto.

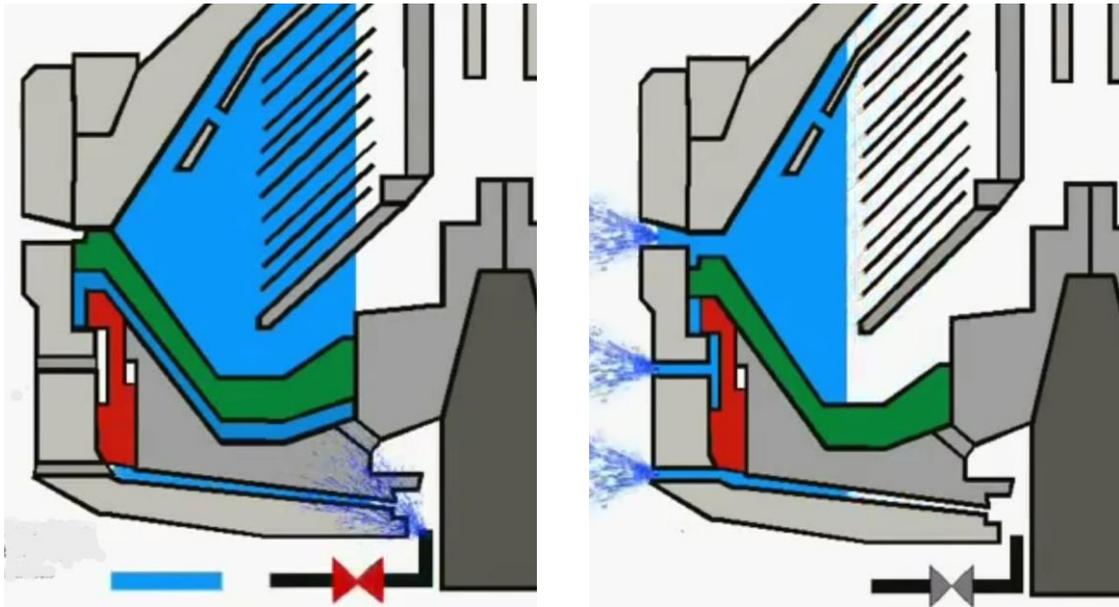


Ilustración 31 y 32. Proceso de apertura del bowl.

Fuente: Engine.od.ua

Una vez termina la segunda secuencia se vuelve a cerrar el bowl abriendo la válvula de maniobra y se introduce el producto que comienza su proceso de limpieza.

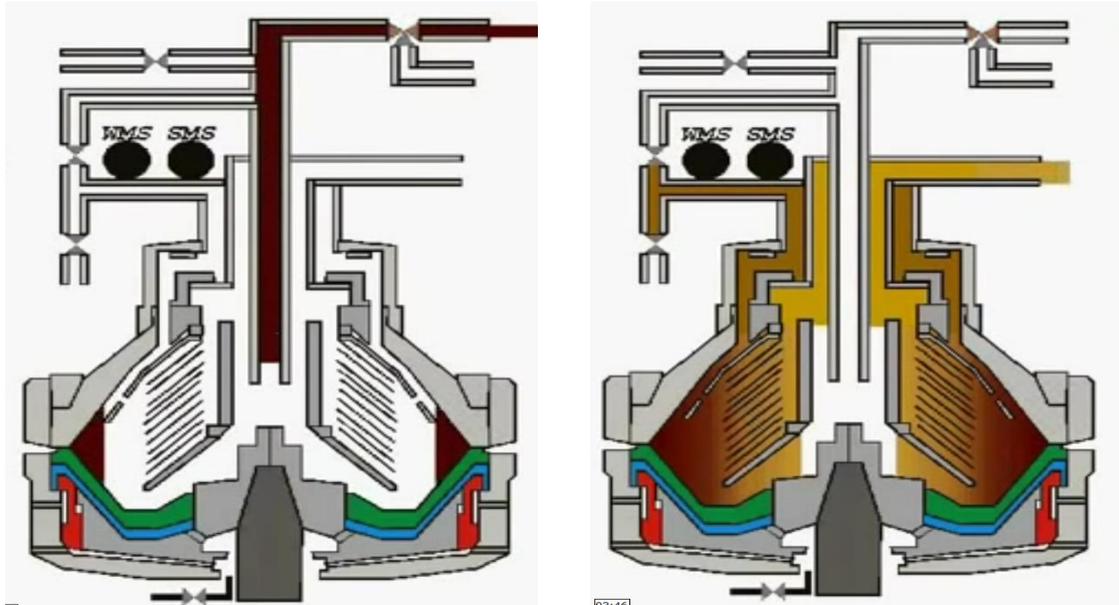


Ilustración 32 y 33. Llenado del bowl con producto y comienzo del proceso de limpieza.

Fuente: Engine.od.ua

La depuradora tiene dos sistemas uno es el WMS o lo que es igual a sistema de monitorización de agua, que se va encargando de ver qué cantidad de agua hay en el bowl mediante una línea de muestreo, si solo detecta producto al pasar por el detector la recircula de nuevo dentro del bowl y en caso de detectar agua la deriva al tanque de lodos, en caso de que haya demasiada para la secuencia y salta una alarma de advertencia para que un oficial acuda a poner de nuevo la depuradora en marcha. El segundo detector es el SMS, sistema de monitorización de lodos, que lo que hace es detectar la diferencia de presión en el bowl una vez baja la presión significa que la zona de lodos está llena y no deja pasar producto a la zona de muestreo, por lo tanto toca realizar una limpieza del bowl. Se cierra la válvula de entrada de producto que queda en recirculación al tanque.

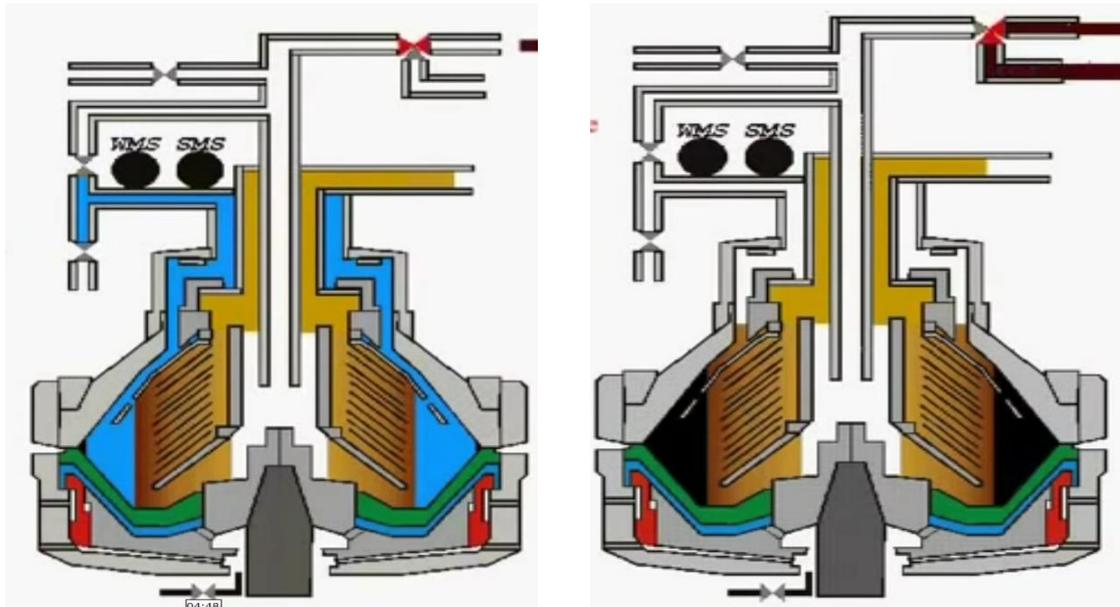


Ilustración 34 y 35. Detección de agua y lodos en el tambor.

Fuente: Engine.od.ua

Para la limpieza del bowl en este caso se abre la válvula de agua de desplazamiento para retirar del bowl el aceite que está en su interior o por lo menos la mayor cantidad posible y se continúa abriendo la válvula de agua de maniobra para abrir el bowl y expulsar los lodos de su interior y el agua de desplazamiento.

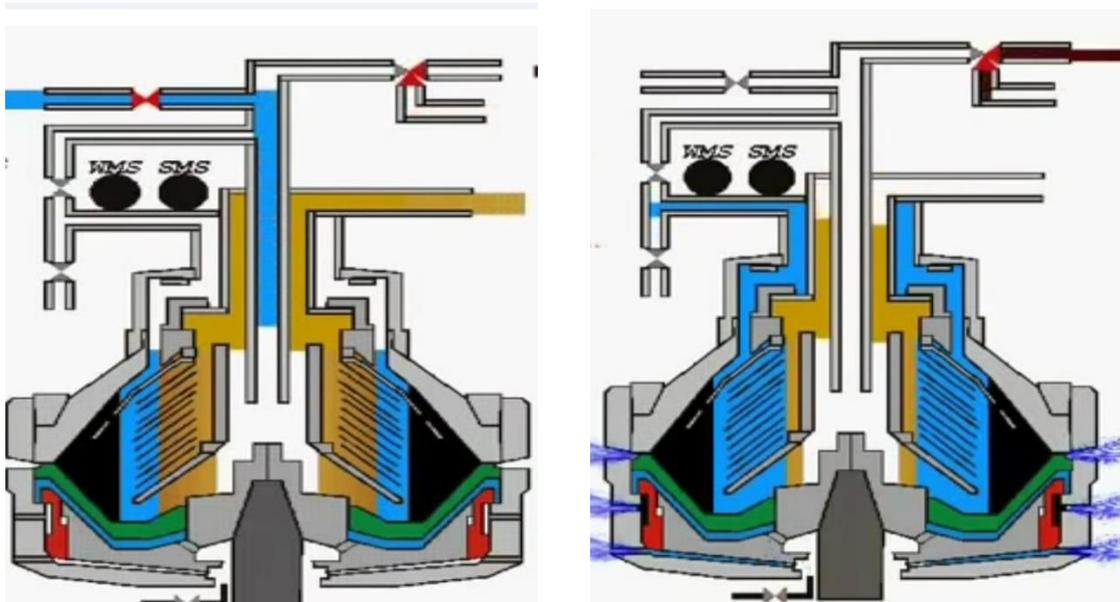


Ilustración 36 y 37. Desplazamiento del aceite y apertura del bowl para limpieza de lodos.

Fuente: Engine.od.ua

Una vez acabada esta maniobra volvería a comenzar la secuencia desde el principio.

5.3.2. Principios de funcionamiento

Una vez explicado brevemente el funcionamiento de la depuradora de aceite y vistas las partes de las que está compuesta la separadora centrífuga, se puede explicar los principios de funcionamiento de los elementos más importantes que la componen como se muestra en los siguientes apartados.

5.3.2.1. Principio de funcionamiento de la centrifuga.

Las mezclas de líquidos o de líquidos/ sólidos pueden separarse principalmente de dos formas: - Mediante gravedad en un recipiente estático, separando los elementos por decantación. - Por fuerza centrífuga en un separador centrífugo.

La depuradora o clarificadora actúa mediante esta última que resulta más rápida y eficaz. La centrifugación dependerá del tipo de tambor, preparado para una aplicación determinada.

La fuerza centrífuga hace que los elementos más densos y pesados dentro del bowl se dirijan hacia el exterior de este al aplicar mayor fuerza sobre ellos mientras que los elementos menos densos en este caso el aceite se queda en la zona central del tazón.

5.3.2.2. Tambor purificador.

La descomposición del líquido en sus distintos componentes, en este caso agua y aceite, se realiza en el tambor purificador. El tambor purificador consta de una gran cantidad de platos troncocónicos colocados unos encima de otros, y cada plato consta de nervios distanciadores en su parte superior que forman canales estrechos entre los platos. El conjunto de estos espacios paralelos en el interior del recinto de centrifugación da como resultado una zona de sedimentación radial muy corta. Los elementos sólidos se van acumulando en la parte superior de los canales y por la fuerza centrífuga además de la lisa superficie de los platos se deslizan fácilmente hacia la zona de sólidos en el exterior del tambor.

Los elementos líquidos por su parte se separan en el recinto de centrifugación debido a la diferencia de sus densidades. Para la purificación de una mezcla de líquidos, el tambor se equipa con un diafragma o disco regulador es intercambiable según la densidad del producto a purificar.

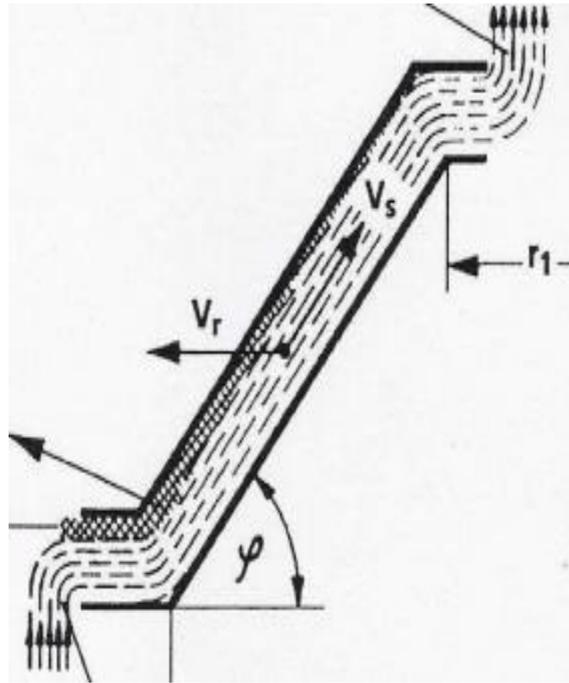


Ilustración 38. Principio de funcionamiento discos.

Fuente: [11]

5.3.2.3. Tambor clarificador.

El tambor clarificador se utiliza en caso de querer separar únicamente los sólidos en suspensión de un líquido. El principio de funcionamiento es el mismo que en el caso del tambor purificador con la única diferencia que en este caso se instalara un diafragma o disco regulador de menor diámetro interior.

5.3.2.4. Diafragma o disco regulador.

El perfecto tratamiento de aceite solo es posible si el tambor esta ajustado correctamente a la diferencia de densidad del agua y el aceite. Para ello se instala el nombrado diafragma o disco regulador. Cada depuradora viene de fábrica con un juego de diafragmas con diferentes diámetros interiores. Se debe escoger de forma que el diámetro interior corresponda a la diferencia de densidad entre ambos líquidos.

El diámetro interior correcto del diafragma puede determinarse mediante ensayos de prueba y error o mediante un diagrama orientativo suministrado por el propio fabricante.

Como norma general mientras más densidad tenga el producto tratado más pequeño es el diámetro interior del diafragma.

Tabla 6. Relación tamaño interior diafragma densidad producto

Fuel Oil Densidad 0,95	<i>Diafragma diámetro interior pequeño</i>
Aceite lubricante Densidad 0,85	<i>Diafragma diámetro interior grande</i>
Fuente: Elaboración propia.	

5.3.2.5. Determinación diámetro diafragma mediante diagrama.

Para determinar el diámetro interior del diafragma con la ayuda del diagrama, sin tener que estar probando y cambiando diferentes discos, debemos saber la densidad del aceite a una temperatura entre 15°C, este dato debe aparecer en las especificaciones del aceite lubricante.

Sabiendo la densidad y la temperatura de trabajo de la depuradora que estará entre 15°C y 90°C podremos obtener, mediante el diagrama, el diámetro interior del diafragma y la densidad del aceite a dicha temperatura de trabajo si se desea. Por ejemplo:

Tabla 7. Calculo de diámetro diafragma.	
<i>Datos:</i>	
<i>Densidad del aceite a 20°C</i>	<i>p a 20°C = 0,89kg/dm3</i>
<i>Temperatura de centrifugación</i>	<i>T = 70°C</i>
<i>Pregunta:</i>	
<i>¿Diámetro interior del diafragma?</i>	<i>d =?</i>

Tabla 8. Calculo de diámetro diafragma	
<i>¿Densidad del aceite a 70°C?</i>	<i>p a 70°C =?</i>
<i>Respuesta:</i>	
<i>Diámetro interior del diafragma según diagrama</i>	<i>d = 70mm</i>
<i>Densidad a 70°C del aceite según diagrama</i>	<i>p a 70°C = 0,858kg/dm3</i>

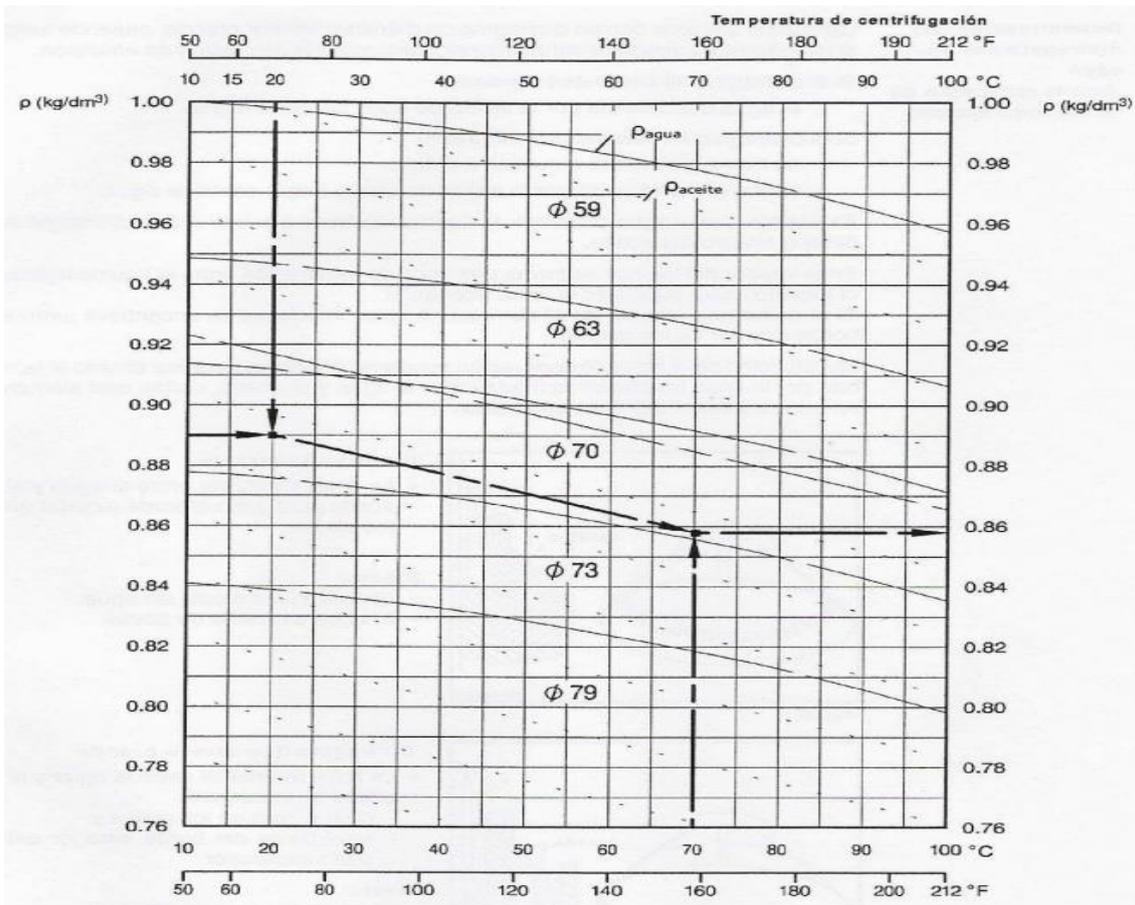


Ilustración 39. Gráfica elección de diámetro.

Fuente: [11].

En caso necesario si no se dispone de un diafragma con el diámetro interior necesario, podrá cogerse un disco con diámetro interior más estrecho y ampliarse con la ayuda de un torno.

5.3.2.6. Determinación de diafragma por ensayo

Para determinar el disco adecuado, primero comenzar con un disco de diámetro interior grande. Si es demasiado grande veremos que el agua descargada por la salida de agua contiene aceite. En este caso reduciremos el tamaño al siguiente más pequeño y volveremos a probar.

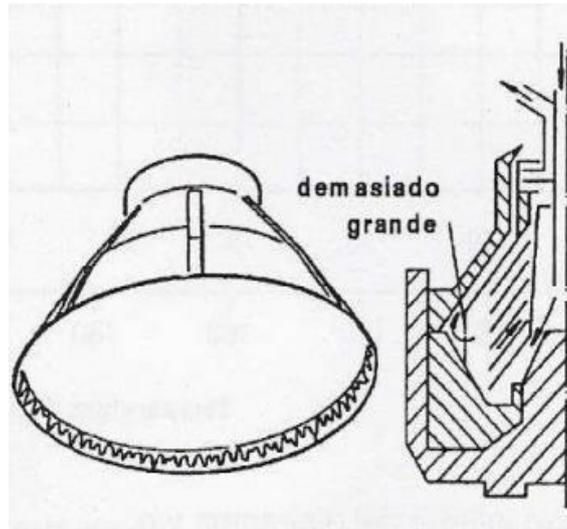


Ilustración 40. Ilustración del resultado de elegir un diafragma demasiado grande.

Fuente: [11]

En el caso de ser demasiado pequeño se formara emulsión o el aceite descargado por la salida de aceite limpio va a tener agua.

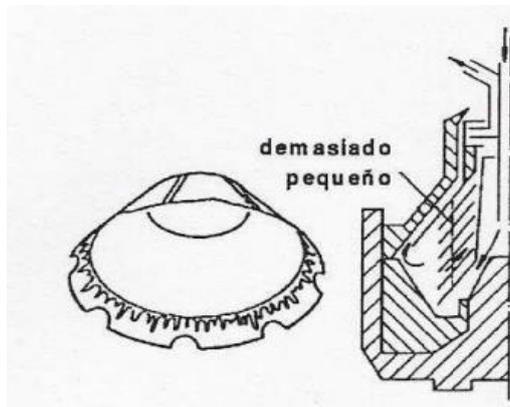


Ilustración 41. Ilustración del resultado de elegir un diafragma demasiado pequeño.

Fuente: [11]

Si el diafragma elegido es el correcto no habrá ninguno de estos problemas, además al abrir el tambor veremos una línea visible en la cara inferior del plato separador, que es el situado más cerca de la tapa del tambor, que muestra la zona donde se separan ambos líquidos por densidad. Si esta línea está en el borde de dicho plato el disco que habremos elegido es el correcto.

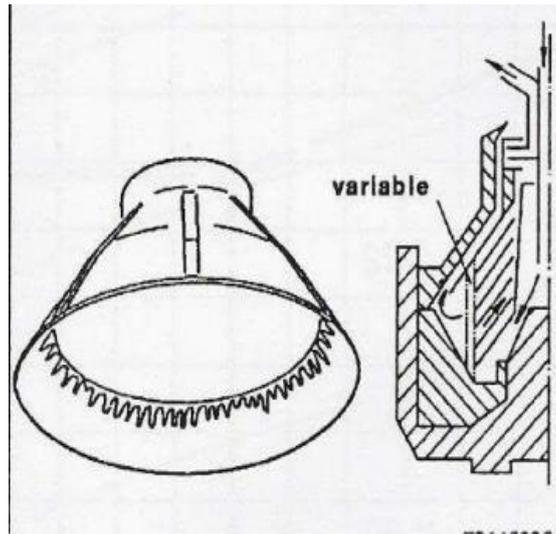


Ilustración 42. Línea de separación entre el agua y el aceite en el disco separador con un diafragma adecuado.

Fuente: [11]

5.3.2.7. Principio de funcionamiento pistón deslizante.

El pistón deslizante con su accionamiento cierra y abre el tambor dependiendo del proceso que este ejecutando la depuradora. Dicho pistón es accionado por el líquido de maniobra que produce una elevada presión centrifuga.

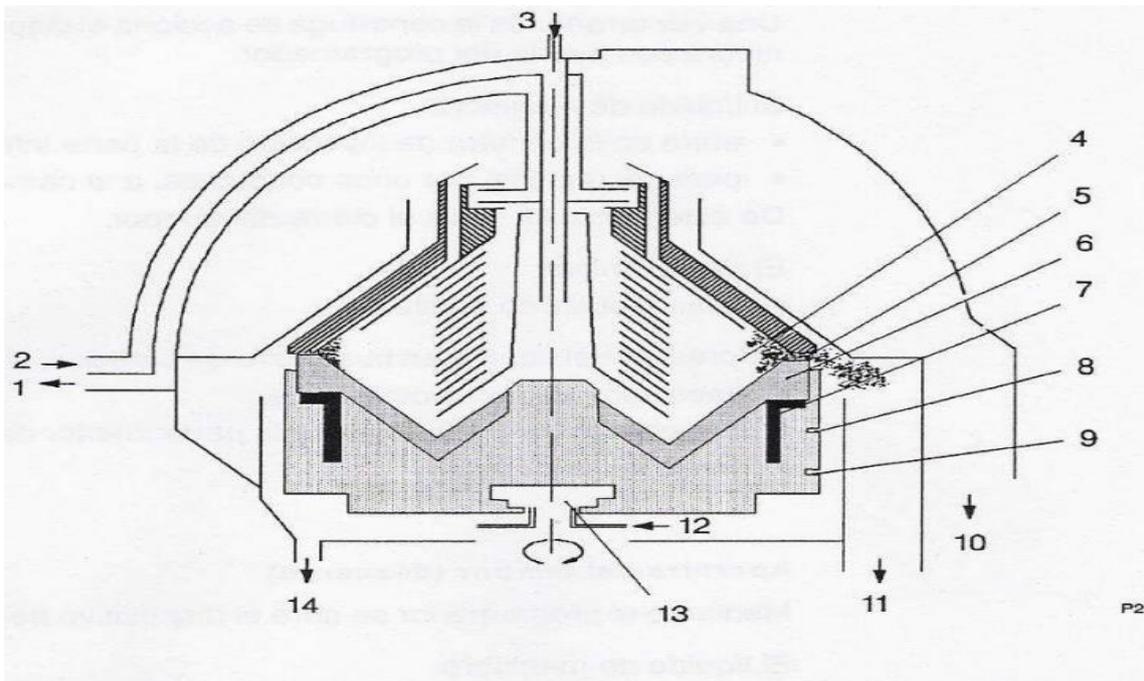


Ilustración 43. Esquema entradas y salidas del tambor.

Fuente: [11]

Tabla 7. Entradas y salidas del tambor. Numeración con la ilustración anterior.

1	Salida aceite depurado	8	Salida líquido de cierre
2	Entrada de producto	9	Salida de líquido de apertura
3	Entrada agua de cierre hidráulico.	10	Salida componentes pesados
4	Recinto de sólidos	11	Salida sólidos
5	Expulsión de sólidos (tambor)	12	Entrada líquido de maniobra
6	Pistón deslizante	13	Cámara de inyección
7	Pistón anular	14	Salida de líquido de maniobra

5.3.2.8. Cierre del tambor

Tras ponerse en marcha la depuradora y coger velocidad la centrifuga, el sistema dispara el agua de maniobra que entra al tambor y pasa a la cámara de de inyección de la parte inferior de este, continua hasta llegar a la cámara de cierre y el pistón anular pasa a posición cerrada. La presión del agua de maniobra en la cámara de cierre hace subir el pistón deslizante que queda presionado contra el tambor y lo cierra.

5.3.2.9. Apertura tambor

Para la apertura del tambor tiene que abrirse el dispositivo de cierre de líquido de maniobra, esto lo hace el programador. El líquido pasa primero por la cámara de inyección y de esta a la cámara de de apertura. El pistón anular sube empujado por el líquido y vacía la cámara de cierre, luego el pistón deslizante baja y quedan libres los orificios de descarga de los sólidos en la parte inferior del tambor.

5.3.2.10. Funcionamiento del rodete

El rodete centrípeto es el elemento que descarga a presión el líquido purificado, funciona con un principio parecido al de una bomba centrífuga, pero, al contrario.

El rodete esta unido al capo de la centrifuga por lo tanto no gira como el tambor, su parte inferior posee unos canales que quedan sumergidos en el líquido del tambor, esta gira y se introduce en los canales en forma de espiral desde la periferia hacia el centro del rodete, con este efecto el líquido cambia la energía de giro adquirida en el tmabor en presión de descarga.

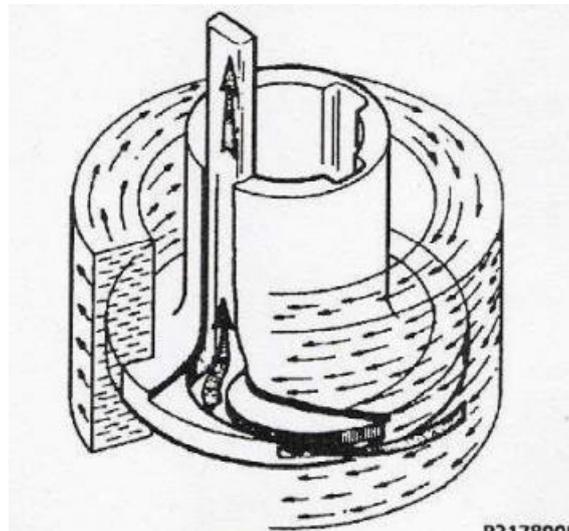


Ilustración 44. Rodete centrípeto.

Fuente: [11]

La profundidad del rodete es un factor importante para el buen funcionamiento de la depuradora, se puede ir regulando abriendo o cerrando la válvula de la línea de descarga.

5.3.2.11. Funcionamiento de accionamiento.

La depuradora es accionada por un motor eléctrico, que transmite su potencia mediante un embrague centrífugo a la polea del motor y de esta a través de la correa de transmisión al eje vertical del tambor. El accionamiento está comprendido por varias partes:

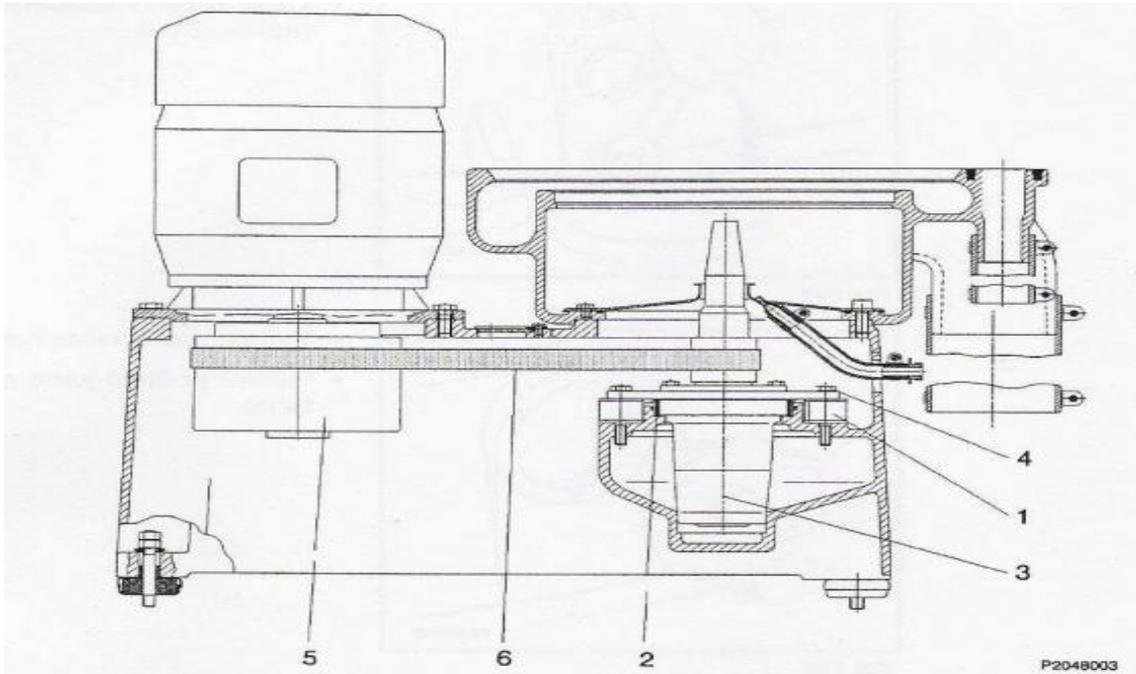


Ilustración 45. Elementos del accionamiento.

Fuente: [11].

Tabla 8. Elementos del accionamiento.

1	Amortiguador	4	Tornillo hexagonal
2	Casquillo elastometálico	5	Embrague centrífugo
3	Conjunto eje vertical	6	Correa de transmisión

5.3.2.12. Funcionamiento embrague centrífugo.

El embrague centrífugo es el encargado de transmitir la potencia del motor a la correa de transmisión, va dando velocidad progresivamente al tambor hasta llegar a la velocidad de trabajo y protege al máximo el motor y la correa de transmisión. El tiempo de arranque se regula mediante el número de zapatas del embrague, mientras menos zapatas tenga menor será el momento de fricción, mayor el tiempo de arranque y mayor la protección de la correa y el motor.

5.3.3. Información técnica.

El mismo fabricante nos facilita información adicional de cómo ajustar la separadora centrífuga a nuestra circunstancia dependiendo del producto que vayamos a tratar y demás como se refleja en los siguientes apartados.

5.3.3.1. Centrifugación.

Cuanto menor sea la viscosidad del producto a centrifugar mejor es el efecto de centrifugación que se consigue, para variar la viscosidad se aumenta o disminuye la temperatura del aceite mediante el calentador de aceite, pero hay que tener bien en cuenta las especificaciones del aceite, una baja temperatura crea emulsiones en el aceite por lo que la depuradora no trabaja correctamente y una elevada temperatura puede crear pequeñas salificaciones del aceite al quemarse.

5.3.3.2. Descarga tambor.

Los intervalos de descarga del tambor dependen del contenido de sólidos y de la naturaleza del producto a centrifugar. Los tiempos entre descargas, comprendidos como tiempos de centrifugación, pueden ser determinador por ensayo para maximizar el trabajo de la depuradora con su ajuste. Para ello antes de comenzar el ensayo la depuradora debe estar libre de lodos.

Los pasos a seguir en el ensayo son los siguientes:

1-. Ajustar el caudal de paso deseado y determinar una cantidad de aceite para un tiempo determinado como 1 hora o 2 sin desenlodar.

2-. Se desconectará la centrifuga

3-. Se retira la tapa del tambor y el plato separador

4-. Se observan los lodos acumulados en el recinto de sólidos y se determina cuanto tiempo necesita para el intervalo de descarga, hay que tener en cuenta que la descarga de sólidos debe producirse antes de que se llene el recinto.

Cuando se cambie de aceite ha de repetirse este ensayo ya que su cantidad de sólidos puede ser diferente.

Con la práctica y según el tipo de aceite que tengamos estos son los tiempos de descarga promedio que suelen dar buenos resultados en la práctica:

Tabla 9. Periodo de descargas según producto.

Producto	Descarga total	Descarga parcial
LO MILD	6 horas hasta max. 8 horas	2 horas
LO HD	2 horas hasta max. 4 horas	0,5 horas

Los tiempos de centrifugación también pueden determinarse mediante calculo a través de la siguiente fórmula:

Tabla 10. Definición de elementos.

<i>T</i>	Tiempo de centrifugación
<i>V1</i>	Recinto de lodos lleno 75%
<i>V0</i>	Caudal de alimentación
<i>P</i>	Contenido en sólidos

Un ejemplo de la determinación por cálculo del tiempo de centrifugación:

Tabla 11. Datos problema tiempo centrifugación.

<i>Datos:</i>	
Contenido en sólidos	$p = 0,05\%$
Capacidad del recinto de sólidos	$V = 1,5 l$
Recinto de lodos, lleno 75%	$V1 = 1,13 l$
Caudal de alimentación	$V0 = 2000$
Tiempo de centrifugación	$T = ?$

Por último, también se puede determinar por grafico en función del modo de trabajo en descarga parcial o total, del contenido de sólidos del producto, del volumen útil del recinto de sólidos del tambor, del caudal de alimentación y del efecto de limpieza deseado para el tambor. A continuación, se muestra la gráfica para determinarlo.

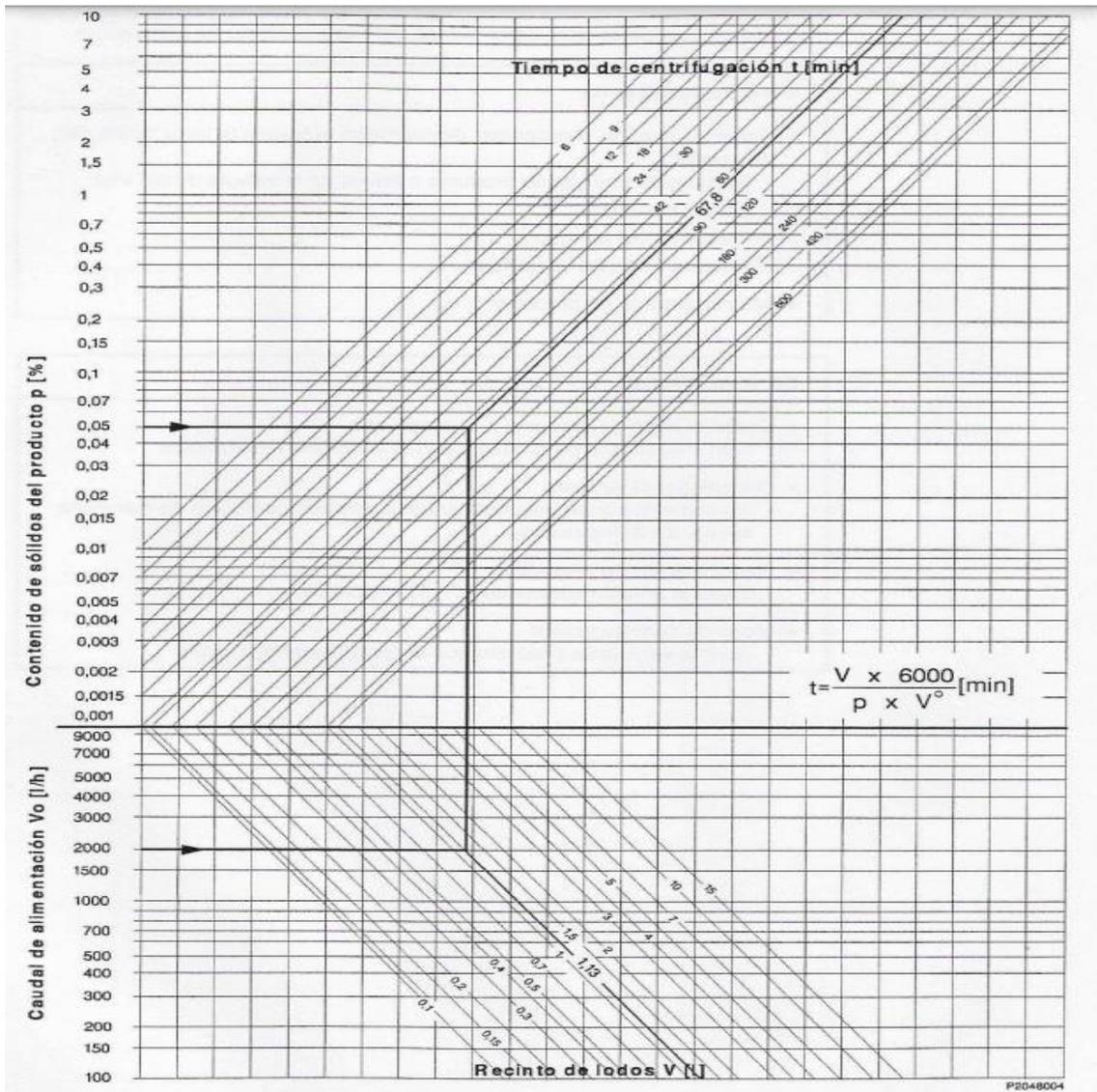


Ilustración 46. Grafica determinación tiempo de centrifugación.

Fuente: [11]

El ajuste de los intervalos es importante para su correcto funcionamiento ya que se pueden producir problemas como evaporación del líquido de cierre del tambor por evaporación, dificultad de la evacuación de los sólidos al quedar adheridos al recinto de sólidos o a las paredes cónicas de los platos tras una larga centrifugación.

5.3.3.3. Desplazamiento.

Para reducir la pérdida de producto producida en las descargas puede desplazarse con agua el producto del tambor, antes de iniciar la expulsión de sólidos. La duración de la cantidad de agua de desplazamiento necesaria se determina empíricamente. Un desplazamiento demasiado largo ocasiona salida de agua con el aceite purificado, y un desplazamiento corto producirá que una parte del producto se quede en el tambor y se pierda en la descarga.

5.3.3.4. Descarga de lavado.

En caso de que se creen dificultades a la hora de expulsar los sólidos por completo debido a que se quedan adheridos a las paredes del recinto de sólidos por haber permanecido demasiado tiempo en el tambor o por la propia naturaleza del producto, deberá reducirse el tiempo de centrifugación para que se produzcan lavados con menos tiempo o hacer una descarga de lavado a continuación de la descarga total, es decir un lavado doble. Todos estos factores comentados son más fáciles de definir y ejecutar de mejor forma siendo más eficaces empleando equipos de programación automática, monitorizándose la salida de aceite y la del agua además de indicadores de anomalías ópticas y acústicas.

5.3.3.5. Procedimientos antes del arranque.

En primer lugar, tener claras las indicaciones expuestas en los manuales que explican detalladamente los aspectos de seguridad básicos de la depuradora y observar las instrucciones a seguir en cada proceso realizado. Para la puesta en marcha inicial se hará una revisión de los elementos básicos como las mangueras y flexibles, comprobar la altura del tambor, soltar el freno del motor eléctrico, revisar el correcto funcionamiento del tambor girándolo con la mano y asegurarse de la correcta posición de los demás elementos como el diafragma y el rodete centrípeto.

5.3.3.6. Arranque de la centrífuga.

Tras haber comprobado todos los elementos anteriores para su puesta en marcha, podemos iniciar el arranque de la centrífuga. Se debe abrir el dispositivo cierre incorporado en la tubería de aceite sucio, luego pondremos en marcha el motor, se podrá comparar la corriente y el tiempo de arranque con el diagrama dispuesto en el manual.

Cuando el tambor alcance la velocidad de giro de régimen especificada al cabo de 2 minutos aproximadamente, se abrirá varias veces de manera breve el dispositivo de cierre del

líquido de maniobra y se pondrá en marcha el calentador de aceite. Posteriormente se abrirá la válvula principal de cierre ubicada en la salida de aceite limpio. Y se iniciara el programador de tiempos comprobando que la posición de las válvulas coincida con el programa seleccionado. Una vez entre de manera automática el producto al tambor ajustar la contrapresión de aceite limpio y el caudal deseado. Finalmente debemos observar las primeras veces las salidas de lodos y agua sucia para comprobar que no hay aceite.

Tras la puesta en marcha se deben seguir una serie de recomendaciones de mantenimiento de la depuradora mostradas por el fabricante para su correcto funcionamiento expuestas en la siguiente tabla:

Recomendable después de las siguientes horas de servicio					TRABAJOS	a más tardar cada		
750	1.500	4.000	8.000	16.000		3 meses	6 meses	1 año
LUBRICACION								
semanalmente					Control del nivel de aceite.	semanalmente		
		●			Al utilizar aceite mineral: Cambio de aceite <input type="checkbox"/>		●	
			●		Al utilizar aceite sintético: Cambio de aceite <input type="checkbox"/>			●
en todo desmontaje					Lubricación de las superficies de guía y de deslizamiento de las piezas principales del tambor . <input type="checkbox"/>	●		
<p>Al efectuar el control diario, principalmente durante las primeras 1.500 horas de servicio, recomendamos prestar atención a los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nivel de aceite • temperaturas • presiones • fugas • vibraciones • consumo de corriente • tiempo de arranque 								

Ilustración 47. Tabla recomendaciones fabricante por horas de uso.

Fuente: [11].

5.3.3.7. Descarga del tambor.

La descarga del tambor se puede producir de manera automática mediante la programación pulsando la tecla de “inicio de programa”, con esto se cierra la valvula de 3/2 vias de entrada de producto, se produce el desplazamiento del producto y se descarga el tambor y el seguido se recupera la velocidad de trabajo del tambor y se vuelve a abrir la entrada de producto.

Otra forma de hacer la descarga es de manera manual donde se debe iniciar cortando el paso de producto a la centrifuga cerrando la válvula de entrada de producto con el accionamiento manual, posteriormente se debe desenlodar el tambor por lo que se abre el accionamiento manual de entrada de líquido de maniobra aproximadamente unos 3 o 4 segundos, se espera otros 30 segundos hasta que el tambor recupere velocidad y se vuelve a abrir la válvula de producto con el accionamiento de manual.

5.3.3.8. Parada de la centrifuga.

Para realizar la parada de la centrifuga primero debemos parar el calentador de aceite cortando el paso de vapor hacia el calentador cerrando la válvula de paso. Como al igual que la descarga del tambor se puede producir de manera automática o manual. De manera automática el sistema realiza el desplazamiento, a continuación, se inicia el programa de descarga pulsando la tecla "inicio de programa", tras ejecutarse el programa de descarga se termina el programa de centrifugación con la tecla "Programa stop" (Parada). Por otro lado, de manera manual se debe cerrar la entrada de producto al tambor de manera manual cerrando la válvula de accionamiento, se desenloda el tambor como en el apartado anterior. Tras realizar estos pasos ya sea de manera automática o manual se deben realizar los siguientes procesos para finalizar la operación de parada de la centrifuga. Se debe cerrar la salida de aceite el agua de maniobra, de llenado y de desplazamiento. Se desconecta el motor eléctrico y la bomba de alimentación de aceite. Para finalizar se cierra la válvula principal de cierre ubicada en el lado de aspiración de la bomba de alimentación, se frena la centrifuga aplicando el freno girando a la izquierda la empuñadura y ya estaría acabada la maniobra de paro de la centrifuga.

5.3.3.9. Anomalías de servicio.

La depuradora puede tener varios tipos de anomalías, el fabricante facilita una lista de anomalías varias divididas en anomalías en la centrifuga y anomalías en el tambor, en estas tablas se muestra el posible contratiempo, las causas posibles del contratiempo y como solucionar el problema.

Los problemas más comunes de la centrifuga son:

- 1-. No alcanzar la velocidad de régimen prescrita
- 2-. La centrifuga vibra
- 3-. La velocidad del tambor cae durante el servicio

4-. El tambor coge velocidad demasiado rápido

Por otro lado, problemas del tambor más frecuentes son:

1-. No cierra el tambor o no lo hace correctamente

2-. No abre el tambor o no lo hace correctamente

3-. Desgaste rápido de las juntas del tambor

4-. El tambor se abre antes de tiempo

5-. El aceite no sale limpio por rebose del tambor

6-. El tambor no cierra después de ser desenlodado

Todos estos contratiempos que suelen pasar no de manera común pero si alguna vez durante la vida útil de la depuradora son estudiados por el fabricante y como ya ha sido comentado nos facilita una tabla con las posibles causas de cada contratiempo y su posible solución que facilitan el mantenimiento y buen estado de la instalación.

5.3.4 Mantenimiento.

Para asegurar el correcto funcionamiento y seguridad del servicio de la depuradora, se debe realizar una serie de mantenimientos después de ciertas horas de servicio. Primero prestar atención a ciertos puntos, al efectuar las rondas rutinarias de revisión, tales como el nivel de aceite, las presiones, vibraciones, tiempo de arranque, temperaturas, fugas y correcto consumo de corriente.

La primera revisión de mantenimiento es a las 750 horas de servicio donde se le debe hacer el primer mantenimiento con el cambio de aceite después de la puesta en marcha inicial. Se le vuelven a hacer cambios de aceite pasadas otras 750 horas de servicio.

5.3.4.1. Mantenimiento cada 4000 horas.

Cada 4000 horas o más tardar medio año se realizan mantenimientos de juntas del tambor y capo de la depuradora que deben ser revisadas y cambiadas.

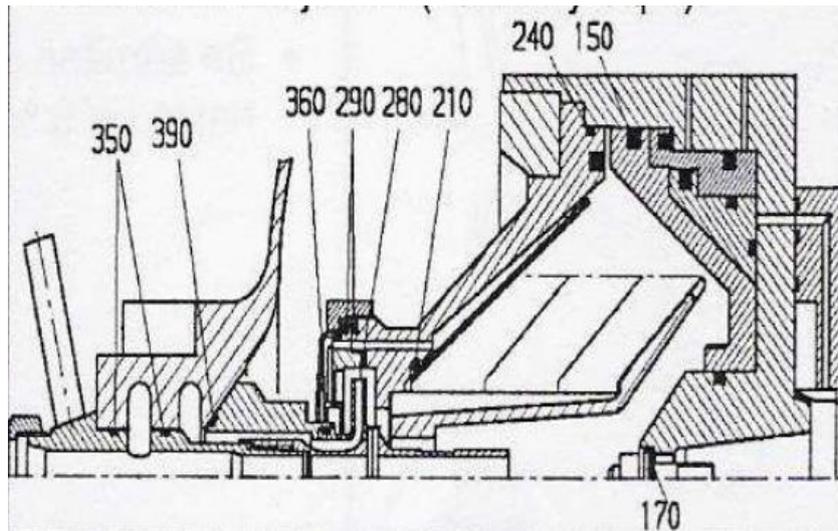


Ilustración 48. Juntas a cambiar a las 4000h.

Fuente: [11]

Se debe limpiar las piezas del tambor, además de el pistón deslizante, el juego de platos, la tapa del tambor, la tapa de la cámara del rodete y el anillo de cierre. Comprobar que estos elementos no estén corroídos.

5.3.4.2. Mantenimiento cada 8000 horas.

Además de realizar todos los mantenimientos del apartado anterior cada 8000 horas o más tardar 1 año se deben cambiar otras juntas del tambor y capó de la depuradora mostradas a continuación.

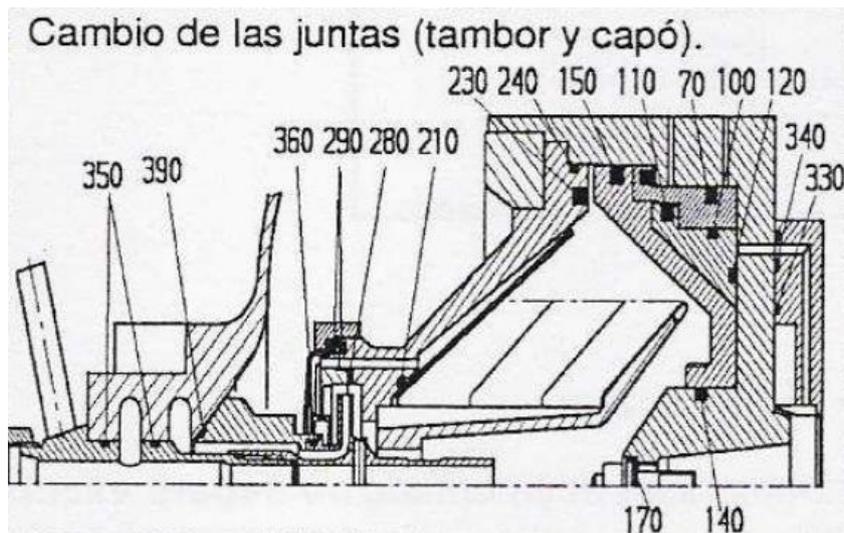


Ilustración 49. Juntas a cambiar a las 8000h.

Fuente: [11]

Se realiza una limpieza exhaustiva de todos los orificios, toberas y cámaras del sistema hidráulico. El amortiguador recibe su primer cambio como también la correa de distribución, se comprueba el estado de las zapatas del embrague y el espesor del forro del freno. Por último, para este mantenimiento se le realiza el cambio de aceite.

5.3.4.3. Mantenimiento cada 16000 horas.

Pasadas 16000 horas o antes de los 2 años se vuelven a cambiar todas las juntas que aparecen en la imagen anterior de las 8000 horas y se realizan los mismos mantenimientos. Pero además se cambia el rodamiento del eje vertical, el rodamiento del eje centrífugo y el casquillo elastometálico centrífugo.

Estos son los tres mantenimientos a realizar cada cierto número de horas para mejorar y mantener un correcto funcionamiento del equipo. Por último, pasadas 48000 horas de servicio o 6 años, lo que ocurra antes, la depuradora debe ser revisada por el personal técnico de WestFalia.

5.3.4.4. Lubricación.

La depuradora ha de ser lubricada por medio de aceite mineral o sintético con ciertas características marcadas por el fabricante.

En caso del aceite mineral se debe cambiar el aceite cada 4000 horas con las siguientes características para el aceite:

Tabla 12. Características aceite mineral.	
<i>Rotulación según DIN 51502</i>	<i>CLP 100</i>
<i>Clase de viscosidad</i>	<i>SAE 30</i>
<i>Viscosidad (a 40°C)</i>	<i>Rango 90-110 mm²/s (cSt)</i>

En caso de aceite sintético se debe cambiar cada 8000 horas con un aceite de estas características:

Tabla 13. Características aceite sintético	
Rotulación según ISO	Mobil SHC 626
Clase de viscosidad	ISO-VG 68
Viscosidad a 40°C	65 mm ² /s
Viscosidad a 100°C	10,4 mm ² /s
Índice de viscosidad	147
Densidad (a 15°C)	0,857
A besa de	Polialfaolefina

El nivel de aceite debe ser revisado con cierta frecuencia, y prestar mucha atención a la presencia de agua en el, si presenta un aspecto lechoso al observarlo por el tornillo de purga de aceite debe ser cambiado de inmediato.



Ilustración 50. Toma para cambio de aceite lubricante.

Fuente: Trabajo de campo.

5.3.5 Despiece y Montaje.

Parte importante del mantenimiento de la depuradora para su correcto funcionamiento es tener claro los pasos a seguir y en qué orden y posición van las diferentes partes a la hora de desmontar y montar la depuradora, ya que cualquier desajuste o mal trato de las piezas puede provocar que se rayen piezas importantes que a posteriori produzca una pérdida o que

incluso al estar mal colocados los elementos no tenga la altura correcta el bolo y no trabaje o que se desequilibre y resulte en una rotura importante del equipo.

Una parte muy importante del mantenimiento de la depuradora y por lo tanto de su correcto funcionamiento y en resultado se la instalación de purificación de aceite, es el montaje y desmontaje del tambor de la depuradora para realizar sus mantenimientos ya explicados con anterioridad. Un mal montaje o desmontaje puede ocasionar fallos en el proceso de purificación significativos como el paso de agua en el tambor o un desequilibrio de la centrípeta. Por ello se explica a continuación el proceso de despiece y posterior montaje paso a paso.

5.3.5.1 Avería. Desmontaje para cambio de juntas.

Para comenzar el despiece de la depuradora hemos de estar completamente seguros de que el tambor no gira esto se puede comprobar mirando que la correa de transmisión ha dejado de girar por la mirilla de inspección del bastidor. Posteriormente se desconecta la tensión en el cuadro de la depuradora bajando el magneto térmico correspondiente.

Antes de comenzar con la apertura y despiece del tambor y sus elementos superiores se ha de tener muy en cuenta el trato a las piezas de la depuradora. Se tendrán a mano todas las herramientas necesarias como los accesorios correspondientes para la operación.



Ilustración 51. Útiles para desmontaje y montaje del tambor.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 1- Desconectar la tubería de entrada.
- Paso 2- Desmontar la pieza de unión con la empuñadura (rosca en sentido anti horario) e inmovilizar el rodete con la llave de mano.
- Paso 3- Desmontar los tornillos de fijación de la tapa del tambor.

- Paso 4- Desenroscar el anillo pequeño de cierre (rosca sentido anti horario) con la llave de gancho y retirarlo.



Ilustración 52. Tambor al descubierto tras desatornillar la tapa del chasis.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 5- Roscar la pieza de unión con la empuñadura en el rodete (rosca sentido anti horario) Retirar el rodete, la tapa de la cámara, el diafragma y el casquillo distanciador.
- Paso 6- Desmontamos en casquillo distanciador con el extractor, al retirarlo podemos separar el diafragma, la tapa de la cámara del rodete y el rodete centrípeto.
- Paso 7- Continuamos desenroscando el tornillo del eje vertical mediante la llave extractora.



Ilustración 53. Extracción del tornillo vertical.

Fuente: Trabajo de campo.

Tambor.

- Paso 8- Colocamos en lugar del tornillo del eje vertical una anilla para poder engancharlo a un diferencial y levantar el tambor y desprenderlo del cono del eje vertical, extrayéndolo del bastidor.
- Paso 9- Colocamos un trapo sobre el eje vertical, esto se hace porque no debe escurrir nada hacia la correa por el eje vertical.
- Paso 10- Colocamos la placa sobre el tambor y enroscamos la anilla por el orificio, al apretar se prensa el juego de platos.
- Paso 11- Colocamos la llave de tetones apretando firmemente los tornillos de sujeción al tambor, y aflojar el anillo de cierre del tambor (rosca anti horaria).



Ilustración 54. Llave de tetones colocada sobre el tambor.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 12- Extraemos el anillo de cierre y soltamos la anilla y la placa del tambor.
- Paso 13- Levantamos la tapa del tambor y retiramos el plato separador.
- Paso 14- Retiramos el distribuidor con el juego de platos.



Ilustración 55. Distribuidor con algunos platos.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 15- Instalamos el tornillo del eje vertical, roscamos la anilla completa en la campana y posteriormente esta al pistón deslizante.
- Paso 16- Desprender el pisto deslizante haciendo presión al enroscar la anilla.
- Paso 17- una vez desprendido extraer el pistón deslizante junto a la campana y la anilla.
- Paso 18- Desmontar los tornillos del fondo de la cámara de cierre con la parte inferior del tambor.
- Paso 19- Roscamos de nuevo la anilla en la campana, pero esta vez por el otro lado y roscamos la campana al pistón anular, volvemos a separarlo haciendo presión al apretar la anilla.
- Paso 20- Extraer el pistón anular y el fondo de la cámara.
- Paso 21- Desprendemos el pistón anular del fondo de la cámara de cierre golpeando con un martillo de plástico.



Ilustración 56. Fondo del tambor.

Fuente: Trabajo de campo.

Juntas fondo de la cámara.

- Paso 22- Con el tambor boca abajo desmontamos los tornillos del fondo de la cámara de agua.
- Paso 23- Desprendemos el fondo de la cámara de agua presionando con un destornillador y retirándolo a continuación

En general no es necesario desarmar los tambores autodeslodantes para limpiarlos, excepto que el tipo de producto a depurar lo necesite o se vaya a detener la depuradora un largo periodo de tiempo.

5.3.5.2 Montaje tambor tras cambio de juntas.

Una vez desmontado se pasa a la limpieza de platos y piezas del tambor. Se van retirando las juntas de las piezas del tambor que necesiten ser cambiadas según el tipo de mantenimiento que estemos realizando por ejemplo el mantenimiento de 8000 horas, se limpian los cajeros de las juntas que suelen estar con parte de la goma de estas que queda pegada debido a la temperatura. Antes de reemplazar las juntas se deben limpiar todos los elementos que tengan carbonilla, los elementos más afectados por esto son el rodete centrípeto y los laterales del bolo. También hay que prestar atención a los orificios de entrada y salida de líquido de maniobra que deberán limpiarse mediante un útil para extraer la suciedad y evitar obstrucciones.

Una vez limpio los demás elementos nos centraremos en los discos que necesitan un mayor nivel de limpieza ya que se suelen quedar pegadas las impurezas a sus superficies. Se someten primero durante un periodo de tiempo a un baño de química que desprende la suciedad de la superficie de los platos, se puede además añadir vapor para que se el químico actúe mas rápidamente y con mayor eficacia al calentarse y acelerar la reacción. Posteriormente se lavan en gasoil para eliminar el químico y se limpian los restos a mano, se secan y se apilan en el distribuidor para su posterior montaje.



Ilustración 57. Disco con carbonilla.

Fuente: Trabajo de campo.

Con las piezas ya limpias, se comienza con la parte de ensamblado, pero antes hay que tener en cuenta que el tambor gira a gran velocidad y puede ser un riesgo para la seguridad de servicio de la centrifuga no seguir correctamente las instrucciones de ensamblado de este.

- Paso 1- Secamos y limpiamos el cono del eje vertical y nos aseguramos que está correctamente.
- Paso 2- Colocamos las juntas nuevas del pistón anular y lubricamos las superficies de guía. (Antes de colocar las juntas se suelen untar en vaselina para que asienten bien en los cajeros y sellen mejor). También colocamos las juntas del fondo de la cámara de cierre.
- Paso 3- Posicionamos el fondo de la cámara de cierre en el pistón anular, si es necesario golpear suavemente con un martillo de goma sin dañar la superficie.
- Paso 4- Instalamos el tornillo del eje vertical y situamos el pistón anular junto con el fondo de la cámara de cierre en la parte inferior del tambor. Las marcas O (circulares) de ambas piezas deben quedar alineadas entre si.

- Roscamos los tornillos hexagonales en la parte inferior del tambor y apretar para presionar el pistón contra el tambor.



Ilustración 58. Tornillo del eje vertical.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 5- Se sacan los tornillos hexagonales y se colocan los cilíndricos para anclarlo definitivamente a la parte inferior del tambor.
- Paso 6- Roscamos la anilla en la campana y roscamos esta al pistón deslizante.



Ilustración 59. Campana roscada con el pistón deslizante.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 7- Cogemos el pistón deslizante y lo colocamos en la parte inferior del tambor con ayuda de la anilla.
- Paso 8- Hacemos descender el pistón deslizando la anilla hacia la izquierda.
- Paso 9- desmontamos el tornillo del eje vertical anteriormente colocado, para montar el distribuidor junto con el juego de platos, hay que tener cuidado y que encajen correctamente y colocamos el plato separador.



Ilustración 60. Distribuidor con discos limpios.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 10- Con las juntas nuevas puestas en la tapa del tambor, asentamos la tapa sobre la parte inferior de este.
- Paso 11- Colocamos la placa sobre la tapa y roscamos la anilla en la parte inferior del tambor sobre la tapa del tambor, apretamos para prensar el juego de platos y la tapa del tambor.



Ilustración 61. Placa colocada y apretada sobre la tapa del tambor.

Fuente: Trabajo de campo

- Paso 12- Engrasamos el anillo de cierre y lo roscamos a mano en la parte inferior del tambor. (Rosca a la izquierda).
- Paso 13- Con la llave de tetones, colocarla con los tornillos en el aro de cierre y dar con el martillo para apretar el anillo de cierre hasta la marca O
- Paso 14- Desmontamos la anilla de la parte inferior del tambor y retiramos la placa.
- Paso 15- Sirviéndonos de la anilla, asentamos el tambor con cuidado sobre el cono del eje vertical, para mayor seguridad se puede elevar con la ayuda de un diferencial para tener más control a la hora de colocarlo.
- Paso 16- Roscamos el tornillo del eje vertical con el extractor. (Rosca a la izquierda)
- Paso 17- Cogemos el rodete y engrasamos las superficies de guía y la rosca de la tapa del tambor antes de instalar el rodete.
- Paso 18- Colocamos la cámara del rodete encima de este, y posteriormente el diafragma elegido del juego.
- Paso 19- Cogemos el anillo de cierre y lo colocamos en la rosca de la tapa del tambor y apretamos con la llave de gancho.

- Paso 20- Instalamos el casquillo distanciador y lo presionamos un poco, sin empujarlo demasiado ya que el va a su sitio de trabajo al cerrar la tapa del chasis de la depuradora.



Ilustración 62. Tambor totalmente montado, con rodete y casquillo distanciador.

Fuente: Trabajo de campo.

- Paso 21 Finalmente cerramos la tapa del chasis de la depuradora y ponemos los tornillos de fijación. Montamos la pieza de unión con empuñaduras inmovilizando el rodete con la llave macho, y conectamos la tubería de entrada de agua.

En primer lugar, si hemos colocado todo bien la tapa del chasis debería cerrar sin problemas, eso indica que esta la instalación del tambor a la altura correcta. Tras el montaje se pondrá en marcha y se irá observando con detenimiento cualquier ruido extraño por parte de la depuradora, así como vibraciones o pérdidas. En cualquiera de los casos se deberá detener rápidamente y volver a comprobar la instalación.

VI. CONCLUSIONES

6. Conclusiones.

Con la realización de este trabajo de fin de grado siguiendo los objetivos marcados y la experiencia realizada a bordo de los diferentes buques durante el periodo de prácticas se llega a las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, hay que conseguir una familiarización con los sistemas del buque con los que vamos a tratar, su localización y funcionamiento.
- Se ha visto la intercomunicación de los sistemas dentro de una sala de máquinas ya que esto suele ser habitual, como en este caso el sistema de producción de agua dulce y el de creación de vapor interactúan con el sistema de Purificación de aceite.
- Se ha comprendido el principio de funcionamiento de los diferentes elementos de un separador centrífugo para comprender como actúan.
- Con la ayuda de imágenes se ha podido observar las secuencias que realiza la depuradora en cada fase en el proceso de purificación de aceite.
- Con respecto a la conservación del equipo, se ha podido estudiar y explicar paso a paso como se realiza un mantenimiento programado de mantenimiento preventivo al sistema para prevenir posibles averías futuras, además de poder familiarizarnos con el libro de mantenimientos del buque, herramienta importantísima de trabajo en la sala de máquinas.
- Finalmente hemos podido familiarizarnos con las diferentes instalaciones y sus elementos, además de poder ver la información que nos muestran los manuales de los diferentes equipos y poder comprobarla durante la realización de las prácticas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía.

[1] Separación de GEA: 125 años de servicio. (s. f.). GEA engineering for a better world. <https://www.gea.com/es/stories/125-years-gea-separation.jsp>.

[2] Our heritage. (s. f.). GEA engineering for a better world. <https://www.gea.com/es/company/about-us/our-heritage/index.jsp>.

[3] Wikipedia contributors. (2023). GEA Westfalia Separator. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/GEA_Westfalia_Separator.

[4] Centrífugas y equipos de separación. (s. f.). GEA engineering for a better world. <https://www.gea.com/es/products/centrifuges-separation/index.jsp>.

[5] WESTFALIA PURIFIERS Manuals and Spare Parts Catalogs. (s. f.). <https://engine.od.ua/purifiers-westfalia>.

[6] Historia | suardiaz. (s. f.). suardiaz. <https://servipres9.wixsite.com/suardiaz/historia>.

[7] Mantilla, A. (s. f.). Grupo Suardiaz (1). http://www.buques.org/Navieras/Grupo%20Suardiaz/Grupo%20Suardiaz-1_E.htm.

[8] AZCUE Pumps (s.f.) Screw pumps, Instruction Manual.

[9] Factorías Vulcano (s.f.) Caldera Mixta, Manual de Instrucciones de servicio, conservación y puesta en marcha.

[10] Gefico Enterprise (s.f.) Generadores AQUAMAR, Manual de Instrucciones.

[11] Westfalia Separator Mineraloil Systems GmbH (s.f.) GEA, Documentación Técnica
, Modulo de tratamiento y grupo bomba para LO.

Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Cristhian Bacallado Rodríguez**, autor del trabajo final de Grado titulado **“Sistema de Purificación de Aceite. Funcionamiento y Mantenimiento”**, y tutorizado por la profesora M.^a del Cristo Adrián de Ganzo, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su tutora, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutora del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.

Nota: Este documento será obligatorio presentarlo como última hoja del documento final del TFG.