



Universidad
de La Laguna

Trabajo fin de grado

Estudio y normativa de aplicación de una planta de sentinas a bordo

Junio 2015

Aarón de la Paz García

DNI: 54052676-P

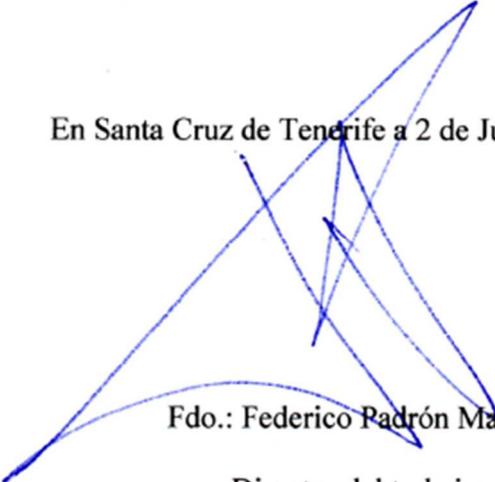
Dr. D. Federico Padrón Martín, Profesor Ayudante Doctor del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e Hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Aarón de la Paz García, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: *“Estudio y normativa de aplicación de una planta de sentinas a bordo”*.

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

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 2 de Junio de 2015.



Fdo.: Federico Padrón Martín

Director del trabajo

D. Agustín González Almeida, Profesor asociado del área de conocimiento de Construcciones Navales, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e Hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. Aarón de la Paz García, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: *“Estudio y normativa de aplicación de una planta de sentinas a bordo”*.

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

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 2 de Junio de 2015.



Fdo.: Agustín González Almeida

Director del trabajo

Quiero aprovechar estas líneas para dedicar este Trabajo de Fin de Grado a todos aquellos familiares, amigos, compañeros y profesores, que algún momento me han brindado su apoyo, tanto a lo largo de mi vida académica y profesional, como personal.

En especial quiero agradecer a los directores del trabajo, por la oportunidad de permitirme su realización y por la ayuda prestada durante estos meses; y también a la compañía OPDR por permitirme hacer uso de sus instalaciones y aportar información y conocimientos vitales para la elaboración del trabajo.

Asimismo quiero agradecer y dedicar este trabajo a todos los amigos y compañeros de carrera, que durante estos años han estado ahí, acompañando durante el viaje.

A todos ellos, gracias por los momentos compartidos.

ÍNDICE

ÍNDICE.

I – INTRODUCCIÓN	1
II - OBJETIVOS	5
III - REVISIÓN Y ANTECEDENTES	9
3.1. OPDR.	9
3.1.1. Recorrido histórico sobre los orígenes y desarrollo de la compañía.	10
3.1.2. El buque OPDR Canarias.	13
3.1.3. Disposición de espacios del buque.	17
3.2. Introducción a la planta de sentinas.....	17
3.3. El agua de sentina.	19
3.4. El sistema de achique de sentinas.	21
3.5. Historia y evolución de los sistemas de achique de sentinas.....	22
3.5.1. La bomba de cono.	23
3.5.2. La bomba de succión.	25
3.5.3. La bomba de cadena.....	27
3.5.4. Las bombas de achique en la actualidad.....	30
3.5.5. Tipos de bombas de achique modernas.	32
3.6. Sistemas de separación de aguas oleosas.	34
3.7. Separadores de aceite de placas paralelas.....	36
3.8. Funcionamiento de los separadores de aceite.	37
3.9. El problema de la contaminación.	41
3.10. Normativas internacionales sobre hidrocarburos y contaminación.....	42
3.10.1. Convenios OILPOL/54 y MARPOL 73/78.	43
3.11. Gestión de la seguridad operacional de los buques.....	45
3.12. Planes de recepción de residuos.	51
IV - METODOLOGÍA	57

4.1. Documentación bibliográfica.	57
4.2. Metodología del trabajo de campo.	57
4.3. Marco referencial.	57
V – RESULTADOS.	61
5.1. Disposición de la sala de máquinas y ubicación del separador de sentinas.	61
5.2. Descriptiva del separador de sentinas.	63
5.3. Funcionamiento del separador de sentinas.	75
5.3.1. Requisitos del separador de sentinas.	82
5.4. Alarma del detector de partículas del separador de sentinas.	83
5.4.1. Método de medición de luz esparcida.	84
5.5. Funcionamiento del adsorbedor del separador.	90
5.6. Mantenimiento y reparaciones del separador de sentinas.	93
5.6.1. Comprobaciones regulares.	94
5.6.2. Comprobaciones cada seis meses.	94
5.6.3. Comprobaciones anuales.	95
5.6.4. Mantenimiento del adsorbedor.	95
5.6.4. Mantenimiento de la bomba del separador de sentinas.	96
5.7. Gestión de residuos. Controles del separador.	97
5.8. Averías del separador de sentinas.	99
VI – CONCLUSIONES.	105
VII – BIBLIOGRAFÍA.	109

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 - Logotipo de la compañía OPDR (1).....	9
Figura 2 – Buque Tazacorte	12
Figura 3 -- Buque OPDR Canarias (2)	13
Figura 4- Bomba de sentina compacta (4)	18
Figura 5 – Planta de sentinas. (6)	20
Figura 6 – Detalle de una bomba de cono. (9)	24
Figura 7 – Detalle del asiento de una bomba de cono (9)	25
Figura 8 – Bomba común o de succión (9)	26
Figura 9 – Detalle del asiento de una bomba de succión (9).....	27
Figura 10 - Bomba de cadena (9)	28
Figura 11 - Detalle de dos tipos de válvulas de la bomba de cadena (9)	29
Figura 12 – Bomba de cadena antigua del buque HMS Victory (10)	30
Figura 13 - Bomba de lodo (4)	31
Figura 14 – Bomba dinámica centrífuga Sulzer (13)	32
Figura 15 – Bomba de canal lateral (14)	33
Figura 16 – Eyector o bomba Venturi (16)	34
Figura 17 - Esquema de un separador de aceite de placas paralelas (11)	35
Figura 18 – Vista real de un separador de placas paralelas (17)	36
Figura 19 – Detalle de las placas coalescentes (18)	38

Figura 20 – Componentes de la instalación de un separador (19)	39
Figura 21 - Derrame de aguas de sentina (21)	41
Figura 22- Logotipo de la Organización Marítima Internacional (22).....	42
Figura 23- MARPOL 73/78 (23).....	44
Figura 24 - Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (22)	46
Figura 25 - Sistema de gestión de la seguridad (25)	48
Figura 26 - Ejemplo de documento de cumplimiento del SGS (26)	49
Figura 27 - Ejemplo de certificado de gestión de la seguridad (26)	50
Figura 28 - Recibo de entrega de desechos MARPOL (27).....	52
Figura 29 - Disposición de la cámara de máquinas (3)	61
Figura 30 – Disposición del teclé inferior (3)	62
Figura 31 – Disposición del teclé superior (3)	63
Figura 32 - Distribución de la cámara de bombas.....	65
Figura 33 - Detalle de la bomba propia del separador de sentinas.....	67
Figura 34 - Vista de conjunto del separador de sentinas.....	69
Figura 35 - Bomba de lodos.	70
Figura 36 - Válvula de descarga de la bomba de lodos.....	71
Figura 37 - Acceso al tanque de lodos, situado junto a la bomba de lodos.....	72
Figura 38 - Diagrama de bloques simplificado de la planta de sentinas.	73
Figura 39 - Diagrama de bloques de la operación del separador.	74
Figura 40 - Módulo de control del separador.....	75

Figura 41 - Esquema del módulo de control del separador.....	77
Figura 42 - Localización de los electrodos en la parte superior del separador.	78
Figura 43 - Representación esquemática de la estructura de los electrodos.	80
Figura 44 - Detalle de las válvulas de descarga de aceite y de agua de limpieza.	81
Figura 45 - Detalle de la línea de entrada de aguas oleosas al separador.	82
Figura 46 - Localización del grifo de toma de muestras para inspección.	83
Figura 47 - Diagrama de funcionamiento del sensor de medición de partículas	84
Figura 48 - Monitor de alarma del separador de sentinas.	85
Figura 49- Partes de la alarma del separador de sentinas.....	86
Figura 50 - Válvula de tres vías para seleccionar descarga al mar o al tanque de sentinas.	89
Figura 51 - Detalle de la válvula manual para descarga del separador al tanque de sentina. ..	90
Figura 52 – Estructura interna del adsorbedor	91
Figura 53 - Apariencia del adsorbedor en la instalación real.	92
Figura 54 - Detalle de la válvula de tres vías presente en el adsorbedor.	93
Figura 55 - Detalle de las válvulas para descarga a tierra, bajo el tanque de lodos.	97
Figura 56 - Ejemplo de operación en el Libro de Registro de Hidrocarburos.	98
Figura 57 - Registro de residuos del buque.....	98

I - INTRODUCCIÓN

I – INTRODUCCIÓN.

Con este capítulo pretendemos dar a conocer el contenido de este trabajo, así como su distribución y un breve resumen de cada capítulo.

En este Trabajo de Fin de Grado mostramos un estudio de funcionamiento y normativa de aplicación de una planta de sentinas a bordo del buque OPDR Canarias, dividido en siete capítulos cuyo contenido general resumimos a continuación:

En el capítulo II, titulado “Objetivos”, exponemos la serie de objetivos que se pretenden cumplir mediante la elaboración de este Trabajo de fin de Grado.

En el capítulo III, titulado “Revisión y antecedentes históricos”, hemos hecho una revisión de antecedentes sobre las instalaciones de achique de sentinas presentes a bordo, así como la evolución de sus componentes a lo largo de la historia y el principio de funcionamiento de los separadores de sentinas. Además hacemos una introducción sobre la compañía OPDR y su buque OPDR Canarias, que me nos servido como base sobre la que llevar a cabo este trabajo; y una introducción a las distintas normativas internacionales sobre contaminación y manuales de gestión de seguridad.

En el capítulo IV, titulado “Metodología”, comentamos la metodología de la que nos hemos servido para la elaboración de este Trabajo de fin de Grado, así como el procedimiento utilizado en lo relativo al trabajo de campo.

En el capítulo V, titulado “Resultados”, presentamos todos los resultados que hemos obtenido durante la realización del trabajo de campo a bordo del buque OPDR Canarias.

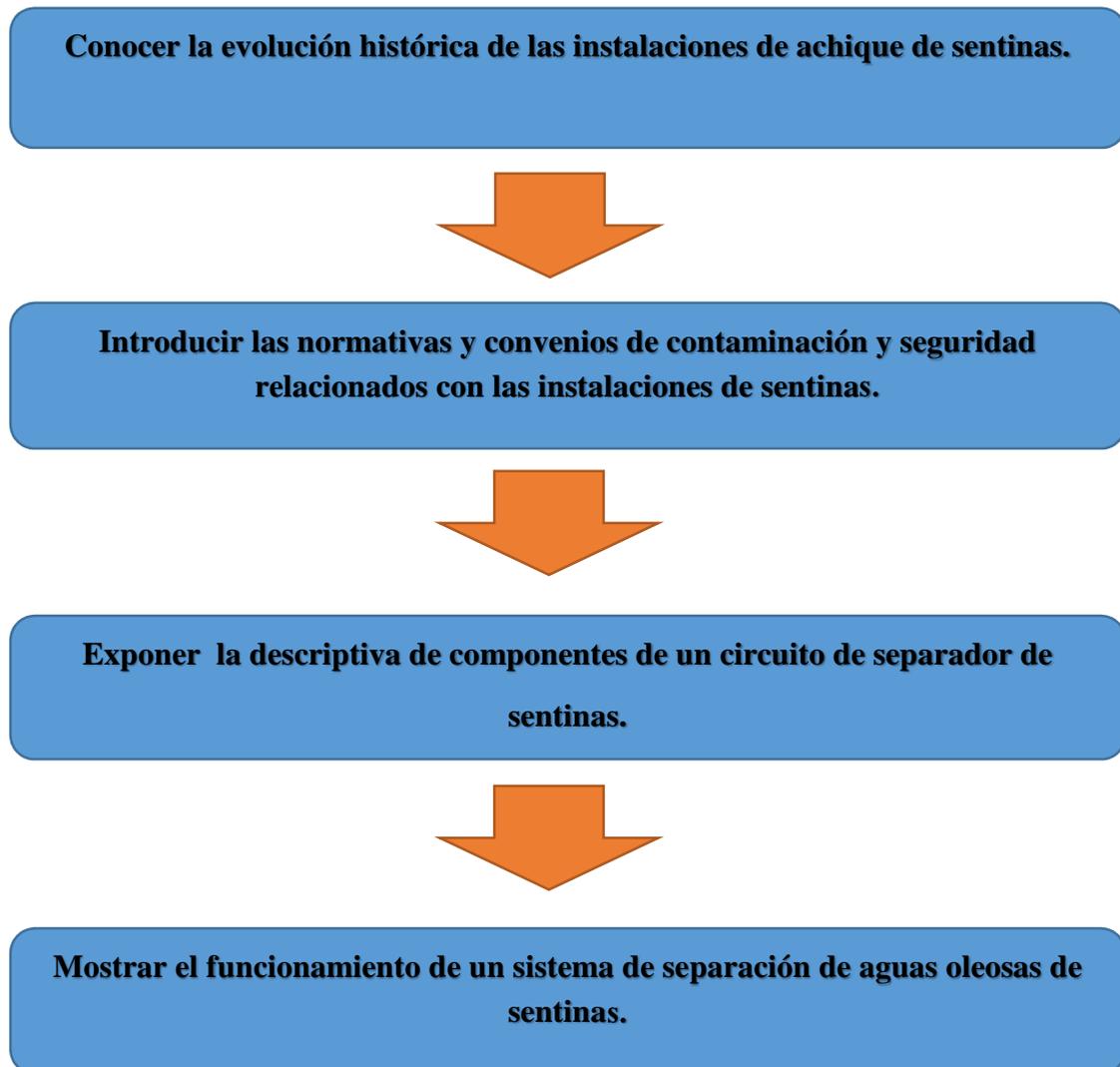
En el capítulo VI, titulado “Conclusiones”, exponemos las conclusiones a las que hemos llegado tras la elaboración del capítulo de resultados, al realizar este Trabajo de Fin de Grado.

En el capítulo VII, titulado “Bibliografía”, incluimos toda la referencia bibliográfica que ha servido como apoyo y documentación para la elaboración de este Trabajo de Fin de grado.

II – OBJETIVOS

II - OBJETIVOS.

En este capítulo damos a conocer los distintos objetivos que se pretenden cubrir con la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado.



III – REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III - REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

3.1. OPDR.

Las siglas OPDR identifican a Oldenburg-Portugiesische Dampfschiffs-Rhederei, empresa dedicada a la logística y el transporte marítimo de mercancías. Estos transportes se realizan en modernos contenedores de puerto a puerto, contando para ello con siete buques propios y una amplia red de contenedores.



Figura 1 - Logotipo de la compañía OPDR.

Fuente: OPDR. (1)

Entre los puertos a los que ofrece servicio esta compañía se encuentran países como Alemania, Gran Bretaña, Países Bajos, España, Portugal y Marruecos, además de ofrecer algunos servicios también en la región escandinava y báltica, Mauritania, el archipiélago de Cabo Verde y las Azores.

Fundada en 1882, OPDR cuenta con más de 130 años de experiencia en Europa y África. Para garantizar la calidad, OPDR está certificada por el Bureau Veritas cumpliendo la norma ISO 9001:2008 y además, para los buques y los contenedores, los códigos ISM, ISPS y MLC 2006.

OPDR tiene siete empresas filiales:

- OPDR Canarias, S.A., Santa Cruz de Tenerife, España
- OPDR GERMANY GmbH, Hamburgo, Alemania
- OPDR IBERIA Lda., Lisboa, Portugal
- OPDR IBERIA, S.L.U., Valencia, España

- OPDR MAROC, SARLAU, Casablanca, Marruecos
- OPDR Netherlands, B.V., Rotterdam, Los Países Bajos
- OPDR UK, Limited, Brentwood, Reinos Unidos

OPDR pertenece al grupo internacional de empresas SCHULTE GROUP.

LA travesía de las Islas Canarias está cubierta por dos barcos gemelos de la compañía OPDR Canarias, además de un portacontenedor. No solo se dedican al transporte de contenedores estándar, sino que también trabajan con carga rodada muy variada, como pueden ser remolques, autobuses, coches, vehículos pesados y cargas de carácter especiales por su dimensión.

Con esta carga rodada se trabaja mediante rampas de gran tonelaje. Sin embargo, en función de la longitud de la carga y de los ejes que se encuentren disponibles, es posible la admisión de cargas aún superiores. (1)

3.1.1. Recorrido histórico sobre los orígenes y desarrollo de la compañía.

OPDR se fundó en el año 1882, lo que la convierte en una de las empresas navieras de las más antiguas en Alemania, comenzando su actividad con navegación de líneas regulares entre Oldenburg y Portugal. En la actualidad, la sede principal de OPDR está localizada en Hamburgo.

Al comienzo de sus operaciones, OPDR se dedicó a transportar cristal hacia Portugal y volver de allí con cargamentos de corcho. Estos viajes se realizaban mediante barcos de vapor, durante travesías de una duración de un mes.

Más tarde se incorporaría a esta ruta el puerto de Hamburgo, y también el de Amberes, además se produce la adquisición de buques de nueva construcción. En 1895, la compañía vuelve a ampliar nuevamente su servicio para incorporar Marruecos.

OPDR ha tenido por costumbre bautizar a sus buques con nombres de ciudades representativas de su ruta y en su contraseña mostraba el color amarillo, con franja roja y azul.

La compañía inaugura en 1910 un servicio de carga y frutero que conectaba Hamburgo, Rotterdam y Amberes con Funchal, Las Palmas, y Santa Cruz de Tenerife. También en 1910,

ocurre una nueva ampliación de rutas, enlazando los puertos alemanes ya nombrados, con Ceuta y Melilla.

La compañía Franz Haniel & Cia. es de las primeras en establecer una relación de asociado con OPDR, la cual se mantendrá durante más de un siglo.

En este mismo año, August Schulze implanta una nueva ruta de enlace hacia las Islas Canarias. OPDR recibe la licencia para transportar correo a causa de la fiabilidad y puntualidad con la que se maneja esta nueva línea.

Cinco años más tarde, OPDR controla ya una flota de dieciséis buques, establecidos en líneas regulares entre los diversos puertos antes mencionados.

Tras el final de la Primera Guerra Mundial, la flota de la compañía se ve reducida a únicamente dos buques, aunque luego volverá a remontar en los seis años posteriores hasta alcanzar de nuevo las catorce unidades.

Cerca del comienzo de la Segunda Guerra Mundial, en el año 1939, la compañía OPDR opera ya con 19 buques.

En el año 1945, todos los buques de la compañía se encuentran en una situación de o bien haberse perdido en la guerra o haber sido requisados por tropas aliadas. Adicionalmente, las instalaciones de OPDR con base en Hamburgo, se encuentran totalmente destruidas.

En 1952, OPDR refuerza su presencia en el tráfico marítimo con la entrega de nuevos barcos, entre ellos el Melilla y el Tzacorte, estos dos enfocados al servicio en las líneas del archipiélago canario. (1)



Figura 2 – Buque Tzacorte.

Fuente: De la mar y los barcos. (2)

Es en ese mismo año, 1952, que arriba el frutero Tzacorte por primera vez al puerto de Santa Cruz de La Palma.

Años más tarde, en 1956, OPDR establece sus instalaciones en un local de nueva adquisición, en Hamburgo, Kajen 10. Es en esta dirección donde a día de hoy aún se dirige la compañía.

Veintiocho buques son los que completan la flota ya por el año 1958, y durante las décadas de los 70 y los 80 se va sustituyendo por barcos portacontenedores modernos.

En 1993, en busca de nuevas oportunidades de mercado, se crea la filial OPDR Canarias, que inicia su operación con dos buques ConRo en la nueva línea Sevilla-Canarias.

En 1996, Franz Haniel & Cia. uno de los primeros socios, y que ya es propietario del 100% del capital de la sociedad de la compañía, vende todas sus acciones al Grupo Bernhard Schulte.

En 2012, coincidiendo con su 130 aniversario en 2012, OPDR funda OPDR GERMANY GmbH, oficina de actividad comercial propia orientada al mercado de Alemania.

Durante los años 2013 y 2014, OPDR implanta filiales de nueva creación en Bélgica, Inglaterra y Marruecos.

En la actualidad, OPDR está compuesta por una plantilla con más de 250 trabajadores solo en sus instalaciones en tierra, complementados por más de 100 marinos que navegan a bordo de sus buques portacontenedores. (1)

3.1.2. El buque OPDR Canarias.

El buque OPDR CANARIAS, es el segundo de un grupo de tres buques gemelos encargados por la compañía OPDR. El primer y segundo buque, OPDR ANDALUCIA y OPDR CANARIAS, se destinaron a relevar a los buques antiguos que cubrían la ruta entre Canarias y Sevilla y el tercer buque fue vendido a Contenemar.



Figura 3 - - Buque OPDR Canarias.

Fuente: Del acontecer marítimo. (3)

Se trata de un barco de bandera española con la Germanisher Lloyd como su sociedad clasificadora, y con registro en el puerto de Santa Cruz de Tenerife. La máquina de este barco es de tipo desasistida, de modo que la tripulación solo hace guardias de día, y únicamente se

asistirá a la máquina fuera de guardia solo en caso de necesidad o por alguna situación de alarma.

La mayoría de las operaciones de mantenimiento de importancia o reparaciones de equipos del buque se llevan a cabo en puerto, donde son realizadas por personal externo, asistidos por el personal de máquinas.

Las características constructivas que definen al buque son las que se muestran a continuación:

<i>Nombre</i>	OPDR CANARIAS
<i>Bandera</i>	ESPAÑOLA
<i>Puerto de registro</i>	Santa Cruz de Tenerife
<i>Registro</i>	R. Especial
<i>Folio</i>	2/2006
<i>Nº IMO</i>	9331191
<i>Sociedad Clasificadora</i>	Germanisher Lloyd
<i>Tipo de Buque</i>	CON-RO
<i>Año de construcción</i>	2006
<i>Astillero (País)</i>	Fujian Mawei Shipyard (China)
<i>Distintivo de llamada</i>	ECKY
<i>Casco</i>	433-1
<i>Eslora Total</i>	145 m
<i>Eslora entre Perpendiculares</i>	135 m
<i>Manga de Trazado</i>	22 m

<i>Puntal</i>	13,9 m
<i>Puntal de Construcción</i>	10,40 m
<i>Calado de Verano</i>	6,013 m
<i>Calado Medio de Trazado</i>	6 m
<i>Arqueo Bruto (GRT)</i>	11.300 Tn
<i>Arqueo Neto (NRT)</i>	2.800 Tn
<i>Desplazamiento Máximo</i>	12.658 Tn
<i>Desplazamiento en Rosca</i>	5.358 Tn
<i>Peso Muerto</i>	7.300 Tn
<i>(l x b x h) Bodeguín</i>	66,6 m x 16,9 m x 5,8 m
<i>(l x b x h) Bodega</i>	119,9 m x 16,9 m x 6,7 m
<i>Motor Principal</i>	MAK 12VM32C
<i>Potencia Efectiva</i>	6000 KW
<i>Velocidad de Crucero</i>	16,4 Kn
<i>Consumo</i>	22 tn/día
<i>Motores Auxiliares</i>	MAN D2842LE301
<i>Motor de Emergencia</i>	SISUDIESEL 634 DSBG
<i>Generador de Cola</i>	AEM SE450 L4 6L
<i>Hélice Transversal Proa</i>	WÄRTSILÄ FT175H
<i>Hélice Transversal Popa</i>	WÄRTSILÄ FT125H

<i>Hélice Popa</i>	WÄRTSILÄ CPP2-20250-038-160M-A2A10SDS
<i>Capacidad Tanques de Lastre</i>	4.322 m ³
<i>Capacidad Tanques de FO</i>	690,2 m ³
<i>Capacidad Tanques de GO</i>	94,1 m ³
<i>Capacidad Tanques de Aceite</i>	19,8 m ³
<i>Capacidad Tanques de Agua Dulce</i>	26,3 m ³
<i>Carga Rodada Bodeguín</i>	17 remolques
<i>Carga Rodada Bodega</i>	44 remolques
<i>Carga Contenerizada</i>	500 TEU
<i>Equipos de Carga</i>	
<i>Rampa de Popa</i>	18m x 15m, 100 Tn
<i>Rampa bodega</i>	43m x 3,5m, 50 Tn
<i>Ascensor</i>	18m x 3,5m, 45 Tn

El buque está construido con un casco en acero, y va provisto de bulbo, así como hélices transversales de proa y popa, y de un solo timón que direcciona el flujo de agua desplazado por una hélice de paso variable. La cámara de máquinas está localizada en la popa.

El buque está tripulado por dieciséis componentes, cinco de ellos personal de máquinas: Jefe de Máquinas, 1º Oficial de Máquinas, Mecánico, Electricista y Alumno de Máquinas.

Como tripulación de puente hay cuatro componentes, Capitán, 1º y 2º Oficial de Cubierta, y el Alumno de Puente que hace las Guardias con el 1º Oficial de Cubierta. Hay asimismo cinco marineros, un cocinero y un camarero. (4)

3.1.3. Disposición de espacios del buque.

El buque dispone de tres cubiertas, la bodega inferior, la principal o entrepuente, y la cubierta principal, preparada para cargar contenedores y también carga rodada si fuese necesario. Para estiba de carga rodada en la cubierta principal existe un ascensor de gran capacidad.

La carga de contenedores se estiba mediante el uso de las grúas del puerto, mientras que la carga rodada en bodega se estiba por la popa, usando la rampa. El 1º Oficial de Cubierta está al cargo de las operaciones de carga y descarga, así como del lastrado de tanques para asegurar la estabilidad del buque.

El puente se encuentra situado en la superestructura, dispuesta en la proa del buque, dejando así la cubierta principal libre para los contenedores. La superestructura está integrada por cuatro cubiertas, y por debajo de ellas se encuentra el local técnico de proa.

En la cubierta inferior se encuentra la lavandería, un vestuario para la tripulación de cubierta y máquinas, un salón de esparcimiento y algunos camarotes.

La cocina está situada en la cubierta principal, con la gambuza, los pañoles de comida, limpieza...; así como los salones de oficiales.

En la siguiente cubierta, se sitúan algunos camarotes, el recinto del aire acondicionado de la habitación, la enfermería, la grúa para aprovisionamiento y el bote de rescate.

La siguiente cubierta, incluye los alojamientos de los oficiales, del capitán y del jefe de máquinas, una sala de reuniones, y los dos botes salvavidas.

En la última cubierta de la superestructura se encuentra el puente de mando. (4)

3.2. Introducción a la planta de sentinas.

En los buques modernos, la planta de sentinas presente a bordo se encarga de cumplir una serie de propósitos que no se limitan simplemente al achique de agua de sentinas, como se venía haciendo desde la antigüedad, sino que además cuenta con elementos para el tratamiento de hidrocarburos, como son los dispositivos separadores de aceite, imprescindibles hoy en día y de uso obligatorio por la normativa internacional para prevención de la contaminación del mar.

La función principal de la planta de sentinas de un buque es realizar el achique o extracción de aquellos líquidos como puedan ser agua, hidrocarburos o aceites, que resultan a causa del funcionamiento de los distintos elementos operacionales del propio buque, asimismo evitando o reduciendo en lo posible la contaminación hacia el exterior.

En casos más extremos el sistema de achique de sentinas puede necesitarse para desalojar no solo los líquidos de desecho mencionados, sino también otras cantidades de agua que puedan ocupar el buque y de origen ajeno a la actividad de una operación normal, ya sea por pérdida de agua en tuberías o alguna vía de agua por la que la seguridad del buque se pueda ver comprometida.

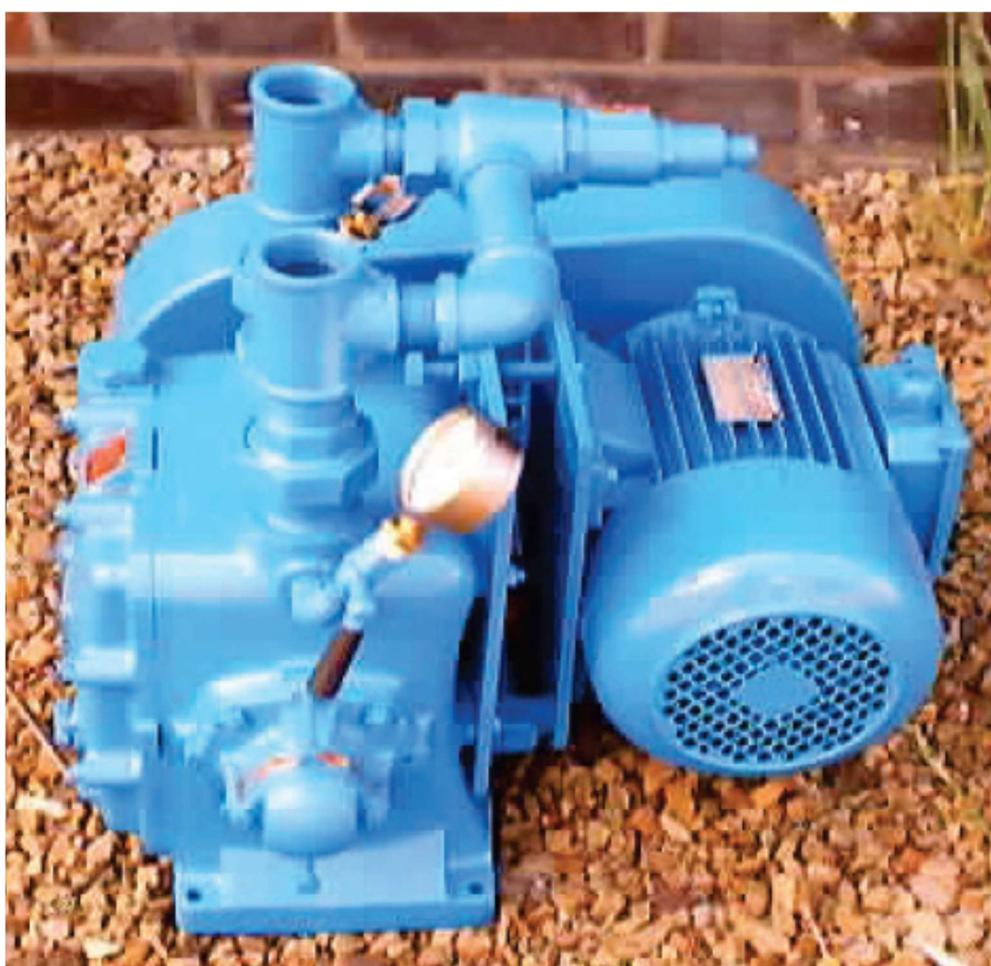


Figura 4- Bomba de sentina compacta.

Fuente: Megator. (5)

Los buques deben estar perfectamente preparados para poder achicar cualquier compartimento estanco que en origen no esté planteado para contener agua, combustible, aceite

o cualquier otro tipo de líquido, y deberán ser capaces de realizar funciones de achique en condiciones de trimado o de escora extremas.

El número de bombas y su capacidad dependerá del tamaño y tipo de buque.

Entendemos por sentina la superficie interna del fondo del buque, aquella zona hacia donde el agua u otros líquidos escurrirán por acción de la gravedad en caso de que bien puedan provenir del exterior o se hayan escapado de sus compartimentos de origen.

La sentina se divide en varios pozos, repartidos en las bandas así como en la proa y en la popa, cada uno de ellos con la capacidad de poder ser achicado de forma independiente por medios mecánicos.

3.3. El agua de sentina.

El agua o la mezcla de líquidos que se deposita en la sentina recibe el nombre de agua de sentina. Esta agua puede dividirse en dos categorías: flujos que pueden ser predecibles y más o menos continuos; y flujos intermitentes y difíciles de prever.

Como flujos predecibles se incluyen los resultantes de la operación del tanque de lodos del separador de aceite o aquellos originados por procesos de limpieza en el entorno de la sala de máquinas.

Como flujos intermitente y no fácilmente predecibles se incluyen reboses accidentales de tanques o espacios de maquinaria y las posibles filtraciones que puedan tener lugar por el buque.

El agua de sentina se almacena en un tanque que suele estar provisto de medios de calefacción. Con esta alta temperatura se favorece una primera acción de separación de aceite, donde por diferencia de densidades el aceite asciende a la parte superior del tanque mientras que las partículas sólidas se depositan en el fondo, dejando en la zona intermedia una capa de agua.

El volumen de agua de dicha capa intermedia, aún contaminado por aceite, será el que alimentará al sistema de tratamiento de agua de sentinas. Tanto la capa de aceite superior como los sólidos y lodos del fondo pueden ser retirados y realizar en ellos los tratamientos necesarios.

(6)

En la figura siguiente se muestra la distribución general de una planta de sentinas, representándose los posibles orígenes ya mencionados del agua de sentinas, así como los pozos de sentina, el tanque de agua de sentina y la instalación encargada del tratamiento de aguas oleosas. También está presente la descarga hacia el exterior del agua ya tratada.

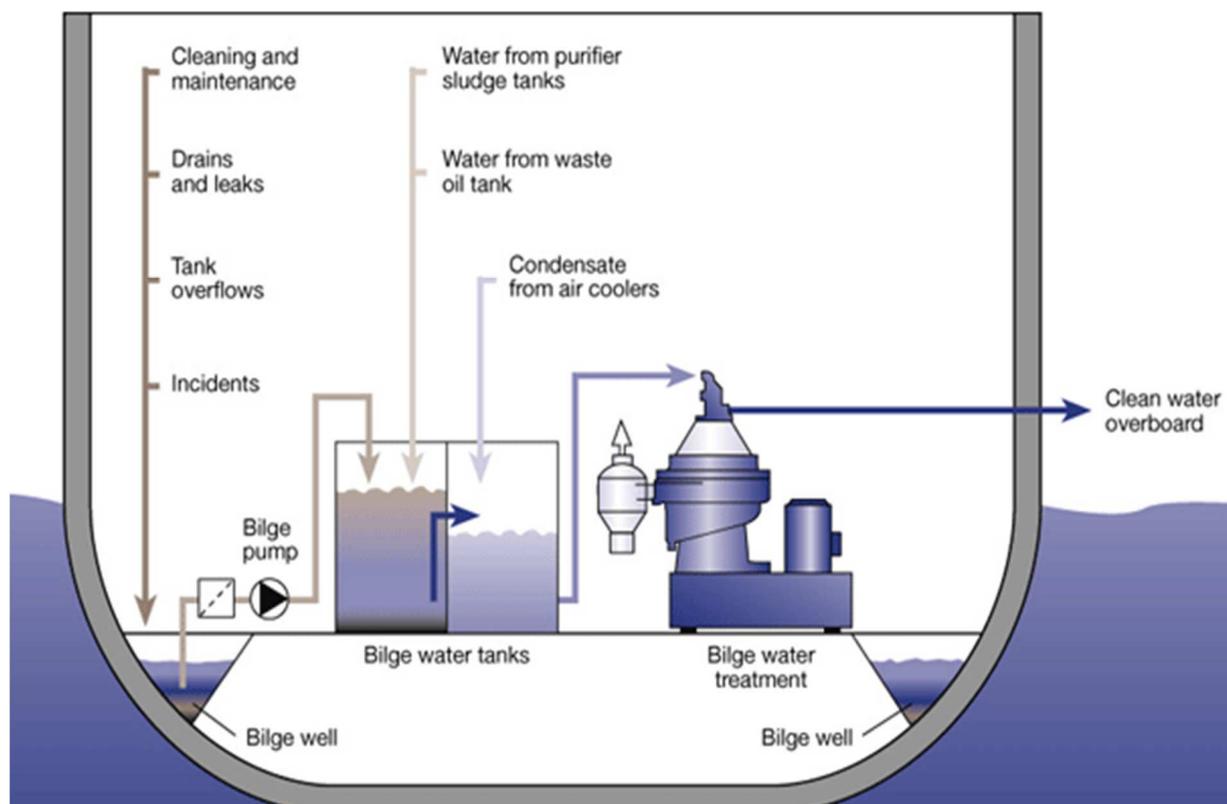


Figura 5 – Planta de sentinas.

Fuente: Join Systems. (7)

El Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques o MARPOL, recoge un conjunto de normativas desarrolladas por la Organización Marítima Internacional (OMI) y obliga a los buques a realizar tratamientos en aguas de sentinas que puedan contener partículas de aceite, prohibiendo su vertido al mar si el contenido de partículas es superior al establecido.

En los separadores de aceite el nivel de partículas suspendidas en el agua se ve reducido drásticamente, y cuando el detector de partes por millón (PPM) indique que su contenido está dentro del margen admisible se permitirá su descarga al mar, siempre que el buque se encuentre en navegación. (8)

3.4. El sistema de achique de sentinas.

Todos los compartimentos estancos presentes a bordo de un buque, distintos de un espacio permanentemente destinado a un uso específico, deberán estar conectados a un sistema de achique de agua de sentinas, acorde a la normativa del Convenio SOLAS.

Estos compartimentos son:

- Los espacios de máquinas.
- Los espacios vacíos.
- Cofferdams.
- Los espacios secos, como pueden ser los paños.
- Las bodegas de carga donde se transporta carga seca.

En el caso de espacios donde exista descarga directa por la borda a través de desagües o drenajes, no se exige su conexión a instalaciones de achique de sentinas.

Las aspiraciones del sistema de sentinas deben ser ramales conectados al sistema de aspiración de sentinas principal, a menos que se indique lo contrario, y cuando las planchas del techo del doble fondo del buque lleguen hasta el costado, las aspiraciones de sentinas deben llegar hasta pozos que estén situados en los laterales.

Las bombas del sistema de achique de sentinas pueden estar conectadas a otros sistemas del buque, como pueden ser sistemas sanitarios o de agua de lastre.

Estas bombas motorizadas independientes no están accionadas por maquinaria de propulsión u otros motores auxiliares, sino que están provistas de un motor propio que se encarga de su impulsión.

La cantidad de bombas que deberán estar presentes en una instalación de sentinas de un buque dependerá del tipo de buque que se trate, y viene dado por normativas internacionales, en este caso el Convenio SOLAS.

Una de las bombas de sentinas podrá ser un eyector de sentinas, cuando se cumpla la condición de que exista otra bomba independiente capaz de alimentar al eyector con agua en cantidad suficiente para su correcto funcionamiento. (9)

En lo respectivo a las prescripciones de bombas de sentinas, se aconseja que al menos una de ellas sea de tipo alternativo, aunque se acepta que sean todas rotativas siempre que se cumplan una serie de condiciones:

- Que sean bombas autocebantes, o se encuentren conectadas a un sistema de cebado central.
- Que dichas bombas centrífugas se encuentren situadas en la parte más baja del buque que sea posible.
- Que las bombas estén dispuestas de forma que el circuito de aspiración no tenga más de dos válvulas antirretorno.

La totalidad de conductos de aspiración de sentinas de la cámara de máquinas deberán disponer de cajas de lodos con tuberías rectas a las sentinas y tapas fáciles de abrir y cerrar, excepto en los conductos de aspiración de sentinas de emergencia, donde no será obligatorio.

El Convenio SOLAS contempla también la necesidad de inspeccionar y comprobar de forma periódica varios puntos de estas instalaciones:

- Las alarmas de nivel alto de los pozos de sentina.
- El sistema automático de puesta en marcha y parada de las bombas de sentinas.
- Los mandos de control para las válvulas de toma de mar y de descarga por debajo de la línea de flotación. (9)

3.5. Historia y evolución de los sistemas de achique de sentinas.

Si nos remontamos un poco en la historia de la navegación, a tiempos previos a motores de combustión, compresores, y demás elementos necesitados de lubricación y de combustibles y nos centramos en instalaciones de sentinas sin estos contaminantes, nos encontramos con barcos de madera donde el problema es el desalojo únicamente de agua.

En los barcos de madera las filtraciones de agua del exterior eran inevitables, y es por ello que la existencia de algún elemento para poder realizar el achique se hacía imprescindible.

Las bombas de achique de sentinas se convertían así en el elemento de mayor importancia del barco, ya que es lo que permitía mantener la flotación adecuada del barco mediante la eliminación del exceso de agua. (10)

En el caso de un buque en situación de peligro de hundimiento, el ritmo con el que el agua se filtra hacia el interior desciende a medida que éste se va hundiendo. Con esto puede ocurrir que en un momento dado el caudal de agua desalojado por las bombas se iguale al caudal de agua que está entrando, de forma que el buque puede mantener su integridad pese a estar comprometida su situación, dando tiempo a la tripulación para encontrar el origen de la filtración y repararlo si fuese posible.

Las primeras bombas de achique que se utilizaron eran de madera, y eran principalmente de tres tipos: bombas de cono, bombas comunes y bombas de cadena. El principal elemento que tenían en común era un cilindro exterior de madera, que no era otra cosa más que el tronco de un árbol al que se le realizaba una perforación en su interior, donde más tarde se alojaría el mecanismo de bombeo correspondiente.

Todo el proceso de preparación de estos troncos se realizaba en un principio de forma manual y no era una tarea simple, hasta la creación de máquinas que permitieron facilitar el proceso. En el caso de su utilización en barcos debían realizarse de un solo tramo, a diferencia de las bombas de madera utilizadas en tierra, que podían tener varios.

La alternativa a este alojamiento cilíndrico era la sustitución del tubo de madera por otro también de madera, pero no perforada, sino de perfil rectangular formado por planchas unidas entre sí. (10)

3.5.1. La bomba de cono.

En la bomba de cono nos encontramos que además del ya mencionado tubo de madera, se dispone también de una válvula de pie y de una lanza de madera con un accesorio con forma de cono en su extremo.

La válvula de pie además de su función propia como válvula también servía como base de la bomba.

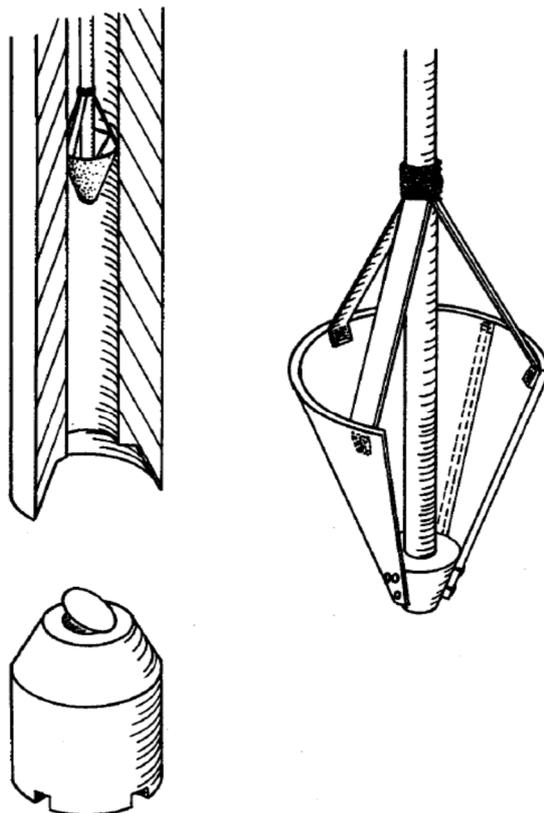


Figura 6 – Detalle de una bomba de cono.

Fuente: The history and development of ships' bilge pumps. (10)

El elemento cónico era de cuero y su base debía tener el mismo diámetro que el interior del tronco de madera. La lanza de madera era movida verticalmente, y este movimiento producía que el cono se cerrase al bajar, y posteriormente al subir se abiera, llevando en su interior el agua a desalojar.

El movimiento que hacía funcionar este tipo de bombas era aplicado directamente por la tripulación de forma manual por un asa en la parte superior o por medio de cuerdas.

A partir del siglo XVII el uso de este tipo de bombas empieza desaparecer.

En la figura siguiente se muestra el detalle de la construcción del asiento en este tipo de bombas, con un ensanchamiento en la parte inferior para una mejor fijación de la base de la bomba. (10)

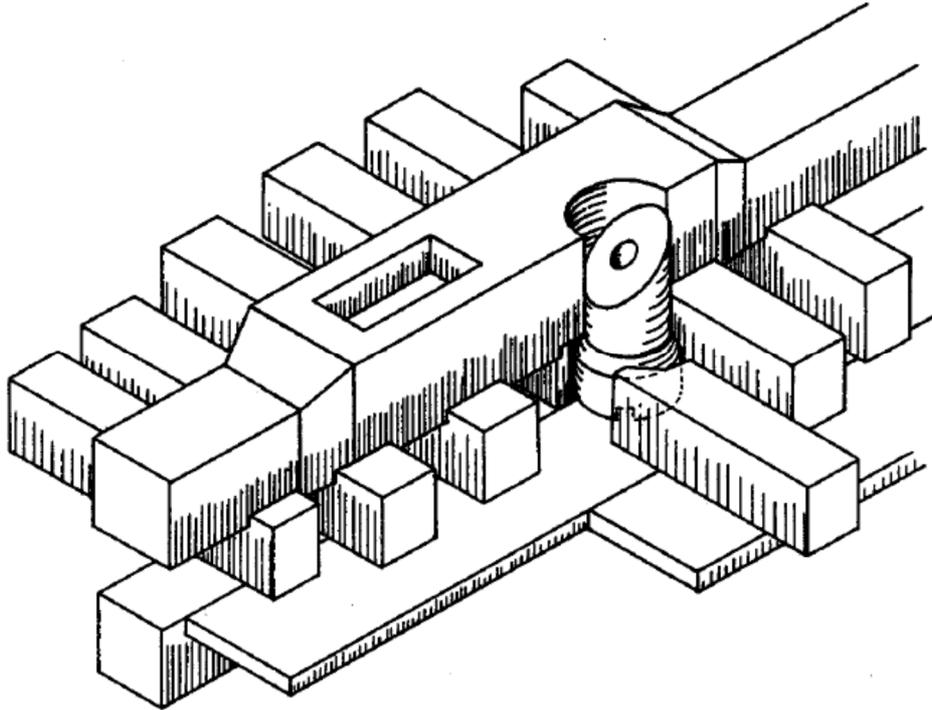


Figura 7 – Detalle del asiento de una bomba de cono

Fuente: The history and development of ships' bilge pumps. (10)

3.5.2. La bomba de succión.

Otro tipo de bomba es la bomba común, o de succión, y empezó a utilizarse en torno a los siglos XV y XVI. Esta bomba consiste en un tubo de madera vertical que descansa en el fondo del buque, y se maneja mediante un freno y dos cajas o pistones.

A mitad de la longitud del tubo se encuentra la caja inferior, que actúa como válvula baja, y que presenta un asa que permite subirla en caso de querer extraerla de su alojamiento. A la caja o válvula superior se une una varilla de hierro, llamada lanza, que en su extremo superior se une al freno mediante un pasador, lo que permitirá su accionamiento a modo de palanca.

La parte inferior de los tubos disponía de unos cortes que eran los que permitían el paso del agua desde el fondo del buque hacia el interior de la bomba. (10)

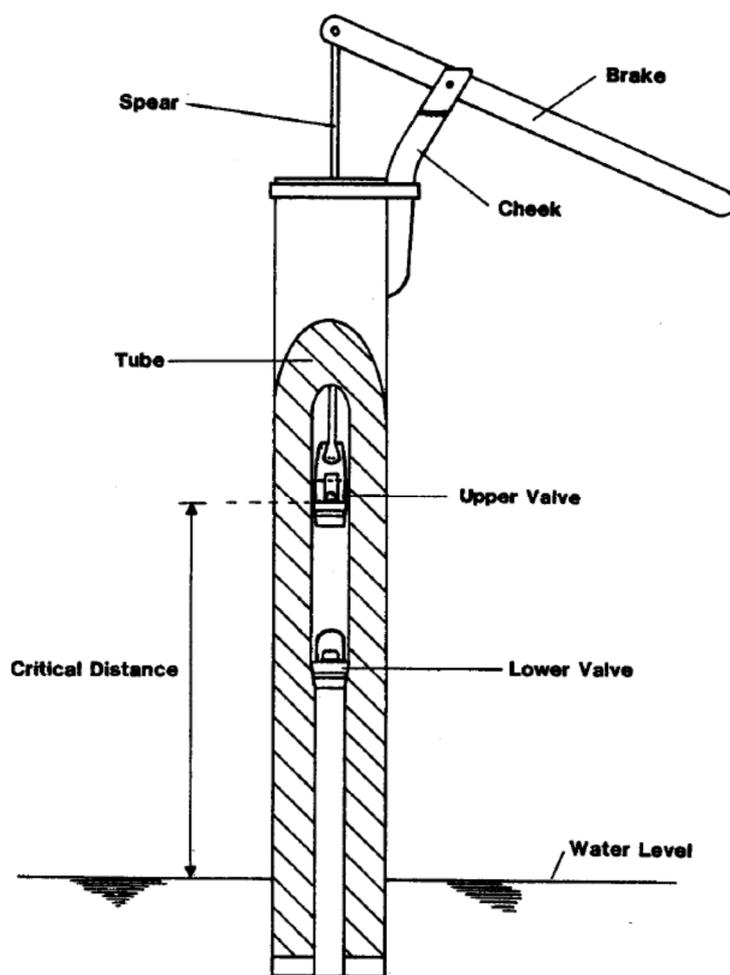


Figura 8 – Bomba común o de succión

Fuente: *The history and development of ships' bilge pumps.* (10)

Uno de los mayores problemas en este tipo de bombas era que desechos de la sentina pudiesen ser aspirados por la bomba y quedar atrapados en el interior, en una de las válvulas, de forma que quedase impedido el funcionamiento de la bomba.

Para evitar esto se colocaban unas láminas perforadas de plomo o de cobre en el extremo inferior de la bomba a modo de filtro rudimentario.

A partir del siglo XVI comienza a utilizarse el metal en las bombas, sobre todo hierro y cobre, aumentando a lo largo del siglo XIX. En el siglo XVI el plomo ya era utilizado en tuberías de sistemas de suministro de agua.

Debido al elevado coste de la utilización de metales, la madera seguía siendo el elemento principal, y éstos solo eran utilizados en elementos que necesitasen ser más fuertes y resistir

durante mucho tiempo. Aunque los elementos internos de la bomba pudiesen ser de metal, el tubo exterior seguía siendo de madera.

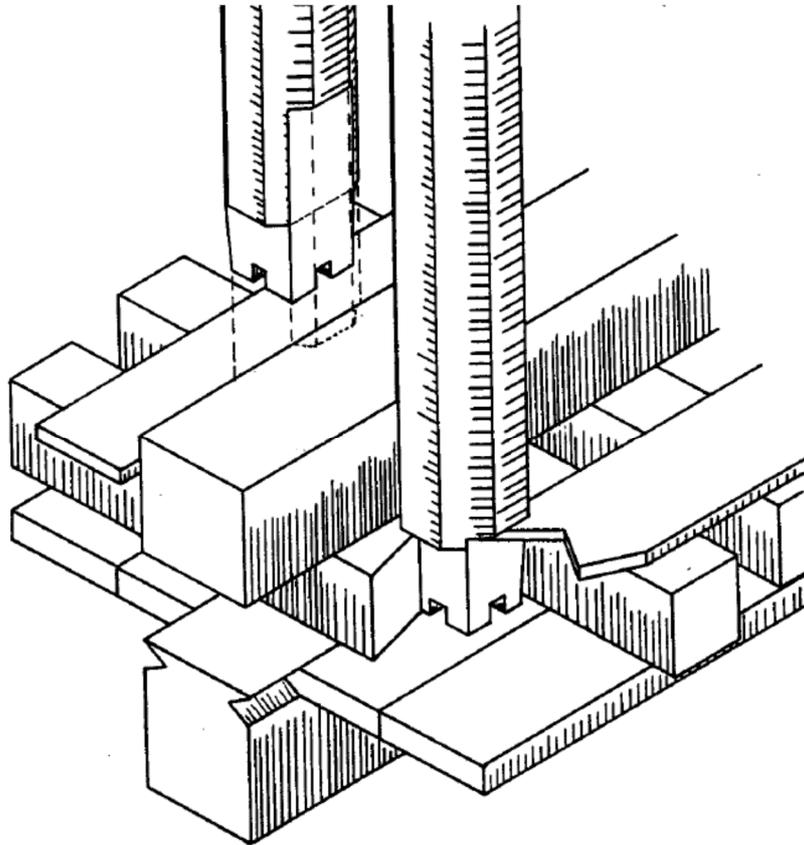


Figura 9 – Detalle del asiento de una bomba de succión

Fuente: The history and development of ships' bilge pumps. (10)

El principal metal en utilizarse en las bombas era el plomo, por su facilidad para trabajar con él, su abundancia, su duración respecto a la madera, y la ventaja de que no se oxidaba. Más adelante, a partir del siglo XVIII se empezó a utilizar cobre y bronce, a pesar de su coste.

Una variación de esta clase de bombas eran las bombas de succión de múltiple pistón, donde en un mismo cilindro se disponía de varias válvulas de pistón. En algunas, cada válvula estaba unida a una varilla distinta de forma que cuando una subía la otra bajaba. (10)

3.5.3. La bomba de cadena.

El otro tipo de bombas, las bombas de cadena, consistían en una cadena larga con numerosas válvulas repartidas en su longitud, provistas de discos de cuero. Estas válvulas

descendían por un tubo de madera, para subir por otro lado desalojando agua, movida por personas mediante el accionamiento de un cabrestante.

Estas bombas cuentan en su parte superior con una rueda dentada de madera, atravesada por un cigüeñal que es el que permite realizar el desplazamiento de la cadena al ser girado.

Esta bomba de cadena presentaba unas claras ventajas sobre la bomba de succión, ya que podía mover un caudal de agua mucho mayor y se podía trabajar con ella de forma mucho más sencilla. (10)

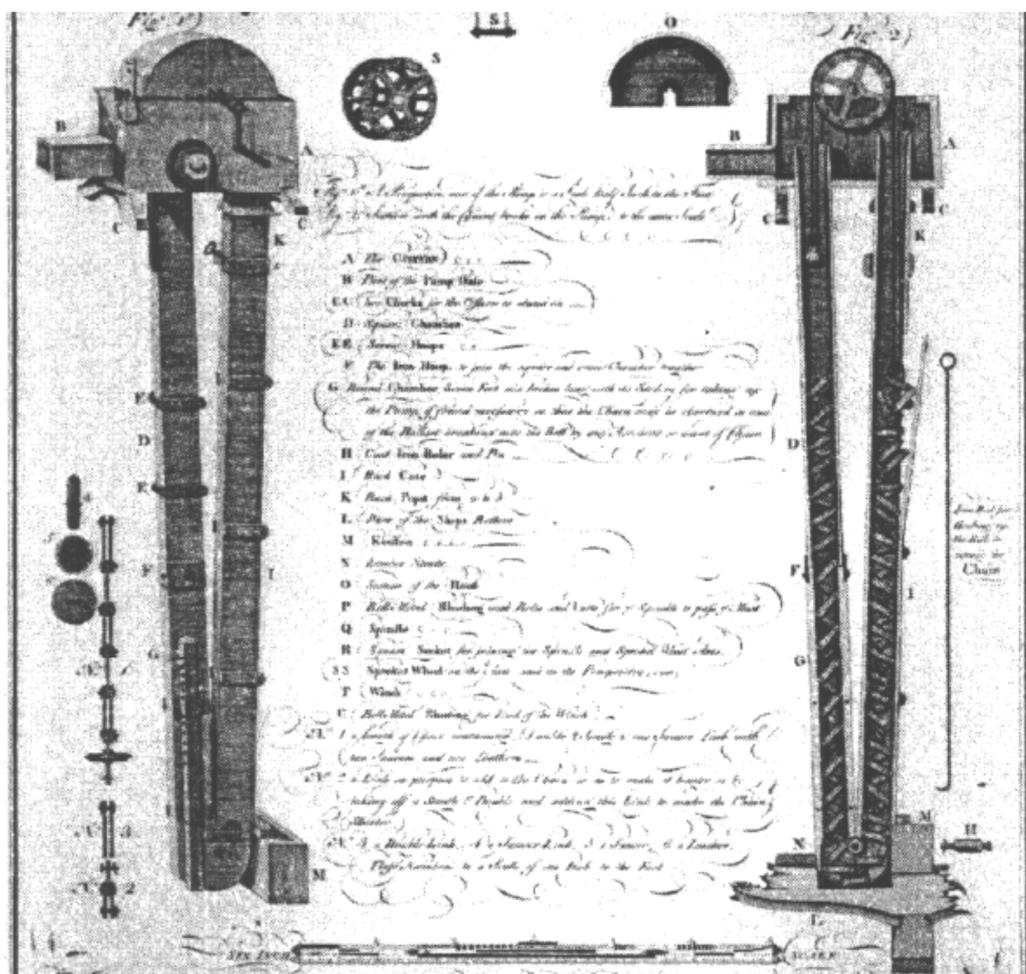


Figura 10 - Bomba de cadena.

Fuente: *The history and development of ships' bilge pumps.* (10)

También presentaba desventajas, como el hecho de que se necesitaba un gran número de personas para operarla de forma continua y que los discos de cuero debían reemplazarse con frecuencia.

Además, la eficiencia de la bomba de cadena era de un cincuenta por ciento, por ello no llegó a generalizarse su uso en buques mercantes, ni siquiera más adelante cuando el uso de metales era más común y la eficiencia se había mejorado.

A partir de 1840 la fabricación de las bombas empezaba a ser ya una actividad industrializada y en muchos casos las bombas ya eran operadas por plantas de vapor. (10)

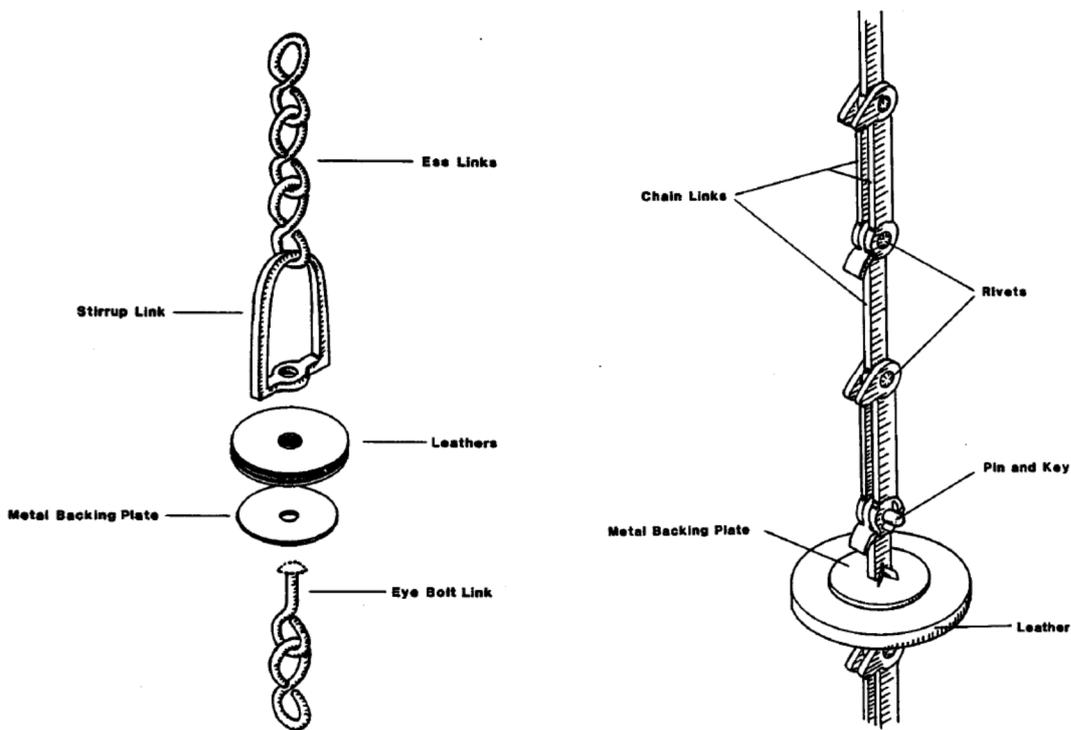


Figura 11 - Detalle de dos tipos de válvulas de la bomba de cadena.

Fuente: *The history and development of ships' bilge pumps.* (10)



Figura 12 – Bomba de cadena antigua del buque HMS Victory.

Fuente: Sailingtexas. (11)

3.5.4. Las bombas de achique en la actualidad.

Volviendo a tiempos más actuales y buques más modernos, nos encontramos con unas condiciones muy controladas y de carácter estricto, donde el tipo de instalaciones incluidas en una planta de sentinas, así como el número de bombas de achique de sentina y su dimensionamiento viene regulado en función del tipo de buque, su tamaño y el servicio que deba llevar a cabo.

Todas estas instalaciones deberán ser aprobadas por las Sociedades de Clasificación y adecuarse al cumplimiento de las legislaciones existentes.

En buques pequeños, alguna de las bombas de achique de sentina puede ir acoplada al motor principal, pero el resto deberán ser independientes. En algunos casos podrá aceptarse un eyector como sustituto de una bomba, siempre que sea capaz de dar un flujo de achique adecuado. Estos eyectores de agua de sentina van asociados a una bomba que les suministra agua de mar a alta presión. (12)

Un dato muy importante en las bombas que dan servicio a las sentinas es que deben ser autocebantes, o en su defecto permitir el cebado. Pueden ser bombas centrífugas o bombas rotatorias.

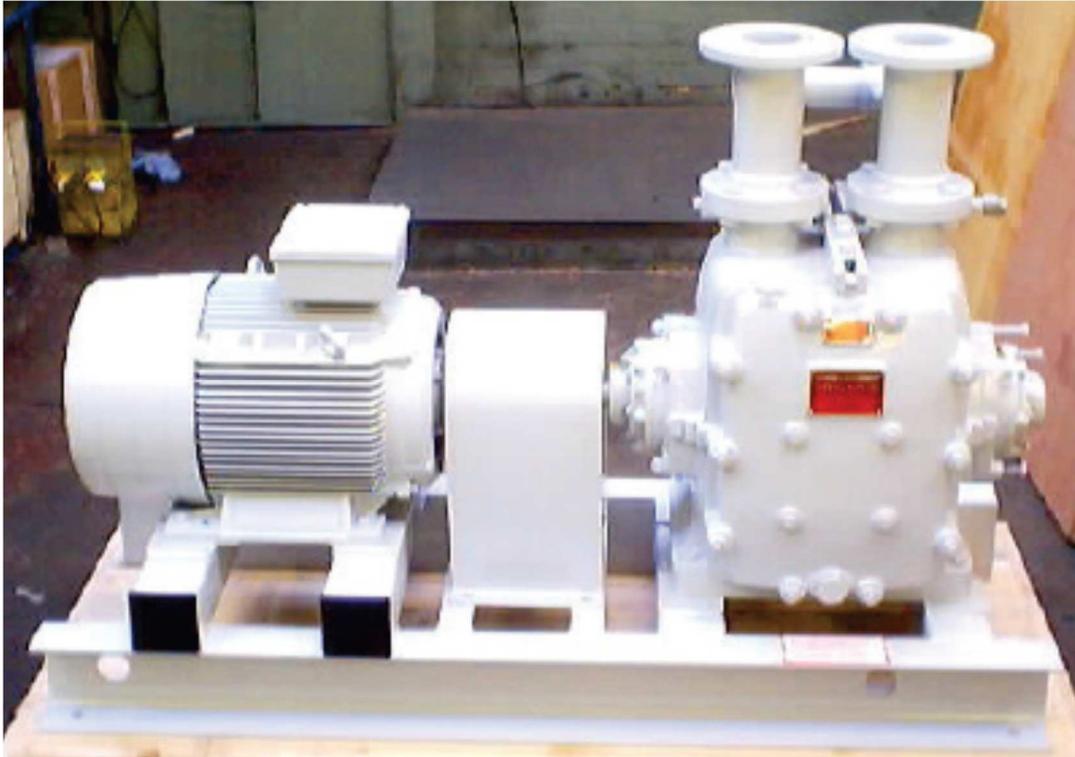


Figura 13 - Bomba de lodo.

Fuente: Megator. (5)

Las bombas de achique de sentinas pueden ser utilizadas para otras tareas a bordo de comportamiento intermitente, como el servicio de agua de lastre o para contraincendios. Estas bombas no deben usarse para servicios de operación continua, como puede ser el de refrigeración.

Las cajas de aspiración de las bombas de achique de sentinas presentan válvulas de tipo antirretorno, para evitar la posibilidad de entrada de agua desde la línea de agua de mar o de la aspiración de agua de lastre.

Las bombas son máquinas hidráulicas cuya función es proporcionar energía a un fluido. Pueden usarse para elevar un fluido, forzarlo a entrar en un recipiente o darle suficiente presión para que fluya por una tubería.

Las bombas incrementan la energía mecánica del fluido, aumentando su velocidad, presión o elevación, o las tres anteriores. (12)

3.5.5. Tipos de bombas de achique modernas.

Existen dos clases principales de bombas, las de desplazamiento positivo, que aplican presión directamente al fluido mediante un pistón; y las bombas dinámicas.

Dentro del grupo de las bombas dinámicas encontramos las centrífugas, que generan altas velocidades de rotación y convierten la energía cinética del fluido en energía de presión.

En las bombas centrífugas el fluido entra a través de la conexión de succión concéntrica al eje del impulsor, elemento giratorio de alta velocidad, el cual está provisto de álabes radiales.

Dicho fluido se traslada por el interior de los espacios existentes entre los álabes y abandona el impulsor a una velocidad considerablemente mayor con respecto a la de la entrada.

La energía de un motor hace girar el eje de la bomba; solidario con el impulsor, cuyos álabes aportan la energía cinética al fluido. (13)



Figura 14 – Bomba dinámica centrífuga Sulzer.

Fuente: Direct Industry. (14)

En las bombas de desplazamiento positivo, su órgano propulsor contiene elementos móviles que por cada revolución genera de manera positiva un volumen dado que es independiente a la contrapresión en la salida.

En estas bombas la energía mecánica suministrada se transforma en energía de presión de forma directa, transmitiéndose al sistema hidráulico.

También podemos encontrar bombas de émbolo o de membrana, que en su funcionamiento producen un movimiento de vaivén que permite aspirar líquido a través de una válvula antirretorno de aspiración y otra de descarga, que abren y cierran de forma alternativa.

El problema de estas bombas es que solo impulsan caudal de forma intermitente durante la mitad de su ciclo de trabajo, al actuar a modo de pulsos.

Las bombas de canal lateral, como las demás bombas centrífugas, disponen de una vía de aspiración y una de descarga entre las cuales se sitúa el rodete. El rodete es el encargado de transmitir la energía del fluido, y consiste en un gran disco con paletas insertadas. (13)



Figura 15 – Bomba de canal lateral.

Fuente: Direct Industry. (15)

El fluido durante su circulación se mantiene por la periferia, impulsado por las palas. Son bombas aptas para trabajar con pequeños caudales, permitiendo trabajar a presiones elevadas y son autoaspirantes.

En el caso de los eyectores o bombas Venturi, no se dispone de ninguna parte móvil. En estas bombas la transmisión de energía tiene lugar por efecto impulsivo de un chorro de agua a presión como medio impulsor. (16)

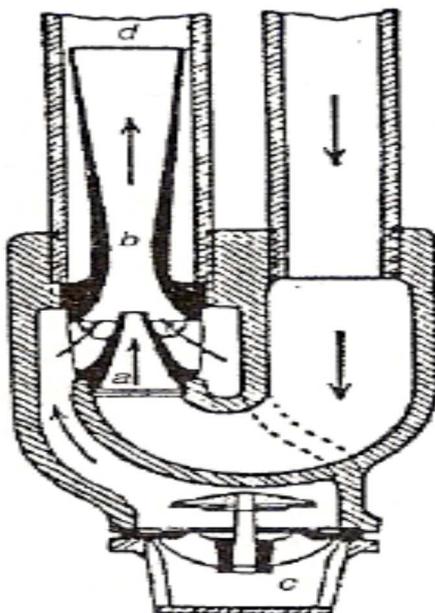


Figura 16 – Eyector o bomba Venturi.

Fuente: Automatización del sistema de achique y separación de sentinas en un buque RO-PAX (17)

3.6. Sistemas de separación de aguas oleosas.

Aparte de la función de achique de sentinas, la otra función de la planta de sentinas de un buque es la ya nombrada de separación de partículas de aceite que se encuentran en suspensión en el agua, y es aquí donde entran los dispositivos separadores de aceite.

El sistema de separación de aguas oleosas se encarga de separar los hidrocarburos contenidos en el agua de sentinas, que previamente han sido almacenados en el tanque de decantación de sentinas.

Una vez realizado su tratamiento y encontrándose en los márgenes permitidos por la legislación, el agua limpia se podrá evacuar hacia el mar. (17)

Lo habitual es que los aceites tengan una densidad menor que la del agua y esta es la base del diseño de los separadores. Sin embargo, algunos aceites modernos pueden tener a determinada temperatura una densidad muy similar a la del agua o incluso mayor, dificultando en estos casos la separación de ambos fluidos únicamente por diferencia de densidades.

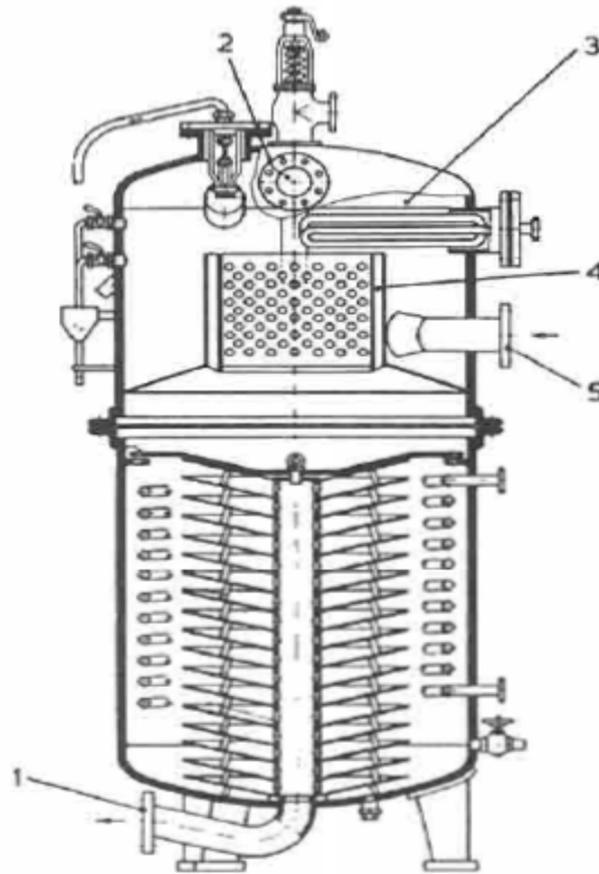


Figura 17 - Esquema de un separador de aceite de placas paralelas.

Fuente: McGeorge, H. D. Marine Auxiliary Machinery. (12)

Como elementos separadores de aceite también se usan las centrifugadoras, que por su velocidad de rotación ejercen unas fuerzas mucho mayores que la gravitatoria, y ayudadas por un calentador reducen la densidad de los aceites respecto al agua.

Los separadores se utilizan cuando se trabaja con grandes cantidades de agua donde normalmente las cantidades de aceite a extraer serán pequeñas, mientras que las centrifugadoras se utilizan cuando lo que se quiere es separar cantidades de agua pequeñas respecto de un volumen mayor de aceite.

3.7. Separadores de aceite de placas paralelas.

Los separadores de aceite de placas paralelas consisten en un recipiente cilíndrico vertical en cuyo interior se alojan una serie de placas cónicas invertidas colocadas de forma paralelas unas respecto a otras. Las placas están unidas a un tubo central perforado.

El agua oleosa se introduce en el separador a través de su mitad superior y se dirige hacia abajo circulando por las placas. En la parte superior del recipiente se produce la separación de las gotas más grandes de aceite, mientras que las más pequeñas son arrastradas por el agua entre las placas.

En los separadores de aceite se intenta en lo posible que el flujo presente en su interior sea de tipo laminar. (12)



Figura 18 – Vista real de un separador de placas paralelas.

Fuente: Ship-Technology. (18)

Estas gotas de aceite se van acumulando en la parte inferior de las placas, hasta que tienen un volumen y una velocidad suficiente como para llegar a la periferia de la placa y seguir ascendiendo en su recorrido hacia la superficie de líquido.

Los separadores van provistos de controladores de nivel que envían una señal eléctrica para que cuando el nivel de aceite sea el adecuado, se abra de forma automática una válvula para su drenado.

Además van equipados con calentadores o resistencias térmicas en su parte superior, que permiten ayudar en la separación de agua y aceite, disminuyendo la densidad de los hidrocarburos.

3.8. Funcionamiento de los separadores de aceite.

Previamente a la operación inicial, el separador debe rellenarse con agua limpia. Las placas de su interior son más o menos autolimpiantes, pero cada cierto tiempo es necesario desmontar la parte superior del separador y revisar dichas placas en busca de una posible acumulación de lodos en su superficie así como corrosión que pueda presentar.

El funcionamiento del sistema separador se puede dividir en tres etapas:

La primera etapa corresponde a la separación de agua y aceite por decantación, mediante la diferencia de densidades entre ambos tras dejarlos en reposo durante un tiempo.

El fluido entra al separador por la parte inferior a través de una cañería de pequeño diámetro con respecto al cuerpo del separador. Debido a esta diferencia, la mezcla reduce la velocidad y, entonces, la mayor parte del aceite se separa gracias a la diferencia de densidad y a la baja velocidad de flujo en el interior del separador.

La segunda etapa comprende la separación de gotas de aceite que se ha comentado anteriormente, a través de las placas, que se irán juntando para formar gotas mayores y subirán a la superficie.

La tercera etapa corresponde al paso de las partículas de aceite a través de unas placas onduladas y perforadas, para terminar llegando a la cámara de hidrocarburos. (12)

Este proceso por el que gotas pequeñas de hidrocarburos se van juntando para formar gotas de mayor volumen y dirigirse a la superficie con mayor velocidad, recibe el nombre de coalescencia.



Figura 19 – Detalle de las placas coalescentes.

Fuente: Freylit Oil-Water Separator. (19)

Las bombas presentes en los sistemas de separación de aguas oleosas generalmente suelen estar presentes en la descarga del separador, con la finalidad de crear un vacío en el interior, y con este vacío producir aspiración desde el tanque de decantación hacia el interior del separador, aunque también puede darse el caso de que la bomba se encuentre a la entrada del separador.

Los lodos que se acumulan en la parte superior del separador se miden por medio de un sensor situado en la cámara de hidrocarburos. Este sensor lo que mide es la conductividad del agua, de modo que si el medio en el que sus electrodos están sumergidos es agua, habrá conductividad entre ellos, pero si no la hay, esto indica que los electrodos están sumergidos en aceite, y se enviará una señal eléctrica para abrir la descarga hacia el tanque de lodos.

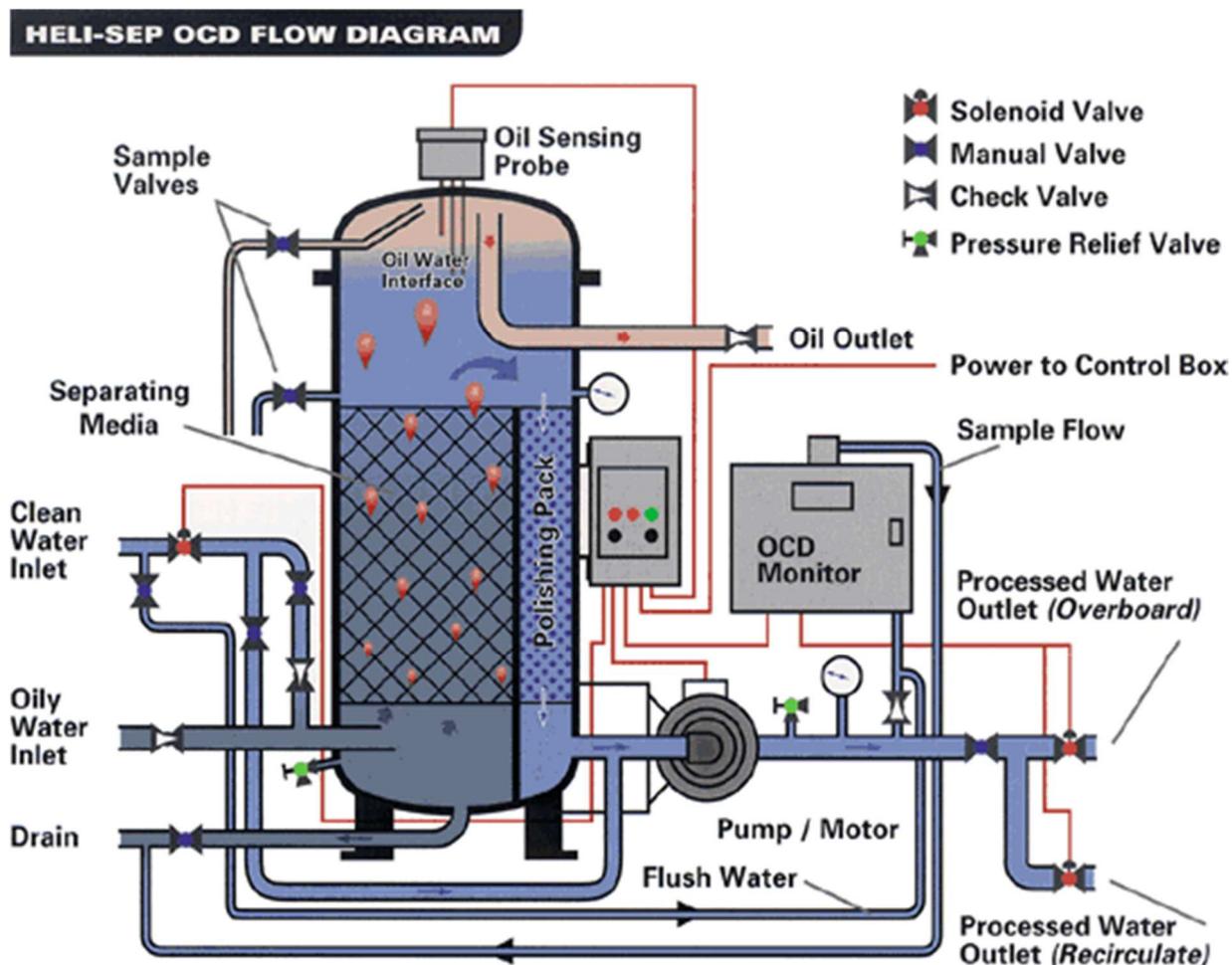


Figura 20 – Componentes de la instalación de un separador.

Fuente: Heli-Sep Oily Water Separators. (20)

El fluido sale de los medios de separación, continuando el flujo del aceite hacia la parte superior de la cámara de lodos por diferencia de densidad.

El agua que contiene pequeñas gotas de aceite es arrastrada hacia abajo por su paso a través del demister oleolífico o desnebulizador (eliminador de niebla), donde son separadas debido a la adherencia del aceite con dicho medio, lo que reduce el efecto de velocidad que traía la microgota, reteniéndola hasta que otra partícula se adhiera a ella y tenga un volumen suficiente que le permita su ascenso a través del desnebulizador y llegue a la parte superior de la cámara de lodos por diferencia de densidad.

El agua que sale de esta tercera etapa contiene menos de 15 ppm de hidrocarburos, de acuerdo a las reglamentaciones internacionales. Cuando en la cámara de lodos hay una cantidad

suficiente del mismo, el sensor de nivel detiene la bomba y abre la válvula de entrada de agua limpia.

Otro elemento presente en los separadores es el medidor de partículas de hidrocarburos u oleómetro, y su alarma correspondiente, fijada como indica la normativa de la OMI, nunca a un valor mayor de 15 ppm.

El agua que entra a presión por la parte baja del separador desplaza el aceite acumulado que es descargado por el caño de vaciado de aceite. Después de que se haya vaciado el aceite, y que el sensor de nivel se encuentre inmerso en el agua, el separador vuelve a repetir el ciclo automáticamente.

El recipiente separador, está equipado con dos válvulas de muestra para extraer muestras del aceite y determinar el nivel de la interfase agua/aceite. La válvula manual situada en el fondo del recipiente es provista para su drenaje, y se puede utilizar para tomar de muestras del agua en proceso.

El tablero eléctrico, cuenta con un interruptor para control de alimentación de la totalidad de circuitos internos, y otro interruptor para la selección del modo de operación; además cuenta con protección termomagnética general y por sobre intensidad del circuito de control.

Situando el interruptor de operación en la posición LAVADO, se abrirá la válvula de entrada del agua limpia y será descargada cualquier cantidad de aceite acumulada, contralavándose el desnebulizador.

Situando el interruptor de operación en la posición AUTOMATICO se llenará con agua limpia y luego se pondrá en marcha la bomba. Esta es la posición normal de trabajo. Un manovacuómetro instalado sobre el recipiente muestra el vacío o la presión existentes en el interior del separador. Un manómetro instalado en la descarga de la bomba indica la presión de descarga del separador. (21)

El equipo puede contar con protección catódica por medio de un ánodo de sacrificio de cinc que previene la corrosión del interior del recipiente.

El oleómetro medirá el contenido de partículas de aceite en el agua tratada, y si se encuentra en el rango adecuado, enviará una señal que permite la descarga del agua limpia al mar. En caso contrario se produciría una recirculación del agua hacia el tanque de decantación de sentinas.

El aceite resultante del proceso de separación se almacena en el tanque de lodos, donde podrá permanecer hasta ser retirado en tierra o podría extraerse de dicho tanque también para producirse su combustión, y quemar esos hidrocarburos de desecho. (17)

3.9. El problema de la contaminación.

Del volumen total de hidrocarburos que se vierten al mar, estimaciones indican que solo entre el 10 y el 15% son a causa de hundimientos y accidentes de gran magnitud. El porcentaje restante proviene de derrames en operaciones de carga y descarga, pequeños accidentes, roturas de depósitos, limpieza de depósitos y sentinas, etc.

Este proceso, la limpieza de depósitos y sentinas de los buques, es una de las operaciones que más repulsa causan a la sociedad, debido a son evitables, y solo por reducir tiempo y costes se prefiere verter al mar la suciedad de los depósitos en lugar de hacer uso de las instalaciones existentes al efecto en la casi totalidad de los puertos importantes.

Este comportamiento está perseguido y es castigado, pero el control de todos los buques es muy complicado y las compañías navieras se aprovechan de esta situación. (22)



Figura 21 - Derrame de aguas de sentina.

Fuente: Ausmepa. (23)

3.10. Normativas internacionales sobre hidrocarburos y contaminación.

En lo respectivo a normativa, las plantas de sentinas deberán cumplir con las indicaciones del convenio MARPOL 73/78, así como el convenio SOLAS.

La Organización Marítima Internacional (OMI), es un organismo de la ONU, especializado en los aspectos técnicos del transporte marítimo internacional. Entre sus objetivos se encuentran el fomento a la seguridad de la navegación, la prevención de la contaminación marina, y la estimulación de la cooperación entre gobiernos respecto de cuestiones técnicas del transporte marítimo internacional.



Figura 22- Logotipo de la Organización Marítima Internacional.

Fuente: Organización Marítima Internacional. (24)

Un dato que aporta seguridad a tripulaciones, armadores, y demás personal relacionado con los buques, es el hecho de las instalaciones y procedimientos que se llevan a cabo esté cumpliendo con las regulaciones de la OMI.

Una de las funciones de importancia que desarrolla la OMI es el examen de cuestiones técnicas relacionadas con los buques, como puede ser su construcción y equipamiento, el transporte de diferentes tipos de carga, etc., así como varios aspectos de seguridad en los puertos.

Para cumplir con estas funciones, la OMI estudia proyectos de convenios, códigos, recomendaciones y resoluciones. El número de convenios aprobados por la OMI ronda los 30 convenios, así como otros tantos códigos y unas 900 resoluciones, todos ellos con un ámbito de aplicación internacional.

Los convenios de la OMI que guardan alguna relación, directa o indirectamente, con la prevención, control y reparación de la contaminación marina, son los nombrados a continuación:

El convenio internacional para prevenir abordajes, un convenio sobre líneas de carga, el convenio internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas de mar por hidrocarburos, un convenio internacional para constituir un fondo de indemnización por daños causados por la contaminación, un convenio relativo a la intervención en alta mar en casos de accidentes que causen contaminación por hidrocarburos, etc.

3.10.1. Convenios OILPOL/54 y MARPOL 73/78.

En 1954, se aprueba un Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, bajo el nombre OILPOL/54.

En el año 1978 se introducen importantes enmiendas a los Anexos I y II del Convenio, pasando a denominarse MARPOL 73/78.

Los artículos contenidos en este Convenio tratan temas relacionados con el ámbito de aplicación, entrada en vigor, enmiendas, etc. Se prescribe que las partes en el Convenio cooperarán en la detección de las transgresiones. Los buques podrán ser objeto de inspección por otras partes a fin de verificar si han efectuado alguna descarga infringiendo lo dispuesto en el Convenio.

De todos los Anexos del Convenio, el I y el II, los relativos a contaminación por hidrocarburos y por sustancias nocivas, son de obligatorio cumplimiento para aquellos Estados que lo ratifican. Los demás se consideran Anexos facultativos o sea, una parte puede no adoptar alguno de ellos. (25)

En el nombrado Anexo I, sobre la Contaminación por hidrocarburos, se establecen disposiciones aplicables tanto a buques como a terminales petroleros en tierra, y se establece la prohibición de descarga de hidrocarburos al mar, tanto desde buques petroleros como otros

tipos de buques, a menos que se cumplan determinadas condiciones de control estricto y monitorización y que se hagan a través de equipos filtradores debidamente autorizados.



Figura 23- MARPOL 73/78.

Fuente: Maritime-connector. (26)

Se establecen también unas áreas especiales, donde estas descargas quedan absolutamente prohibidas, siendo éstas áreas marinas que por reconocidas razones técnicas respecto a sus condiciones oceanográficas y ecológicas, hagan necesario establecer métodos obligatorios para prevenir la contaminación por hidrocarburos.

Este Anexo también es el que obliga a los buques petroleros a llevar doble casco, tanto para buques nuevos como para adaptar buques que ya se encontraban en servicio con anterioridad.

Otra obligación presente en el Anexo, esta vez relativa los puertos, indica la obligación de disponer de facilidades de recepción de lastres sucios y de residuos en puertos de embarque de hidrocarburos pesados, y en puertos donde existan astilleros de reparación.

Asimismo, en los puertos comerciales también deben existir facilidades para recibir aguas de sentina de la máquina y otros residuos. (25)

El Anexo II se refiere a las sustancias nocivas líquidas, y establece criterios que deben respetarse para las descargas y las medidas destinadas al control de la contaminación ocasionada por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel.

Estas sustancias están divididas en categorías, y clasificadas según el grado de peligrosidad que presenten para los recursos marinos, para la salud humana o para los atractivos naturales.

En este segundo Anexo se establecen las normas para la descarga de residuos en instalaciones de recepción en puerto habilitadas para tal propósito, y se consideran excepciones bajo determinadas condiciones.

En cualquier la descarga de residuos que contengan sustancias nocivas queda totalmente prohibida a menos de 12 millas de la costa más próxima y en aguas de una profundidad menor de 25 m. (27)

3.11. Gestión de la seguridad operacional de los buques.

Así como existe el Convenio MARPOL, tenemos también el SOLAS 74/78, el Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en la mar. Este convenio recoge toda una serie de normas sobre diseño, elementos de salvamento, sistemas de comunicaciones, sistemas de gobierno y de propulsión, cargas, etc.

El SOLAS es también uno de los convenios más antiguos, habiéndose adoptado la primera versión del mismo en una conferencia celebrada en Londres en 1914. Desde ese año ha habido otros cuatro convenios SOLAS: el segundo fue adoptado en 1929 y entrando en vigor en 1933; el tercero adoptado en 1948 y entrando en vigor en 1952; el cuarto adoptado en 1960 y entrando en vigor en 1965; mientras que la versión más actual se aprobó en 1974 y entró en vigor en el año 1980.

En los convenios SOLAS se ha prestado atención a cuantiosos aspectos de la seguridad en el mar. La primera versión incluía capítulos sobre seguridad de la navegación, construcción, dispositivos de salvamento y prevención de incendios, temas que todavía siguen figurando en la versión de 1974. (24)

El hundimiento del Titanic fue el suceso que condujo a la convocatoria de la Conferencia internacional de seguridad marítima de 1914, ya que este desastre planteó tantos interrogantes

sobre de las normas de seguridad vigentes por aquel entonces que el Gobierno del Reino Unido propuso la celebración de una conferencia internacional para elaborar nuevos reglamentos.

A la Conferencia asistieron representantes de 13 países, y el Convenio SOLAS, fruto de la misma, fue adoptado el 20 de enero de 1914.

La estructura del convenio SOLAS se divide en capítulos, cada uno de ellos centrado en un ámbito concreto de la seguridad en los buques.

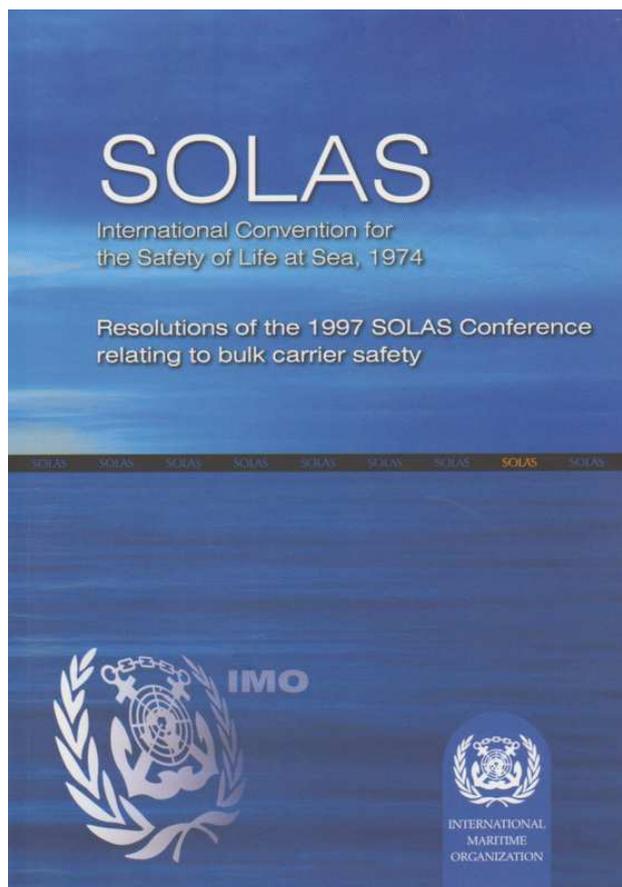


Figura 24 - Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar.

Fuente: Organización Marítima Internacional. (24)

En mayo de 1991, el Comité de Seguridad Marítima acordó que en el futuro las enmiendas sólo entrarían en vigor una vez cada cuatro años. La fecha normal de entrada en vigor es ahora el 1 de julio. Si bien el plazo de cuatro años es la norma, la OMI podrá aprobar enmiendas a intervalos más cortos en circunstancias excepcionales.

El capítulo IX del SOLAS es el que recoge el tema de la gestión de la seguridad operacional de los buques. Este nuevo capítulo del Convenio tuvo por objeto hacer obligatorio

el Código internacional de gestión de la seguridad (IGS), aprobado por la OMI en noviembre de 1993.

El código IGS recoge una serie de objetivos en relación a la gestión de la seguridad:

- Establecimiento de prácticas de seguridad en el medio de trabajo y en las distintas operaciones del buque.
- Necesidad de tomar precauciones contra todos los riesgos señalados.
- Mejora continua de los conocimientos prácticos del personal sobre gestión de la seguridad, y de su grado de preparación para afrontar situaciones de emergencia.

El código IGS obliga a que la compañía establezca un sistema propio de gestión de la seguridad. Este sistema debe garantizar que se cumplan todas las normas de carácter obligatorio y deben tener presentes todas las directrices y normativas recomendadas tanto por la OMI como por otras organizaciones.

El sistema de gestión de seguridad debe incluir los siguientes apartados:

- Instrucciones y procedimientos destinados a garantizar la seguridad del buque y la protección del medio ambiente.
- Niveles de autoridad claramente definidos, así como vías de comunicación entre personal de tierra y de a bordo.
- Procedimientos para la notificación de accidentes.
- Procedimientos para enfrentarse a situaciones de emergencia.
- Procedimientos para realizar auditorías internas y evaluaciones de la gestión de la seguridad. (24)



Figura 25 - Sistema de gestión de la seguridad.

Fuente: Erbil. (28)

A fin de que los objetivos del sistema de gestión de seguridad puedan llegar a buen puerto, la compañía tiene la obligación de establecer unos determinados principios y asegurar su cumplimiento.

Todos los procedimientos estarán recogidos en un manual de gestión de la seguridad, del cual deberá llevarse un ejemplar a bordo.

La compañía deberá, de forma periódica, auditar su propio sistema y asegurarse de su correcto cumplimiento del SGS. Existe un certificado de gestión de la seguridad, expedido por las administraciones, que es la prueba de que las compañías están operando respetando el SGS.

El capitán es el máximo responsable a bordo del cumplimiento del sistema de gestión de la seguridad, y por tanto debe estar debidamente capacitado y conocer a la perfección el SGS y las normativas relacionadas, y también cualquier miembro de la tripulación que esté relacionado con el SGS.

Cualquier personal de nueva incorporación, sobre todo si va a estar relacionado con labores del sistema de gestión de seguridad, deberá ser previamente instruido en su contenido y aplicación. No solo la compañía debe estudiar de forma periódica su SGS, sino que también el capitán y la tripulación deben estar al tanto de posibles deficiencias, para poder llevar a cabo su corrección o mejora. (24)

DOCUMENTO DE CUMPLIMIENTO

(Sello oficial)

(Estado)

Certificado N°

Expedido en virtud de las disposiciones del
**CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD
 DE LA VIDA HUMANA EN EL MAR, 1974,**
 enmendado

Con la autoridad conferida por el Gobierno de _____
 (nombre del Estado)

por _____
 (persona u organización autorizada)

Nombre y dirección de la compañía

 (véase el párrafo 1.1.2 del Código IGS)

SE CERTIFICA que se ha efectuado una auditoría del sistema de gestión de la seguridad de la compañía y que éste cumple las prescripciones del Código internacional de gestión de la seguridad operacional del buque y la prevención de la contaminación (Código IGS), con respecto a los tipos de buque enumerados a continuación (táchese según proceda):

- Buque de pasaje
- Nave de pasaje de gran velocidad
- Nave de carga de gran velocidad
- Granelero
- Petrolero
- Quimiquero
- Gasero
- Unidad móvil de perforación mar adentro
- Buque de carga distinto de los anteriores

El presente Documento de cumplimiento es válido hasta
 a reserva de las oportunas verificaciones periódicas.

Expedido en
 (lugar de expedición del documento)

Fecha de expedición
 (Firma del funcionario debidamente autorizado que expide el documento)

(Sello o estampilla de la autoridad expedidora, según proceda)

Figura 26 - Ejemplo de documento de cumplimiento del SGS.

Fuente: Tejero, Ignacio Moleres. Análisis del sistema de gestión de seguridad portacontenedores y métodos de trincaje. (29)

CERTIFICADO DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

(Sello oficial)

(Estado)

Certificado N°

Expedido en virtud de las disposiciones del
CONVENIO INTERNACIONAL PARA LA SEGURIDAD
DE LA VIDA HUMANA EN EL MAR, 1974,
enmendado

Con la autoridad conferida por el Gobierno de _____
(nombre del Estado)

por _____
(persona u organización autorizada)

Nombre del buque:

Número o letras distintivos:

Puerto de matrícula:

Tipo de buque:*

Arqueo bruto:

Número IMO:

Nombre y dirección de la compañía

(véase el párrafo 1.1.2 del Código IGS)

SE CERTIFICA que se ha efectuado una auditoría del sistema de gestión de la seguridad del buque y que éste cumple las prescripciones del Código internacional de gestión de la seguridad operacional del buque y la prevención de la contaminación (Código IGS), después de haberse verificado que el Documento de cumplimiento de la compañía es aplicable a este tipo de buque.

El presente Certificado de gestión de la seguridad es válido hasta, a reserva de la oportuna verificación periódica y de que el Documento de cumplimiento siga siendo válido.

Expedido en
(lugar de expedición del certificado)

Fecha de expedición
(Firma del funcionario debidamente autorizado que expide el certificado)

(Sello o estampilla de la autoridad expedidora, según proceda)

Figura 27 - Ejemplo de certificado de gestión de la seguridad.

Fuente: Tejero, Ignacio Moleres. Análisis del sistema de gestión de seguridad portacontenedores y métodos de trincaje. (29)

A la hora de llevar a cabo auditorías sobre el sistema de gestión de seguridad, éstas deberán ser realizadas por parte de personal ajeno al punto que se quiera evaluar, a menos que esto no sea posible por motivo del tamaño de la compañía.

Si la compañía no dispone de un documento expedido por parte de la administración o de otra organización homologada, que certifique la implantación del SGS, ese buque no podrá ser explotado.

En caso de tener ese documento, no tendrá una validez superior a cinco años, y su vigencia se deberá comprobar con una periodicidad anual. De no solicitarse esta revisión anual, el certificado sería revocado. (29)

3.12. Planes de recepción de residuos.

En el convenio MARPOL ya mencionado, viene recogido en su Anexo I, categorías B y C, las condiciones para la recepción en tierra de desechos de aguas oleosas de los buques.

En este servicio de recepción se incluyen las aguas oleosas provenientes de instalaciones de sentinas, los lodos resultantes de la purificación de combustibles y aceites, y los provenientes de las posibles fugas de hidrocarburos que tengan lugar en la sala de máquinas.

También se incluyen los restos de carga, así como las aguas de la sentina de la cámara de bombas y aguas de lastre que se hayan visto contaminadas.

Antes de efectuar descargas en puerto es necesario que se realicen una serie de comprobaciones y se rellene una lista de comprobaciones seguridad previa a la recepción de residuos.

Esta lista de seguridad contendrá datos importantes como la identidad del personal que estará encargado de la operación de descarga, las condiciones en las que se encuentra el buque y su equipamiento, estado de drenajes, inbornales, etc...

También previo a la descarga se habrá acordado datos como la presión de descarga, el bombeo máximo a realizar, el estado de las mangueras y sus conexiones, etc. Este documento irá firmado tanto por el buque como por la instalación receptora de los residuos. (30)



RECIBO DE ENTREGA DE DESECHOS MARPOL
MARPOL WASTE DELIVERY RECEIPT

La instalación portuaria receptora abajo mencionada, autorizada por la Administración española,
The below reception facility, authorized by the Spanish Administration,

1.1 Nombre de la localidad/terminal: <i>1.1 Location/Terminal name</i>	CARTAGENA
1.2 Proveedor(es) de la instalación de recepción: <i>1.2 Reception facility provider(s)</i>	CARTAGO MARPOL, S. L.
1.3 Proveedor(es) de la instalación de tratamiento, si difieren de la anterior: <i>1.3 Treatment facility provider(s) - if different from above:</i>	
1.4 Fecha y hora de la descarga de desechos: <i>1.4 Waste Discharge Date and Time</i>	desde / / hasta / / <i>from: to</i>

Certifica que el buque:

Certifies that the ship:

2.1 Nombre del buque: <i>2.1 Name of ship:</i>	2.5 Propietario o armador: <i>2.5 Owner or operator:</i>
2.2 Número IMO: <i>2.2 IMO number:</i>	2.6 Número o letras distintivos: <i>2.6 Distinctive number or letters:</i>
2.3 Arqueo bruto: <i>2.3 Gross tonnage:</i>	2.7 Estado de abanderamiento: <i>2.7 Flag State:</i>
2.4 Tipo de buque: <i>2.4 Type of ship:</i>	<input type="checkbox"/> Petrolero <i>Oil tanker</i> <input type="checkbox"/> Otro buque de carga <i>Other cargo ship</i> <input type="checkbox"/> Buque tanque químico <i>Chemical tanker</i> <input type="checkbox"/> Buque de pasaje <i>Passenger ship</i> <input type="checkbox"/> Granelero <i>Bulk carrier</i> <input type="checkbox"/> Buque de transbordo rodado <i>Ro-ro</i> <input type="checkbox"/> Buque portacontenedores <i>Container</i> <input type="checkbox"/> Otro (especifíquese) <i>Other (specify)</i>

Ha entregado en el puerto de:

Has delivered in the harbour of:

CARTAGENA

los siguientes residuos:

the following residues:

Anexo I del MARPOL – Hidrocarburos <i>MARPOL Annex I – Oil</i>	Cantidad (m³) <i>Quantity (m³)</i>	Anexo II del MARPOL - Sustancias nocivas líquidas <i>MARPOL Annex II – NLS</i>	Nombre¹ <i>Name¹</i>	Cantidad (m³) <i>Quantity (m³)</i>
Aguas de sentina oleosas <i>Oily bilge water</i>		Sustancia de categoría X <i>Category X substance</i>		
Residuos oleosos (fangos) <i>Oily residues (sludge)</i>		Sustancia de categoría Y <i>Category Y substance</i>		
Aguas oleosas procedentes del lavado de tanques <i>Oily tank washings</i>		Sustancia de categoría Z <i>Category Z substance</i>		
Agua de lastre sucia <i>Dirty ballast water</i>		Otras sustancias <i>OS - other substances</i>		
Depósitos y fangos procedentes de la limpieza de tanques <i>Scale and sludge from tank cleaning</i>		Anexo IV del MARPOL – Aguas sucias <i>MARPOL Annex IV – Sewage</i>	Cantidad (m³) <i>Quantity (m³)</i>	
Otros (especifíquese) <i>Other (please specify)</i>				

Anexo VI del MARPOL <i>MARPOL Annex VI – related</i>	Cantidad (m³) <i>Quantity (m³)</i>
Sustancias que agotan la capa de ozono y equipo que contenga tales sustancias <i>Ozone-depleting substances and equipment containing such substances</i>	
Residuos de la limpieza de los gases de escape <i>Exhaust gas-cleaning residues</i>	

¹ Indíquese el nombre de expedición correcto de la sustancia nociva líquida en cuestión.
¹ Indicate the proper shipping name of the NLS involved.

Fecha / *Date:* ____ / ____ / ____

En nombre de la instalación de recepción confirmo que se entregaron los desechos indicados arriba. <i>On behalf of the port facility I confirm that the above wastes were delivered.</i>	Firma y sello de la Capitanía Marítima <i>Signature and stamp of the Maritime Authority in the Harbour</i>
Firma: <i>Signature:</i> Nombre completo/sello de la compañía: <i>Full Name and Company Stamp:</i>	CARTAGO MARPOL, S.L.

Figura 28 - Recibo de entrega de desechos MARPOL.

Fuente: Autoridad Portuaria de Cartagena. (30)

IV – METODOLOGÍA

IV - METODOLOGÍA.

4.1. Documentación bibliográfica.

La documentación bibliográfica utilizada para la realización de este trabajo ha sido recopilada por el autor de este Trabajo de Fin de Grado, a base de artículos, referencias, manuales, convenios, y demás datos bibliográficos que han podido ser de utilidad durante la elaboración.

4.2. Metodología del trabajo de campo.

Para la realización del trabajo de campo, se han incluido una serie de fotografías tomadas a bordo de las instalaciones del buque OPDR Canarias, así como tablas e ilustraciones procedentes de manuales de uso. Describir los planos de acople del separador de sentinas en su aspiración y su descarga.

4.3. Marco referencial.

El marco referencial ha sido el buque OPDR Canarias, que ha prestado sus instalaciones de separación de sentinas para la creación de este Trabajo de Fin de Grado.

V – RESULTADOS

V – RESULTADOS.

5.1. Disposición de la sala de máquinas y ubicación del separador de sentinas.

La cámara de máquinas se encuentra en la parte de popa del buque. Está dispuesta en dos pisos, el tecele inferior y el tecele superior. El buque cuenta con dos locales técnicos de la sala de máquinas, que situados fuera de la sala de máquinas, uno a popa y otro en proa, albergan distintos equipos.

El tecele inferior está compuesto por dos cámaras, la cámara de bombas y el tecele inferior del local del motor principal.

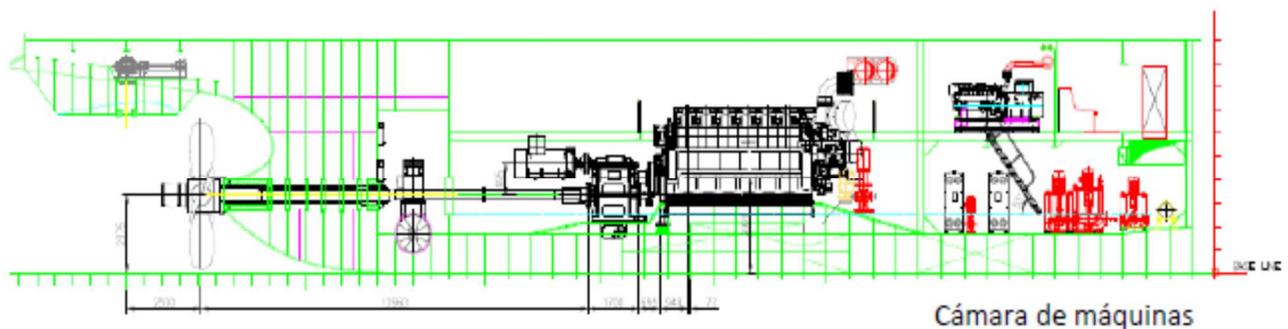


Figura 29 - Disposición de la cámara de máquinas.

Fuente: Buque OPDR Canarias. (4)

En la cámara de bombas se encuentran las bombas de agua salada, las bombas de lastre, la bomba de servicios generales, la bomba de sentinas, la bomba de contraincendios, las bombas de trasiego de combustible, la bomba de alimentación de la depuradora de fuel oil, la bomba de lodos y la bomba eyectora del evaporador.

También incorpora los enfriadores del circuito de baja temperatura y un espacio utilizado como taller de limpieza de piezas, generalmente filtros.

El tecele inferior del local del motor principal es donde está asentado el motor principal, la reductora, el generador de cola y la línea de eje hasta la bocina.

Este espacio incorpora a babor el separador de sentinas el enfriador y bomba de aceite del motor principal, el filtro automático de aceite, la bomba de pistones de achique de sentinas,

la unidad hidráulica de control de paso de la hélice, la bomba de alimentación de la depuradora de aceite lubricante y la bomba de trasiego de aceite lubricante.

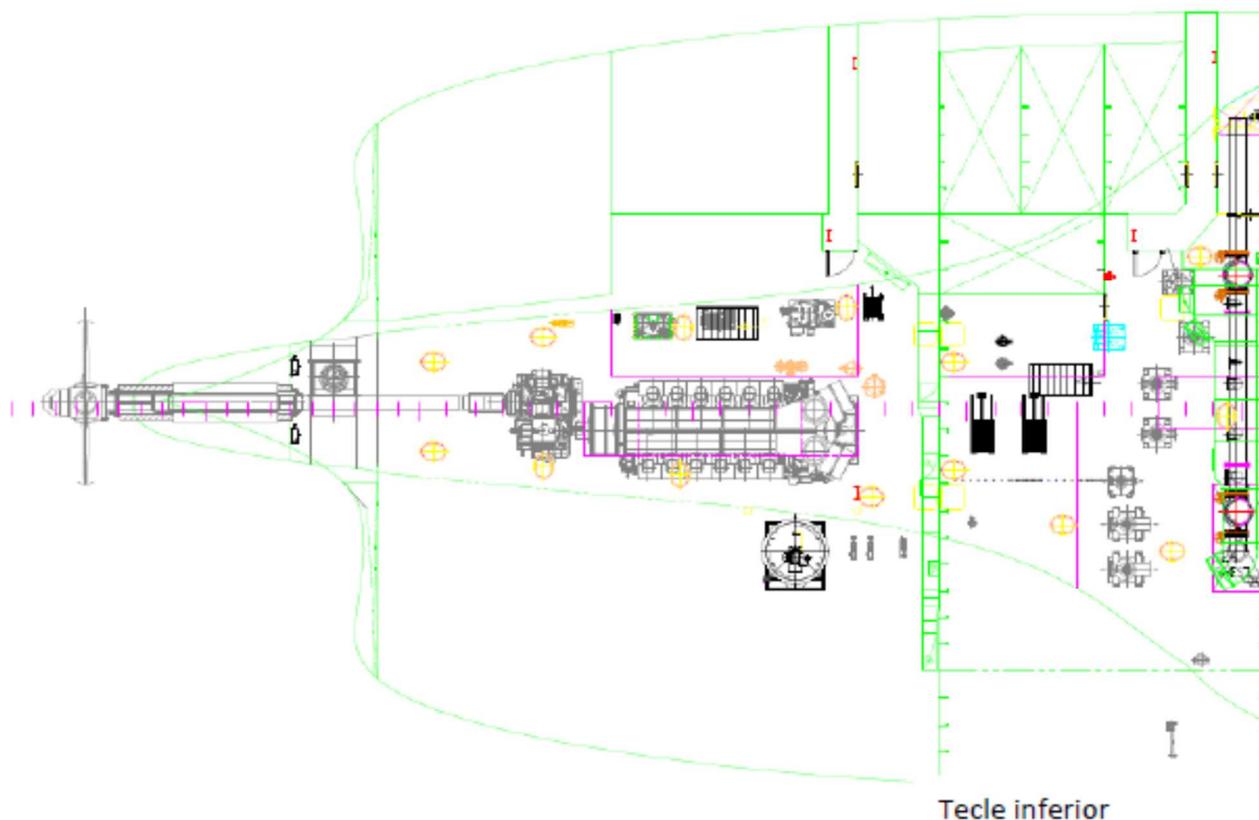


Figura 30 – Disposición del tecele inferior

Fuente: Buque OPDR Canarias (4)

A popa de todo se encuentra el motor eléctrico de la hélice transversal de popa. A estribor del tecele inferior del local del motor principal se encuentran las bombas de alimentación de la caldera de mechero y el detector de niebla del cárter.

El tecele superior de la cámara de máquinas se divide en tres espacios, la sala de control de máquinas, situada a proa; más a popa el local de los generadores auxiliares, este a babor incorpora la sala de depuradoras, compuesta por la depuradora de aceite, la de F.O, la de G.O y la bomba de alimentación de la depuradora de G.O.

Más a popa se encuentra el tecele superior del local del motor principal, este a babor incorpora el taller de máquinas, equipado con torno, fresadora, esmeriladora, equipo de soldadura, equipo para el timbrado de los inyectores y una gran multitud de herramientas; el taller del electricista y el pañol de repuestos de la cámara de máquinas.

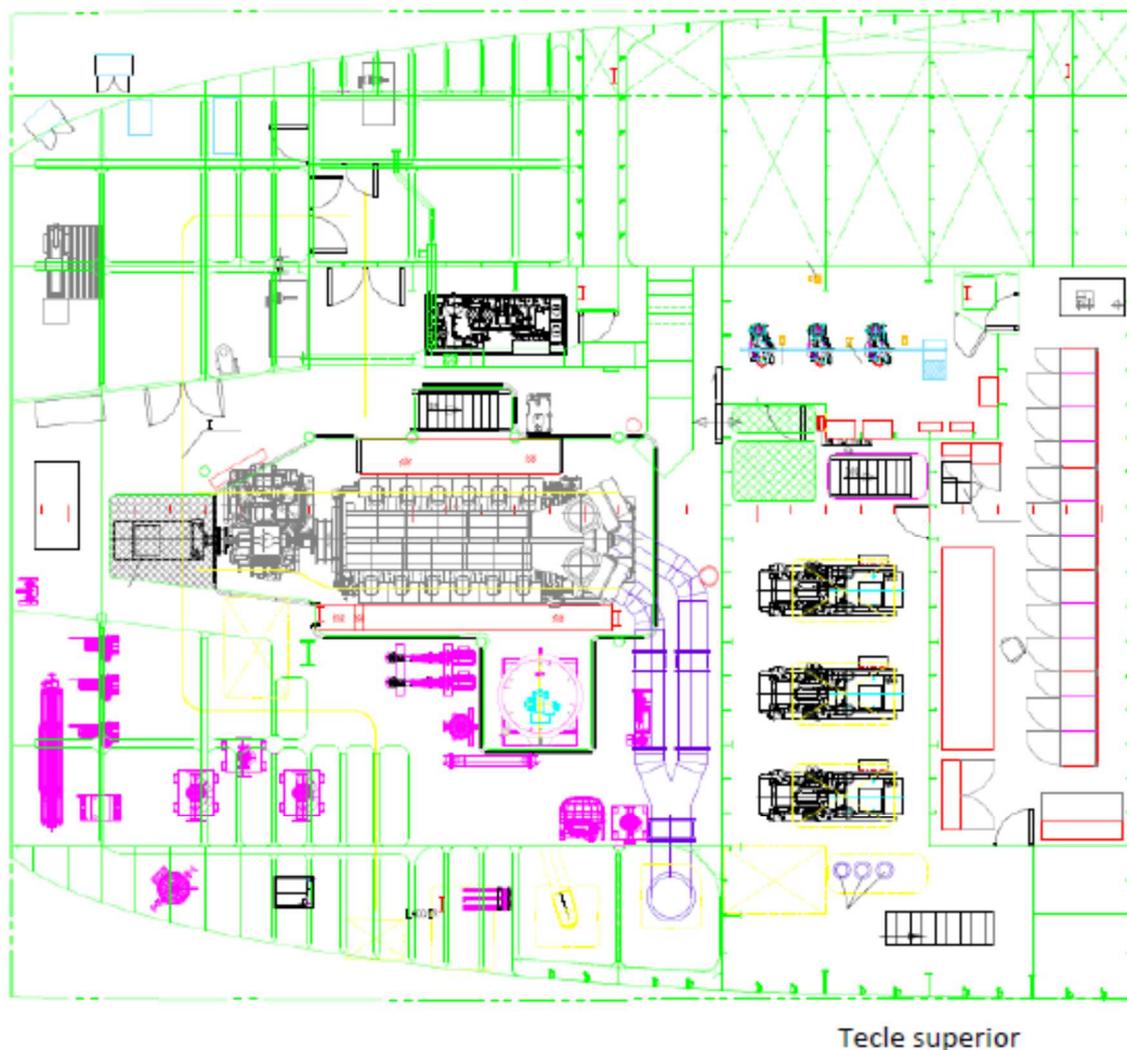


Figura 31 – Disposición del tecele superior

Fuente: Buque OPDR Canarias (4)

5.2. Descriptiva del separador de sentinas.

La planta de sentinas del buque OPDR Canarias dispone de 3 pocetes en la sala de bombas, 6 pocetes en el local del motor principal y varios pocetes adicionales tanto a babor como a estribor. En dichos pocetes se recogen agua y restos de aceite vertidos por los equipos y maquinaria del buque así como por la tripulación.

La planta está diseñada para ser capaz de realizar el achique de estos pocetes de varias maneras: mediante una bomba de émbolo situada en el local del motor principal, mediante la bomba propia de sentinas o por medio de la bomba de servicios generales.

A continuación se muestran las características técnicas de cada una de las bombas nombradas.

- Bomba de émbolo:

Datos de la bomba	
Q	5 m ³ /h
Datos del motor	
Marca	ABB Motors
Modelo	M2AA 136 S-6
Voltaje	440-480 V
Intensidad	7 A
Frecuencia	60 Hz
Potencia	3.5 kW
Factor de potencia	0.75
Velocidad	1160 rpm

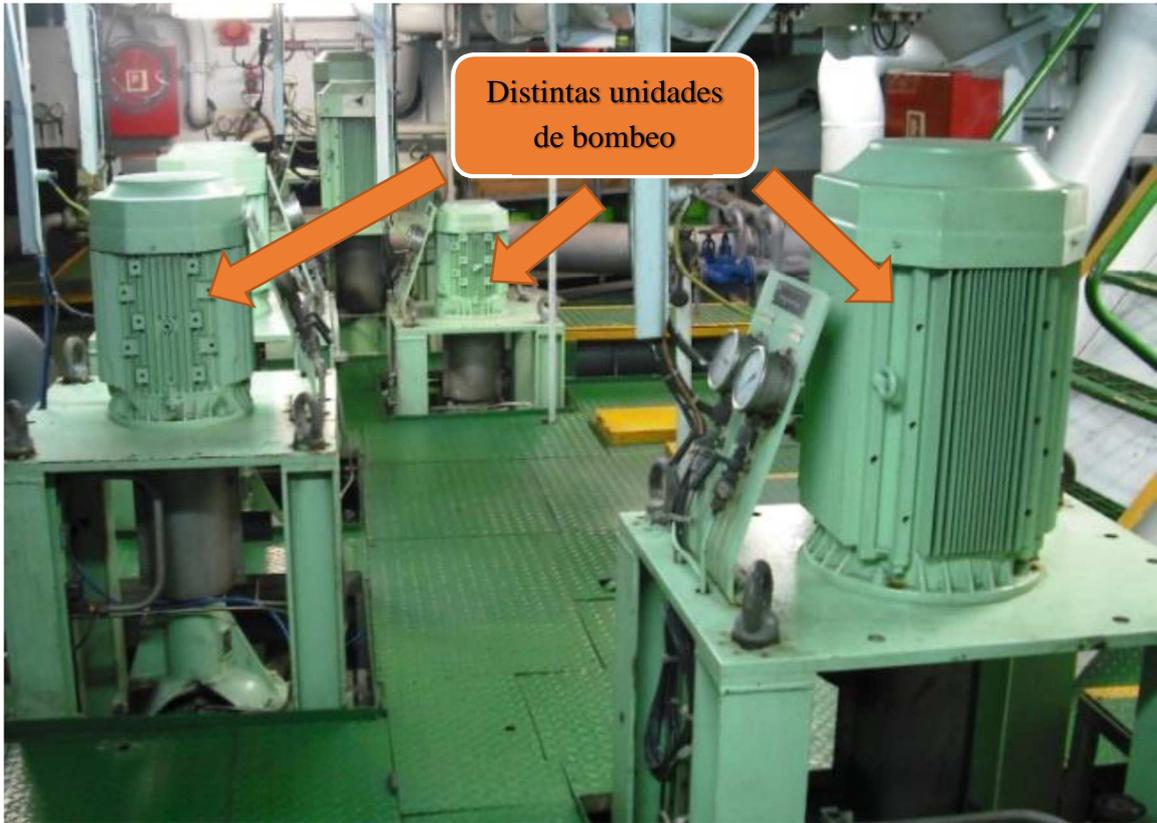


Figura 32 - Distribución de la cámara de bombas.

Fuente: Buque OPDR Canarias. (4)

- Bomba de sentinas:

Datos de la bomba	
Marca	SPECKPUMPEN D-91161 Hilpolstein
Modelo	100 - 80 / 315 AZ
Q	120 m ³ /h
H	35.7 m
HMÁX	40 m
Consumo	17.5 kW

Velocidad	1740 rpm
Datos del motor	
Marca	ABB Motors
Modelo	M3AA 160 LB-4 HO
Voltaje	440 V
Intensidad	37 A
Frecuencia	60 Hz
Potencia	21 kW
Factor de potencia	0.85
Velocidad	1740 rpm



Figura 33 - Detalle de la bomba propia del separador de sentinas.

Fuente: Trabajo de campo.

- Bomba de servicios generales:

Esta bomba no tiene una función única, sino que se usa para todos los servicios de agua salada del buque, además puede utilizarse como bomba contraincendios, bomba de agua de lastre, bomba eyectora para el circuito de trasiego de sentinas y bomba del circuito de agua salada de refrigeración.

Datos de la bomba	
Marca	SPECKPUMPEN D-91161 Hilpolstein
Modelo	125-100/400-8040
Q	120 m ³ /h

H	75 m
HMÁX	86 m
Consumo	45.5 kW
Velocidad	1770 rpm
Datos del motor	
Marca	ABB Motors
Modelo	M3AA 200 MLC-4
Voltaje	440 V
Intensidad	86 A
Frecuencia	60 Hz
Potencia	51 kW
Factor de potencia	0.85
Velocidad	1770 rpm

- Separador de sentinas:

Marca	MARINE WATER TECHNOLOGY RWO / Veolia Water

Modelo	SKIT/S-DEB 2.5
Capacidad	2.5 m ³ /h
Presión de trabajo	-1/3 bar



Figura 34 - Vista de conjunto del separador de sentinas.

Fuente: Buque OPDR Canarias. (4)

Cada uno de estos pocetes dispone de su aspiración, por donde las bombas mandan el agua oleosa contenido en su interior hacia el tanque de sentinas. Cuando el tanque de sentinas

está lleno, su contenido se extrae, haciéndolo circular por el separador de sentinas. El separador también puede realizar la aspiración del tanque de pérdidas de aceite.

Durante el proceso de separación obtenemos el agua limpia por un lado y los residuos aceitosos por el otro, estos se descargan directamente al tanque de lodos por la parte superior del separador. El agua limpia se descarga directamente al mar.

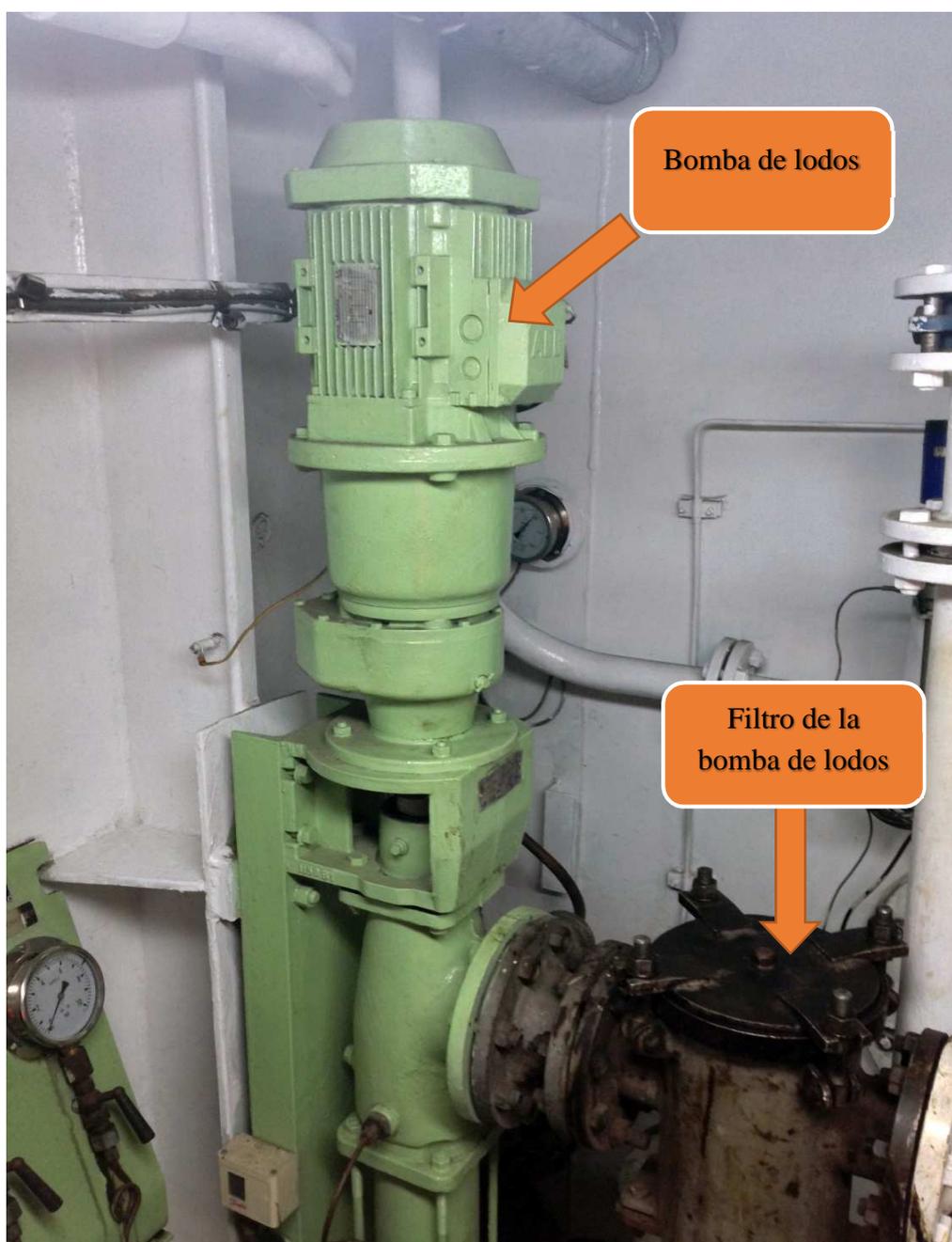


Figura 35 - Bomba de lodos.

Fuente: Trabajo de campo.

En la salida de agua limpia hay un sensor fotoeléctrico cuya función es detectar la concentración de partículas de hidrocarburos en el agua en partes por millón.

Si el sensor detecta una concentración mayor de 15 ppm, envía una señal eléctrica a una válvula de solenoide que controla la descarga de agua limpia del separador.

Al recibir la señal la válvula solenoide cierra la descarga directa al mar y el agua recircula de nuevo a la entrada del separador. El agua será recirculada hasta que la concentración de hidrocarburos descienda a 15 ppm o menos.

El tanque de lodos se descarga en puerto a una cuba especial, de forma periódica.

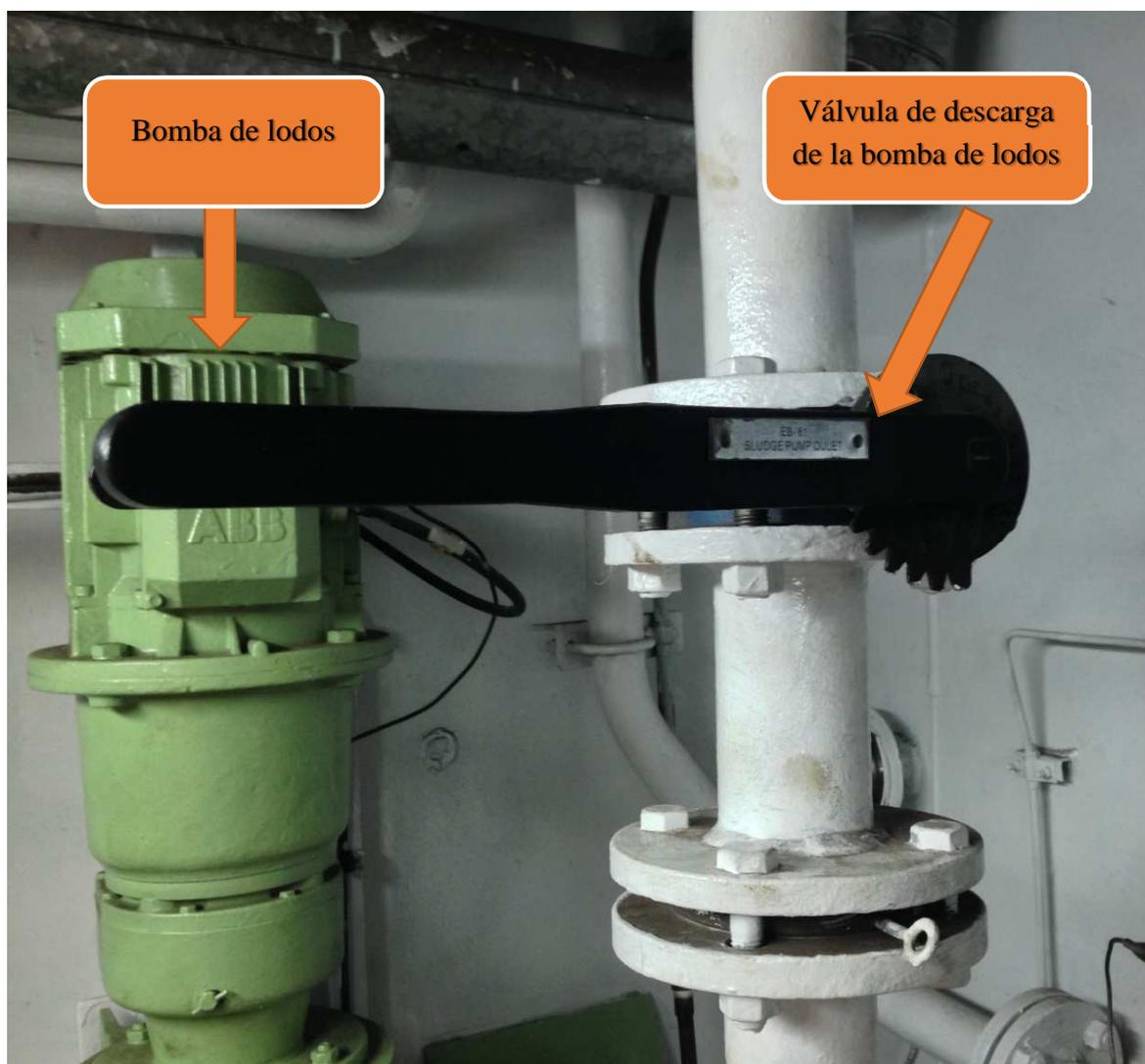


Figura 36 - Válvula de descarga de la bomba de lodos.

Fuente: Trabajo de campo.

Otra opción para vaciar el tanque de sentinas es trasegando, mediante el uso de la bomba de lodos, el efluente líquido hasta el tanque de lodos. La bomba de lodos puede aspirar también de los tanques de aceite sucio, de la purga de aceite de la bocina y del tanque de pérdidas de aceite.

- Bomba de lodos:

Bomba	
Marca	SPECKPUMPEN D-91161 Hilpolstein
Q	15 m ³ /h

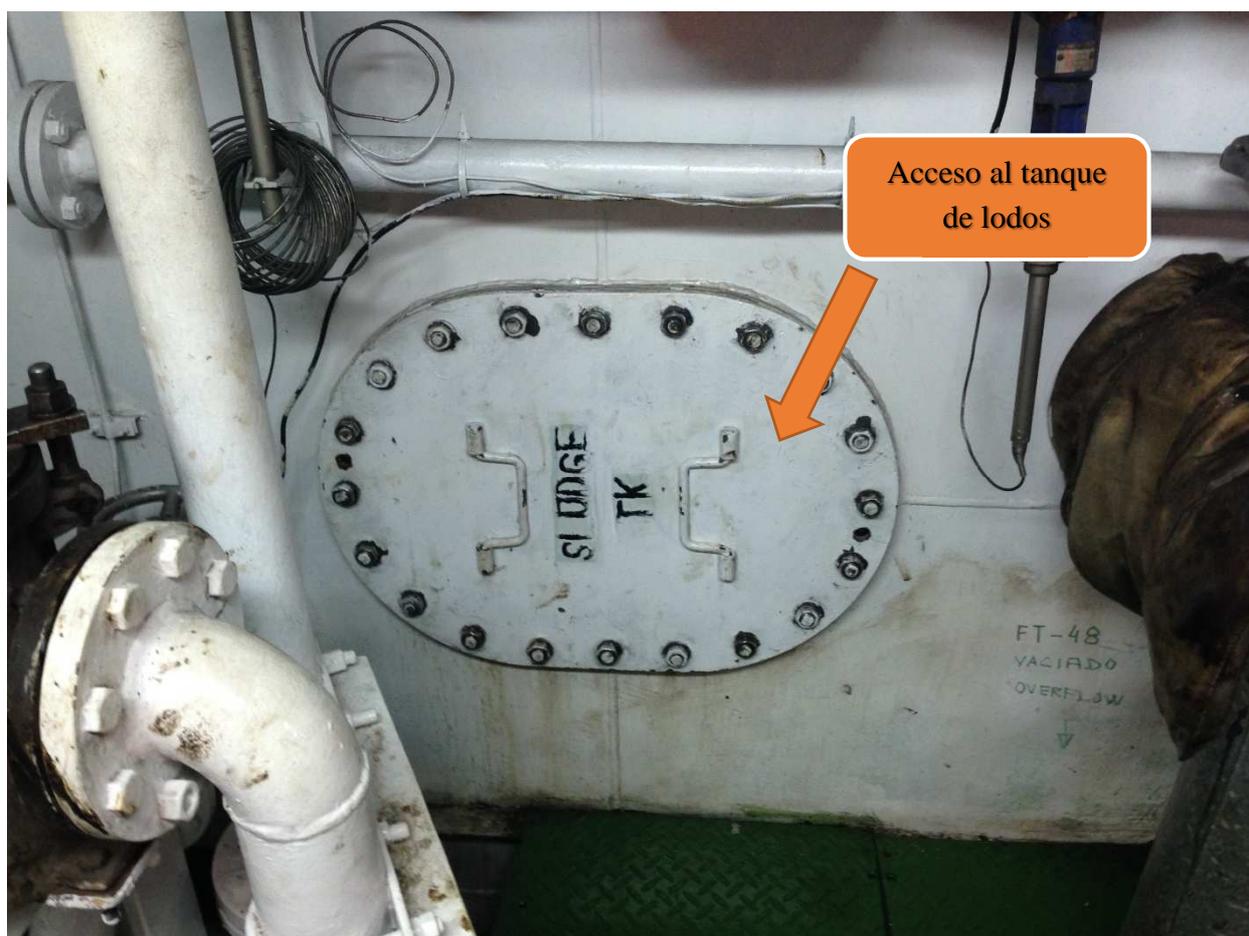


Figura 37 - Acceso al tanque de lodos, situado junto a la bomba de lodos.

Fuente: Trabajo de campo.

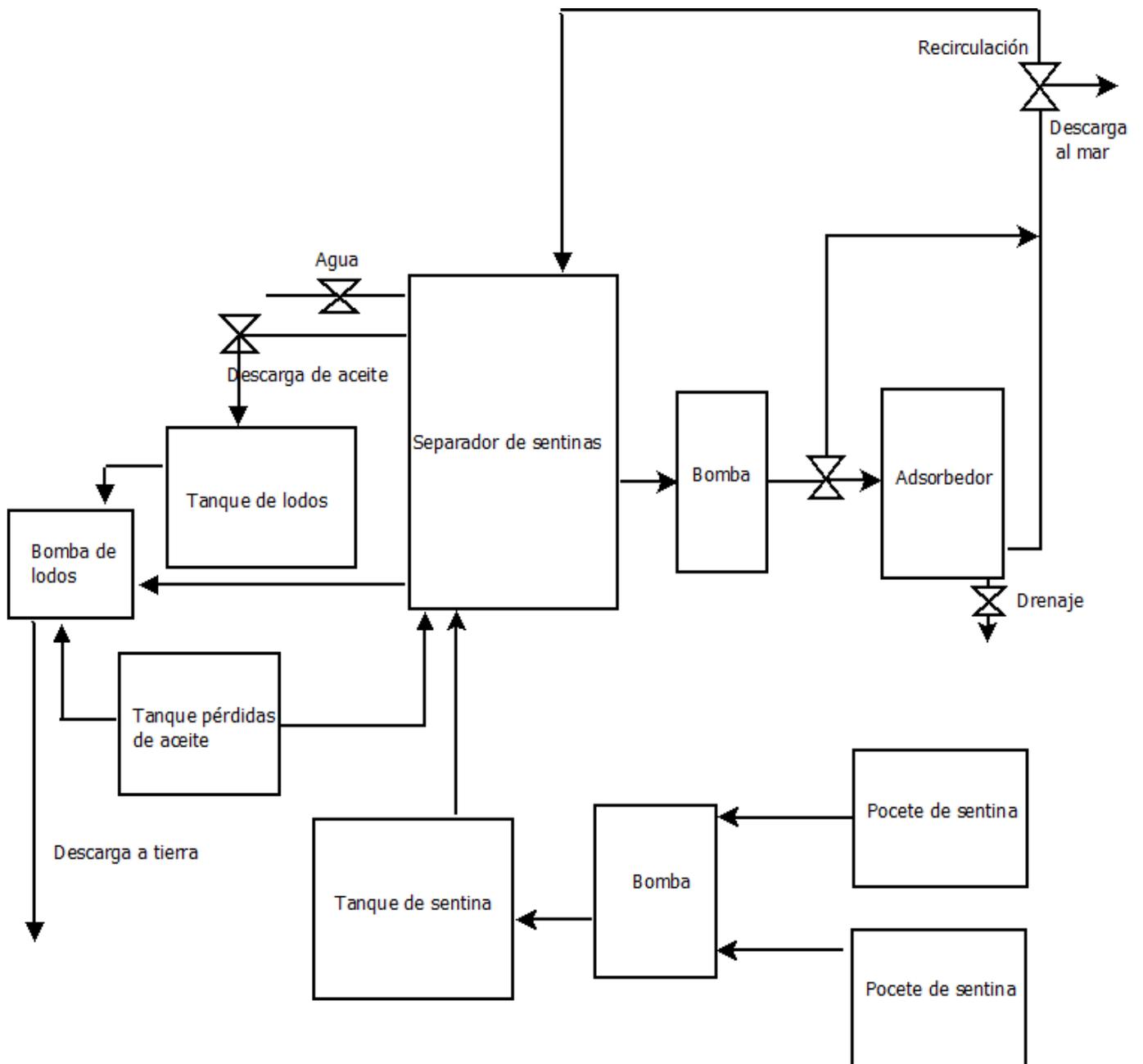


Figura 38 - Diagrama de bloques simplificado de la planta de sentinas.

Fuente: Elaboración propia.

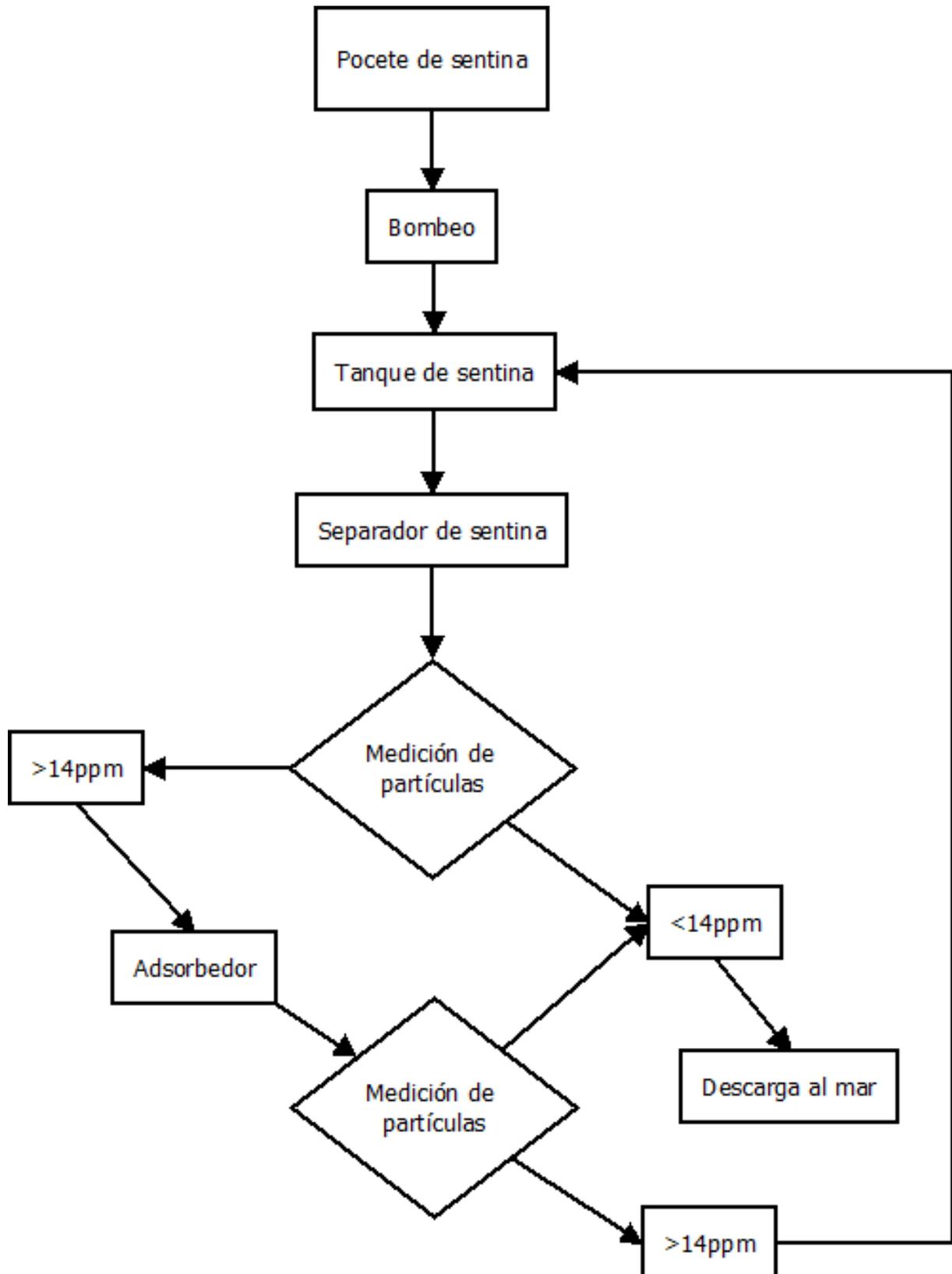


Figura 39 - Diagrama de bloques de la operación del separador.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Funcionamiento del separador de sentinas.

Una emulsión es una mezcla de dos o más componentes. En este caso se trata de aceite y agua. En esta mezcla la partícula de aceite todavía está presente, pero no forma gotas o aglomeraciones más grandes.

Requiere energía mecánica para hacer una emulsión, es decir, un chorro de agua a alta presión, bombas centrífugas de alta velocidad, que transforman las gotas de aceite en partículas muy pequeñas.

Este tipo de emulsión mecánica puede ser fácilmente tratada por un filtro coalescente eficiente, pero en presencia de un producto químico emulsionante, la partícula aceite se vuelve hidrofóbica por medio de tensioactivos iónicos y aniónicos en la superficie de las partículas de aceite.

Esta misma carga eléctrica en todas las partículas en una emulsión química estable hace imposible que se produzcan aglomeraciones.



Figura 40 - Módulo de control del separador.

Fuente: Trabajo de campo.

Las emulsiones mecánicas normalmente pueden separarse con el uso de coalescentes mecánicos, pero en el caso de emulsiones químicas estables esto no ocurre, debido a que los componentes activos de la superficie impiden el efecto del material coalescente.

Para separar emulsiones químicas estables habrá que recurrir a algunos de los siguientes métodos:

- Tratamientos de aplicación de calor para provocar evaporación.
- Tratamientos químicos.
- Ultrafiltración por medio de membranas que retengan las moléculas de aceite.
- Absorción a través de materiales adecuados.

Durante el ciclo de funcionamiento del separador de aguas oleosas, el aceite se va acumulando en la zona superior, y un electrodo es el encargado de ir midiendo el nivel de aceite acumulado.

Mientras ocurre la fase de acumulación de aceite, en el panel de control del separador se muestra como indicador de estado un LED verde iluminado.

5.3.1. Dispositivos de operación de la unidad de control.

El panel de mandos del separador de sentinas se compone de una serie de interruptores, botones e indicadores, cuyas funciones se nombran a continuación:

- Interruptor principal de encendido-apagado. Se encarga de conectar y desconectar el suministro eléctrico al separador de sentinas.
- Selector de dos posiciones Manual-0-Automático. Conmuta el separador de sentinas entre las posiciones de operación manual, parada y operación en modo automático.
- Posición de operación manual. En esta posición, el separador de sentinas funciona independientemente del nivel de agua de sentina.
- Posición 0. En esta posición el separador se encuentra activado pero no está en funcionamiento.

- Posición de operación automática. En esta posición, llegado el momento en que el agua de sentina alcance el nivel del sensor de nivel alto, el separador de sentinas empezará a funcionar automáticamente y se parará cuando el nivel de agua de sentina alcance el nivel del sensor de nivel bajo.
- Interruptor de encendido-apagado del calefactor.

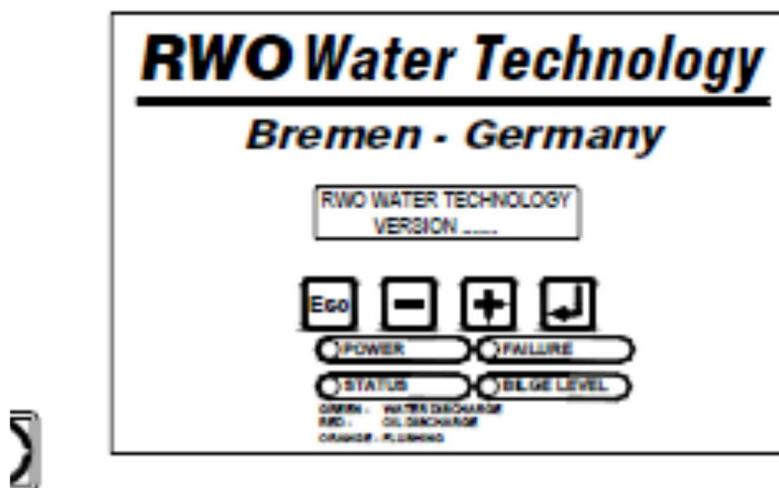


Fig 2

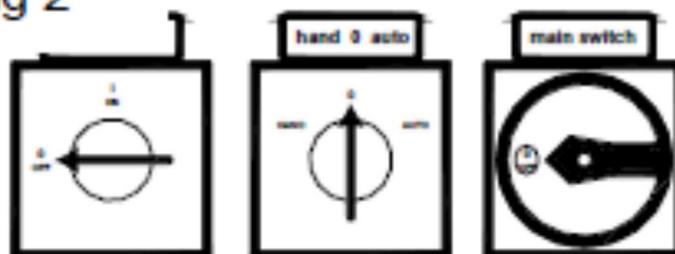


Figura 41 - Esquema del módulo de control del separador.

Fuente: Manual de uso del separador.

El panel de mando del separador de sentinas cuenta también con una serie de botones bajo la pantalla, con los que se pueden efectuar las operaciones de dar órdenes al separador durante su operación.

- El botón ESC: este botón funciona bajo cualquiera de los modos de operación del separador y sirve para cancelar una orden o paso que se haya dado justo antes

de pulsarlo. Si mientras se está operando dentro de uno de los menús del separador, se pulsa el botón ESC, se saldrá de ese menú y los cambios que se hubiesen hecho pero no hayan sido confirmados, quedarían sin efecto.

- Botón – y botón +. Estos son los botones utilizados para cambiar los distintos ajustes del separador y solamente funcionan cuando se está navegando por los menús.
- El botón Enter. Este es el botón para realizar la confirmación de los ajustes realizados.

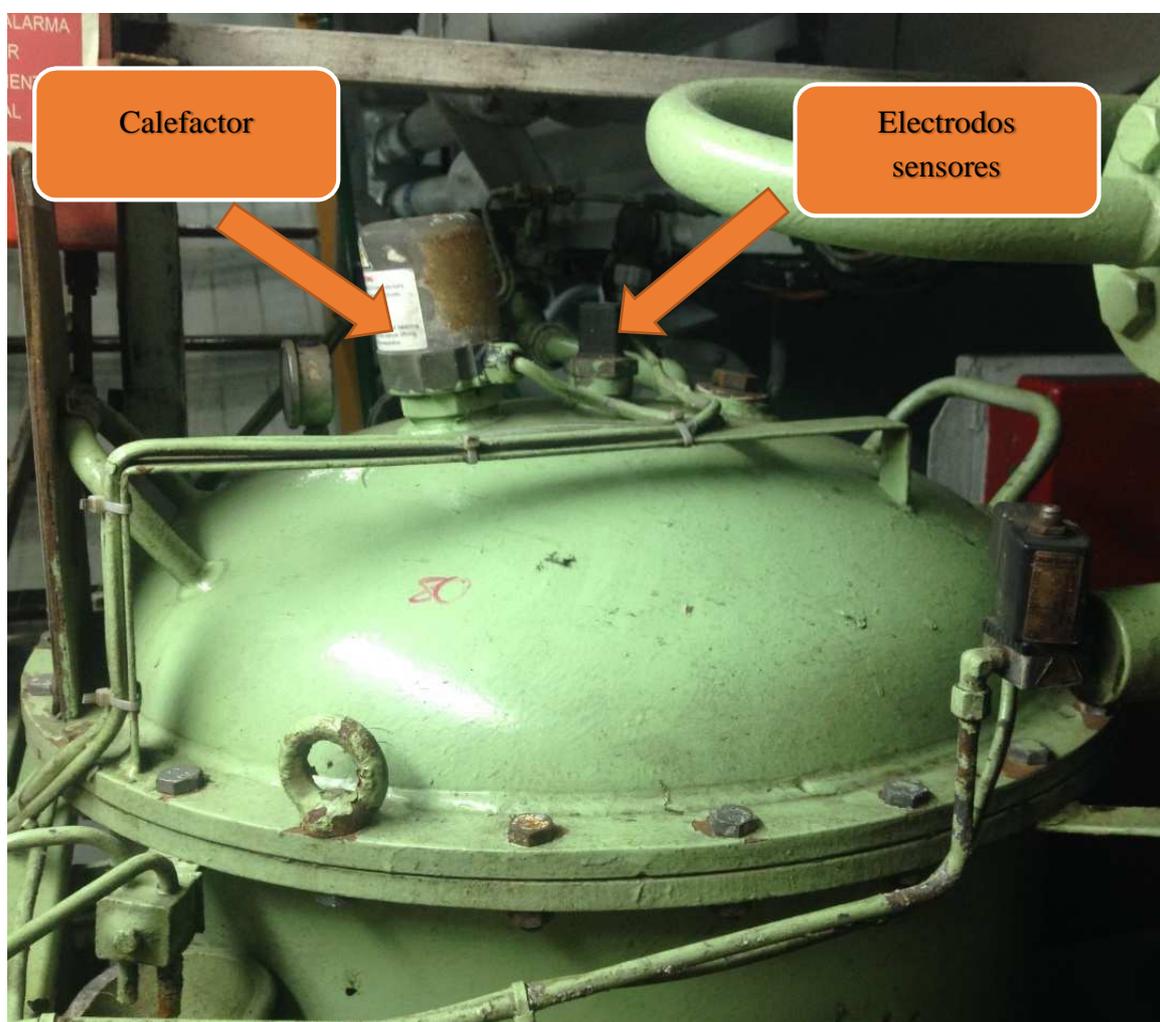


Figura 42 - Localización de los electrodos en la parte superior del separador.

Fuente: Trabajo de campo.

La pantalla del panel de mando es capaz de mostrar dos líneas de texto, señalando en cada momento los estados de operación del separador de sentinas, o los menús de configuración.

Un LED rojo junto a la etiqueta de “FAILURE”, nos indica que una o más alertas han sido activadas, y los detalles sobre la causa de estas alarmas se mostrarán como texto en pantalla.

Un LED de color verde junto a la etiqueta “BILGE LEVEL” nos muestra el nivel del tanque de agua de sentinas, indicando que hay agua de sentinas disponible.

Por último se dispone de una luz de estado, que será de color verde, rojo o naranja. De color verde indicará que el separador se encuentra en operación, y se está bombeando agua limpia hacia la descarga.

De color rojo indicará que el separador se encuentra en operación y que se está descargando aceite o aire hacia el tanque de recolección de aceite. Durante este proceso la bomba y el calefactor están fuera de servicio.

Tan pronto como la acumulación de aceite llegue al valor predefinido, la válvula de descarga de aceite y la válvula de entrada de agua se abrirán, para que el aceite acumulado se descargue hacia el tanque de aceite por acción de la presión de agua entrante.

De color naranja indicará que el separador se encuentra en operación, y que se está procediendo a la limpieza del adsorbedor. Durante esta fase de limpieza del coalescente con agua limpia, las válvulas de entrada y salida de agua se encuentran abiertas.

La medición del nivel de aceite presente en el interior del separador la realiza el electrodo por medio de la lectura de la conductividad. Se trata de un electrodo compuesto por dos puntas, una de mayor longitud que la otra.

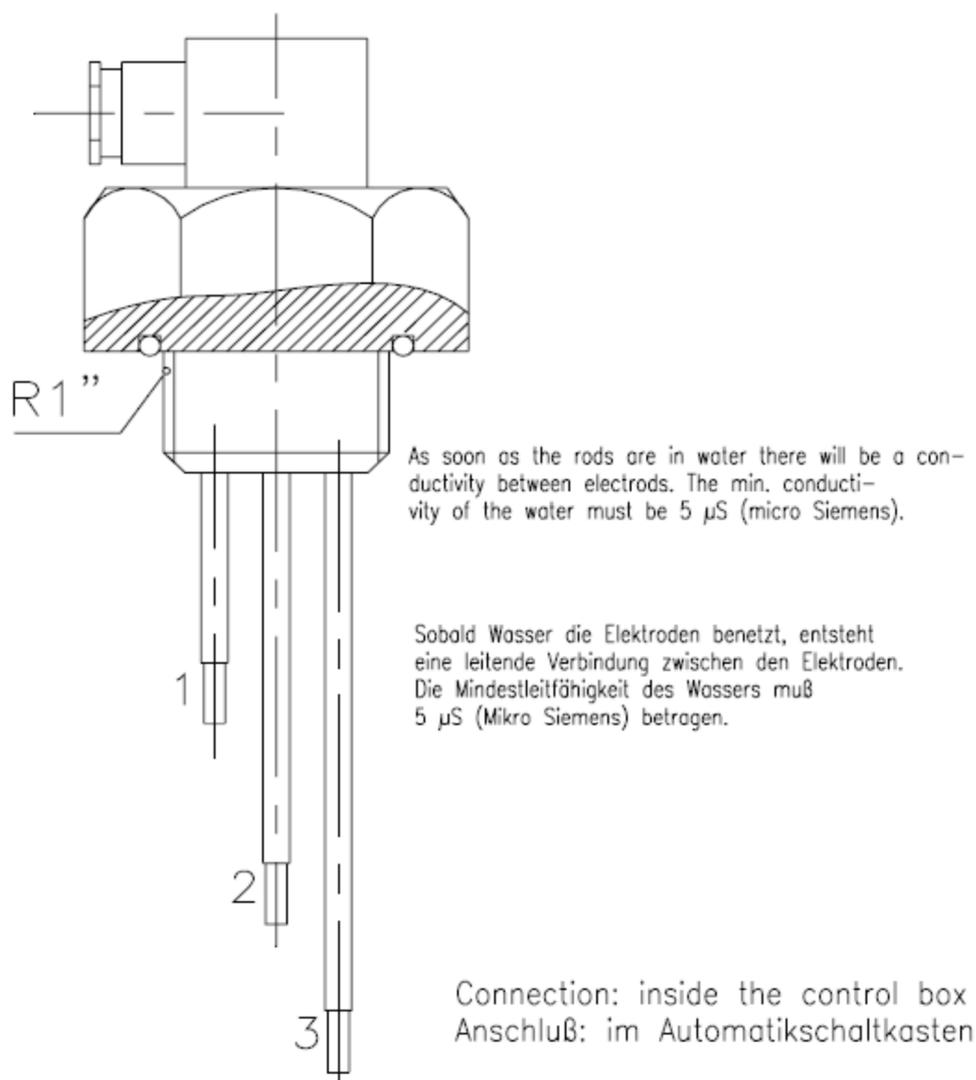


Figura 43 - Representación esquemática de la estructura de los electrodos.

Fuente: Manual de uso del separador.

En el caso de que el electrodo corto reconozca la presencia de un medio conductor, agua, mientras el electrodo de mayor longitud reconozca la presencia de un medio no conductor, aceite, estaremos ante una entrada de señal ilógica.

En caso de ocurrir este fenómeno, el separador pasa automáticamente al modo stand-by o modo de espera y se activará una alarma.

Durante los procesos de limpieza y de descarga de aceite, la bomba y la calefacción eléctrica son desconectadas de forma automática.

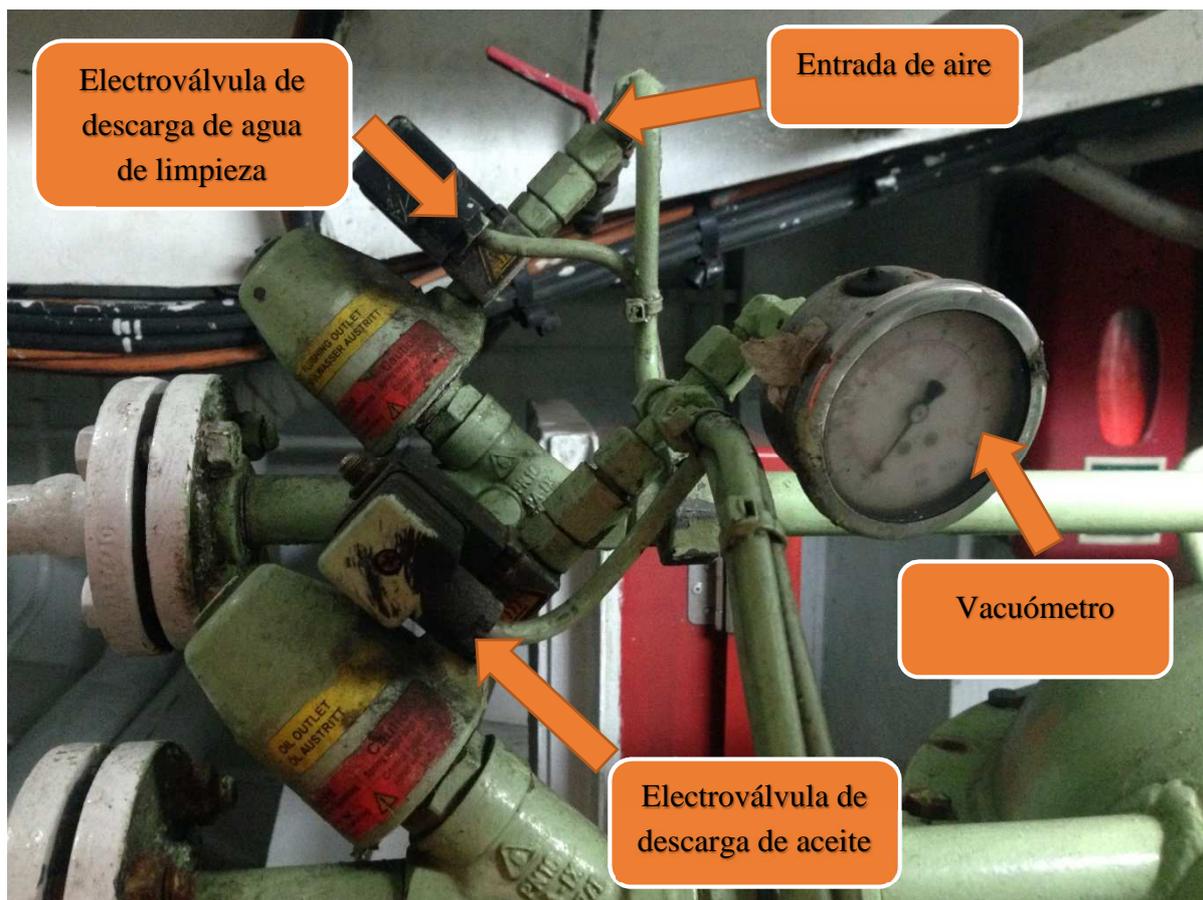


Figura 44 - Detalle de las válvulas de descarga de aceite y de agua de limpieza.

Fuente: Trabajo de campo.

En la imagen anterior se observa en primer plano la válvula de descarga de aceite del separador de sentinas, y en un segundo plano la válvula de descarga de agua de limpieza para el filtro coalescente.

Además, al fondo se observa una llave roja que controla la línea de aire comprimido del separador de sentinas.

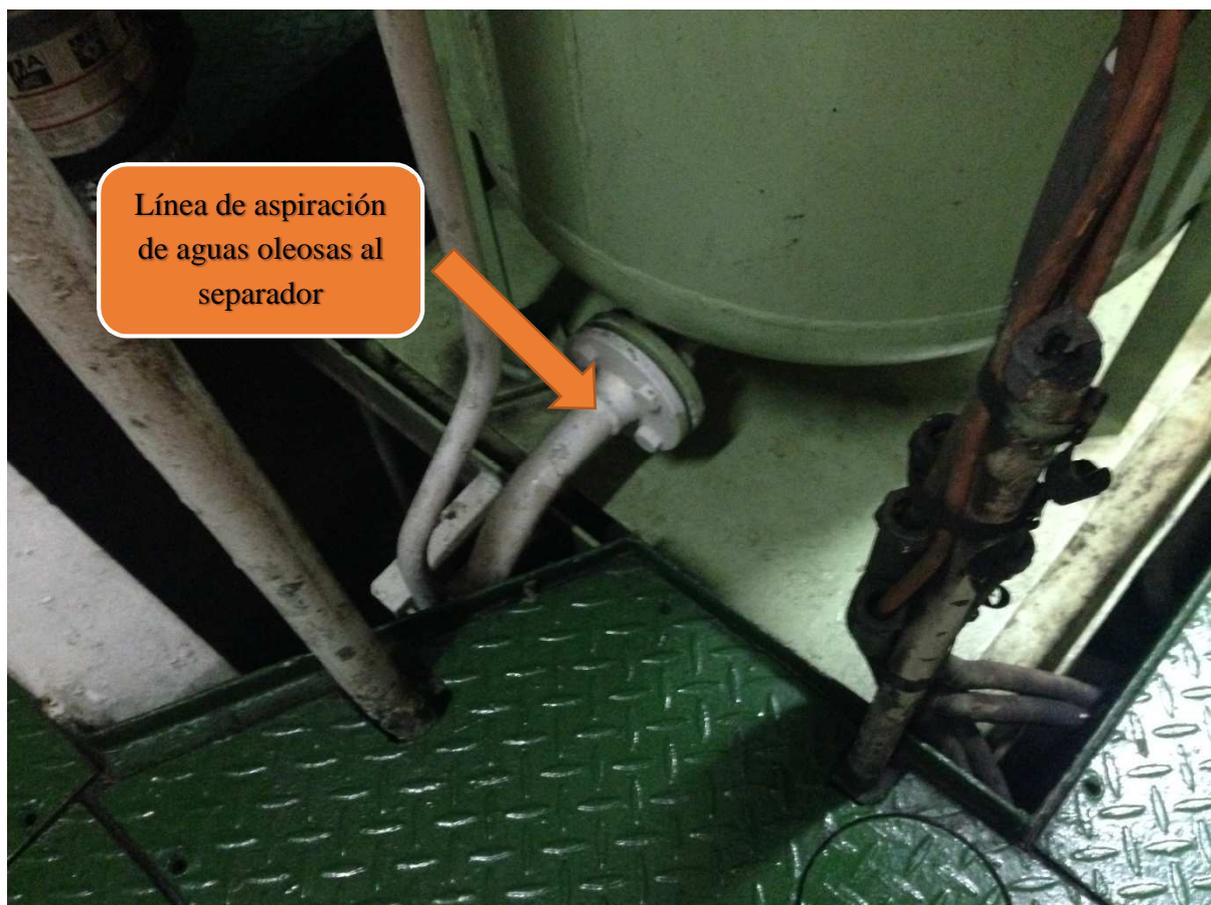


Figura 45 - Detalle de la línea de entrada de aguas oleosas al separador.

Fuente: Trabajo de campo.

5.3.1. Requisitos del separador de sentinas.

Los separadores deben ser capaces de manejar cualquier mezcla aceitosa proveniente de los espacios de sentinas y se espera de ellos que sean efectivos con todo el rango de aceites que puedan encontrarse a bordo del buque, siendo capaces de tratar aceites de una densidad muy alta o mezclas emulsionadas.

Ciertos productos, como pueden ser productos de limpieza, emulsificadores o disolventes, pueden provocar que se emulsione el agua de sentinas. Habrá que tomar las medidas y precauciones necesarias para intentar minimizar la presencia de estos elementos en la sentina del buque.



Figura 46 - Localización del grifo de toma de muestras para inspección.

Fuente: Trabajo de campo.

5.4. Alarma del detector de partículas del separador de sentinas.

El separador de sentinas deberá ser capaz de separar el aceite de una emulsión para producir un efluente cuyo contenido en aceite sea inferior a 15 ppm.

La alarma de 15 ppm del separador debe ser capaz de grabar la fecha, hora y estado de la alarma, así como el estado de operación del separador. Además, el dispositivo de grabación deberá tener la capacidad de almacenar dicha información durante un plazo no inferior a dieciocho meses y debe permitir mostrar en pantalla o la impresión de datos durante las inspecciones.

Si fuese necesario realizar la sustitución de uno de estos dispositivos de alarma, deberá asegurarse que los datos almacenados sigan estando disponibles durante el plazo exigido por la normativa.

Este modelo de alarma del separador de sentinas está provisto de dos alarmas independientes, una que se activa al detectarse 14 ppm de partículas oleosas, y una segunda que se activa al detectar 15 ppm.

5.4.1. Método de medición de luz esparcida.

El detector de partículas funciona por medio de un sensor óptico, que se encarga de medir una combinación de la luz esparcida así como la luz absorbida por las gotas de aceite presentes en una muestra de agua del separador. Un microprocesador interpretará estas señales.

Cuando se superan los valores determinados como puntos de alarma, los relés de alarma de aceite se activan después de un tiempo previamente definido.

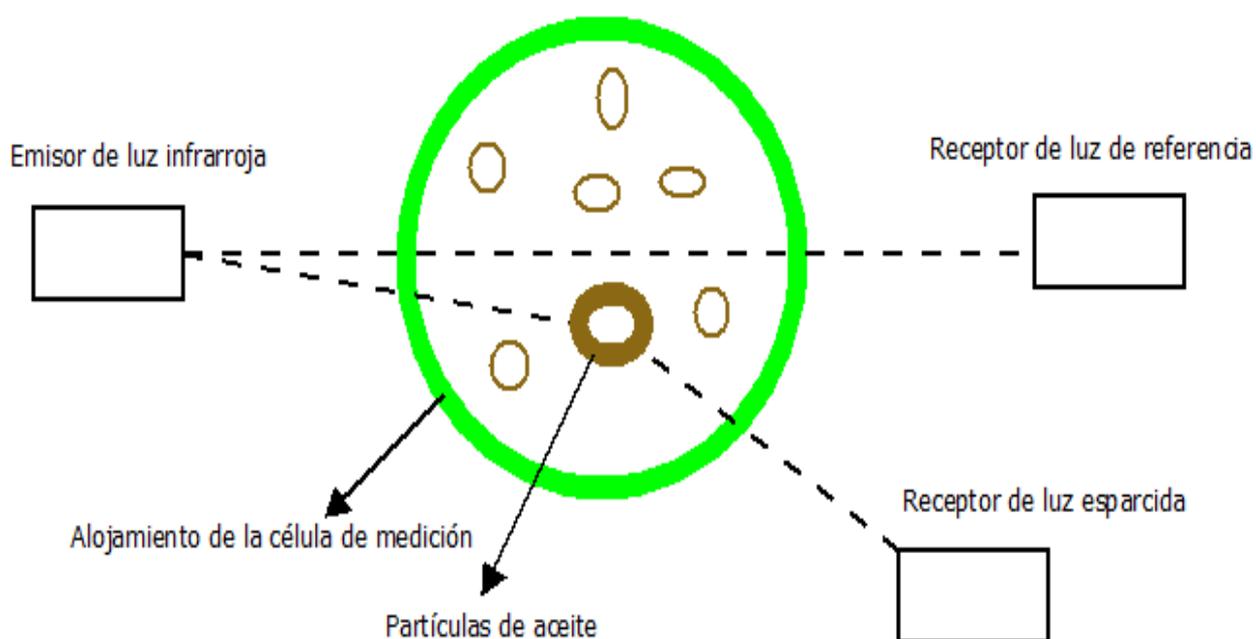


Figura 47 - Diagrama de funcionamiento del sensor de medición de partículas.

Fuente: Elaboración propia.

El microprocesador está continuamente controlando las condiciones y el estado de los distintos componentes del sensor, para asegurar que la calibración es correcta y precisa, y que ésta se mantiene en el tiempo y en las distintas condiciones que se puedan dar.

El punto de “cero” está calibrado y puede reajustarse en cualquier momento usando el modo de programación y agua limpia. Lo que no se permite es la calibración, ya que ésta debe realizarse de acuerdo a las regulaciones de Organización Marítima Internacional, y por personal autorizado por el fabricante del dispositivo.

Asimismo, en el modo de programación también es posible ajustar el tiempo de espera de las dos alarmas, desde que se detecta la alarma hasta que se activa el relé correspondiente.

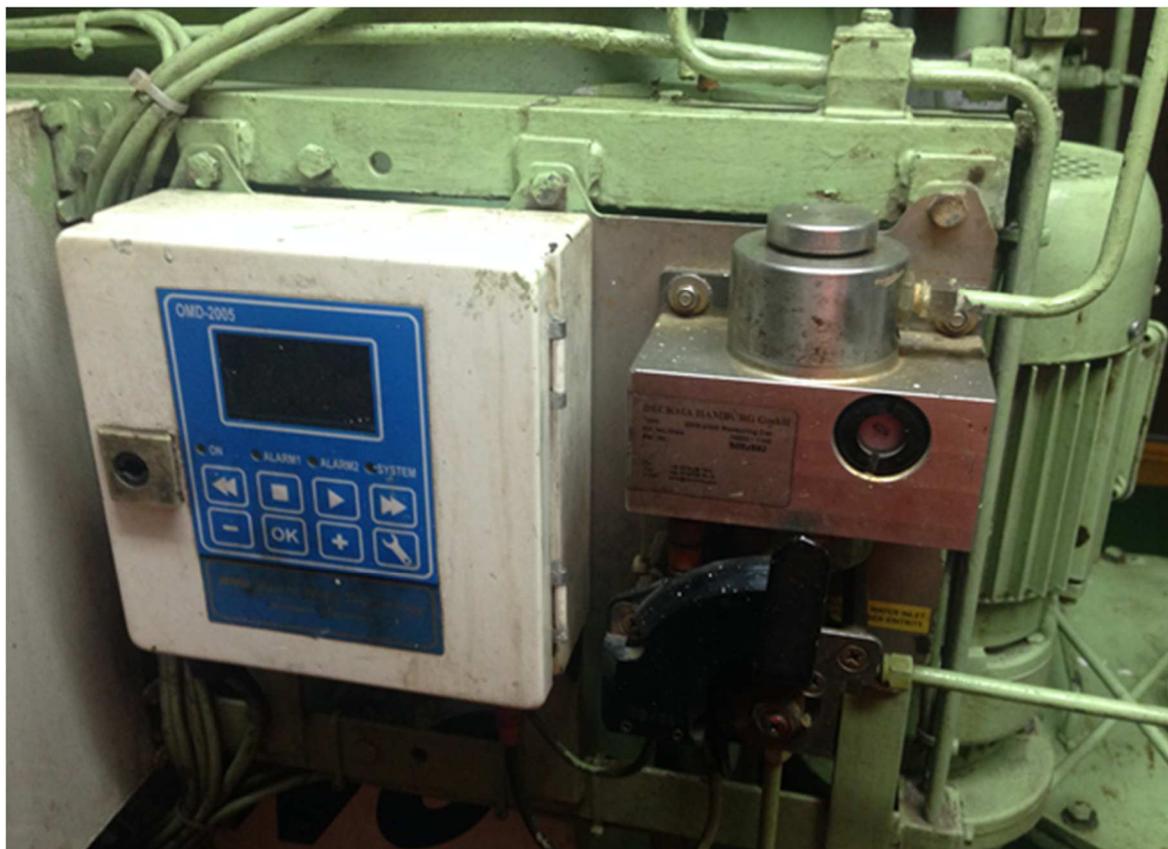


Figura 48 - Monitor de alarma del separador de sentinas.

Fuente: Trabajo de campo.

El dispositivo de alarma del separador de sentinas está compuesto por 3 partes diferenciadas:

- La unidad de control, montada en el interior de una caja de acero, para la protección de sus delicados componentes internos.

- La célula de medición, fabricada con un cuerpo de aluminio anodizado, con los dos bloques, de entrada y de salida, en acero inoxidable. Esta célula está diseñada para la protección del sensor óptico y se comunica con la unidad de control mediante un cable de datos.
- El ensamblaje de la válvula, con una conexión rápida al cuerpo del sensor, lo que permite una desconexión para el reajuste frecuente de acuerdo a los requisitos de la OMI.

Para evitar la intervención no autorizada sobre la alarma, dispondrá de elementos de seguridad, como la necesidad de tener que romper un precinto si se quiere actuar sobre algo no esencial. Además, siempre que se esté utilizando agua limpia tanto para limpieza como para la calibración de la alarma, esta permanecerá activada.

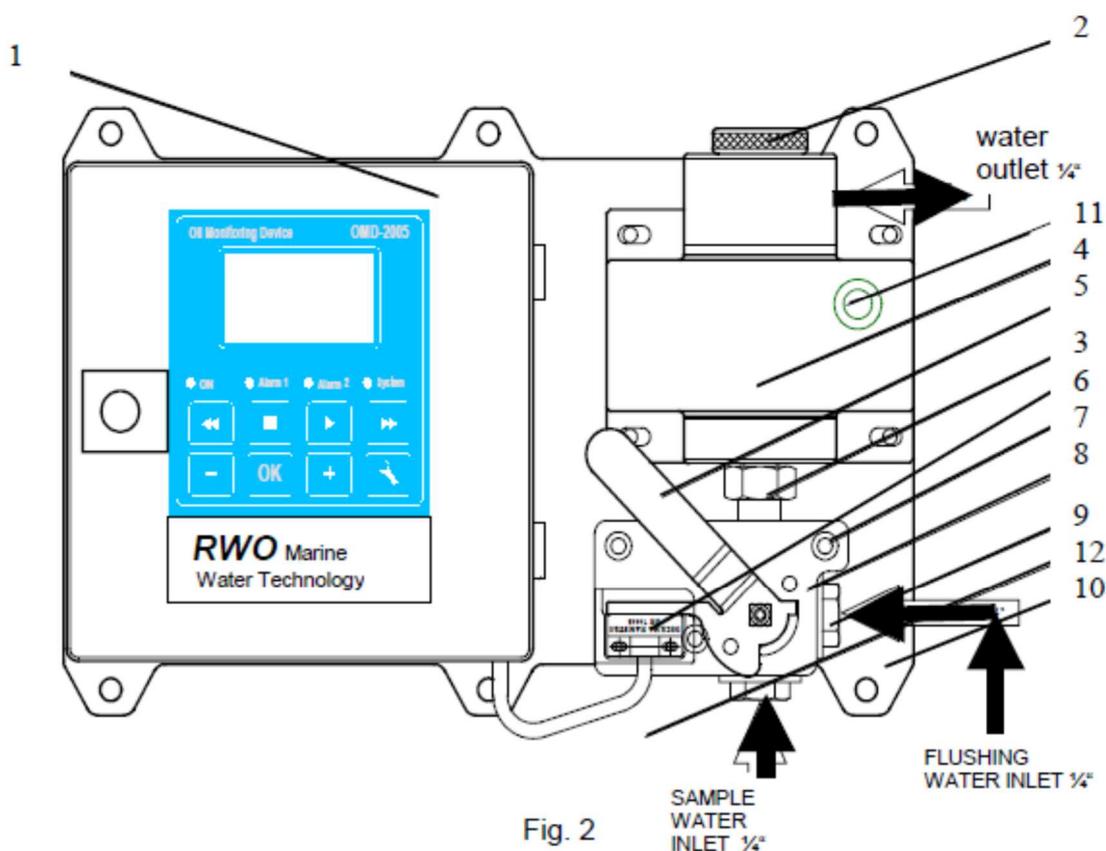


Figura 49- Partes de la alarma del separador de sentinas.

Fuente: Manual de uso del separador.

Los separadores de sentinas también deben poseer un sistema de parada automática, de forma que cualquier posible descarga al mar de aguas oleosas con contenido en aceite superior a 15 ppm se evite sin intervención alguna de un operario.

Este dispositivo de parada automática consiste en una disposición de válvulas situada en la línea de salida del efluente del separador, de forma que automáticamente redirija el flujo hacia la sentina del buque o al tanque de sentina cuando el contenido de aceite sea superior a 15 ppm.

1	Unidad de control
2	Tornillo
3	Conexión
4	Célula de medición
5	Asa
6	Interruptor
7	Espaciador
8	Placa de la válvula
9	Válvula de 3 vías
10	Placa de montaje
11	Desecador
12	Cable de comunicación

En la figura 42 se presenta de forma esquemática la localización de componentes del dispositivo de alarma del separador de sentinas, para fácil identificación y comprobación con la imagen anterior, de la instalación real.

El dispositivo de medición de partículas dispone de dos circuitos de alarma independientes, que pueden ajustarse a valores desde 2 hasta 15 ppm.

De fábrica los valores de estas alarmas viene configurados de forma que la alarma número 1 tiene un punto de ajuste de 14 ppm y la alarma número 2 tiene un punto de ajuste de 15 ppm, ambos valores ajustables para poder ser adaptados a las condiciones de funcionamiento del separador.

Hay que tener en cuenta que para asegurar un correcto funcionamiento del bypass del adsorbedor, el circuito de alarma número 1 debe estar ajustado por lo menos a 1 ppm más bajo que el circuito de la alarma número 2.

Realizar un ajuste del circuito de alarma número 2 a un valor superior a 15 ppm no es posible, debido a los requisitos que impone la normativa de la OMI.

A continuación se muestran las especificaciones técnicas más importantes del monitor de alarma de sentinas:

<i>Rango</i>	0 – 30 ppm
<i>Fuente de alimentación</i>	24 V – 240 V CC o CA
<i>Consumo</i>	> 15 VA
<i>Punto de alarma 1</i>	Ajustable de 2 a 15 ppm (14 ppm de fábrica)
<i>Punto de alarma 2</i>	Ajustable de 2 a 15 ppm (15 ppm de fábrica)
<i>Retraso de la alarma 1</i>	Ajustable de 1 a 540 segundo (de fábrica 2 segundos)
<i>Retraso de la alarma 2</i>	Ajustable de 1 a 540 segundo (de fábrica 2 segundos)
<i>Alarma de fallo del sistema</i>	LED rojo
<i>Presión de agua de la muestra</i>	De 0.1 a 10 bar
<i>Flujo de la muestra</i>	Entre 0.1 y 4 litros por minuto, según la presión

Temperatura ambiente	De 1 a 55 °C
Temperatura de la muestra de agua	De 1 a 65 °C
Tamaño	360 mm ancho x 240 mm alto x 100 mm profundidad
Grado de protección	IP 65
Peso	7.3 kg

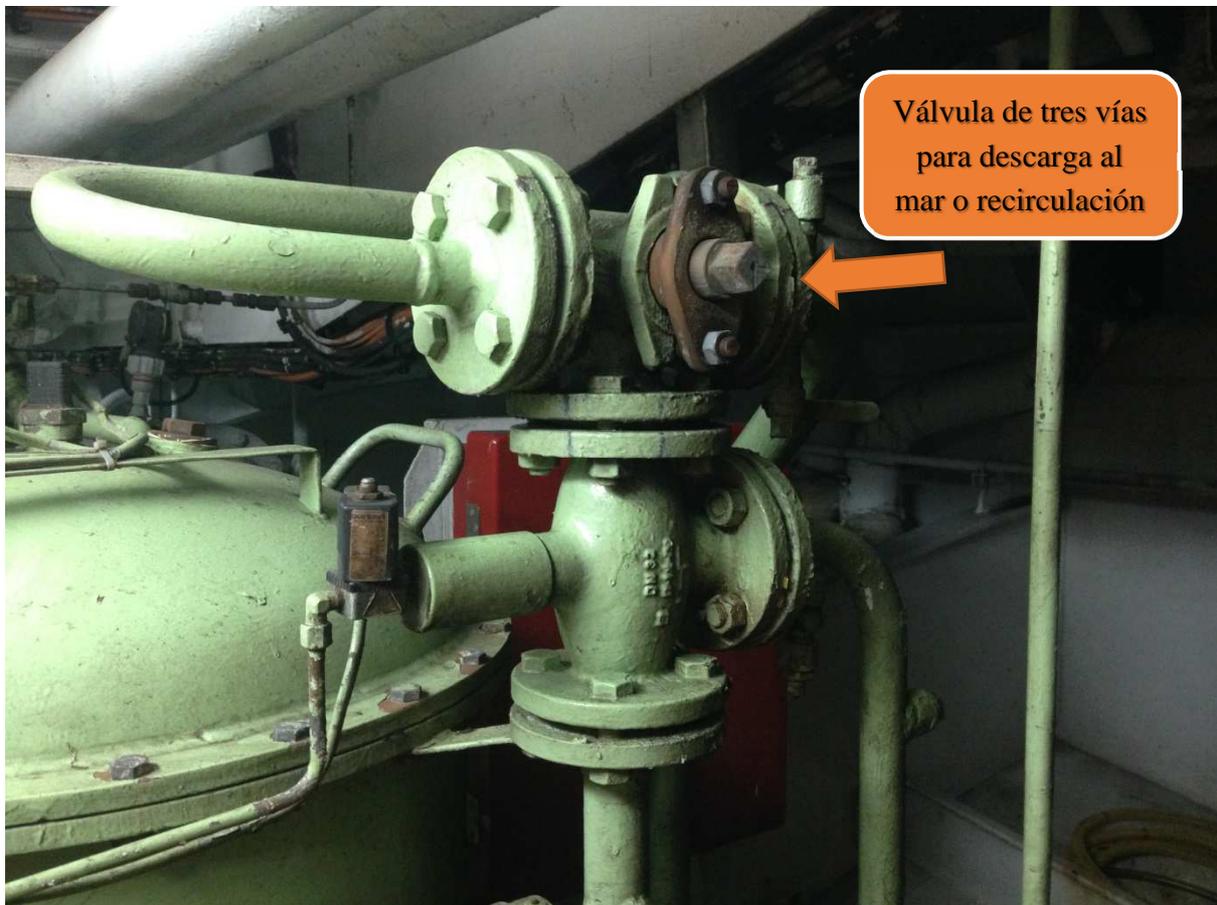


Figura 50 - Válvula de tres vías para seleccionar descarga al mar o al tanque de sentinas.

Fuente: Trabajo de campo.

La eficacia de las alarmas de partículas aceitosas estará certificada por medio del organismo encargado de efectuar las calibraciones de estos dispositivos.

El certificado que indica la fecha de la última comprobación de calibración de la alarma deberá permanecer a bordo para presentarlo en caso de inspección.

5.5. Funcionamiento del adsorbedor del separador.

El monitor de la alarma de sentina es el encargado de controlar el modo de operación del adsorbedor. Con la finalidad de proteger los elementos internos del adsorbedor y así prolongar su vida útil, la instalación dispone de una válvula de tres vías que permite hacer un by-pass a la entrada del adsorbedor.



Figura 51 - Detalle de la válvula manual para descarga del separador al tanque de sentina.

Fuente: Trabajo de campo.

Si tras la primera etapa de separación de agua y aceite se encuentra que el contenido de aceite es igual o inferior a 14 ppm a la entrada del adsorbedor, se actuará automáticamente sobre

la válvula de tres vías, de modo que el efluente pueda ser descargado directamente al mar, evitando su paso a través del adsorbedor, que sería innecesario.

El efluente solo circulará por el adsorbedor cuando su contenido en partículas oleosas sea igual o superior a 14 ppm, y se realizará otra medición del contenido en aceite a la salida del adsorbedor, de forma que si el contenido de aceite es inferior a 15 ppm se procede a la descarga al mar.

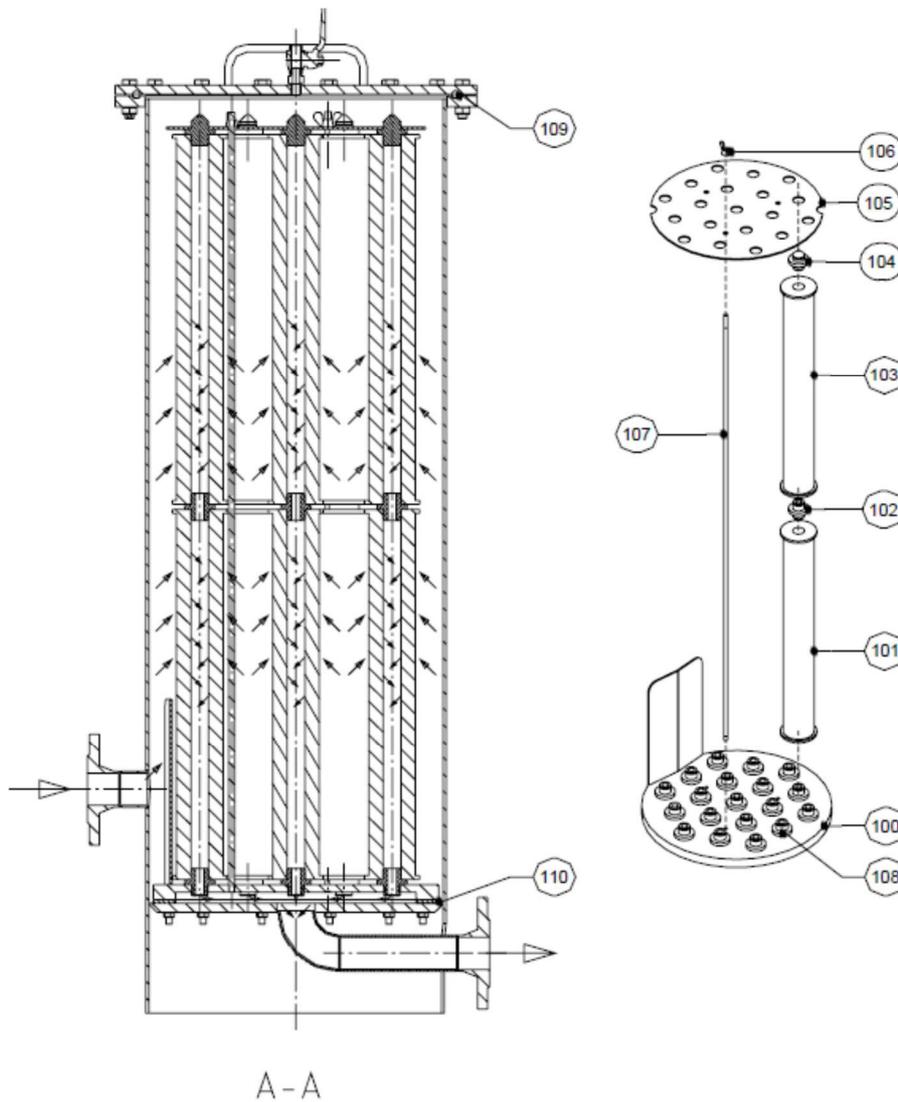


Figura 52 – Estructura interna del adsorbedor.

Fuente: Manual de uso del separador.

Cada 5 minutos, y durante 4 segundos, se toma una muestra del efluente. Con ello se consigue analizar de forma continua el funcionamiento y la eficiencia de la primera etapa del separador, y además proteger el adsorbedor.

Si en esta muestra el contenido en aceite es inferior a 14ppm, la válvula de tres vías se pondrá en posición de by-pass del adsorbedor.

En caso contrario, si se detecta un contenido en aceite igual o superior a 14ppm, el flujo circulará a través del adsorbedor durante los próximos cinco minutos.

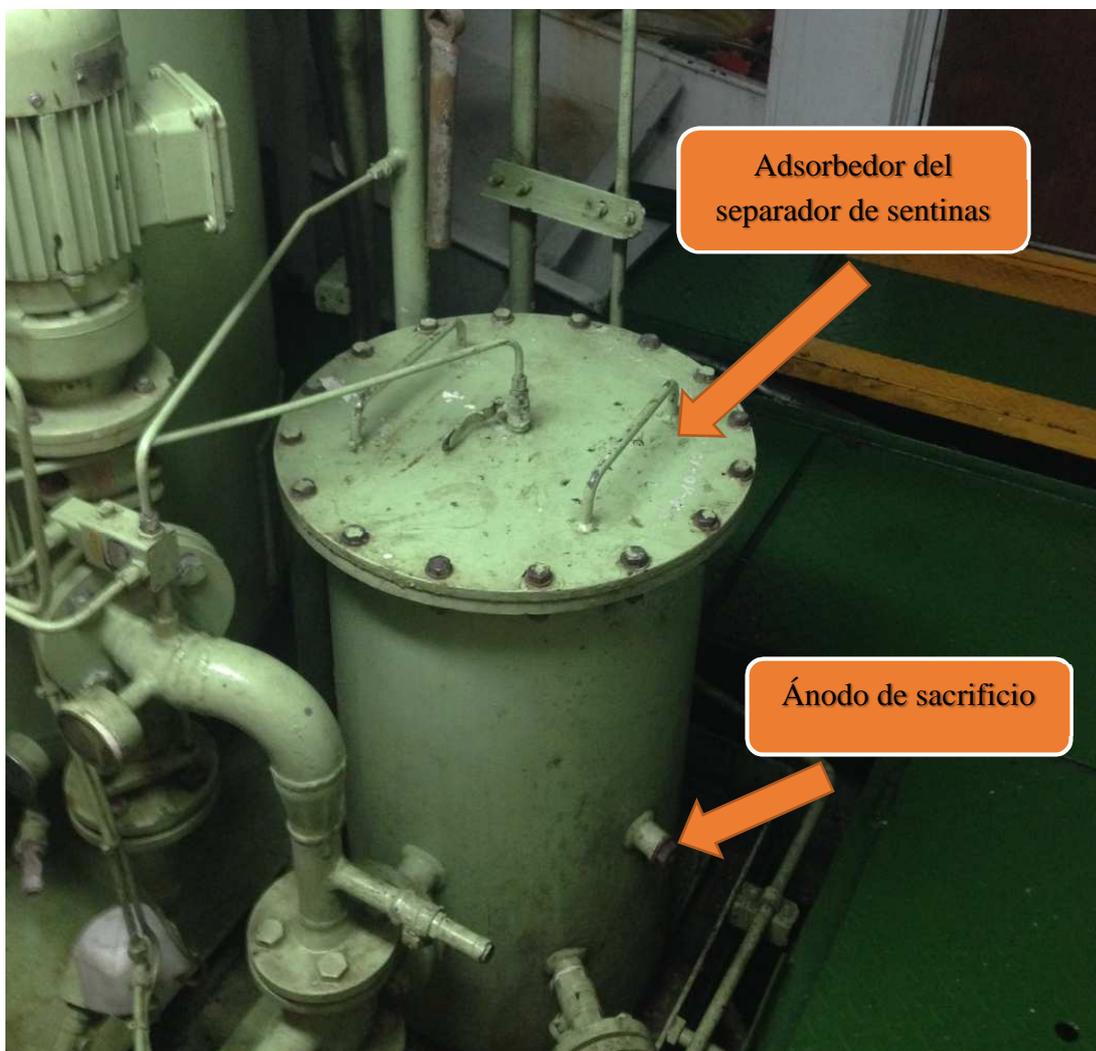


Figura 53 - Apariencia del adsorbedor en la instalación real.

Fuente: Trabajo de campo.

Durante este corto proceso de la toma de muestra, la válvula de tres vías cambia de posición de forma que dirige el flujo hacia el tanque de agua de sentinas. Si el contenido en aceite fuese mayor de 15ppm incluso después del adsorbedor, se redirigiría al tanque de agua de sentinas.

Solo se activará una alarma en la sala de control cuando el contenido de partículas de aceite sea superior a 15ppm después del adsorbedor durante al menos 3 segundos.



Figura 54 - Detalle de la válvula de tres vías presente en el adsorbedor.

Fuente: Trabajo de campo.

5.6. Mantenimiento y reparaciones del separador de sentinas.

El mantenimiento de la instalación del separador de sentinas incluye distintas tareas que deben llevarse a cabo en intervalos periódicos, con una frecuencia determinada. Nos encontramos con tres tipos de revisiones o acciones de mantenimiento a realizar, ya sean comprobaciones regulares, comprobaciones cada seis meses, o comprobaciones anuales.

5.6.1. Comprobaciones regulares.

Estas intervenciones son necesarias de forma regular para asegurar el correcto estado y funcionamiento del separador, y deberán realizarse de forma semanal o mensual, según corresponda con el programa de mantenimiento adoptado.

- Comprobación de la presión diferencial antes y después del filtro coalescente:

El valor de la presión máxima admitida no será mayor de 0.2 bar.

En caso de que la presión sea mayor que el máximo admisible se deberá actuar sobre el filtro, en primer término efectuando una limpieza del mismo, y en caso de que no se corrija el problema se procederá al cambio de dicho filtro coalescente.

- Comprobación de la presión diferencial antes y después del adsorbedor.

El valor de la presión máxima admisible será de 3 bar. En caso de que la presión sea mayor se procederá al cambio del elemento adsorbedor.

- Comprobación de las empaquetaduras del eje de la bomba.

En caso de que presente una fuga ligera se considerará apropiado. Si por el contrario se trata de una fuga intensiva habrá que proceder a apretar la empaquetadura o cambiarla por otra nueva.

- Comprobación de la presión en la aspiración de la bomba. Se reemplazará los elementos que presentes desgaste.

5.6.2. Comprobaciones cada seis meses.

Las operaciones de mantenimiento a realizar al menos dos veces al año serán las siguientes:

- Comprobación de los ánodos de sacrificio de zinc, y proceder a su sustitución en caso de que su deterioro sea ya muy evidente.

- Comprobación de la lubricación de la bomba, y rellenar en caso de que sea necesario.

5.6.3. Comprobaciones anuales.

Con una periodicidad anual habrá que revisar también una serie de elementos, presentes en el interior del propio separador. Para ello habrá que proceder a la apertura del separador y el adsorbedor.

- Comprobar si hay lodos sedimentados, y en caso afirmativo eliminarlos y efectuar una limpieza.
- Comprobación del recubrimiento interior, y proceder a pintar el interior si fuese necesario.
- Comprobación de las juntas de las válvulas.
- Efectuar una limpieza del electrodo, y en caso de que éste se encuentre dañado, se procederá a sustituirlo.
- Comprobación de funcionamiento del calentador.

5.6.4. Mantenimiento del adsorbedor.

Las operaciones de mantenimiento a realizar en el adsorbedor son de carácter semanal, y son las nombradas a continuación:

- Lavado de la célula de medición con agua libre de aceite.
- Aislar el adsorbedor tanto del suministro de agua limpia como de muestra.
- Desatornillas y quitar la tapa.

- Introducir el cepillo de limpieza en la célula y limpiarla con movimientos verticales.
- Quitar el cepillo de limpieza y volver a colocar y atornillas la tapa superior.
- Volver a conectar el suministro de agua limpia y permitir la circulación de agua durante unos minutos.
- Observar que la pantalla muestre valores de 0 a 2. En caso contrario, realizar nuevamente el procedimiento de limpieza.
- Examinar el color del desecador.

Un color azul indica un absorbedor de humedad activo. Si el color fuese azul claro o blanco, habría que reemplazar el desecador. El objetivo del desecador es asegurar que en el interior de la célula de medición se mantiene una humedad inferior al 40%, para evitar que la condensación produzca errores en las medidas. Para reemplazarlo solo es necesario desatornillar el desecador viejo desde el exterior, y atornillar el nuevo en su lugar.

- Volver a conectar el instrumento al punto de muestra del separador.

5.6.4. Mantenimiento de la bomba del separador de sentinas.

El mantenimiento necesario a realizar en la bomba del separador de sentinas es mínimo. Únicamente habría que revisar la lubricación de la bomba, rellenando de aceite hasta que rebose.

El aceite debería cambiarse cada 10000 horas de operación o cada 3 años. Así como desmontar la bomba y hacer una comprobación de todas las partes sometidas a desgaste, como los engranajes.

En el caso del motor eléctrico de la bomba, sobre éste no que realizar ningún tipo de mantenimiento.

5.7. Gestión de residuos. Controles del separador.

Los residuos generados por la operación del separador de sentinas quedan recogidos en el tanque de lodos, y son periódicamente recogidos en puerto, mediante el procedimiento correspondiente de descarga de sentinas. El Primer oficial o el Jefe de Máquinas, evalúan las condiciones del proceso.



Figura 55 - Detalle de las válvulas para descarga a tierra, bajo el tanque de lodos.

Fuente: Trabajo de campo.

Si las condiciones son las adecuadas autorizarán la descarga pudiendo delegar en un oficial de menor grado la responsabilidad de la operación y el cumplimiento de la lista de comprobación correspondiente.

La operación de descarga de lodos se hace conjuntamente con el receptor de los residuos cuando éste intervenga, vigilando que durante toda la operación se mantienen las condiciones adecuadas para preservar la seguridad y las normativas anticontaminación.

**OIL RECORD BOOK
LADING JOURNAL
CARGO RECORD BOOK**

Naam van het schip: [redacted] Intern. naamsein: [redacted]
Name of the ship: [redacted] Callsign: [redacted]

LADING/BALLAST OPERATIONS (TANKERS) MACHINERY SPACE OPERATIONS (ALL SHIPS)
CARGO/BALLAST OPERATIONS (TANKERS) MACHINERY SPACE OPERATIONS (ALL SHIPS)

Return Date	Code Letter/ Letter code	Number van de handeling/ Item number	Aankomelingen van de handelingen/ Record of operations/signature of officer in charge
		11.2	7.8 m ³ / 10.1 m ³ C/E P. Shchutski
		11.3	3.2 m ³ / 0.7 m ³ C/E P. Shchutski
16.04.09	C	12.2	Transferred 2.5 m ³ from Sludge tank N28 to Dirty oil tank N38 C/E P. Shchutski Sludge tank 0.2 m ³ / Dirty oil tank 3.2 m ³ C/E P. Shchutski
23.04.09	C	11.1	Sludge tank n28
		11.2	Dirty oil tank n38 C/E P. Shchutski
		11.3	7.8 m ³ / 10.1 m ³ C/E P. Shchutski
		11.3	2.7 m ³ / 3.3 m ³ C/E P. Shchutski

Retención a bordo (circled entry)

Identidad tanques (pointing to 'Sludge tank n28')

capacidad (pointing to '7.8 m³ / 10.1 m³')

Figura 56 - Ejemplo de operación en el Libro de Registro de Hidrocarburos.

Fuente: Capitanía Marítima de Tarragona. (31)

Finalizada la entrega, se comprobará que los datos que figuran en el certificado MARPOL correspondiente entregado por el responsable de la recepción son correctos y reflejan la operación realizada.

El Primer Oficial o el Jefe de Máquinas anotarán la operación en el Libro Registro de Hidrocarburos según corresponda.

RESIDUOS DEL BUQUE (SHIP'S RESIDUES) (m ³)				
Tipo (Type)	Para entregar (To deliver)	Quedan a bordo (Remain on board)	Capacidad máxima de almacenamiento (Maximum capacity of storage)	Estimación de la cantidad generada hasta el próximo puerto de escala (Estimated residues in the next port of call)
1.- Residuos oleosos (Oil residues)				
Fangos (Sludges)	NIL	2.2 / 10.1 m ³ - 3.1 m ³	7.70	2,8
Agua de sentina (Bilge water)	NIL	0.35 / 11.0 m ³ - 9.3 m ³	6.66	0.35
Otros (Other) Dirty Oil	NIL	3.3 / 1.7 m ³ - 11.3 m ³	10.10	3,4
2.- Residuos de sustancias nocivas líquidas (Noxious liquid substances residues)				
Lavazas (Tanker washing)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Otros (Other)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
3.- Aguas sucias (Dirty water)				
Aseos y cocina (Toilets and galley)	NIL	NIL	6.66	NIL
Enfermería (Hospital)	NIL	NIL	NIL	NIL
Espacios de animales vivos	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Figura 57 - Registro de residuos del buque.

Fuente: Capitanía Marítima de Tarragona. (31)

Cuando se realizan inspecciones de residuos a bordo se comprueban una serie de elementos:

- La validez del certificado IOPP.
- La existencia de un separador de sentinas aprobado o una exención a su uso.
- La disponibilidad de medios para la manipulación de residuos, en el caso de incineradores, calderas u otros sistemas.
- La existencia de tanques adecuados para retener aguas de sentina y lodos.
- Además se comprobará la capacidad de dichos tanques.

Los datos que aparecen en el certificado IOPP (capacidades de tanques y denominación), se comparan con la declaración de residuos y se procede a su comprobación.

Además, también se comparan los datos con las anotaciones en el Libro de Registro de Hidrocarburos, donde deben anotarse semanalmente las sondas de los tanques.

5.8. Averías del separador de sentinas.

A continuación se muestran algunas de las averías o problemas en el funcionamiento de la planta del separador de sentinas, acompañados de las causas más comunes que los pueden provocar.

- Repetición del proceso de limpieza de forma continua: esto puede ocurrir debido a que el separador esté aspirando aire desde una sentina vacía, y el control de nivel no es capaz de efectuar la parada.
- Repetición constante del proceso de limpieza y el vacuómetro muestra una altura de succión demasiado baja en relación a la esperada: la causa de este problema suele ser que la planta del separador esté aspirando aire a través de alguna fuga presente en la línea de aspiración o en el propio separador.

- Rendimiento bajo en la bomba: normalmente se deberá bien a un bloqueo en la línea o a un filtro sucio u obstruido.
- La planta registra aceite pero no lo descarga: normalmente se debe a interrupción en el flujo de agua de limpieza o a que la descarga de aceite al tanque está bloqueada.
- La planta registra aceite pero lo que descarga es agua por la descarga de aceite: puede deberse a una interrupción del cableado entre el electrodo y la unidad de control, o que el electrodo necesite una limpieza.
- La planta registra aceite pero no lo descarga: normalmente se debe a que la salida de aceite hacia el tanque de recolección de aceite se encuentra bloqueada, o hay una interrupción en el suministro de agua.

VI – CONCLUSIONES

VI – CONCLUSIONES.

Consideramos con la elaboración de este Trabajo de Fin de Grado, y en vista al capítulo de resultados, que se han cumplido todos los objetivos propuestos en el inicio.

- Gracias al uso de la distinta bibliografía, nos ha permitido conocer la evolución histórica de las instalaciones de achique de sentinas, desde los primeros elementos de bombeo hasta los buques actuales, provistos de maquinaria moderna y separadores de sentinas.
- Con la utilización de convenios y normativas de carácter internacional, hemos podido conocer las distintas regulaciones sobre contaminación y seguridad que guardan relación con las instalaciones de sentinas.
- El trabajo de campo realizado a bordo del buque OPDR Canarias, nos ha permitido conocer de primera mano la descriptiva de componentes de un circuito de separador de sentinas, así como su localización y su interconexión entre elementos.
- Asimismo, con el trabajo de campo y el acceso a manuales, hemos conocido de forma general el funcionamiento de un sistema de separación de aguas oleosas de sentinas, de sus componentes, de sus sensores y sus alarmas.

VII – BIBLIOGRAFÍA

VII – BIBLIOGRAFÍA.

1. OPDR. *OPDR*. [En línea] <http://www.opdr.com>.
2. De la mar y los barcos. [En línea]
<https://delamarylosbarcos.wordpress.com/2009/11/25/opdr-y-un-frutero-llamado-tazacorte/>.
3. Del acontecer marítimo. [En línea] <https://delacontecerportuario.wordpress.com/tag/opdr-canarias/>.
4. Buque OPDR Canarias - Trabajo prácticas en buque. *Facultad de Náutica de Barcelona*. [En línea]
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/18482/1/OPDR%20CANARIAS.pdf>.
5. Megator. [En línea] <http://www.megator.com/download/13726-MEG-TDS-Bilge,%20Sludge%20&%20Waste%20Oil%20Transfer%20%28Spanish%29.pdf>.
6. MAHLE Industry. *MAHLE Industry - Bilge Water Separation*. [En línea]
[http://www.mahle-industry.com/C1256F7900537A47/vwContentByKey/W27JXJLD897STULEN/\\$FILE/MPEB_Bro_EN.pdf](http://www.mahle-industry.com/C1256F7900537A47/vwContentByKey/W27JXJLD897STULEN/$FILE/MPEB_Bro_EN.pdf).
7. Join Systems. [En línea]
<http://www.join.co.kr/Environmental%20Facilities/img/bilge%20water.gif>.
8. Bright hub engineering. *Bilge Water - Storage, Treatment and Discharge*. [En línea]
<http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/31280-bilge-water-storage-treatment-and-discharge/>.
9. Internacional, Organización Marítima. Reconocimiento de Instalaciones de Máquiinas. *Reconocimiento de Instalaciones de Máquiinas*. s.l. : Organización Marítima Internacional, 2004.
10. Oertling, Thomas James. *The history and development os ships' bilge pumps*. 1984.
11. 1765 HMS Victory masts, Portsmouth, England. [En línea]
<http://www.sailingtexas.com/shmsvictorye.html>.
12. McGeorge, H. D. *Marine Auxiliary Machinery*. s.l. : Elsevier Science, 1995.

13. Zabicaray, M. Viejo. *Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones*. s.l. : Editorial Limusa, 2000. ISBN 968-18-0509-7.
14. Direct Industry. [En línea] <http://www.directindustry.es/prod/sulzer-pumps/bombas-centrifugas-fangos-21083-1150577.html>.
15. Direct Industry. [En línea] http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/bomba-centrifuga-canal-lateral-autocebante-40807-2258175.jpg.
16. Análisis y rediseño de los sistemas de achique y contra incendios de un yate de 43m de eslora. *Facultad de Náutica de Barcelona*. [En línea] 2011.
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11745/1/AN%C3%81LISIS%20Y%20REDI SE%C3%91O%20DE%20LOS%20SISTEMAS%20DE%20ACHIQUE%20Y%20CONTRA%20INCE.pdf>.
17. Automatización del sistema de achique y separación de sentinas en un buque RO-PAX. *Facultad de Náutica de Barcelona*. [En línea] 2012.
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/14941/1/Automatizacion%20sistema%20de%20achique%20y%20separacion_2.pdf.
18. Ship-Technology. [En línea] <http://www.ship-technology.com/contractors/wastewater/rwo/rwo3.html>.
19. Freylit Oil-Water Separator. [En línea] http://www.freylit.com/fileadmin/freylit/docs/MAIN_EXPLANATION_CPI.pdf.
20. Heli-Sep Oily Water Separators . *Separation Equipment*. [En línea] <http://www.separationequipment.com/products-heli-sep-oily-water-separators.html>.
21. Ludo Ingeniería. [En línea] <http://www.ludoing.com.ar/bilsep.html>.
22. *Revista Ambientum*. [En línea] http://www.ambientum.com/revista/2003_03/SENTINAS_imprimir.htm.
23. *Main causes of oil pollution by ships* . [En línea] <http://www.ausmepa.org.au/ships-and-the-marine-environment/5/causes-of-oil-pollution.htm>.
24. Internacional, Organización Marítima. Convenio internacional SOLAS 1974. [En línea] http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal_a/base_legal/A._Convenio_internacional_solas_1974.pdf.

25. *Convenio MARPOL*. [En línea]
http://www.dna.gov.ar/DIVULGAC/GESTAMB/LEGISLACION/Marpol_73_78.pdf.
26. Jobs At Sea | Marine Recruitment And Employment. *Maritime-connector*. [En línea]
<http://maritime-connector.com>.
27. Prevención de la contaminación desde los buques. [En línea]
<http://oro.home.xs4all.nl/ultramarine/fidalmar2001/08-prevencion.html>.
28. System certification SGS. *Erbil*. [En línea] http://erbil.co/wp-content/uploads/2014/10/sgs_01.jpg.
29. Tejero, Ignacio Moleres. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD PORTACONTENEDORES Y MÉTODOS DE TRINCAJE. [En línea]
http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17939/1/TFC_IgnacioMoleres.pdf.
30. PLAN DE RECEPCIÓN Y MANIPULACIÓN DE DESECHOS GENERADOS POR LOS BUQUES Y RESIDUOS DE CARGA. *Autoridad Portuaria de Cartagena*. [En línea]
http://www.apc.es/docs/el_puerto/PLAN%20DE%20RECEPCI%C3%A0N%20DE%20DESECHOS%20GENERADOS%20POR%20LOS%20BUQUES%20Y%20RESIDUOS%20DE%20CARGA%20Rev-4.pdf.
31. Las declaraciones de residuos y el control de la Administración Marítima. *Capitanía Marítima de Tarragona*. [En línea]
<http://www.novatecnica.es/documents/ponencies/2CAPITANIA%20MARITIMA.pdf>.
32. International Maritime Organization. [En línea] <http://www.imo.org/pages/home.aspx>.