

**MEMÒRIA DEL TREBALL DE LA ASSIGNATURA PRÀCTIQUES EN EL  
VAIXELL DEL BUC “SUAR VIGO”**



**FACULTAT DE NÀUTICA DE BARCELONA  
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**



**DIPLOMATURA DE MÀQUINES NAVALS  
JOSEP RAMON VIDAL i BOSCH**

## **PREFACIO**

Marineros y constructores navales, lejos de cualquier tipo de broma, se podría afirmar que son de los oficios más antiguos que se conocen. Ya en la biblia, se habla de Noé, Génesis (capítulos 6-9), y de su nave. Permitiendo a Noé salvarse a sí mismo, a su familia y a "una pareja... de todo ser viviente... macho y hembra" del diluvio enviado por Yahvé para destruir a la humanidad. Asimismo, se puede decir que el primer Ingeniero Naval fue Dios, puesto que Yahvé dio a Noé instrucciones precisas acerca de la estructura y de las dimensiones del arca, de los materiales y modo de usarlos (Gén. 6,14-16), y le ordenó que llevase a bordo una pareja de cada animal existente (la carga).

Esta historia de más de 6000 años, recogida en la Biblia, tiene distintas versiones en muchas culturas de nuestro planeta.

Pero es al final del siglo XVIII y principios del XIX, cuando la aparición de la máquina de vapor supuso la necesidad de dotar a los buques de nuevas figuras, hasta entonces inexistentes, el maquinista naval.

Como futuro maquinista debo decir que aún estoy lejos de estar a la misma altura que alguno de mis compañeros de oficiales. Dicen que cuando eres nuevo buque no sabes nada y cuándo te vas te crees saberlo todo... Pero si reconozco que este embarque me ha dado un conocimiento de la realidad.

Me ha sido complicado tanto iniciar este trabajo como finalizarlo. Cada uno de los dispositivos de abordaje, cada uno de los sistemas, cada subsistema del barco, tiene tantos componentes que entrar a fondo, más que un trabajo, sería un recopilatorio de varios volúmenes. Así pues, esta obra describe de forma superficial los sistemas más elementales del buque.

JOSEP RAMON VIDAL i BOSCH

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ELEMENTOS DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS
  - 2.1. Equipos Principales
  - 2.2. Tanques
  - 2.3. Otros tanques
  - 2.4. Eléctricos
  - 2.5. Elementos eléctricos del taller
  - 2.6. Otros
3. RUTA Y CARGA
4. TRIPULACIÓN DEL BUQUE
5. MEDIOS DE SALVAMENTO
6. SISTEMA DE PROPULSIÓN DEL BUQUE
  - 6.1. Descripción general de los motores principales
7. REGULACIÓN DEL MOTOR
  - 7.1. Sistema regulador de las revoluciones y de la potencia (electrónico-hidráulico)
  - 7.2. Sistema regulador de las revoluciones y de la potencia (mecánico-hidráulico)
8. EL SISTEMA DE AGUA SALADA
9. SISTEMA DE TRASIEGO DE HFO
10. EL SISTEMA CENTRALIZADO DE AGUA DULCE
11. REFRIGERACIÓN BIELA-ÉMBOLO
12. LOS TANQUES DE SERVICIO DIARIO DE COMBUSTIBLE
13. TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE HFO
14. SISTEMA DE LUBRICACIÓN PRINCIPAL
  - 14.1. Entrada de aceite lubricante y su recorrido.
  - 14.2. Lubricación de las camisas del cilindro.
  - 14.3. Válvula de ventilación de los cárter.
15. SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE Y COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE
16. EL MÓDULO DE COMBUSTIBLE
  - 16.1. Generalidades.
  - 16.2. Explicación detallada.
  - 16.3. Entrada y retorno del combustible.
17. PRINCIPIOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS DEPURADORAS.
  - 17.1. Funcionamiento
  - 17.2. Sellado de la “bola”
  - 17.3. Regulación de la zona neutra.
  - 17.4. Selección del disco regulador y del anillo de nivel.
  - 17.5. Descarga de fangos.
18. SISTEMA DE LA PURIFICADORA DE HFO
19. EL GENERADOR DE AGUA DESTILADA O TAMBIÉN EVAPORADOR
20. CUADROS ELÉCTRICOS
  - 20.1. Salida del puerto
  - 20.2. Entrada en el puerto
  - 20.3. Caso particular
21. POZOS DE SENTINAS
22. SISTEMA DE AGUA DULCE SANITARIA.
23. DESCRIPCIÓN, FUNCIONAMIENTO, PUESTA EN MARCHA Y PARADA DEL SEPARADOR DE SENTINAS
  - 23.1. Principio físico

- 23.2. Arranque
- 23.3. Parada
- 24. EL SISTEMA DE CONTRAINCEDIOS Y BALDEO
  - 24.1. Baldeo (hidrantes)
  - 24.2. Rociadores
  - 24.3. CO2
  - 24.4. Pulverizadores
  - 24.5. Otros
- 25. LOS REDUCTORES LGF 6665 HR KR1 y LGF 6665 HL K31
- 26. GENERADORES DE COLA
- 27. SISTEMA DE FRIGORÍFICAS (GAMBUZAS)
- 28. PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE
  - 28.1. Preparativos para el arranque del motor principal
- 29. SISTEMA DE LASTRE Y ANTIESCORA
- 30. LA PLANTA SÉPTICA
  - 30.1. Descripción general de la planta séptica
  - 30.2. Operación
- 31. CALDERA MIXTA “COMMODORE”
  - 31.1. Introducción
  - 31.2. General
  - 31.3. Sección alimentada por equipo quemador
  - 31.4. Sección alimentada con los gases de escape
  - 31.5. Descripción general
  - 31.6. Instrucciones de servicio
  - 31.7. Accesorios
  - 31.8. Presostatos de vapor
  - 31.9 Modo de funcionamiento
    - 31.1.1. Controles de nivel de agua
- 32. PASOS A SEGUIR ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR DEL BOTE de babor nº 2.
- 33. PASOS A SEGUIR ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR DEL BOTE de estribor nº 1
- 34. INTRODUCCIÓN: PRINCIPIOS EN QUE SE BASA LA CORROSIÓN Y LA PROTECCIÓN CATÓDICA
  - 34.1. Corrosión galvánica
  - 34.2. Descripciones generales: protección catódica por corriente aplicada
  - 34.3. Sistema marino de corriente aplicada
  - 34.4. Ánodos de la corriente aplicada
  - 34.5. Electrodo de referencia de la corriente aplicada
  - 34.6. Unidad de alimentación
  - 34.7. Instalación del equipo
- 35. LA HÉLICE DE MANIOBRA “KAMEWA”
  - 35.1. Túnel con unidad de hélice. General
  - 35.2. El túnel
  - 35.3. La hélice
  - 35.4. Como trabaja la hélice.
  - 35.5. Presión de aceite en el pistón del servomotor.
  - 35.6. El sistema de accionamiento.
  - 35.7. El sistema hidráulico.
  - 35.8. Partes de la unidad hidráulica.

- 35.9. Partes del depósito de aceite de gravedad.
- 35.1.1. La bomba.
- 35.1.2. La válvula de seguridad.
- 35.1.3. El interruptor de nivel.
- 35.1.2. El interruptor de presión.
- 35.1.3. La válvula de control
- 35.1.4. La válvula que mantiene la presión.
- 35.1.5. El filtro del aceite de retorno.
- 35.1.6. La presión de aceite.
- 35.1.7. Medidas de arranque.
- 36. LOS ORDENADORES DE LA SALA DE MÁQUINAS.
- 37. RUTINAS DIARIAS DE UN SEGUNDO MAQUINISTA.
- 38. BIBLIOGRAFÍA

## INTRODUCCIÓN

El buque de mis prácticas es un Roll-on/Roll-off de 4400 ton de peso muerto, propulsado por dos motores diesel semirápidos de 8800 CV (6480 kW), incluyendo un PTO (Power Take Off) para un generador de cola en cada motor. Las características principales del buque son:

Pabellón	Español
Número IMO	9250000
Eslora Total	149,384 m
Eslora entre Perpendiculares	139,500 m
Manga	21,000 m
Puntal	7,000 m
Puntal a la cubierta superior	12,440 m
Calado Máximo	5,85 m
Desplazamiento	11627 tn
Peso Muerto	4400 tn
GT	16361
Velocidad Máxima	20 kn
Año de terminación	2003
Astillero	H.J. Barreras (Vigo)
SS.CC	Lloyd's Registrar of Shipping
Tripulación	12 personas más Armador
Conductores (pasaje)	12 personas

*Tabla 1: Características principales del buque*

El modelo de la planta propulsora consta de un motor Diesel semirápido de cuatro tiempos sobrealimentado, cuyas características principales son las siguientes:

Tipo	MAN B&W 9L 40/54
Diámetro de los cilindros	400 mm
Carrera	540 mm
Número de Cilindros	9 L
Número de Turbosoplantes	1
Número de enfriadores de aire	1 por motor
Potencia máxima en continuo	6480 kW
Velocidad	550 rpm
Consumo específico de fuel	181 g/kW·h

*Tabla 2: Características principales del motor*

Para la generación de corriente eléctrica el buque dispone de los siguientes medios: ´

- Dos diesel-generadores Caterpillar acoplados cada uno a un generador eléctrico de 810 KVA a 1500 rpm, de 50 Hz, que suministra una intensidad de 1230.7 A y F.P de 0.8.
- Dos alternadores de cola, acoplados cada uno a los respectivos MM.PP de la marca STAMFORD de 810 KVA a una velocidad de 1500 rpm, que suministra una corriente de 380 V y 1230.7 A a 50 Hz. Estos generadores pueden trabajar, en un rango comprendido entre el 70% y el 100% de la velocidad del motor.

- Un diesel-generator de emergencia con un motor diesel de 6 cilindros en línea de la marca GUASCOR capaz de suministrar 150 CV a 1500 rpm, con un alternador de la marca STAMFORD de 125 KVA, 380 V, 50 Hz y un FP de 0.8.



*Fig1: Vista del generador de emergencia*

Los sistemas auxiliares del buque son los normales de una instalación de este tipo e incluyen:

- Un sistema de contraincendios, por agua y CO<sub>2</sub>.
- Un sistema de achique de sentinas con un separador de aguas oleosas y con su bomba correspondiente de sentinas.
- Un sistema de aire comprimido para el arranque del motor principal con dos compresores de la marca SPERRE que suministran 74 m<sup>3</sup>/h, de una potencia de 17.6 kW a 1450 rpm a 30 bar.
- El sistema posee dos botellas de aire de arranque con un regulador de visita de 1500 L a 30 bar, una botella de aire de arranque para los MM.AA de 250 L a 30 bar y finalmente una botella de aire de servicios generales de 250 L a 7 bar.
- Un compresor de emergencia de la marca SPERRE tipo HL2/17 de 3.7 kW a 980 rpm y 30 bar de un caudal de 17 m<sup>3</sup>/h.
- El sistema sanitario, incluyendo agua fría y caliente, produce agua dulce mediante un evaporador de un caudal de 6 ton/24h.
- Sistema de ventilación para la cámara de máquinas y de aire acondicionado para el control de la cámara de máquinas.
- Sistema de motorización de alarmas, que cumple con los requerimientos para máquinas desatendidas.
- Sistema de agua dulce de alta y baja temperatura para la refrigeración del motor principal y los otros sistemas auxiliares.
- Sistema de lubricación del motor principal.
- Control remoto del motor principal, alternadores, bombas y compresores.
- Distribución de la energía eléctrica.
- Sistema de generación de vapor basado en una caldereta de la marca COMMODORE de gases de escape.

- Sistema de recuperación del calor.
- Sistema de agua salada
- Sistema de purificadoras, compuesta por dos purificadoras de HFO, dos de DO y dos de aceite.

## **ELEMENTOS DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS**

### **Equipos Principales**

- Dos silenciosos de los MM.AA
- Dos silenciosos de los MM.PP.
- Una caldera mixta.
- Dos generadores de cola.
- Una consola para la cabina de control.
- Una unidad de aire acondicionado para la sala de control.
- Un equipo de presión de agua destilada.
- Un módulo de preparación de combustible
- Un módulo de purificación de aceite.
- Un módulo de purificación de combustible.
- Dos MM.AA.
- Cuatro chumaceras
- Dos líneas de ejes
- Dos reductores
- Dos MM.PP.

### **Tanques**

- Un tanque almacén de aceite del servo.
- Un tanque almacén de aceite hidráulico de la hélice.
- Un tanque almacén de aceite de la reductora
- Un tanque de compensación de agua dulce de baja temperatura
- Un tanque de compensación de agua dulce alta temperatura.
- Un tanque de DO para la caldera (se eliminó el de HFO).
- Un tanque filtro y observación de purgas.

### **Otros tanques**

- Un tanque de aguas aceitosas
- Un tanque de aceite sucio
- Un tanque de agua de los cilindros
- Un tanque para el derrame de las bandejas.
- Un tanque o espacio vacío.
- Un tanque de agua destilada.
- Un tanque de reboses de D.O.
- Dos cárteres o tanques almacenes de aceite lubricante de los MM.PP.

### **Eléctricos**

- Dos transformadores eléctricos
- Dos cuadros eléctricos
- Dos bombas UNIDA autónomas de la cabina de control
- Un cuadro principal de la cabina de control
- Dos bombas purificadoras de combustible de HFO



- Dos bombas de aceite de la purificadora
- Una consola de la cabina de control
- Dos viradores para los dos MM.PP.
- Dos Electrocompresores principales
- Dos bombas de lastre.
- Una bomba alternativa de sentinas
- Un separador de sentinas
- Dos bombas de agua salda para los rociadores del garaje.
- Una bomba del tanque de los tanques de drenajes
- Dos bombas de sentinas (Centrífugas).
- Dos bombas de alimentación de agua para la caldera.
- Dos filtros automáticos de aceite de los MM.PPs.
- Dos bombas de circulación de agua salda de los MM.AA.
- Una bomba de lodos.
- Una bomba de trasiego de D.O.
- Una bomba de trasiego de F.O.
- Dos bombas de reserva de aceite de los MM.PP.
- Dos bombas de circulación de agua salda de la gambuza frigorífica.
- Dos bombas de agua salda para el aire acondicionado.
- Una bomba de circulación de agua salda para el generador de agua dulce.
- Tres bombas de circulación de agua salada.
- Un equipo de precalentamiento de agua dulce.
- Dos bombas de baldeo y C.I.
- Dos bombas de reserva de refrigeración de agua dulce de alta temperatura.
- Tres bombas de refrigeración de agua dulce baja temperatura.

#### **Elementos eléctricos del taller**

- Máquina de soldar
- Dos esmeriladoras
- Un taladro
- Un torno
- Varios enchufes

#### **Otros**

- La iluminación del buque realiza casi en su totalidad por tubos fluorescentes. Su cantidad oscila entre los 4000 y 5000 tubos, repartidos entre los distintos niveles.

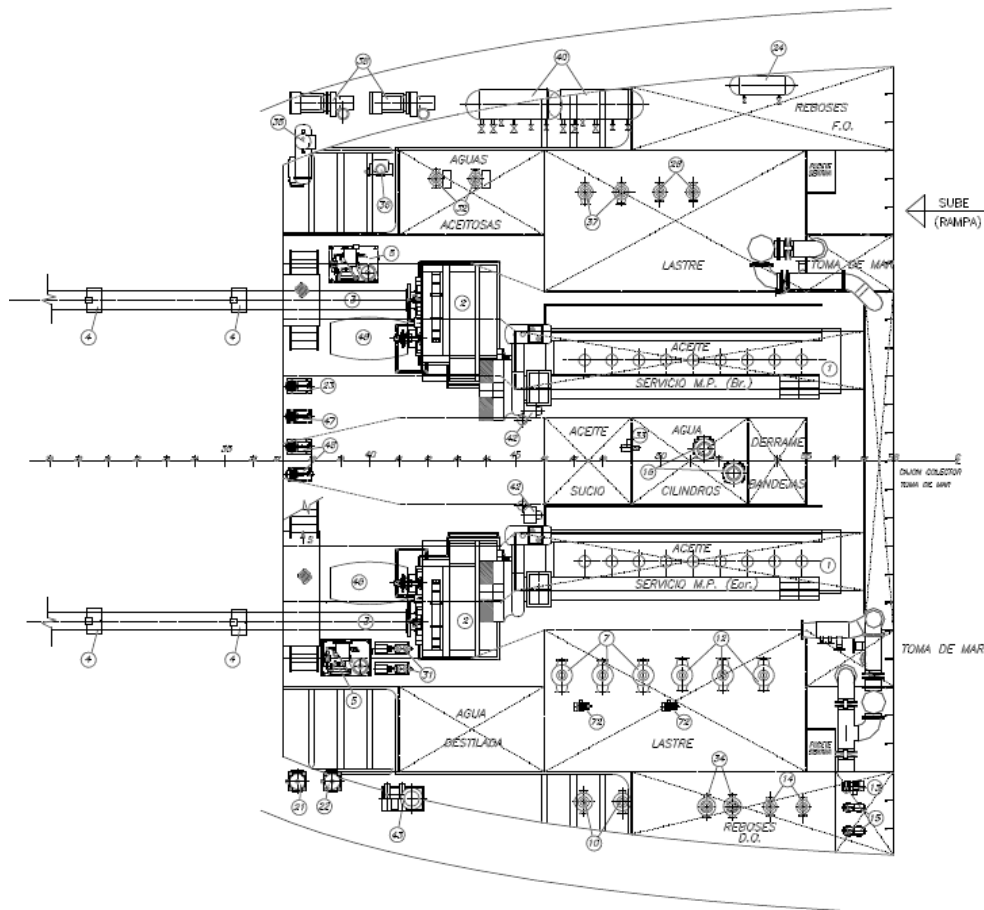


Fig. 2: Disposición general de la cámara de máquinas

## RUTA Y CARGA

Este buque, en general realiza lo que la gente de abordo la ha bautizado como la “V” europea y comprende, con las diferencias que pueda haber en cada viaje, los siguientes puertos:

*Barcelona – Tarragona – Casablanca (Marruecos) – Las Palmas de Gran Canaria – Tenerife – Cádiz - Setubal (Portugal) – Sheerness (U.K) – Tyne (U.K) – Vlissingen (Holanda) – Zeebrugge (Bélgica) – Calais (Francia) – Bouzas (Vigo).*

Este buque ha realizado viajes a Cartagena (España), Melilla, Ceuta, Gibraltar, Irán, Irak, Arabia Saudita, cruzando el canal de Suez, y es capaz de cruzar el atlántico por lo que realizó un viaje a Cuba.

Los viajes cómo es lógico dependen del tipo de flete y de los beneficios que éste pueda comportar.

Este buque normalmente transporta cargas rodadas, cómo coches, furgonetas, camiones, tráileres, frigoríficos, maquinaria de obra (apisonadoras, grúas, palas, etc.), autobuses, etc. También ha transportado material diverso cómo componentes de molinos eólicos, un circo (con sus animales), tanques y material bélico, etc. Todo el material es debidamente trincado o bien por el personal de abordo o exterior y ha de recibirse en condiciones adecuadas.

## TRIPULACIÓN DEL BUQUE

La tripulación cómo bien se sabe es el conjunto de personas enroladas a bordo de un buque dedicadas a la maniobra y servicio del mismo. Debajo se estable la relación de los tripulantes que suele haber en el “Suar Vigo”.

<b>CUBIERTA</b>
Capitán
Primer oficial de cubierta
Segundo oficial de cubierta
Tercer oficial de cubierta
<b>MÁQUINAS</b>
Jefe de máquinas
Primer oficial de máquinas
Segundo oficial de máquinas
Tercer oficial de máquinas (Opcional)
Primer engrasador (Calderetero)
Segundo engrasador
<b>MARINERÍA</b>
Contra maestre
Primer marinero
Segundo marinero
Tercer marinero
Mozo
<b>FONDA</b>
Cocinero
Camarero
<b>ALUMNOS</b>
Alumno/s de máquinas o puente
<b>OTROS</b>
Armador, familiares e invitados.

*Tabla 3: Tripulación y pasaje del buque*

## MEDIOS DE SALVAMENTO

- Dos botes salvavidas totalmente cerrados de 33 personas cada uno.
- Cuatro salvavidas insuflables, dos de ocho plazas cada uno y dos de veinticinco personas cada uno.
- Un bote de rescate de seis plazas.
- Dos aros salvavidas con luces de encendido automático y señales fumígenas.
- Cuatro aros salvavidas con luces de encendido automático
- Dos aros salvavidas
- Dos aros salvavidas con rabizas de treinta y cuatro metros.
- Tres aros salvavidas con luz de encendido automático y cabo guía.
- Treinta chalecos salvavidas en los alojamientos.
- Tres chalecos salvavidas en la enfermería.
- Ocho chalecos salvavidas en la caja sobre cubierta.
- Dos chalecos salvavidas en el puente de gobierno.
- Dos chalecos salvavidas en la cámara de máquinas (en el control).
- Tres trajes de inmersión (personal bote de rescate).
- Una radiobaliza satelitaria.

- Dos respondedores de radar.
- Tres radiotelescopios portátiles VHF, del sistema GMDSS.
- Cuatro escalas de embarco para el servicio de los botes y balsas salvavidas.
- Tres escalas para el acceso del práctico.
- Material reglamentario para señales y pirotecnia.

## **SISTEMA DE PROPULSIÓN DEL BUQUE**

Cómo dije, el buque es un Ro-Ro, movido por dos motores de velocidad semi-rápida, de simple efecto, cada uno con su reductora, generador de cola, eje y hélice de paso variable.

El par y empuje de la hélice depende de la velocidad del buque, el régimen de giro, el paso y la deflexión del timón.

La resistencia al avance del casco depende de la velocidad del buque, su calado y trimado, su puntal, profundidad del agua, condiciones meteorológicas relacionadas con las olas y vientos y grado de suciedad del casco.



*Fig. 3: Vista de los dos motores principales MAN, con el virador engranado para virar el motor*

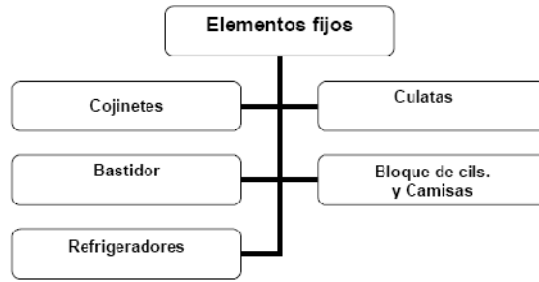
La hélice de proa puede manejarse a distancia desde el puente y es de paso variable. Se le suministra energía desde las barras principales y normalmente se usa en las maniobras en puerto, por lo que se le da la corriente mediante los MM.AA.

La posición del timón se regula mediante un piloto automático. Las bombas del timón suministran la energía necesaria para moverlo.

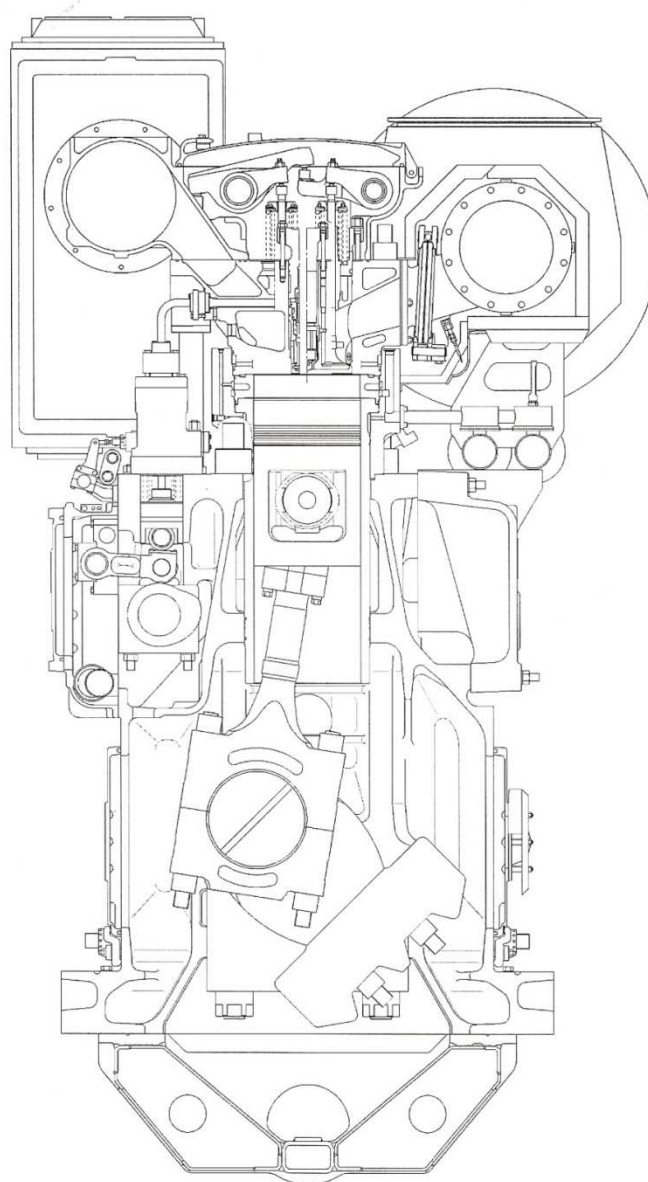
### **Descripción general de los motores principales**

El motor 40/54 es un motor en línea de 4 T, semi-rápido, sobrealimentado, utilizado tanto como generador de energía en la propulsión naval así como en centrales estacionarias.

Los motores principales cada uno propulsan el buque mediante una hélice de paso variable, capaces de usar distintas calidades de combustible. Tienen un mando a distancia y un control central para el funcionamiento sin vigilancia. El cárter del cigüeñal carece de cámaras de agua.



*Esquema 1: Elementos principales fijos del motor*



*Fig. 4: Sección transversal del motor*

<b>INFORMACIÓN SOBRE POTENCIA Y CONSUMO</b>	
Motor	9L 40/54
Número de fábrica	1 120 154
Turbosobrealimentador	NA 40/S
Procedimiento de sobrealimentación	Funcionamiento por presión dinámica
Peso total del motor	110 tn
<b>Según ISO 3046/1</b>	
Potencia constante al MCR	6480 kW
Temperatura del aire	45 °C
Presión del aire	1 bar
Número de r.p.m	550 r.p.m
Presión eficaz media	23,15 bar
Presión de encendido	190 bar
Velocidad media de los émbolos	9,9 m/s
Relación de compresión	14,2
Consumo de HFO	181 g/kW·h
Consumo de aceite lubricante	6,5 kg/h
<b>Datos técnicos</b>	
Diámetro de los cilindros	400 mm
Carrera	540 mm
Cilindrada por cilindro	67,86 dm <sup>3</sup>
Distancia entre cilindros	700 mm
<b>Secuencia de encendido</b>	
Dextrogiro	1-6-3-2-8-7-4-9-5-1
Levogiro	1-5-9-4-7-8-2-3-6-1

*Tabla 4: Características de los motores*

El motor en línea 40/54 se compone, en lo esencial, de elementos estáticos tales como la caja del cigüeñal, las camisas del cilindro y las culatas, y de elementos movidos, tales como son el eje del cigüeñal con émbolo, la propulsión por ruedas y árbol de levas así como el accionamiento de las bombas de combustible y de las válvulas. El turbosobrealimentador MAN B&W sirve para la compresión del aire fresco y para el transporte del gas de escape.

### **EL REGULADOR DEL MOTOR**

El sistema de regulación consta de un elemento principal que es el regulador, más una serie de elementos adicionales que se encargan de transmitir a y desde éste las señales de velocidad y carga del motor.

El Regulador tiene por objeto mantener el valor de la velocidad angular media del cigüeñal a pesar de las variaciones de carga.

Generalmente utiliza la fuerza centrífuga que tiene como origen el movimiento de rotación de dos masas, y que tiende a separarlas del eje venciendo la acción antagonista de varios muelles y del propio peso de las masas.

Su principio está basado en las fuerzas de inercia y variaciones de velocidad de la máquina, con la consiguiente aceleración que se induce en las masas dispuestas al efecto.

Existen distintos tipos de reguladores en el mercado, limitadores de velocidad, velocidad constante y velocidad variable. Los motores MAN que monta el “Suar Vigo” tiene cada motor un regulador de velocidad constante que le permite mantener la misma velocidad (aproximadamente 500 r.p.m) independientemente de la carga del motor (par resistente)

#### **Sistema regulador de las revoluciones y de la potencia (electrónico-hidráulico)**

En el “Suar Vigo” el regulador es electrónico-hidráulico. Para su actuación hay, de forma radial, tres receptores de impulsos respecto a la rueda de accionamiento del árbol de mando, dos de los cuales suministran el valor real del número de revoluciones al aparato de regulación electrónico. El tercero sirve para controlar las revoluciones del motor para la parada de emergencia.

En el regulador electrónico se evalúa la diferencia entre el valor real y el valor teórico de las revoluciones. Como resultado se transmite una señal correctora en forma de una magnitud eléctrica al accionador, donde se transforma con un convertidor electrohidráulico en la fuerza requerida para la regulación del varillaje.

#### **Sistema regulador de las revoluciones y de la potencia (mecánico-hidráulico)**

Para no alargar la explicación y evitar una extensa lectura sólo indicaré que este regulador funciona mediante la fuerza centrífuga. Éste sistema se usa al fallar el anterior, en casos de emergencia. La fuerza de las pesas centrífuga intenta elevar una corredera de distribución, mientras que la fuerza del resorte del regulador de revoluciones se opone a dicho movimiento. Cuando el motor marcha aun número de régimen de revoluciones constante, se compensan las fuerzas y las pesas centrífugas se encuentran en una posición vertical. Cualquier modificación del equilibrio de fuerzas ocasiona un movimiento de la corredera de distribución. Este movimiento se transforma en un movimiento giratorio, con el cual se mueven las varillas reguladoras de las bombas de combustible



## EL SISTEMA DE AGUA SALADA

Este sistema dispone de tres bombas de accionamiento eléctrico, dos principales y una auxiliar (en condiciones normales dos irán en funcionamiento y la otra en reserva). El agua salada es aspirada de las tomas de mar a través de los filtros. La descarga de las bombas va a dos intercambiadores de calor, los cuales están conectados en paralelo. Uno es de alta temperatura y el otro de baja temperatura.

Las bombas de agua salada pueden usarse también como bomba de achique de emergencia. A tal efecto, existe una línea independiente de aspiración (señalada con el volante de la válvula en rojo). El sistema de agua salada consta también de dos bombas rociadoras de espacios de carga y dos bombas de baldeo y contraincendios.



*Fig. 5: Limpiando una de las tomas de mar*

## SISTEMA DE TRASIEGO DE HFO

El sistema de trasiego de combustible pesado incluye seis tanques almacenes (9 Br- 9Er, 13Br-13Er, 4Br-4Er), dos tanques de reboses (uno para el D.O y el otro para el HFO) una bomba de trasiego y las líneas de tubos necesarias. La bomba de trasiego (hay dos, una en reserva) aspira, normalmente, combustible de los tanques almacenes, mientras que la descarga la puede hacerla a los tanques de sedimentación o a los mismos tanques almacenes.

Los tanques almacenes son calentados por vapor<sup>1</sup>. La transferencia de calor es proporcional a la presión del vapor y el caudal, la cuál es constantemente controlada por unas válvulas. Si se corta la circulación de vapor, los tanques almacenes se enfriarán lentamente. La resistencia del combustible pesado en las líneas por donde pasa depende de la temperatura. A menos temperatura mayor resistencia ofrece.

Las líneas de entrada de los tanques de rebose son las siguientes:

- Rebose del tanque de sedimentación y de servicio diario de HFO.
- Rebose del tanque de servicio diario de D.O.

Alarmas disponibles:

- Alto/bajo nivel de los tanques almacenes (100%).

---

<sup>1</sup> Se regula a la salida puesto que el acceso a las válvulas de entrada es más complicada.

## EL SISTEMA CENTRALIZADO DE AGUA DULCE

El sistema de refrigeración de agua dulce está dividido en dos subsistemas:

- Sistema de baja temperatura
- Sistema de alta temperatura

El sistema de baja temperatura de agua dulce refrigera todos los equipos auxiliares tales como:

- Compresores.
- Reductoras.
- Sistema de la bocina.
- Sistema de la hélice de paso controlable.
- Sistema de refrigeración del aire de sobrealimentación del MM.PP.
- Refrigeración del aceite de lubricación y de las partes del motor.
- Línea de ejes.

Las tres bombas principales de agua dulce de baja temperatura (normalmente dos están en funcionamiento), bombean agua dulce<sup>2</sup> a través de los enfriadores mencionados anteriormente. La bomba auxiliar de agua dulce de B.T. se usa en casos especiales y de emergencia.

El agua dulce de alta temperatura refrigera la parte de alta temperatura del motor (culata y refrigeración de las toberas de los inyectores). Parte del calor sustraído en el motor principal se usa para generar agua dulce destilada.

El agua refrigerante llega a la camisa del cilindro a través de una tubería que está unida a un componente denominado “el anillo de apoyo”. El agua enfría la parte superior de la camisa del cilindro, pasa por una serie de taladros hasta las cámaras de refrigeración de la culata.

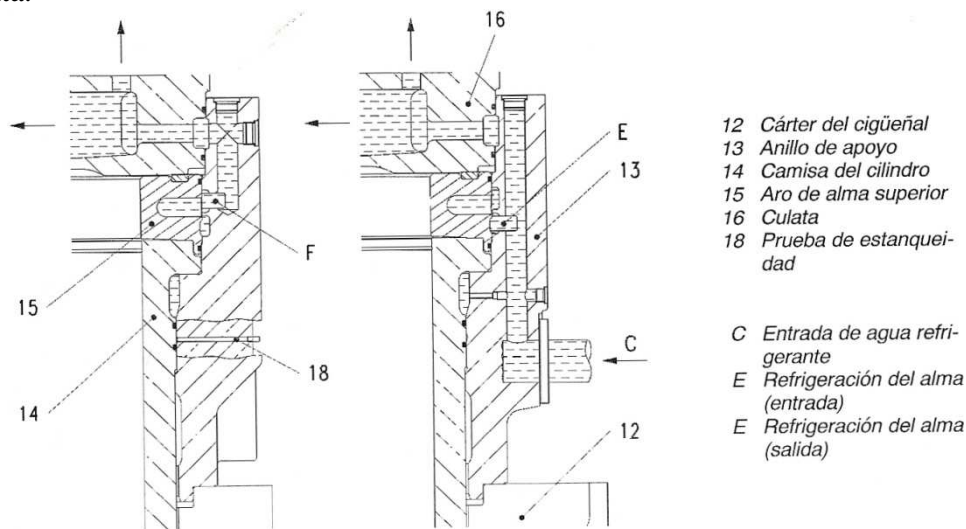


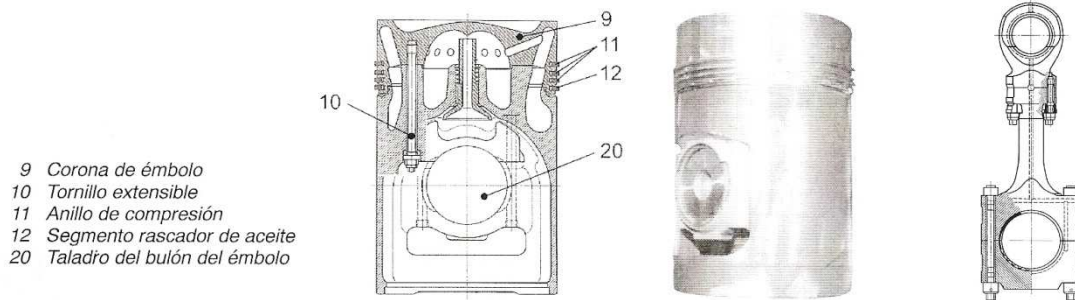
Fig. 6: Esquema de la camisa

Cuándo se para los motores en puerto, es necesario hacer pasar el agua dulce de alta temperatura a través de un pre-calentador eléctrico.

<sup>2</sup> La absorben desde los enfriadores hacia el sistema.

## REFRIGERACIÓN BIELA-ÉMBOLO

El émbolo se refrigera con aceite, mediante una serie de taladros. Así se controlan las temperaturas de tal manera que pueden dominarse los esfuerzos térmicos generados, evitando a la vez la corrosión cuándo el motor está parado. El aceite refrigerante se suministra a través de la biela. Se hace pasar el aceite refrigerante de la biela oscilante a la parte superior del émbolo con la ayuda de un embudo de alojamiento elástico, el cual se desliza sobre el contorno exterior del “ojo de biela”.



## LOS TANQUES DE SERVICIO DIARIO DE COMBUSTIBLE

Los tanques de servicio diario de HFO (hay dos, uno en proa y el otro en popa), abastecen de combustible pesado limpio al motor principal. Se rellena mediante las dos purificadoras de fuel-oil, las cuales aspiran, normalmente de un único tanque de sedimentación. Las depuradoras pueden aspirar del tanque de servicio diario para “repurificar”.

El tanque de servicio diario de diesel-oil abastece a los MM.AA y a la caldereta<sup>3</sup>. Podría también hacerlo con los MM.PP. Tanto el HFO como el DO (en casos especiales), se realiza a través del “módulo de combustible” que regula entre otras cosas la temperatura y la viscosidad. Este combustible ligero es trasegado desde el tanque almacén de D.O hasta el tanque de servicio diario de diesel-oil mediante la purificadora de D.O.



<sup>3</sup> Hasta hace relativamente poco, la caldereta podía funcionar con DO o HFO. Con las nuevas normativas más exigentes contra la contaminación atmosférica, el tanque de DO y HFO de la caldereta están comunicados, y sólo se rellena con DO.

Los dos tanques de servicio diario, están equipados con calentadores de vapor. El efecto de calentamiento es proporcional al flujo de vapor, el cual depende del grado de abertura de las válvulas y de la presión de vapor.

La temperatura del combustible en los tanques de servicio diario depende del vapor del calentamiento, de la pérdida de calor al ambiente y de la temperatura de los fluidos enviados por la purificadora, o de los retornos.

Las purgas y las bandejas de los tanques de sedimentación y servicio diario van al tanque de lodos. El tanque de servicio diario de HFO tiene líneas de retorno desde el sistema de alimentación de combustible del motor principal, mientras que al tanque de servicio diario de D.O retorna el combustible de los MM.AA y de la caldereta.

El sistema tiene alarmas por:

- Alto/bajo nivel de HFO en el tanque (ambos tanques 30,7 – 4,6 m<sup>3</sup>)
- Alto/bajo nivel de D.O en el tanque
- Alta/baja temperatura de HFO en el tanque (40 – 100 °C)
- Alta/baja temperatura de D.O en el tanque

### **TANQUES DE SEDIMENTACIÓN DE HFO**

Una bomba de trasiego de HFO (hay otra en reserva) se encarga de enviar combustible pesado desde los tanques almacenes al tanque de sedimentación. La bomba de trasiego se deberá arrancar siempre que exista un tanque de sedimentación con bajo nivel.

El tanque de sedimentación tiene una línea para que la purificadora de HFO pueda aspirar combustible del tanque de sedimentación, purificarlo (en este buque no puede descargarlo al mismo), y enviarlo al tanque de servicio diario de HFO.

El calentamiento con vapor del tanque de sedimentación es por medio de unas válvulas. Si la temperatura del fuel en los tanques de sedimentación es demasiado baja la bomba de alimentación de la purificadora tendrá dificultades de aspiración.

En el tanque de sedimentación el agua que pueda contener el HFO trasegado desde los tanques almacenes se separa del combustible debido a la fuerza de la gravedad actuando sobre líquidos de distintas densidades, ocupando el agua la parte más baja de los tanques debido a su mayor densidad respecto al fuel-oil. Esta agua de la parte baja del tanque puede ser eliminada manualmente mediante las válvulas de purga, enviándola al tanque de lodos.

Las alarmas disponibles son:

- Alto/bajo nivel del combustible (65 – 10 m<sup>3</sup>)
- Alta/baja temperatura en los tanques (100 – 45 °C)

### **SISTEMA DE LUBRICACIÓN PRINCIPAL**

Los motores son de cárter seco, recogándose el aceite en un tanque de servicio diario situado debajo de éstos.

Las bombas de lubricación están protegidas con sus respectivas válvulas de seguridad de presión que se disparan cuándo se supera un cierto valor.

El aceite del tanque de servicio diario se limpia usando las purificadoras de aceite y mediante unos filtros de disparo automáticos. Los tanques, anteriormente comentados, se pueden rellenar de aceite nuevo desde el tanque almacén por gravedad, puesto que está más elevado.

Se puede pasar aceite de un tanque almacén a otro, cerrando la descarga al tanque de uno de los motores, abriendo la válvula de comunicación entre circuitos y abriendo la válvula de descarga al otro tanque.

En medio de los motores, hay un tanque denominado “*tanque de aceite sucio*”, que permite guardar el aceite de los tanques de los disparos de los filtros automáticos cuándo se quiere cambiar el aceite.

Otra cosa a comentar, es que las dos purificadoras de aceite funcionan siempre. Pero en caso de limpieza ó avería de una de ellas es posible usar la otra, alineando correctamente las tuberías.



*Fig. 9: Filtros de disparo automáticos*

El aceite lubricante se refrigera mediante los dos enfriadores circulados con agua dulce del sistema de baja temperatura, para pasar a continuación por los citados filtros automáticos. Los restos de los disparos de dichos filtros, se acumulan en los tanques, ya mencionados antes, situados entre los dos MM.PP. Cada ocho horas se deberán abrir las válvulas para su descarga hacia las purificadoras.

El nivel de los cárteres se controla manualmente sondeándolos cada día. Dichos datos se registran para controlar su evolución.

El tanque de servicio diario se rellena cuándo éste, una vez sondeado, se comprueba que el nivel está bajo.

Existe una alarma de alto/bajo nivel de aceite del tanque de servicio diario o cárteres.

### **Entrada de aceite lubricante y su recorrido**

Todos los puntos de engrase del motor están conectados a un circuito común de aceite a presión. La brida de entrada de aceite lubricante se encuentra en el lado opuesto del acoplamiento. Desde la tubería de distribución del lado del gas de escape, el aceite llega hasta los tirantes y los cojinetes del cigüeñal. Desde allí, el recorrido pasa por el cigüeñal hasta el cojinete de biela y por la biela a la corona del émbolo. Desde la corona del émbolo, el aceite retorna al cárter de aceite.

El turbosalimentador, el regulador de revoluciones y las toberas pulverizadoras para las ruedas de accionamiento de control son abastecidos con aceite a través de una tubería en lado de acoplamiento.

Desde la tubería principal de distribución, una conexión conduce a la tubería de distribución en el lado opuesto del gas de escape. Con esta tubería se suministra aceite a los cojinetes del árbol de levas y de los seguidores de levas, a las bombas de inyección, así como al balancín.

El sistema de aceite lubricante está equipado con una válvula reguladora de presión, la cual mantiene constante la presión de aceite delante del motor independientemente de las revoluciones del motor.

### **Lubricación de las camisas de cilindro**

La lubricación de las superficies de rodadura de las camisas de cilindro se realiza mediante aceite inyectado y neblina de aceite. El paquete de anillos del émbolo se abastece de aceite desde abajo a través de los orificios de la camisa del cilindro. El aceite se suministra desde el lado del gas de escape a través del suelo intermedio del bastidor. Esto se realiza mediante un distribuidor de bloque que actúa de forma hidráulica, al que se alimenta el aceite a través de una bomba de alimentación desde la tubería de entrada.

### **Válvula de ventilación de los cárter**

La conexión de ventilación del cárter de cigüeñal se encuentra en el lado superior del cárter del cigüeñal. La conexión con la pieza perfilada montada en la misma sirve para la compensación de la presión respecto a la atmósfera. Las sobrepresiones en el cárter del cigüeñal se reducen elevando el casquillo de la válvula de curvado. Por otro lado, dicha válvula impide la entrada de aire en caso de un incendio en la cámara de máquinas. El aceite de fuga, se retorna al cárter del cigüeñal.

## **SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE Y COMPRESORES DE AIRE DE ARRANQUE**

Aunque en líneas generales ya se ha comentado, el sistema consta de un par de botellas para el aire de arranque para el MM.PP y una botella de aire de arranque para los MM.AA y otra para los servicios generales. Ocurre, sin embargo, que con las botellas de aire de arranque del motor principal también se puede arrancar los MM.AA. Por otro lado, este sistema consta de tres compresores, dos son los principales que pueden llenar las dos botellas principales y la auxiliar. Finalmente hay un compresor de emergencia (situado junto al taller) con el que se puede llenar sólo la de emergencia. A la salida de dicha botella, hay líneas que permiten comunicar ésta con las otras tres botellas.

Todos los compresores están dotados de una bomba acoplada de aceite para el engrase de las mismas. A la descarga llevan enfriadores, circulados con agua dulce dotados de una purga para eliminar las posibles introducciones de aire.

Se deben purgar a menudo, por ejemplo como rutina diaria, las botellas para eliminar el agua de condensación. Esto se realiza mediante unas válvulas situadas en su parte inferior que permiten la descarga del agua a sentinas.

## **EL MÓDULO DE COMBUSTIBLE**

### **Generalidades**

El módulo de combustible es un equipo que permite obtener y mantener unas temperaturas y viscosidades adecuadas del combustible.

El HFO entra al módulo y pasa a través de uno de los dos filtros. Seguidamente se dirige a una de las bombas tipo “Feeder” y posteriormente por el filtro automático. Entonces el combustible se acumula en el tanque de mezcla. De este pasa a la bomba tipo “Booster”, antes de atravesar el calentador (vapor). Finalmente un viscosímetro “le da permiso” para ser utilizado por el MM.PP.

El tanque de mezcla posee un drenaje de agua y un retorno del MM.PP.

### **Explicación detallada**

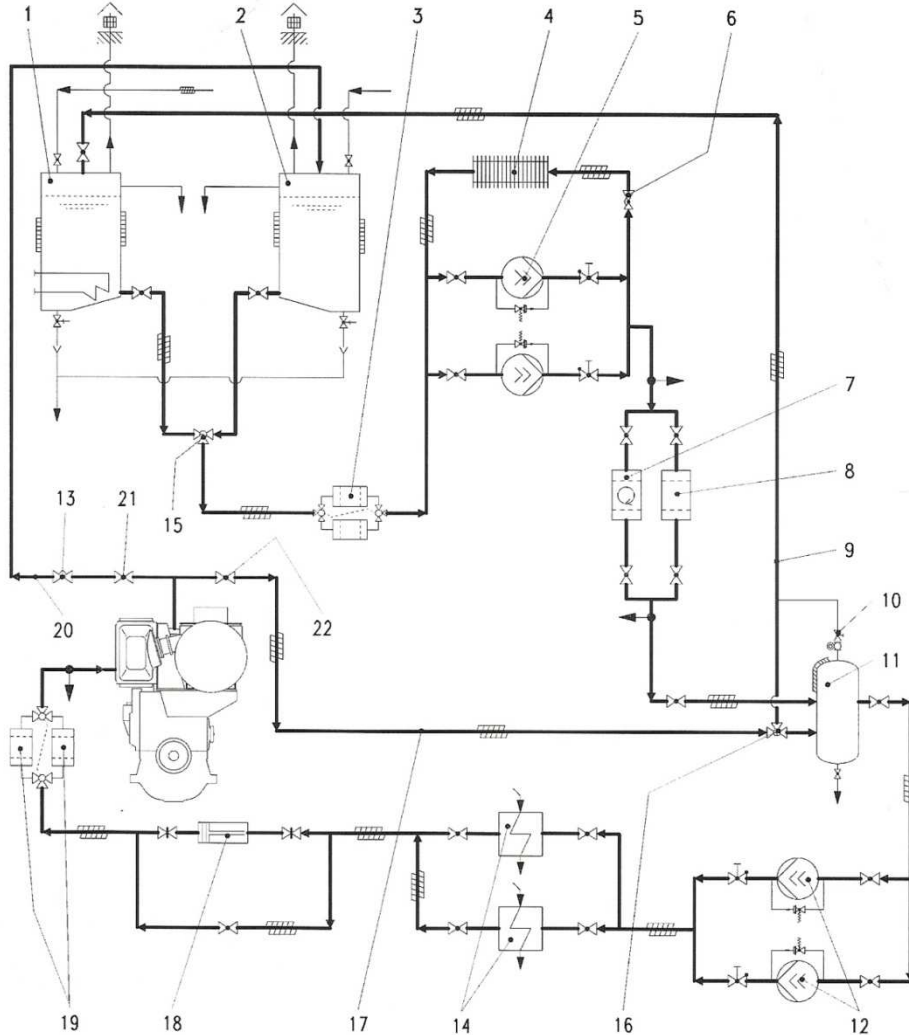
De los tanques de servicio diario para el HFO y DO sale una tubería que va al grifo de tres pasos. Desde éste, el combustible fluye a través de los filtros dobles a las bombas de alimentación y a través del filtro automático o del filtro de reserva al depósito mezclador. Sigue el paso por la bomba para aumentar la presión, el precalentador final, el aparato de regulación y medición de la viscosidad y el filtro doble a la tubería de distribución del motor.

Con el grifo de tres pasos se conmuta del servicio de gasoil al servicio con HFO o viceversa. La tubería de retorno y las dos válvulas de cierre permiten el retorno de gasoil al tanque de servicio diario de D.O. Existe una válvula de regulación de presión que permiten ajustar la presión del sistema. Cuando el motor está fuera de servicio y se ponen en funcionamiento las bombas de alimentación se devuelve toda la cantidad a transportar a través de dicha válvula hasta llegar al lado de aspiración de las bombas. En este proceso, el refrigerador instalado en la tubería de retorno impide un calentamiento excesivo del combustible.

Con el filtro automático, existe un filtro de servicio, que sólo debe usarse cuando falla el primero. Tras el cambio de gasoil a HFO, el gasoil que se encuentra en el recipiente se mezcla en el depósito mezclador con el aceite pesado que aún fluye, hasta que sólo haya aceite pesado en el sistema. Lo mismo ocurre en el orden inverso, al cambiar de HFO a DO. De este modo se consigue que el paso de un combustible a otro y el cambio de temperatura ligado a este combustible se efectúen lentamente. Además, en la puesta en marcha, se acumula en el depósito mezclador la mezcla de gas-aire que se encuentra en el sistema. Mediante un interruptor de flotador que dispara a tiempo la alarma, se indica la necesidad de la evaluación manual de gases del depósito mezclador. El precalentador final y el aparato de regulación y medición de la viscosidad sirven en el servicio con aceite pesado para mantener la temperatura necesaria del combustible.

El motor sólo consume parte del combustible transportado. En el caso de servicio con HFO, la parte sobrante retorna al tanque de mezcla a través de una tubería de retorno. En caso de un servicio prolongado a DO, las válvulas de cierre deben conmutarse de tal manera que el DO sobrante vuelva a través de la válvula reguladora de presión y la tubería de retorno al depósito de servicio de DO. De este modo, se puede evitar que se produzca un calentamiento del DO por encima de los niveles permitidos.

El grifo de tres pasos y la tubería de barrido permiten barrer con gasoil el aceite pesado presente en el sistema. Para ello, el grifo de tres pasos se ajusta para el servicio de DO y el grifo de tres pasos para barrido, y se mantiene en servicio una bomba hasta que el sistema quede lleno de DO. En este proceso se conduce el combustible que sale al recipiente de servicio para el HFO.



- |  |                                   |  |
|--|-----------------------------------|--|
| 1 Depósito de servicio (aceite pesado) | 9 Tubería de barrido              | 17 Tubería de retorno                                |
| 2 Depósito de servicio (gasoil)        | 10 Válvula de degasificación      | 18 Aparato de medición y regulación de la viscosidad |
| 3 Filtro doble                         | 11 Depósito mezclador             | 19 Filtro doble                                      |
| 4 Refrigerador                         | 12 Bomba para aumentar la presión | 20 Tubería de retorno                                |
| 5 Bomba de alimentación                | 13 Válvula reguladora de presión  | 21 Válvula de cierre                                 |
| 6 Válvula reguladora de presión        | 14 Pre calentador final           | 22 Válvula de cierre                                 |
| 7 Filtro automático                    | 15 Grifo de tres pasos            |  |
| 8 Filtro de reserva                    | 16 Grifo de tres pasos            |  |

Fig. 10: Esquema del módulo de combustible

### Entrada y retorno del combustible

La alimentación del combustible al motor se efectúa a través de una tubería colectora dispuesta en el lado opuesto del gas de escape. Desde esta tubería se lleva el combustible hasta las bombas de inyección. El combustible sobrante se recoge en una tubería colectora de retorno.



Las tuberías colectoras de combustible se calientan con la tubería de alimentación de vapor, que se encuentra en medio.

## **PRINCIPIOS Y DESCRIPCIÓN DE LAS PURIFICADORAS**

La calidad de los combustibles y lubricantes es de vital importancia para el comportamiento y durabilidad de las máquinas y, por lo tanto, en la operatividad de los buques.

En un buque las condiciones de trabajo son más severas que las de una explotación industrial terrestre. En primer lugar, por el medio hostil en que se mueve, la mar, circunstancia que contribuye a aumentar la contaminación de los combustibles y lubricantes. En segundo lugar, tiene gran influencia la movilidad del buque que contribuye a la uniformidad de la calidad de los suministros.

Los combustibles de procedencias y calidades diversas, según las factorías, aún cuando sean originariamente de la máxima garantía, sufren tantas manipulaciones desde que salen de la destilería hasta que son quemados en la máquina, que frecuentemente contienen cantidades considerables de agua, cloruro sódico, sílice, óxidos metálicos, etc., cuyos efectos sobre el funcionamiento y vida de los diversos órganos de las máquinas son notables.

Los lubricantes, por el contrario, llegan directamente al buque en bidones precintados por el fabricante pero, en cambio, recogen y acumulan en los circuitos que recorren a bordo gran cantidad de materias extrañas procedentes de tanques, tuberías, etc., así como residuos de la combustión de los motores, agua de los sistemas de obturación (por ejemplo la bocina), etc. Con esta contaminación las características de los aceites se ven disminuidas y afectarán al funcionamiento de las máquinas y dispositivos. Por otra parte, la gran cantidad de aceite en servicio en una planta propulsora y en los equipos auxiliares hace económicamente prohibitivo su cambio frecuente.

Resulta, por tanto, que los combustibles y lubricantes en los buques están contaminados con materias extrañas que perjudican su calidad. Estas materias extrañas son necesarias eliminarlas por medios adecuados y eficaces. Existen dos medios para separar fluidos o fluidos de partículas sólidas, uno es por gravedad y otro es por fuerza centrífuga. El primero es lento y no siempre es eficaz, pero es económico, el segundo es rápido y continuo, pero es más costoso que el anterior. Ambos se basan en el mismo principio, regida por la ley de Stokes, en la que no voy a centrarme.

La separación por gravedad ha sido utilizada desde hace miles de años, pero es un procedimiento lento que requiere tiempo y exento de movimientos. En general en los buques suelen “depurar” tanto el L.O, como el D.O como el HFO mediante dos tipos de “depuradoras”, las “purificadoras” y las “clarificadoras”. Las primeras separan líquidos de distintas densidades y las segundas se usan cuándo se desea eliminar los sólidos en suspensión en un líquido exento de agua. Para tal fin se usa un dispositivo denominado diafragma de un diámetro interior menor. Normalmente una sola depuradora puede realizar ambas funciones cambiando dicho dispositivo.

## Funcionamiento

Como ya es sabido, si se deja decantar cierta cantidad de aceite sucio o contaminado en un tanque, el agua y las partículas sólidas en suspensión se separan lentamente depositándose en el fondo del recipiente. En cambio, si el aceite contaminado está sometido a una fuerza centrífuga, el aceite permanecerá en la zona central, el agua en una zona más exterior y las partículas sólidas se irán a la pared del recipiente.

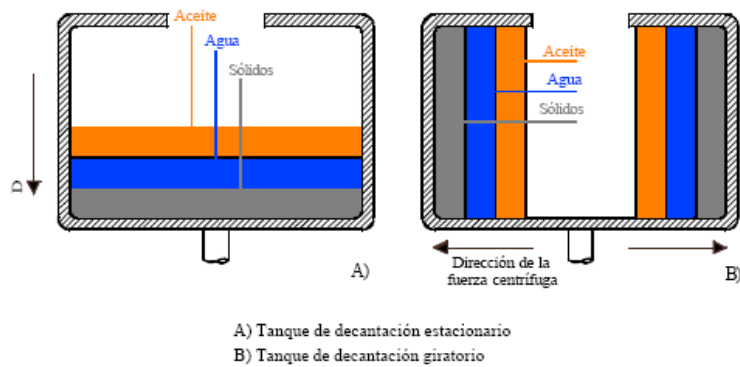


Fig. 11: Explicación básica del funcionamiento de depuración

La ventaja de las depuradoras centrífugas es que la velocidad de sedimentación de las partículas será mucho mayor en una centrífuga que en un campo gravitatorio.

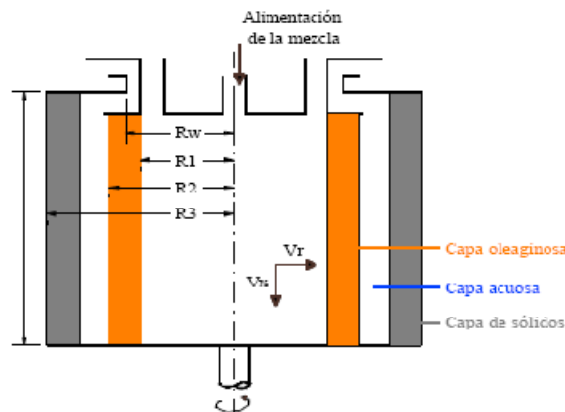


Fig. 12: Explicación más desarrollada del funcionamiento de depuración.

En realidad una depuradora de un buque es algo más complicado que el esquema anterior pero el principio de funcionamiento es el mismo. La depuradora de mi buque es de discos cónicos centrífugos, tales como los que se muestran en la siguiente figura:

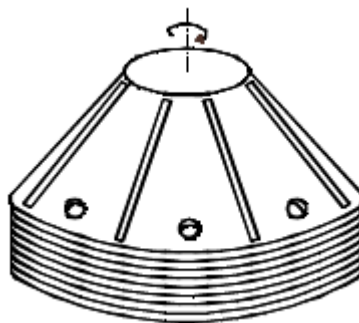


Fig. 13: Los platos o discos

La fase pesada, así como las impurezas sólidas caminan a lo largo de la cara inferior de los discos intermedios empujados, debido a su densidad, por la fuerza centrífuga. Al alcanzar el borde de los discos, la fase pesada es repelida hacia lo alto y los sólidos proyectados directamente sobre la pared en donde se acumulan hasta que procede a su extracción. La fase ligera es empujada hacia el centro de los discos intermedios. Cuando alcanza el borde superior de los discos, se escapa hacia lo alto y sale por el orificio adecuado. (Véase la siguiente figura)

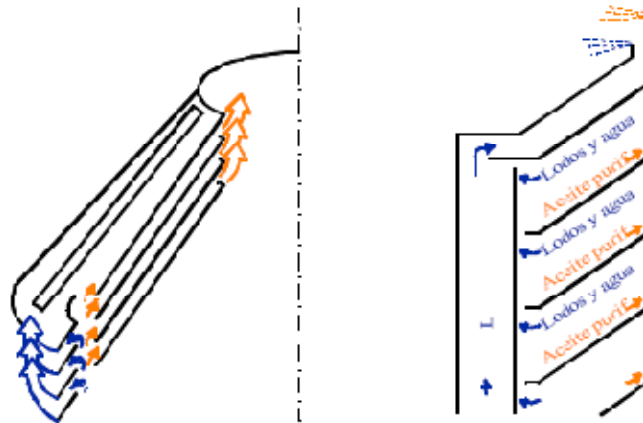


Fig. 14: Funcionamiento básico de los platos

La bola clarificadora pudiera tener una sola salida como muestra la siguiente figura. El líquido que deba separarse se conduce desde el distribuidor a los espacios entre los platos. Las partículas pesadas son conducidas por la acción de la fuerza centrífuga a lo largo de la superficie inferior de los platos hacia la periferia de la bola, donde se depositan contra la pared. El líquido continúa hacia el centro de la bola y descarga por la tapa de la depuradora.

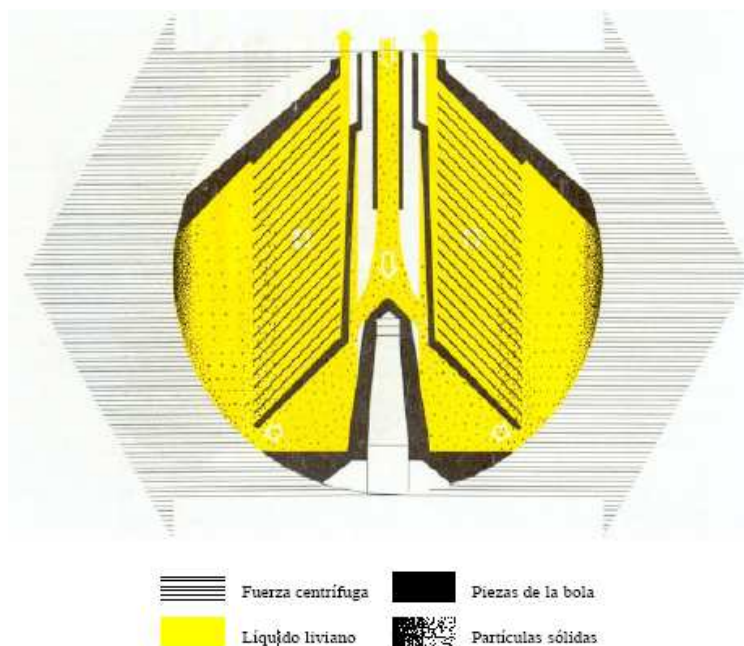


Fig. 15: Esquema básico de la bola

Sin embargo, la bola purificadora tiene dos salidas. La mezcla líquida que deba separarse se conduce desde el distribuidor a los espacios entre los platos, donde los

líquidos se dividen por la acción de la fuerza centrífuga. El líquido pesado juntamente con las partículas sólidas fluyen a lo largo de la superficie inferior de los platos hacia la periferia de la bola, donde las partículas sólidas se depositan contra la pared. El líquido pesado continúa a lo largo de la superficie del plato superior hacia el cuello de la tapa de la bola donde se descarga por el paso exterior. El líquido liviano se desplaza a lo largo de la superficie superior de los platos hacia el centro de la bola y descarga por el agujero en el cuello del plato superior por el paso interior.

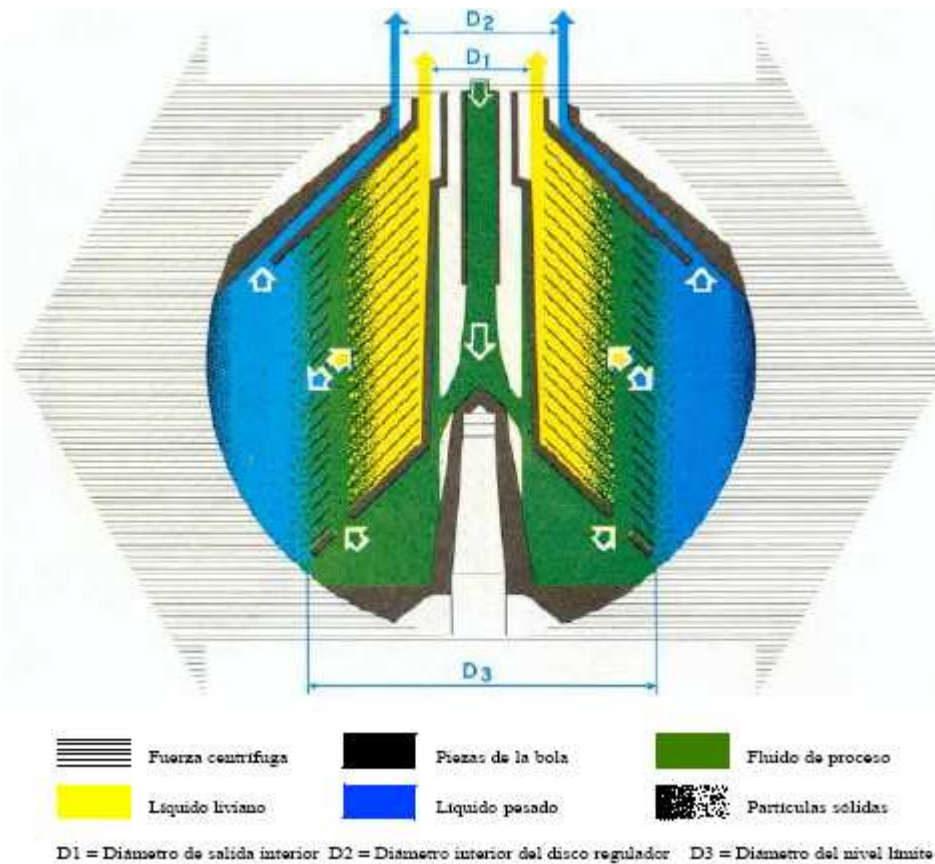


Fig. 16: separación de líquidos de distinta densidad y sólidos

Por lo que aquí se han separado líquidos de diferente densidad y sólidos.

### Sellado de la “bola”

En una bola purificadora la llamada obturación líquida impide al líquido liviano pasar por el borde exterior del plato superior, es decir, por el paso exterior. Por lo tanto, antes de alimentar el líquido que deba separarse, la bola se debe llenar de líquido de cierre (agua). Este líquido es enseguida desplazado hacia la periferia a la llamada zona neutra entre el líquido liviano y el pesado. La posición de la zona neutra depende por un lado de la relación entre los pesos específicos de los dos líquidos, y por otro del diámetro de las salidas exterior e interior (se controla mediante el diafragma).

### Regulación de la zona neutra

La bola purificadora puede adaptarse para separar mezclas líquidas con diferentes relaciones de peso específico mediante el cambio de diámetro de la salida para el líquido pesado, D2. Cuando más pesado o más viscoso es el líquido liviano y cuanto mayor es la alimentación del líquido, tanto más pequeño debe ser el diámetro.

Por ello, la depuradora centrífuga se provee de varios discos reguladores con distintos diámetros de agujero. La elección del fluido que se desea que sea más puro y las proporciones entre sus cantidades, sirven de norma para la colocación de la zona neutra.

Si se desea que el líquido ligero esté más exento del líquido pesado, se debe colocar la zona neutra hacia la periferia de la bola, pero no tan alejado del eje de la máquina que se rompa la obturación líquida, caso de elegir un disco regulador demasiado grande.

En cambio, si se desea que el líquido pesado esté más exento del líquido ligero, se debe de colocar la zona neutra hacia el centro de la bola, pero no tan cerca del eje de la depuradora como para provocar que el líquido ligero se contamine con el pesado, en el caso de elegir un disco regulador demasiado pequeño. En la siguiente figura se muestra una depuradora con un disco regulador apropiado. La zona neutra,  $D_3$ , entre el aceite (fluido ligero) y el agua (fluido pesado) está bien regulada.

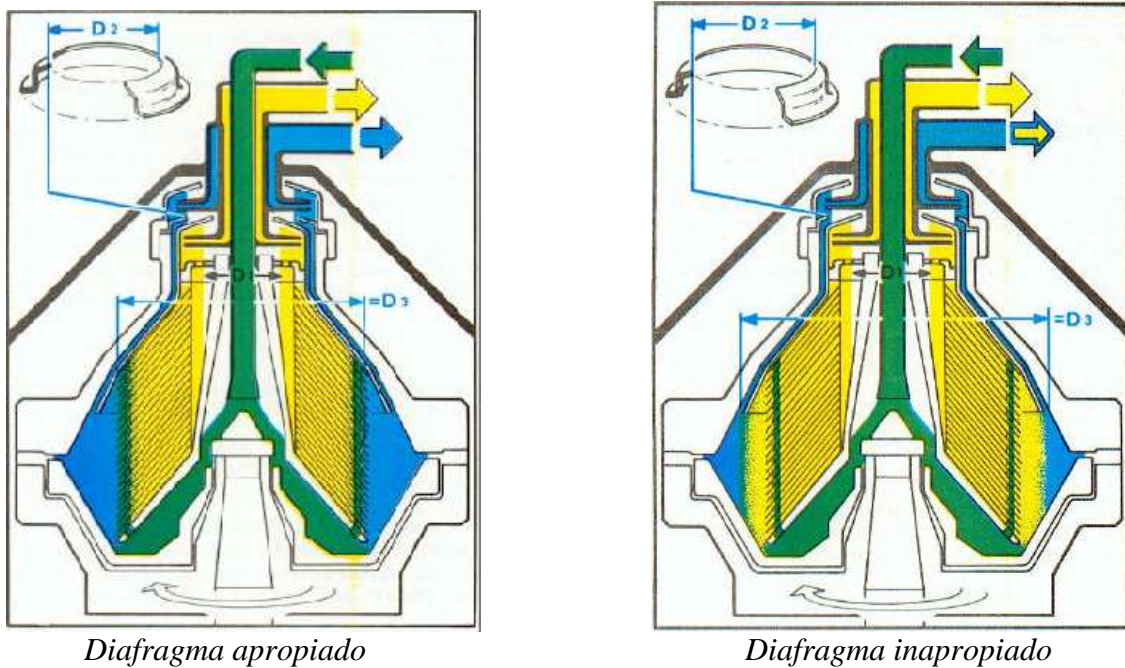


Fig. 17: Tipos de diafragmas

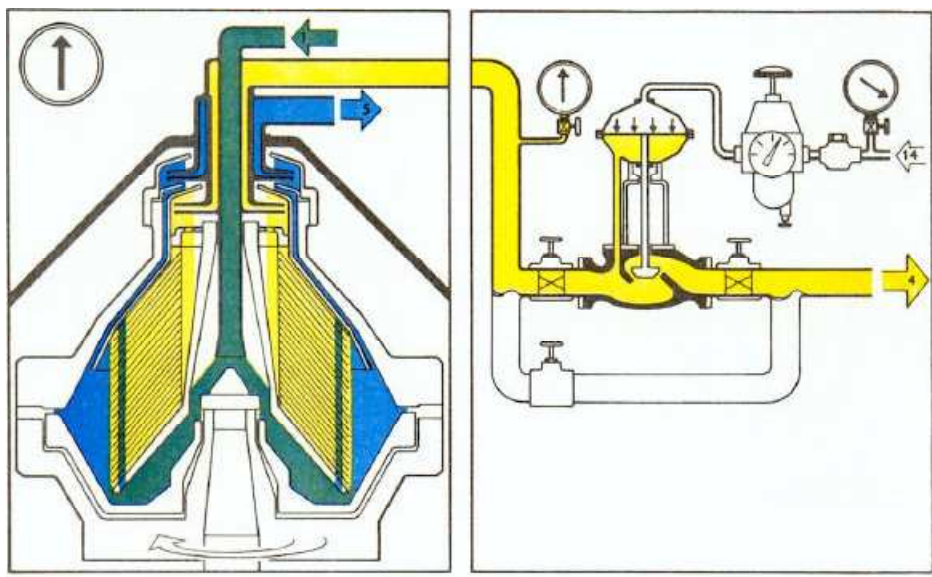
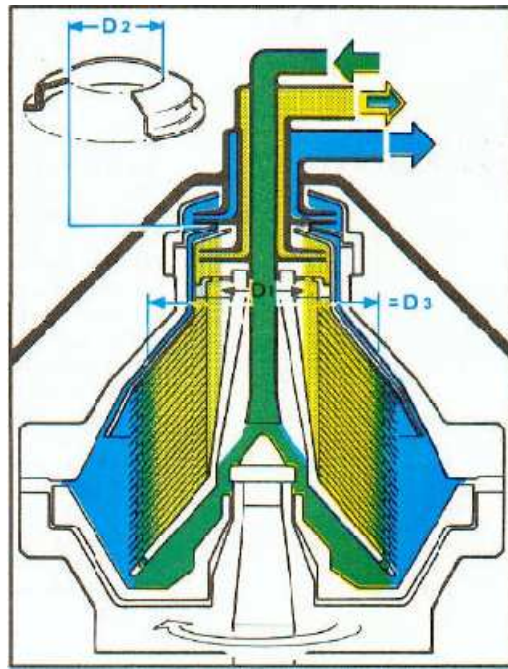


Fig. 18: Tipos de diafragmas y depuradora con la presión de salida del aceite bien regulada

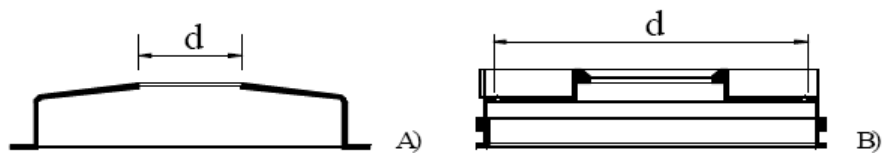


Fig. 19: Ejemplo de un diafragma o disco regulador

Además de regular la zona neutra por la elección del disco regulador también se puede regular por medio del control de la presión de salida del fluido ligero.

### Selección del disco regulador y del anillo de nivel

Para escoger el anillo de nivel y el disco regulador adecuado para la bola se debe tener en cuenta si la depuradora va a funcionar como purificadora o clarificadora.

Existen unas tablas suministradas por el fabricante que permiten elegir el diámetro del disco a partir de la temperatura y densidad del combustible.

### Descarga de fango

Como se ha dicho, debido a la fuerza centrífuga, las partículas sólidas que entran en la depuradora se dirigen a la pared de la bola. Cada cierto tiempo se hace necesario realizar la descarga de fango o disparo de la depuradora que es una limpieza interior de la bola. Esta operación puede ser manual o automática.

Esta descarga de fango se efectúa a través de un número de aberturas en la pared de la bola. Entre las descargas estas aberturas se mantienen cerradas por el llamado fondo deslizante, "a", que constituye el fondo interior en el espacio de separación. El fondo deslizante es presionado hacia arriba contra un anillo obturador, "b", por la presión de líquido ejercida sobre la parte inferior de éste. Dicha presión se produce durante la rotación por acción de la fuerza centrífuga y aumenta con la distancia desde el eje de rotación. El líquido de maniobra ejerce una presión hacia arriba mayor que la presión antagonista hacia abajo del líquido a tratar, debido al hecho que la parte inferior del fondo deslizante tiene una superficie bajo presión más grande,  $R_1$ , que su parte superior,  $R_2$ . La alimentación de líquido de maniobra se realiza en la parte inferior de la bola a través del disco de impulsión. El llenado a través del disco impulsor se efectúa por debajo de la bola que mantiene allí el nivel del líquido de maniobra constante,  $R_3$ . Esta alimentación de líquido de maniobra por el tubo interior estrecho se efectúa también durante el ciclo de descarga, pero no influye mucho y por lo tanto no ha sido marcada en éstas.

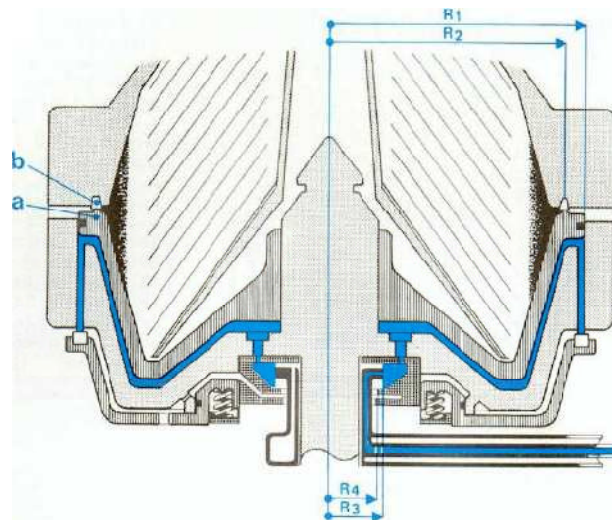
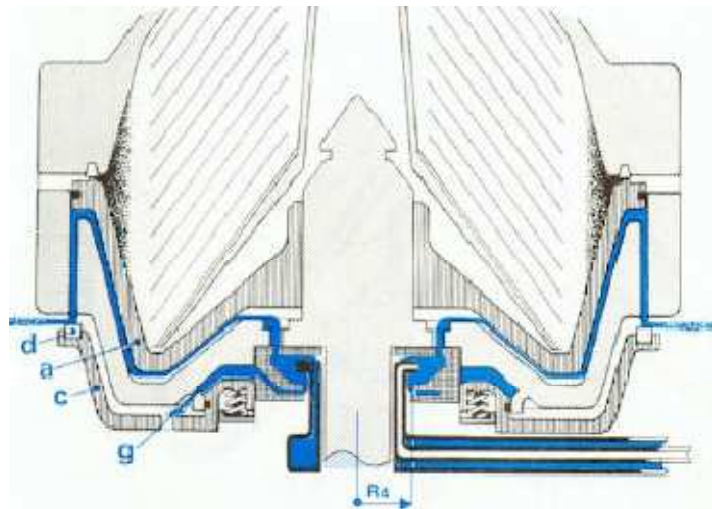


Fig. 20

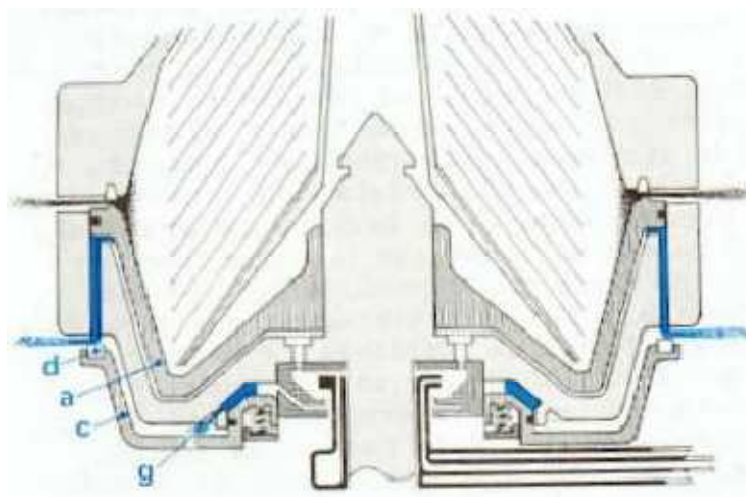
Como se aprecia en la siguiente figura, el líquido de maniobra se alimenta a través del tubo exterior, más grueso de manera que fluye por el borde inferior de la cámara de impulsión,  $R_4$ , donde continúa a través de un paso hasta la parte superior del fondo deslizante de maniobra, "c". Entre las descargas la corredera de maniobra se fuerza hacia arriba por medio de los resortes en espiral. La corredera de maniobra es ahora presionada hacia abajo por la presión que ejerce el líquido en ese espacio y abre

entonces las válvulas de descarga, “d”, del espacio existente debajo del fondo deslizante, “a”, de forma que el líquido de maniobra se descarga.



*Fig. 21*

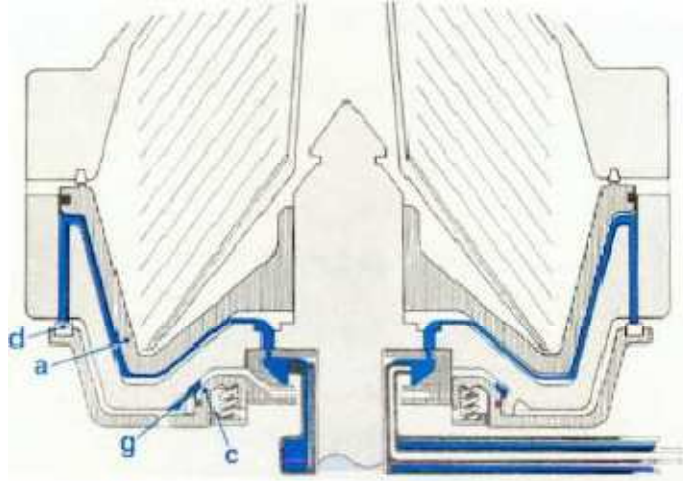
Cuando la presión en el líquido de maniobra disminuye en la parte inferior del fondo deslizante, “a”, éste se desliza hacia abajo y abre, de forma que el fango sale fuera de la bola a través de las aberturas en la pared de la bola. El líquido de maniobra en la parte superior del fondo deslizante de maniobra se descarga por la boquilla, “g”. Esta boquilla está siempre abierta, pero es tan pequeña que la corriente de fluido entrante sobrepasa esa pérdida.



*Fig. 22*

Los resortes en espiral vuelven a forzar hacia arriba el fondo deslizante de maniobra, “c”, de forma que se cierran las válvulas de descarga, “d”. El líquido de maniobra se alimenta a través del tubo exterior, más grueso, pero solo lo suficiente para pasar al espacio existente debajo del fondo deslizante, de modo que éste es presionado hacia arriba cerrando la bola.





*Fig. 23*

Una vez que ya se ha realizado el disparo de la depuradora, para volver al estado inicial o al proceso normal de funcionamiento, se cierra la entrada exterior de alimentación del líquido de maniobra permaneciendo abierta la interior.

### **SISTEMA DE LA PURIFICADORA DE HFO**

La purificadora de HFO limpia el combustible pesado de los tanques de sedimentación y lo descarga al tanque de servicio diario.

El flujo de alimentación a la depuradora es suministrado por una bomba independiente. En caso de que la purificadora se averíe, esta puede ser derivada y puede usarse la otra purificadora. En condiciones normales, la bomba de alimentación hace que el fuel-oil pase por el calentador y después entre a la purificadora. Si la temperatura no es correcta, entonces recircula.

Si la temperatura del combustible es la correcta y la purificadora alcanza su velocidad, ésta puede ponerse en servicio.

Los lodos y el drenaje de los disparos van a un tanque de lodos común para todas las purificadoras.

Alarmas de la purificadora:

- Error colectivo de la CPU del programador
- Error de pila
- Problemas de alimentación eléctrica.
- Estado operativo RUN/STOP de la CPU
- Caída de presión a la salida transcurrido un tiempo de retardo.
- Aumento de presión a la salida transcurrido un tiempo de retardo.
- Aumento de cantidad de líquido en la salida del agua
- Alarma por elevadas vibraciones.

### **EL GENERADOR DE AGUA DESTILADA O TAMBIÉN EVAPORADOR**

Las grandes fuentes de calor desechable pueden ser utilizadas conectando un generador de agua destilada al sistema de refrigeración de los cilindros del motor principal. Ésta sala de máquinas cuenta con un evaporador de agua destilada que puede aprovechar las fuentes de calor desechable.

El funcionamiento es el que sigue: Una cantidad de agua de mar es canalizada hacia el evaporador dónde es calentada. La alimentación de dicha agua se evapora en condiciones de vacío para reducir la temperatura de evaporación. El vacío permite fuentes de calor de baja temperatura. Dicho vacío se consigue por medio de un eyector de vacío por el que circula agua salada impulsada por la misma bomba de alimentación del generador.

Existe un analizador de salinidad, el cuál controla que el agua destilada generada vaya a los tanques de agua destilada cuando la salinidad es baja, mientras que si ésta sube por encima de un límite, recircula por el evaporador mediante una válvula solenoide.

El límite por el cual la alarma de “Elevada Salinidad” se dispara puede ser regulada. Pero se debe tener cuidado al hacer esta maniobra porque podemos contaminar tanques y la caldera por cloros.

La principal alarma del generador de agua destilada es por alta salinidad.



*Fig. 24: Mirilla del evaporador*

#### *Arranque del evaporador:*

1. Desde la sala de control, a través del ordenador, se abre la válvula de descarga al mar.
2. La alarma del evaporador se mantendrá en “OFF” hasta que éste no esté produciendo agua destilada
3. Manualmente abrimos la válvula de aspiración a la bomba del evaporador.
4. Permitimos el acceso del agua salada al evaporador abriendo el resto de válvulas.
5. Arrancamos la bomba del eyector de vacío, hasta conseguir la depresión nominal.
6. Permitimos el paso de parte del agua de los cilindros abriendo la válvula de acceso. Desviamos el agua de los cilindros hacia el evaporador mediante una válvula, que se cierra entre 27 y 31 vueltas, de acuerdo con la carga del motor y la temperatura exterior del agua del mar.
7. Cuando la temperatura del evaporador ha alcanzado los 45-50°C arrancamos la bomba de agua destilada y ponemos en “ON” la alarma.
8. La temperatura del agua de los cilindros a la entrada del evaporador es de aproximadamente 90°C y a la salida de éste es de aproximadamente 60°C.



*Fig. 25: Recogiendo una muestra de agua del evaporador para su posterior análisis*

### **CUADROS ELÉCTRICOS**

La distribución eléctrica del buque se agrupa en dos secciones separadas de barras de fases.

- Las barras nº1 son alimentadas por un MM.AA y/ó un generador de cola.
- Las barras nº2 son alimentadas por un MM.AA y/ó un generador de cola.

Las barras están normalmente aisladas mediante un interruptor de fases, navegando (es decir, con los dos colas suministrando energía), las barras de la interconexión están separadas. Por lo que cada generador de cola alimenta a una banda del buque.

Esto hace que los dos MM.AA estén en automático, así, en el supuesto que un generador de cola falle, automáticamente entre el MM.AA de esa banda.



*Fig. 26: Vista de uno de los motores auxiliares*

### Salida del puerto

1. Pulsamos “START” para arrancar el MM.AA”. Automáticamente, los dos motores entran en “barras” y se conectan ambos lados del buque. Seguidamente se pulsa el botón “MANUAL” a ambos motores.
2. Cuando nos den “listos de máquinas” seleccionamos un cola, por ejemplo, el de babor y separamos las barras poniendo en posición 5 el selector “interconexión de barras” y “desconectamos barras”. Entonces seleccionamos “cola babor”. Esto se hace con la posición 4. Cuando el sincronoscopio esté en posición de equilibrio, es decir, se sitúe en el centro, pulsamos el botón verde de “conectar cola babor” y rápidamente y sin demoras, pulsamos el botón rojo de “desconectar auxiliar babor”.
3. Con el otro cola, se efectúa el mismo procedimiento.



Fig. 27: Los cuadros eléctricos principales

### Entrada en el puerto

1. Nos situamos que el auxiliar que queremos arrancar, por ejemplo, es el de babor.
2. Pulsamos el botón “START” del motor auxiliar, cuando éste haya alcanzado sus r.p.m nominales y se escuche el “Clack” (ruido que hace la barra cuando ésta conecta) nosotros pulsaremos el botón rojo de “desconectar cola babor”. Recordar que ambos (cola y auxiliar) no pueden trabajar juntos a la vez.
3. Se realiza lo mismo con el motor de estribor.
4. Tenemos que recordar que cómo venían trabajando ambos colas, las barras venían separadas por lo que una vez los auxiliares estén en “barra” ponemos el selector en posición 5, y pulsaremos en verde conectar interconexión.

### Caso particular

Si por necesidades de la navegación, vamos con un MM.PP y un cola (por ejemplo el de estribor) y queremos conectar el otro cola, se seguirán los siguientes pasos:

1. Arrancamos el generador auxiliar de babor. Éste entrará en barras cuándo se escuche “clack”.
2. Desconectamos cola babor.
3. Conectamos el otro generador auxiliar de estribor. Éste también entrará en barras cuándo se escuche “clack”.
4. Ponemos en posición 5 (interconexión de barras)
5. Ponemos en manual ambos generadores auxiliares. Esto se realiza en el mismo cuadro eléctrico, poniendo en uno el selector a ambos generadores.
6. Desconectar interconexión.
7. Damos al 1 y sincronizamos.
8. Conectamos el cola de estribor y desconectamos el MM.AA de estribor.
9. Situamos el selector en la posición 4 y sincronizamos.
10. Conectamos cola babor y rápidamente desconectamos el MM.AA de babor.
11. Se pulsa el botón “AUTOMÁTICO” a los dos generadores.

Nota 1: El sincronismo se realiza entre un generadorR cola y un MM.AA.

Nota 2: Cuándo estamos en puerto preparando la máquina para partir, con un MM.AA y conectamos el otro, éste acopla automáticamente sin tener que ir al cuadro eléctrico para nada. Lo único es que una vez acoplados, ambos se dejan en “MANUAL” para que cuándo se esté navegando se puedan desconectar para conectar los cola.

### **Otros**

En principio cuándo se llega a puerto los interruptores de los “Cardecks” que deberán estar en posición “ON” son los siguientes:

- Q-69: Cuadro chigres cardecks nº2 popa
- Q-70: Cuadro chigres cardecks nº2 proa
- Q-14: Cuadro chigres cardecks nº1
- Q-15: Cuadro chigres cardecks y rampa interior nº3.
- Q-16: Cuadro chigres cardecks nº3.

## **POZOS DE SENTINAS**

Las sentinas son la parte más baja del interior del casco, a la que van a parar todas las aguas que por cualquier causa llegan a la bodega, a los piques de proa, al local del servomotor o a las máquinas. De la sentina parten los tubos donde en su extremo de aspiración se encuentran unos filtros para evitar que cualquier elemento no líquido pudiera llegar a la bomba de achique.

De este sistema también forma parte el tanque de lodos. Hoy en día está prohibido el uso del incinerador. La bomba de sentinas es accionada por un motor eléctrico y es una bomba volumétrica de pistones, que puede aspirar de cualquier pozo con una gran fuerza y descargar al separador de sentinas.

Al pozo de máquinas van todos los derrames de agua, aceite y combustibles que se producen.

Al tanque de lodos llegan las siguientes líneas:

- Lodos de las purificadoras de HFO, DO, y LO.
- Purgas de los tanques de sedimentación.
- Retorno de aceite procedente del separador de sentinas.

Hay una línea que permite enviar los lodos a tierra mediante una bomba dispuesta a tal efecto, situada al lado de las bombas de LO (de las depuradoras) y para ello lógicamente es necesario que el barco esté parado y con la conexión a tierra puesta.

Cada día manualmente se comprueba el nivel del tanque de lodos. En caso de un elevado nivel en las sentinas, un sensor de nivel (de boya) mandará una señal que generará una alarma para que posteriormente se ponga remedio.

## **SISTEMA DE AGUA DULCE SANITARIA**

El sistema consta de los siguientes tanques y bombas que se sitúan en un local a proa del mamparo del pique de proa del buque.

- Un tanque hidróforo de agua destilada para la habilitación (dulce) de 1000 L con dos bombas de llenado (una de reserva).
- Un tanque hidróforo de agua salada de 1000 L con sus 2 bombas de llenado (una de reserva).
- Un tanque de agua dulce sanitaria caliente con (dos bombas de circulación).

Al tanque hidróforo se suministra aire de servicio para obtener una adecuada presión en los consumidores. Cuando el control de las bombas está en modo automático, estas arrancan y para automáticamente para mantener el nivel y presión en el tanque. Hay unos presostatos que permiten el arranque y parada de las bombas de agua.

El tanque de agua caliente se calienta mediante vapor o con un calentador eléctrico. En general todos los tanques tienen válvulas de seguridad para su protección.

Otros componentes del local:

- Hay un nivel óptico para conocer el nivel de los tanques.
- Hay una válvula de purga para poder purgar el fondo de los tanques, sobretodo cuándo se ha introducido “química” al sistema.
- Una boca C.I con conexión internacional tipo “Barcelona”.
- Detectores C.I del tipo iónicos.

*Nota:*

Los lavabos de la habitación tienen dos válvulas, una que se denomina fluxómetro (generalmente también se encuentra en los electrodomésticos) y la suya propia.

Todos los grifos de los baños disponen de válvulas para poder cerrar la circulación en caso de reparación.

## **DESCRIPCIÓN, FUNCIONAMIENTO, PUESTA EN MARCHA Y PARADA DEL SEPARADOR DE SENTINAS**

El separador de este buque tiene la función de separar el aceite y restos de combustible del agua que viene de los pozos de las sentinas.

La bomba del impulsor flexible aspira la mezcla agua/aceites de los pocetes de las sentinas y la transfiere a un separador de placas coalescentes. Dicha bomba se instala después del separador para evitar la emulsión de la mezcla agua-aceite.

El separador de placas coalescentes contiene en su interior un cajón rectangular en el cuál ha sido colocado el paquete de placas.

Desde la cámara de compensación de la entrada, la mezcla agua/aceites se separa en dos corrientes hacia arriba casi verticales en las que el grueso del aceite es enviado al área de recogida de aceite.

El agua, ahora conteniendo una baja concentración de aceite formado por pequeñas partículas, sigue a través de las placas coalescentes.

### **Principio físico**

La estructura regular de las placas produce un flujo uniforme con muy poca turbulencia (número de Reynolds entre 60 y 100). Dentro de los paquetes de placas, se depositan partículas de aceite sobre el material oleolífico de las placas por gravedad. Debido a las variaciones de velocidad en la corriente del flujo, pequeñas partículas de aceite son coalescidas hidrodinámicamente mediante colisiones de partículas, en partículas de aceite más grandes que entonces se separan por gravedad y son capturadas por las placas, a través del paquete de placas, hacia la superficie. Allí es recogido y transferido a la parte superior de recogida de aceites.

### **Arranque**

1º Asegurarse del llenado inicial del Separador con líquido limpio, libre de aceites, para lo cual comprobaremos que están cerradas las válvulas de aspiración y descarga del separador y abriremos el grifo purga de la parte superior para permitir la entrada de agua por la válvula de llenado, hasta que salga una corriente limpia por el tubo de desagüe superior. Cuando rebose agua limpia cerraremos la válvula de llenado y el grifo purga.

2º Abrir la válvula situada en la línea de aspiración del separador (TK. ACEITOSAS).

3º Comprobar que la válvula de descarga del Separador está abierta.

4º Arrancar la unidad colocando el Interruptor Principal en el Panel de Control en posición “1” y el Selector de Modo de operación en posición “Automático”. Mantener presionado el pulsador de “Descarga manual de aceite” durante medio minuto. Al soltar el pulsador el sistema se pondrá en funcionamiento.

5º Abrir el grifo de toma de muestras situado en la línea de descarga de la bomba y comprobar que sale agua a presión.

### **Parada**

1º Abrir el grifo de purga en la parte superior de la unidad (sólo con la bomba funcionando) y cerrarlo tan pronto como pare la bomba.

2º Tan pronto como la bomba funcione de nuevo, pare el equipo colocando el selector de modo de operación en posición ‘0’ y el interruptor principal en el panel de control en posición ‘0’.

3º Cerrar la válvula situada en línea de aspiración del separador (TK. ACEITOSAS).

## **EL SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS Y BALDEO**

El agua es impulsada por las bombas de contraincendios y conducidas a través de un colector por una red de distribución que la hace llegar a todos los puntos del buque donde se considera necesario. Estas consideraciones deben de cumplir los criterios del SOLAS.

### **Baldeo (hidrantes)**

Son puntos de la red de C.I. que sirven para la toma de agua mediante conexiones a las que se acoplan mangueras del diámetro de salida, o bien elementos diversos propios del sistema C.I.

El sistema de baldeo es anular<sup>4</sup> distribuido de proa a popa. Se le subministra agua a presión a través de la bomba eléctrica<sup>5</sup> de contraincendios de emergencia (situada a proa del buque). Dicha bomba aspira agua de la toma de mar situada en la misma proa. La línea no es seca, sino que para una rápida actuación está permanentemente llena de agua.

En la cámara de máquinas del “Suar Vigo”, hay otras dos bombas eléctricas, con las que en condiciones normales subministraría presión al anillo.

El sistema anular de C.I, distribuye agua al local de depuradoras, a los MM.AA, a la Cámara de Máquinas, y a las cubiertas de carga.

### **Rociadores**

Este buque tiene un conjunto de rociadores de agua. El agua es aspirada de la toma de mar de máquinas y de allí va al local distribuidor situado antes de la central hidráulica de Estribor-Popa. En ese local, el agua se distribuye a través de un piano de válvulas que permite dirigirla a la zona afectada. Cada válvula pertenece a una sección. Las válvulas se deberán abrir y cerrar lentamente para prevenir golpes de ariete. Para usar el sistema primero deberemos pulsar las botoneras de arranque de las electrobombas del

---

<sup>4</sup> El sistema de distribución más eficaz es el de bucles cerrados que consiguen un adecuado equilibrio hidráulico y facilitan el posible aislamiento de tramos con necesidad de reparación mediante válvulas de corte distanciadas convenientemente.

<sup>5</sup> En otros buques puede ser motorizada.



sistema y después deberemos abrir lentamente la/s válvula/s de la sección/es a las zona/s de distribución. El buque se divide en treinta secciones.

Todas las válvulas se clasifican según un código de colores (verde, azul, amarillo y rojo). Cada cubierta y/o bodegas se divide en secciones. Por ejemplo, la cubierta intermedia se divide en cinco secciones (la 26, 27, 28, 29 y 30).

El cámara de máquinas hay una válvula pintada en rojo y sellada que permite comunicar ambos circuitos (el de rociadores y el de baldeo).

Una vez extinguido el fuego de una/s determinada/s sección/es, al haber introducido agua salda en el sistema, se deberá limpiar el circuito con aire (el aire de emergencia) dicha válvula está situada a las cercanías de la sala de control.

## CO2

Otro sistema es el de CO2. Antes de activar dicho sistema hay que activar una alarma para evacuar a las personas que pudiera haber allí. Entonces, automáticamente, el sistema para los ventiladores y se deberá cerrar manualmente las tapas situadas en la cubierta para estanqueizar el interior del buque.

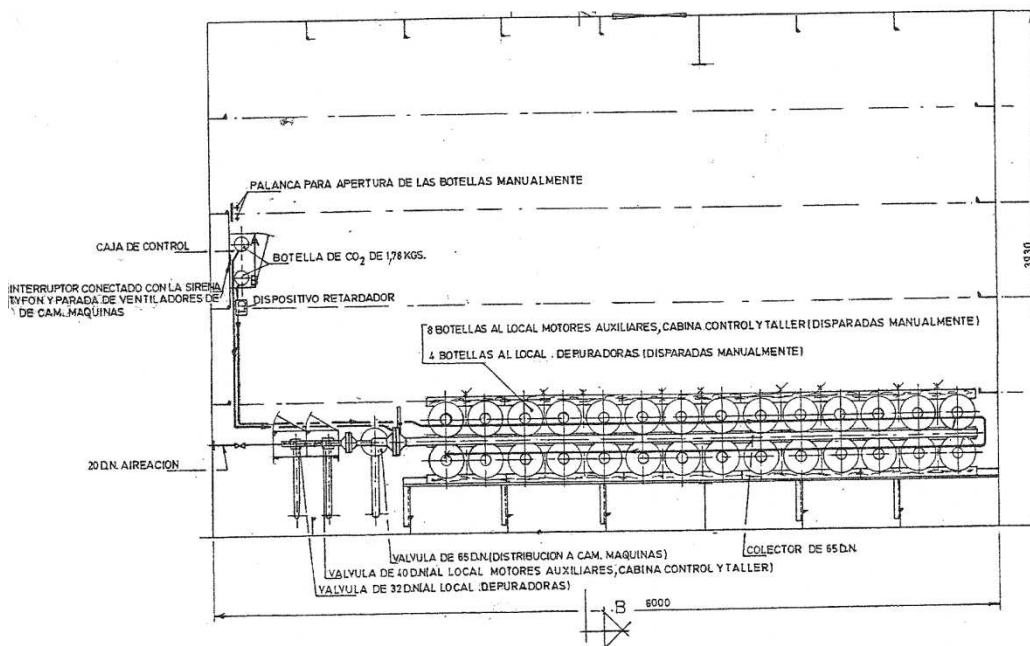


Fig. 28: Vista en planta del local de CO2 para máquinas

Las botellas de CO2 están situadas en la popa del guardacalor en la cubierta de intemperie. Desde allí se disparan las botellas para mandar el gas a los locales afectados.

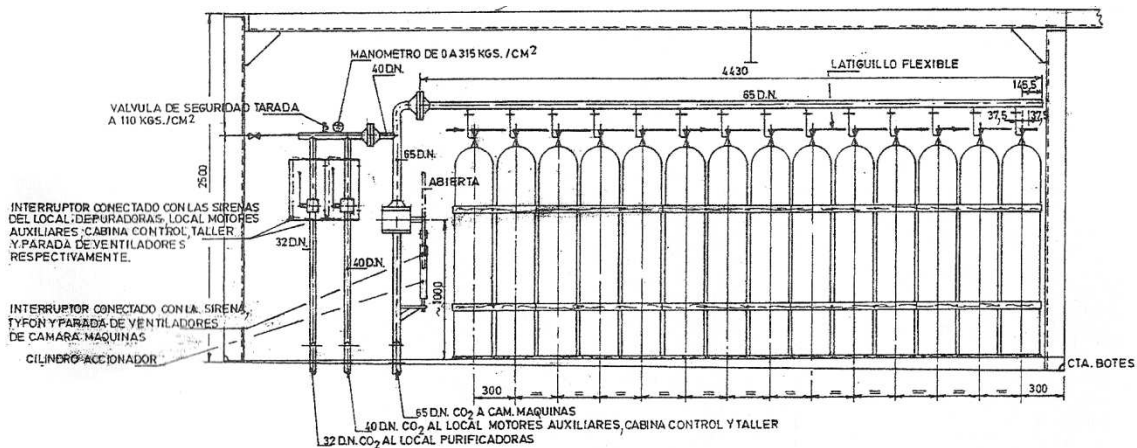


Fig. 29: Vista del local de CO<sub>2</sub> para máquinas

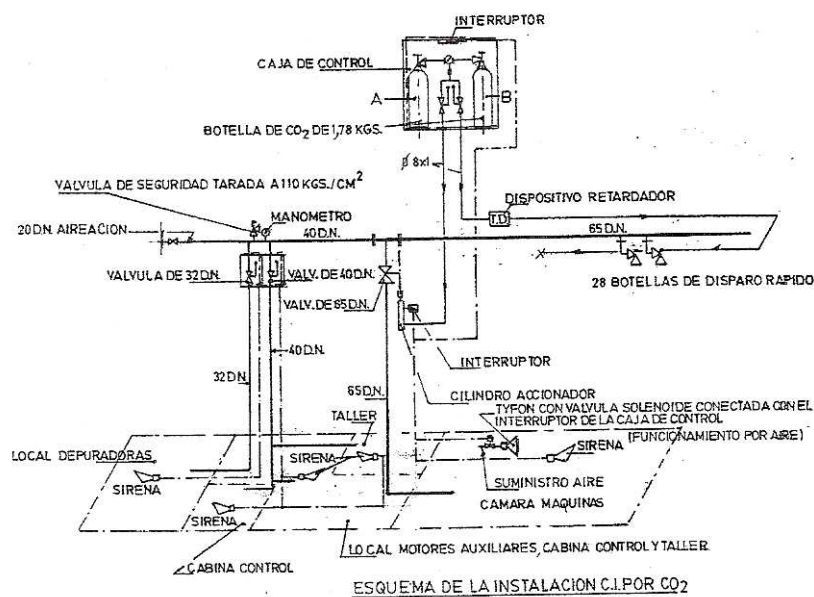


Fig. 30: Otro esquema de la instalación de CO<sub>2</sub>.

Hay otro circuito de CO<sub>2</sub> en la cocina. Éste es independiente, con su propia botella situada cerca de las gambuzas. Para activar el sistema hay un sensor de ampolla.

### Pulverizadores

El agua pulverizada tiene gran efectividad en la extinción de incendios así como en la protección. El agua pulverizada se usa para:

1. Extinción mediante enfriamiento.
2. Control del fuego y limitación de la propagación.
3. Protección contra fuegos externos. Se pulveriza agua sobre zonas cercanas al fuego para reducir el calor.
4. Prevención del fuego.

El sistema de pulverización se controla a través del FLEXIFLOG (*LO-Flow wáter mist fire extinguishing control panel local protection system*). Este sistema de contraincendios usa agua pulverizada (niebla) para la extinción de incendios. Los

nebulizadores se encuentran situados encima de los MM.PP (tres por motor), los MM.AA (dos por motor), en el local de depuradoras y sobre los quemadores de la caldera. Para activar el sistema, unos sensores fotoeléctricos detectan la presencia de fuego.

Una vez activada la alarma, sino se desconecta, se dispara automáticamente. El sistema es redundante, por lo que se puede actuar sobre él manualmente.

### **Otros**

En el taller hay un sensor de conraincendios con retardo (*Fire Time Alarm*). Cada vez que se estén realizando trabajos en caliente que pudiesen desprender gases, se desconecta el sensor a través de un reloj.

### **LOS REDUCTORES LGF 6665 HR KR1 y LGF 6665 HL K31**

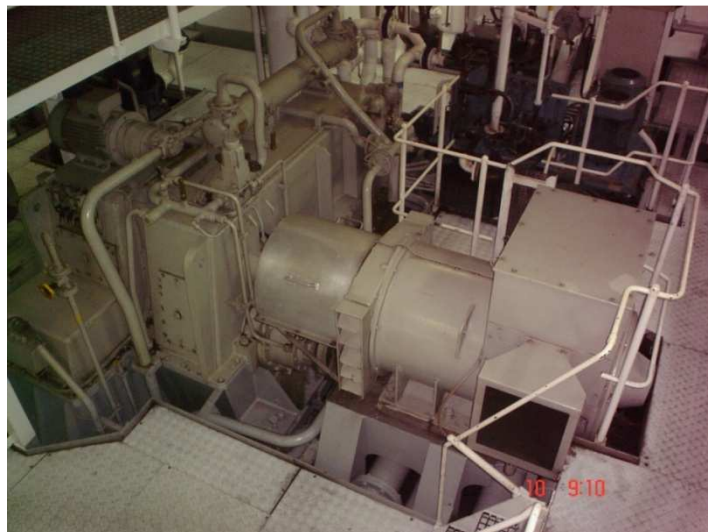
Los reductores REINTJES del tipo WGF, son unos reductores-inversores (cuyos ejes se desplazan verticalmente) equipados con un embrague.

Tienen unas relaciones de reducción ( $r = 3,338$ ) iguales tanto para la dirección de avance como para la de atrás, de modo que el par es igual para ambos sentidos de la marcha.

Para cada reductor, la potencia del motor es transmitida a través del acoplamiento situado entre el motor y el reductor. Al girar el eje de entrada, la bomba subministra aceite para el engrase y para la conexión de los embragues.

El engrase desconectado, es alimentado constantemente con aceite de engrase. Debido al arrastre del aceite de refrigeración centrifugado hacia el borde exterior entre las superficies de fricción de los discos ó láminas del embrague, se produce el giro o arrastre en vacío.

Con el embrague desconectado, las piezas secundarias, pueden girar, cuándo el mencionado par de arrastre en vacío sea superior al par de arranque de las piezas accionadas. El valor de dicho par de arrastre dependerá de las condiciones de servicio.



*Fig. 31: Vista de una de las reductoras y generadores de cola*

Por encima del eje motriz está situada una toma de fuerza, también denominada PTO, sin embrague. Con el motor en marcha y el eje de entrada del reductor en movimiento, el eje no embragable (fijo) de la toma de fuerza se mueve con independencia del embrague hidráulico de láminas, conectado ó desconectado en cada momento.

El sentido de giro de la PTO es igual que el del eje de entrada del motor.

El sistema hidráulico consta de:

- Bombas de engranajes.
- Filtros de aceite.
- Intercambiador de calor (agua de baja temperatura).
- Válvula limitadora de la presión.
- Válvula de mando.

### **GENERADORES DE COLA**

Como se ha dicho al principio, hay dos alternadores de cola, acoplados cada uno a los respectivos MM.PP de la marca STAMFORD de 810 KVA a una velocidad de 1500 rpm, que suministra una corriente de 380 V y 1230.7 A a 50 Hz. Estos generadores pueden trabajar, en un rango comprendido entre el 70% y el 100% de la velocidad del motor.

En la mar, el generador de cola tiene la capacidad suficiente para dar servicio a todos los circuitos durante la marcha normal del buque.

Los generadores de cola tienen unas resistencias eléctricas para evitar la condensación de agua cuándo están parados.

Periódicamente se deberá hacer un mantenimiento que consistirá en el desmontaje de los registros de las conexiones, comprobar que las tuercas estén bien apretadas, eliminar el polvo, y limpiar los filtros de las rejillas de aire de ventilación.

### **SISTEMA DE FRIGORÍFICAS (GAMBUZAS)**

El sistema de refrigeración tiene un elemento refrigerante R-404A (un gas no inflamable) y sus componentes son los siguientes:

- Tres compresores eléctricos volumétricos alternativos de pistones (uno para cada gambuza)
- Un sistema de lubricación muy simple, formado por un separador de aceite de 2.95L.
- Dos condensadores enfriados por agua salada.
- Dos depósitos de líquido.
- Tres evaporadores (uno en cada gambuza)
- Una gambuza de pescado, otra de carne y una de alimentos.

El agua se evapora a 100°C a la presión atmosférica de una atmosfera, el agua al evaporarse absorbe una gran cantidad de calor. Pero el punto de ebullición es demasiado alto para poderlo usar como refrigerante. Otros refrigerantes, hierven a temperaturas muy inferiores situadas sobre los 40°C.

Este sistema se basa en el principio que un líquido absorbe calor al convertirse en gas. El líquido absorbe calor al evaporarse y se enfría. Esto sucede en el evaporador situado en cada gamba.

El refrigerante es succionado hacia el interior de cada compresor. El émbolo comprime el gas, aumentando su temperatura. El gas caliente y comprimido pasa a través de la tubería de descarga hacia un condensador, donde es enfriado por debajo del punto de condensación y se convierte en líquido. Desde el condensador, situado físicamente debajo de los compresores, el líquido caliente pasa a través de un secador, evitando que el agua pudiese contaminar el refrigerante, y después hacia la válvula de expansión.

Dicha válvula controla la cesión del líquido caliente a la baja presión del serpentín del evaporador. Cuando el fluido sale de la válvula de expansión, la asombrosa caída de presión, origina su ebullición, absorbiendo el calor circundante. A partir del evaporador, el recién formado gas es succionado de nuevo por el compresor y el ciclo se repite. Cada compresor es accionado por un motor eléctrico conectado a éste mediante una correa de transmisión.

El compresor es lubricado por aceite y se enfría gracias a unas aletas dispuestas en el exterior del cilindro. El aceite lubricante se separa del gas refrigerante comprimido en el separador de aceite. La parte inferior del separador sirve como una reserva de aceite.

El flujo de agua salada que va al condensador es suministrado por una de las dos bombas de agua salada instaladas al efecto. El refrigerante, una vez condensado, fluye hasta el depósito del líquido.

Cada compresor tiene dos manómetros que permiten controlar la presión de succión y descarga.

Cada evaporador tiene una serie de aletas y un ventilador que permite una mejor absorción del calor.

### **PREPARACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

El MM.PP consume combustible de los tanques de servicio diario (HFO normalmente). Ante la imposibilidad de arrancar en frío con HFO, se deberá calentar el tanque con vapor. Éste tanque tiene unas válvulas para tal efecto.

Los motores principales sólo consumen DO en casos como cuando deberán estar listos para una revisión mecánica, o cuando en casos de urgencia no se disponga de HFO.

### **Preparativos para el arranque del motor principal**

Una vez que hemos puesto en funcionamiento todos los subsistemas de propulsión (cómo poner en funcionamiento las bombas de las “Kamewas”, preparar el módulo, abrir el aire del MM.PP, etc) podemos poner en marcha los propulsores principales, bien desde el control remoto (en la sala de control) en condiciones normales, o bien en el control local (en un panel situado en los mismos MM.PP) en casos determinados. Se debe tener cuidado al virar con el sentido de la hélice.

Según el jefe de máquinas, se soplan los motores o se viran. En caso de virar, se hace girar los motores unas dos vueltas (7-10 minutos) mientras se acciona de forma manual

el bombeo de aceite para el engrase (poner MANUAL las bombas en el ordenador). Esta operación se realiza con todas las purgas de los indicadores de los cilindros abiertas.

En caso de soplado, la maniobra es mucho más rápida, nos acercamos al control local, ponemos a cero la cremallera del combustible, damos a arrancar y seguidamente pulsamos el botón de parada de emergencia una vez el motor haya dado unas vueltas. Posteriormente paramos las dos alarmas de baja presión en el sistema y parada de emergencia y cerramos las purgas. Hemos de mirar que las purgas de las turbos no saliese agua, en tal caso deberemos analizar el problema.

Si hemos virado, una vez desacoplado el virador se cerrarán todas las purgas, se comprobará que las válvulas que permiten el acceso del aire de arranque estén abiertas y que las purgas de las turbos también estén abiertas, por si hubiese fuga de agua. Se arrancarán los MM.PP desde o bien de la sala de control o de forma local. Entonces, éstos automáticamente se engrasarán durante un minuto.

Las bombas de los servomotores y de las KAMEWAS deberán estar ya en funcionamiento.

Una vez arrancados los MM.PP, se cerrarán:

- Las purgas de las chimeneas.
- Las purgas de la turbo.
- Las resistencias eléctricas.

Y se pondrán en marcha los filtros automáticos.

Es en este momento, cuándo se abre la válvula situada en la banda de Es-Pr de la cámara de máquinas para que el agua de mar enfríe el intercambiador de calor del aire acondicionado sin necesidad de una bomba y deberemos poner en posición de “MAR” el selector del aire acondicionado de la sala de control. Esta agua a parte de enfriar el intercambiador del control permite refrigerar el condensado del tanque de observación y purgas.

Finalmente, cuándo desde el puente den “listos de máquinas” se pondrá (desde la sala de control) los MM.PP en “velocidad constante”. Es entonces cuando haremos el vacío al evaporador y posteriormente lo pondremos en funcionamiento.

*Nota:* Cuándo notemos que el buque empieza a balancearse y tiene una cierta velocidad (aunque el práctico esté a bordo) se abrirán las válvulas que permiten el paso del agua salada al evaporador y pondrá en funcionamiento la bomba de agua salada de dicho generador de agua dulce para empezar a producir vacío. Una vez nos den listos de máquinas se acabará de poner el evaporador en condiciones para producir agua destilada.

## **SISTEMA DE LASTRE Y ANTIESCORA**

La sala de control tiene un péndulo que permite saber de forma visual los grados de escora del buque. También se puede saber desde el PC1 o PC2 de dicha sala. Cuándo se observe una escora se deberá corregir.

El sistema comprende de:

- Dos tanques antiescora (12 Br y 11 Br)
- Dos tanques antiescora (12 E y 11 E)
- Quince tanques de lastre: L1C, L2C, L5C, L6C, L7C, L8 E y L8 B, L10C, L14 C, L18 B Y L18 C, L 15 B y L 15 E, L31 B y L31 E.

PASAR AGUA DEL 11 BR AL 11 ER.

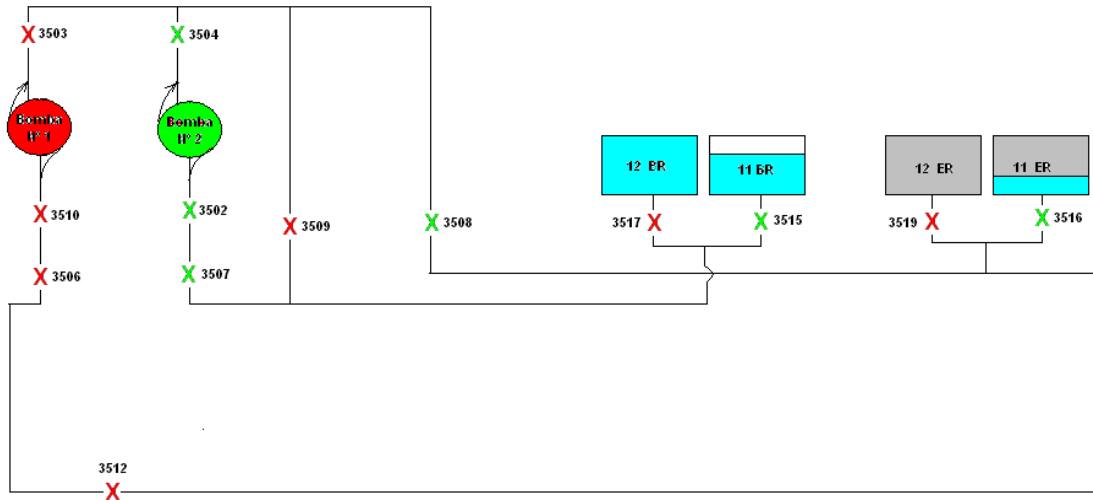


Fig. 32: Lastres antiescora

Para el llenado de los tanques de lastre o antiescora hay dos bombas situadas en la cámara de máquinas.

### LA PLANTA SÉPTICA

La planta séptica de abordaje es una unidad de mantenimiento de aguas fecales FACET STP/VTP, para el tratamiento de aguas negras, según criterios y recomendaciones internacionales. Las aguas grises se podrían evacuar sin pasar por la planta.

La planta lleva un by-pass, mediante un sistema de válvulas manuales que permite aislarla en casos de avería ó revisión (esto sólo en aguas internacionales).

La alimentación a la planta séptica es por gravedad. Por esta razón hay instalado un sifón a la entrada para evitar el flujo de aire hacia los lavabos e inodoros.

En suma, el sistema es un conjunto de tuberías, baffles y depósitos rígidos para conseguir una reducción biológica de sólidos, una preparación física y por último una desinfección.



*Fig. 33: Limpieza del local de la planta séptica después de una reparación*

### **Descripción general de la planta séptica**

La planta FACET STP/VTP es un sistema de tratamiento que comprende un tanque dividido por medio de mamparos en varios depósitos interconectados por medio de tuberías y con un sistema de suministro de aire para la circulación del líquido y reactivación de las reacciones biológicas aeróbicas. Incluye también un sistema de inyección de cloro como desinfectante en la última etapa.

El tanque está dividido en tres compartimientos:

- A. Cámara de desaireación.
- B. Cámara de decantación.
- C. Cámara de desinfección.

Para el suministro de aire, la planta va equipada con una soplante. El flujo de aire se regula manualmente por medio de válvulas en la tubería de distribución.

El sistema desinfección está diseñado para destruir las bacterias coliformes en el efluente procedente de la cámara de decantación. Consta de un tanque almacén con una solución clorada de hipoclorito sódico. Éste se suministra por gravedad regulada mediante una válvula dosificadora.

La descarga al mar se realiza por medio de una ó dos bombas centrífugas que aspiran directamente de la cámara de desinfección.





Fig. 34: Tanque del hipoclorito y panel de control de la planta séptica de abordo

### Operación

1. Las aguas residuales entran dentro de la cámara de aireación a través de una rejilla de la retención de sólidos. Aquí se inicia el proceso de reducción biológica.
2. El influente, conteniendo las bacterias aeróbicas y compuestos orgánicos que les sirven de alimento, entran en un medio turbulento rico en O<sub>2</sub>. El aire a baja presión es introducido a través de difusores de acero inoxidable colocados cerca del fondo de la cámara de aireación. En estos difusores se generan pequeñas burbujas de aire que producen la rotura mecánica de los sólidos en pequeñas partículas, aumentando la superficie de contacto entre las bacterias y el oxígeno incorporado. De esta forma se produce la bioreacción de sólidos con desprendimiento de CO<sub>2</sub> y otros componentes.
3. Durante este proceso, las bacterias forman unas pequeñas colonias alrededor de las partículas de materia orgánica en suspensión posando a través de un baffle<sup>6</sup> de transferencia situado entre las dos cámaras, a la cámara de decantación.
4. La cámara de decantación está totalmente llena de líquido (habiendo evacuado todo el aire a través de la válvula de desaeración durante el proceso de llenado) y opera bajo presión hidrostática debido a la diferencia de nivel entre la cámara de desaeración y la de decantación. Así se consigue una decantación más efectiva de lodos ricos en concentración bacteriana denominados bajo el nombre de "lodo activo". El líquido de la zona superior del tanque de decantación pasa a través de un maniflod a la cámara de desinfección como última etapa.
5. El lodo activo recircula a la cámara de aireación periódicamente y según la señal que el temporizador envíe a la válvula de solenoide. La velocidad de recirculación se puede regular por medio de válvulas de aire según las variaciones de tripulación en el buque. La necesidad de regulación se detectará con el análisis del efluente de salida.
6. El líquido limpio pasa a través del maniflod hacia la cámara de desinfección. Éste paso sirve además para controlar el nivel del líquido en la cámara de aireación. El maniflod ha de ser suficientemente amplio para evitar obstrucciones o reducciones de flujo.
7. En la cámara de desinfección se añade la disolución clorada. La inyección de cloro debe ser una operación continua.

<sup>6</sup> Dispositivo que facilita la mejor difusión.

8. Después de la etapa de cloración el efluente se manda a la mar por medio de la gravedad o mediante bombas.

## **CALDERA MIXTA “COMMODORE”**

### **Introducción**

Los gases de escape de los MM.PP son enfriados en la caldereta antes de ser expulsados definitivamente. A un determinado régimen de los MM.PP, el vapor generado en la caldereta es suficiente para dar los servicios de calefacción.

Cuándo la potencia de los MM.PP es reducida, está sucia, o estamos en puerto con los MM.PP parados, automáticamente se disparará el quemador de D.O.

### **General**

La caldera mixta "COMMODORE" es una caldera de diseño vertical, comprendiendo dos secciones, una alimentada por el equipo quemador y otra por los gases de escape.

### **Sección alimentada por equipo quemador**

Esta sección está comprendida por el hogar cilíndrico con un tubo de llama. La placa inferior del hogar está unida a la placa inferior de la envolvente principal mediante barras tirantes soldadas. Esta placa está protegida mediante refractario. Dispone de un haz de tubos de humo desde la placa superior del hogar hasta la caja de salida superior cilíndrica que está soldada a la placa superior de la envolvente principal. El haz tubular consiste en tubos lisos con los tubos tirantes necesarios. Los tubos lisos se expansionan y se fijan mediante soldadura estanca a la placa superior del hogar y se expansionan en la placa tubular de la caja superior. Los tubos tirantes están expansionados y soldados en ambos extremos.

### **Sección alimentada con los gases de escape**

Dispone de un haz de tubos desde la placa inferior de la envolvente principal hasta la placa superior de dicha envolvente. El haz consiste en tubos lisos con los tubos tirantes necesarios. Los tubos lisos se expansionan y se fijan mediante soldadura estanca a la placa inferior y se expansionan, sueldan y enrasan en la placa superior. Los tubos tirantes están expansionados y soldados en ambos extremos.

La envolvente exterior incorpora registro de entrada de hombre cilíndrico con puerta desmontable. Asimismo incorpora puertas inferiores para extracción de Iodos ó registros de mano.

El acceso a la parte superior se facilita mediante tapas desmontables, a efectos de limpieza de los tubos de humo. El acceso al interior de la caldera se facilita mediante el desmontaje del quemador ó puerta. La caldera es de construcción totalmente soldada y cumple con las exigencias del Ministerio de Industria, Lloyd's Register ó cualquier Entidad de Inspección señalada por el cliente.



*Fig. 35: Tubos taponados mediante soldadura en la reparación del “Suar Vigo”*

### **Descripción general**

La alimentación de agua a la caldera se realiza mediante una de las dos bombas situadas al exterior de la caldera, en concreto en la cámara de máquinas.

La entrada del agua se efectúa a través de la válvula de comprobación. La caldera incorpora dos válvulas. Al alcanzar el agua el nivel normal, por la mitad del indicador de nivel, el control detiene la bomba.

El quemador está fijado mediante espárragos a la puerta frontal de la caldera y está diseñado para atomizar el combustible de forma que se consiga óptima combustión del mismo. Incorpora ventilador de tiro forzado para proporcionar el aire necesario para la combustión y bomba de combustible.

El hogar recibe calor de radiación de la llama y los gases calientes pasan a través de un haz de tubos, aportando más calor. Los gases entran a continuación en la caja de salida en la parte superior de la caldera donde son conducidos a la chimenea.

Cuando la caldera funciona con los gases de escape procedentes de motores diesel, estos entran en la caldera por la parte inferior, pasando por el haz de tubos correspondiente y aportando las calorías necesarias para producir la cantidad de vapor requerida.

Si la caldera lleva incorporado un by-pass y válvula de desviación, esta puede ajustarse para desviar los gases por el by-pass ó pasados por la caldera, con el fin de controlar la producción de vapor de acuerdo con la demanda.

Al extraer el vapor, el nivel de agua en la caldera desciende unos 12 mm., por debajo del nivel normal. El control acciona la bomba de alimentación para alcanzar el nivel normal de agua.

Al descender la presión de vapor, el presostato de control permite el cambio a llama grande en el quemador. Caso de aumentarse la presión, el presostato realiza el cambio a llama pequeña.

### **Instrucciones de servicio**

En el caso de que la presión de vapor rebase el límite máximo, un segundo presostato de límite detiene el quemador. Al descender la presión hasta un punto prefijado inferior al máximo en  $1/10 \text{ Kg/cm}^2$ , este presostato de límite permite el re-encendido del quemador.

Si por cualquier circunstancia no actúa el presostato de límite para detener el quemador y por tanto la presión sigue aumentando, las válvulas de seguridad disparan para descargar el exceso de presión.

En el caso de que el agua no llegue a la caldera y el nivel descienda unos 50 mm, por debajo del nivel normal, el control de la marca “Mobrey” acciona una alarma acústica.

Si el nivel de agua se restablece rápidamente, la alarma se para y el quemador sigue en marcha automáticamente. Sin embargo si el nivel de agua sigue descendiendo hasta alcanzar un punto unos 75 mm, por debajo del nivel normal, el control de nivel de seguridad hace funcionar la alarma y bloquea el quemador. El quemador no volverá a ponerse en marcha hasta que no se restablezca el nivel normal y una vez accionado el pulsador de rearme de falta de tensión.

En el caso de que se quiera vaciar la caldera, esto puede realizarse utilizando la válvula de purga. Esta válvula es del tipo de esfera.

### **Accesorios**

La caldera incorpora asimismo válvula de purga de superficie montada en el lateral de la caldera, debajo del nivel normal del agua. Tiene como misión extraer espuma controlar el contenido total de sólidos disueltos en el agua. La caldera incorpora asimismo válvula de purga continua y toma de muestras, un manómetro y grifo de presostato de vapor. Un grifo de tres vías está dispuesto en la tubería de cobre que va desde esta válvula al manómetro. El grifo incorpora conexión para dispositivo de inspección.

La válvula de vapor principal está montada en un cilindro de vapor en la parte superior de la caldera. El grifo de aireación está montado en la parte superior del cilindro de vapor y se utiliza para aireación cuando se esté llenando la caldera con agua y se mantendrá abierto hasta que haya  $1/4 \text{ Kg/cm}^2$  aproximadamente de presión en la caldera.

### **Presostatos de vapor**

La caldera incorpora dos presostatos<sup>7</sup> de vapor. El primero tiene como misión regular la operación fuego alto/fuego bajo del quemador y el segundo, de límite, detiene el quemador y evita que la presión de trabajo de la caldera se exceda. Ambos presostatos son iguales, comprendiendo cada uno fuelle alojado en carcasa que acciona un interruptor de cambio de resorte a través de varillaje mecánico. El interruptor y el varillaje se alojan en caja estanca.

### **Modo de funcionamiento**

El fuelle responde a las variaciones en la presión, accionando un interruptor de cambio. En cuanto al presostato fuego alto/ fuego bajo, el circuito de llama alta se realiza

---

<sup>7</sup> Recordemos que este es un dispositivo que permite mantener constante la presión en un sistema.

normalmente a través de un lado del interruptor. Caso de incrementarse la presión por encima de la cifra prefijada, el movimiento del fuelle acciona el interruptor dando entrada al circuito de llama baja y rompiendo el circuito de llama alta. El quemador sigue funcionando en fuego bajo hasta que la presión disminuya al nivel último prefijado, en cuyo momento el interruptor vuelve a cambiar el circuito para que el quemador funcione a fuego alto. El presostato de límite hace de seguridad para el de fuego alto y fuego bajo, y únicamente entra en funcionamiento si la presión de la caldera sigue rebasando la presión de trabajo, aunque el quemador haya cambiado a fuego bajo. En este caso solo un lado del interruptor es utilizado, dándole al interruptor característica apagado/encendido y en el caso de exceso de presión de vapor, el circuito de control del quemador se rompe y el quemador se detiene. El circuito se completa para reencender el quemador cuando la presión descienda por debajo del nivel prefijado.

### **Controles de nivel de agua**

La caldera incorpora dos controles de nivel del tipo magnético. Un control tiene como misión accionar la bomba de alimentación y detener el quemador en el primer nivel bajo de agua.

El segundo control actúa como seguridad para bloqueo en caso de nivel muy bajo.

La operación de estos controles es similar. Caja control comprende un flotador que tiene unida una varilla con imán. El flotador sube y baja de acuerdo con las oscilaciones del nivel de agua.

Cuando el flotador sube, el imán primario también sube, transmitiéndose este movimiento a un segundo imán en la unidad de interrupción. El segundo imán hace que un platino se mueva de un lado hacia otro, abriendo y cerrando los contactos del interruptor.

### **PASOS A SEGUIR ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR DEL BOTE de babor nº 2.**

1. Desconectar el cable (manguera) carga baterías. Asegurarse de que el espiche (s) sean cerrados con tapón.
2. Poner el selector de baterías en posición I, II o ALL dependiendo de las necesidades.
3. Se comprueba que la carga de baterías es adecuada viendo la intensidad luminosa del proyector interior, pulsando breves segundos el botón de encendido del proyector.



*Fig. 36: Imagen de uno de los botes*

4. Comprobar niveles: de aceite, agua y gas-oil.
5. Abriremos las válvulas de gas-oil (válvula mariposa situada abajo junto al tanque y de color rojo) y de aspiración de agua salada (macho de bola y de color azul situado junto al motor debajo hacia babor en la sentina).
6. Nos aseguraremos de que el motor está desembragado de las posiciones adelante-atrás.
7. Después de todas estas comprobaciones podemos coger la llave de contacto introducirla en su ranura y a la vez que presionamos levemente la giraremos hacia nuestra derecha hasta que sintamos las primeras explosiones del motor y éste quede arrancado. La llave quedará en posición vertical.
8. Una vez de que el motor está funcionando y el bote en el agua controlar la evacuación del agua salada de refrigeración bien palpando las tuberías de entrada y salida o visualmente controlar la cantidad de agua de salida por el costado de babor hacia popa.



*Fig. 37: Intentando resolver una fisura en uno de los cilindros del motor del bote salvavidas del lado de estribor*

#### **PASOS A SEGUIR ANTES DE ARRANCAR EL MOTOR DEL BOTE de estribor nº 1**

1. Desconectar el cable (manguera) carga baterías. Asegurarse de que el espiche (s) sean cerrados con tapón.

2. Poner el selector de baterías en posición I, II o ALL dependiendo de las necesidades.
3. Se comprueba que la carga de baterías es adecuada viendo la intensidad luminosa del proyector interior, pulsando breves segundos el botón de encendido del proyector.
4. Comprobar niveles: de aceite, agua y gas-oil.
5. Abriremos las válvulas de gas-oil (válvula mariposa situada abajo junto al tanque y de color rojo) y de aspiración de agua salada (macho de bola y de color azul situado junto al motor debajo hacia babor en la sentina).
6. Nos aseguraremos de que el motor está desembragado de las posiciones avante-atrás.
7. Después de todas estas comprobaciones podemos coger la llave de contacto introducirla en su ranura y a la vez que presionamos levemente la giraremos hacia nuestra derecha hasta que sintamos las primeras explosiones del motor y éste quede arrancado. La llave quedará en posición vertical.
8. Una vez de que el motor está funcionando y el bote en el agua controlar la evacuación del agua salada de refrigeración bien palpando las tuberías de entrada y salida o visualmente controlar la cantidad de agua de salida por el costado de babor hacia popa.



*Fig. 38: Vista de las válvulas del motor propulsor del bote salvavidas del lado de estribor*

## **INTRODUCCIÓN: PRINCIPIOS EN QUE SE BASA LA CORROSIÓN Y LA PROTECCIÓN CATÓDICA**

### **Corrosión galvánica**

Dos metales o aleaciones, distintos, sumergidos en agua producen una diferencia de tensión y una corriente eléctrica desde el metal más activo hacia el menos activo. El metal menos activo no se corroerá y se conoce como cátodo. El metal más activo, el ánodo, se irá disolviendo hacia la solución, y el flujo de corriente eléctrica irá aumentando. Cabe destacar que si dichos metales están aislados (no se tocan, ni están conectados eléctricamente por cable) no se produce corriente ni corrosión. Pero en el caso de no poderse separar como una hélice de bronce en un eje de acero inoxidable, se deberá actuar de alguna manera. En este caso, si añadiésemos una pieza de zinc como "tercer electrodo" en las proximidades y con un "tester" en cada electrodo midiésemos la corriente, veríamos que la corriente sale del electrodo de acero inoxidable, pero ninguna corriente llega o sale del electrodo de bronce (hélice). Finalmente, comprobaríamos que el Zinc, protege, se sacrifica primero. Los iones de zinc con carga positiva emigran a través del electrolito para equilibrar la carga.

Cuándo metales desiguales situados dentro de un electrolito estén mecánica o eléctricamente conectados a masa, el único metal que se corroe es el "menos noble" del grupo.

#### 1. Activo o anódico

- Magnesio Zinc
- Acero suave Hierro forjado Hierro fundido
- Fundición gris con alto porcentaje de Ni
- Acero inoxidable al molibdeno 18.8.3, tipo 316 (activo) Plomo
- Estaño
- Bronce manganoso Latón naval
- Bronce de aluminio Cobre
- 70 cobre 30 níquel Níquel (pasivo)
- Monel, 70% de níquel- 30% de cobre
- Acero inoxidable al molibdeno 18.8.3, tipo 316 (pasivo)

#### 2. Noble o catódico

Nota: Algunos metales y aleaciones pueden ocupar dos posiciones en la misma serie, designadas con las denominaciones de *activo/a* y *pasivo/a*. La posición "activa" es la correspondiente a una situación en la que se produce corrosión, y se aproxima a la posición ocupada por dicho material en la serie electroquímica. La posición "pasiva" está relacionada con una situación en la que no se produce corrosión, cuando el material queda protegido de la misma por una película superficial de formación espontánea. Por ejemplo, el acero inoxidable del tipo 316 sumergido en agua de mar tiene más tendencia a comportarse como una aleación pasiva que la que demuestra el acero del tipo 304, por lo que generalmente se le prefiere a dicho último tipo para aplicaciones marinas.



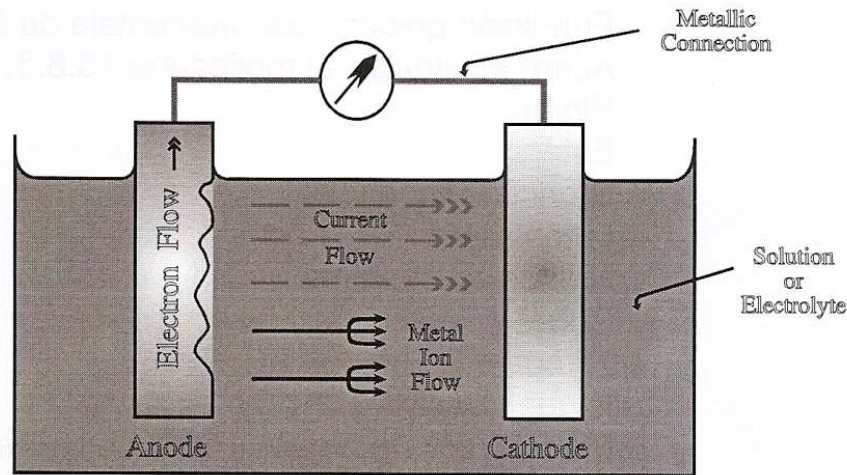


Fig. 39: CÉLULA de corrosión sencilla

La aparición de las áreas anódica y catódica en una CÉLULA de corrosión puede deberse al contacto eléctrico entre dos metales diferentes, lo que se conoce como *corrosión galvánica*. Las áreas anódica y catódica pueden formarse sobre una superficie constituida por un sólo metal, en forma de *microcélulas*, debido, por ejemplo, a la presencia de gotas de lluvia sobre una superficie de acero carente de recubrimiento. De forma alternativa, pueden existir células próximas pero discretas cuando se produce un proceso de corrosión acelerada de áreas anódicas no recubiertas sobre una estructura catódica recubierta. De forma adicional, existen células longitudinales largas que aparecen en tuberías que atraviesan suelos agresivos de baja resistividad. Dichas secciones forman áreas anódicas y se corroen antes que las áreas catódicas en suelos menos agresivos, de mayor resistividad.

En áreas anódicas pequeñas pueden producirse corrientes de cierta intensidad capaces de provocar una corrosión rápida de estructuras marinas tales como depósitos interiores de barcos, planchas exteriores de cascos de buques, pilotes de chapa de acero de los puertos y estructuras tubulares de escolleras y plataformas petroquímicas de perforación y extracción.

*La protección catódica es un sistema de prevención de la corrosión que consiste en forzar a todas las superficies de una estructura a comportarse como cátodos, mediante la utilización de ánodos externos.*

Como se ha comentado anteriormente, las células galvánicas de corrosión aparecen cuando existen metales diferentes en contacto entre sí, sumergidos en un electrolito. Por ello, cuando se construyen estructuras que vayan a estar enterradas o sumergidas en un electrolito, deben adoptarse precauciones para evitar la creación de células galvánicas.

La protección catódica por ánodo de sacrificio permite prevenir la corrosión de una estructura o componente determinados, a través de la creación de una célula galvánica en la que un *ánodo* adicional de zinc, magnesio o aluminio se corroe de forma preferente, en lugar de hacerlo la estructura. La corriente galvánica de corrosión (véase la CÉLULA simple de antes) de dicha combinación ánodo-electrolito-estructura debe ser suficiente para sobreponerse a las corrientes locales de corrosión superficial existentes en la estructura, de forma que no fluya ninguna corriente desde las áreas

ánódicas de la estructura, es decir, que la estructura se comporte toda ella como un cátodo y quede sometida a una protección catódica completa.

El potencial, o medida de la actividad existente entre la estructura y el electrolito, es un índice relativamente fácil de medir que permite determinar si la estructura se está comportando como un ánodo o como un cátodo. En el caso del acero, en condiciones normales no anaeróbicas, puede demostrarse en teoría, y es un hecho aceptado en la práctica, que un potencial acero-electrolito más negativo de -0,85 voltios, medido en relación con un electrodo estándar de cobre-sulfato de cobre, indica que se ha conseguido una protección catódica efectiva. Dicho potencial equivale a un potencial de -0,80 voltios, medido en relación con un electrodo de plata-cloruro de plata, y a un potencial de +0,24 voltios, medido en relación con un electrodo de zinc.

### Descripciones generales: protección catódica por corriente aplicada

Un metal también puede hacerse catódico conectándolo eléctricamente a otro componente metálico contenido en el mismo electrolito a través de una fuente de corriente continua y dirigiendo el flujo de corriente desde la superficie del componente metálico añadido (el ánodo), pasando por el electrolito, hacia el metal (el cátodo). Lo anterior puede representarse de forma sencilla, partiendo del modelo de CÉLULA simple considerado anteriormente, y añadiendo a dicho modelo un nuevo electrodo con una fuente de alimentación, de forma que el flujo de corriente procedente de dicho electrodo sea capaz de superar la corriente natural de corrosión.

Dado que se utiliza una fuente externa de corriente, dicho tipo de protección se denomina '*PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE APLICADA*'.

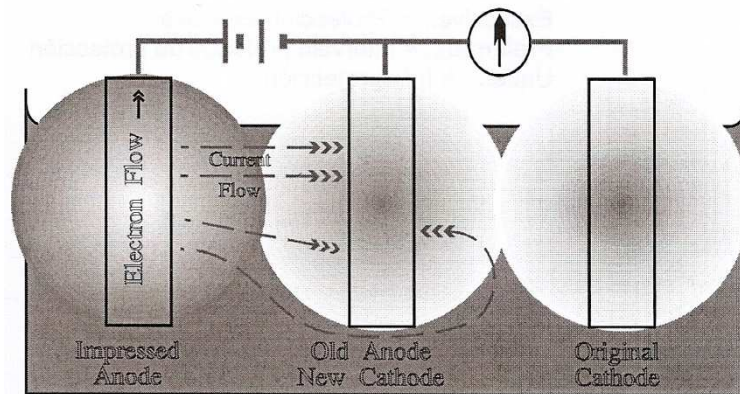


Fig. 40: Protección catódica aplicada a una CÉLULA de corrosión simple

Es necesaria una fuente de corriente continua, que generalmente se obtiene a partir de unidades de alimentación equipadas con un transformador y un rectificador. La intensidad de la citada corriente puede controlarse automáticamente en respuesta a una supervisión continua del potencial cátodo-electrolito, o controlarse de forma manual, tras la realización de medidas intermitentes.

El material del ánodo de la corriente aplicada, en condiciones ideales, no se consume como consecuencia del paso de corriente desde él hacia el electrolito; en la práctica, los materiales utilizados representan una solución de compromiso entre dicho ideal y el coste y las propiedades físicas de los materiales disponibles. Los ánodos de corriente

aplicada están hechos de grafito, hierro al silicio, aleaciones de plomo, algunas con bielectrodos de platino, titanio platinizado o combinaciones más exóticas, tales como niobio revestido de platino. La selección de un material apropiado para el ánodo tiene una importancia crítica para la formulación de un plan de protección catódica efectivo y económico.

Generalmente, para una demanda determinada de corriente, se necesitan menos ánodos de corriente aplicada que ánodos de sacrificio para conseguir una protección efectiva, ya que pueden conseguirse corrientes anódicas altas. Los sistemas de protección catódica por corriente aplicada responden a un diseño más sofisticado que el de los sistemas basados en ánodos de sacrificio.

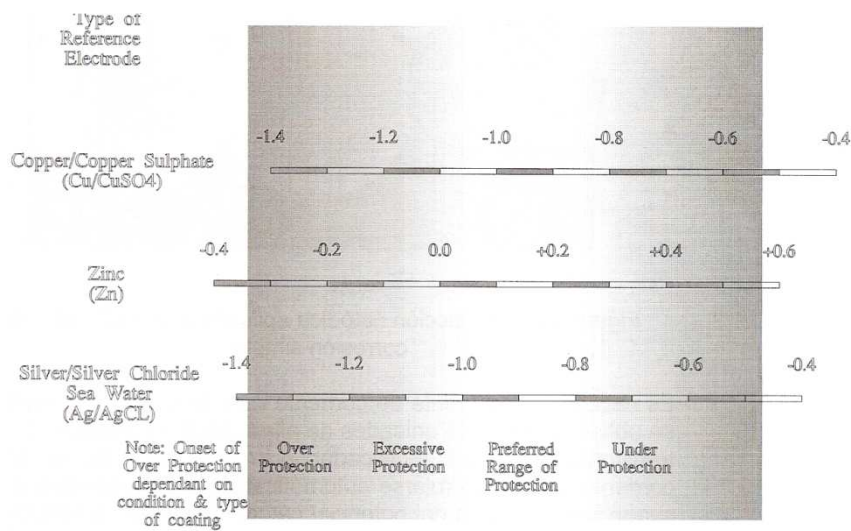


Fig. 41

### Sistema marino de corriente aplicada

El sistema marino de corriente aplicada C-Shield comprende los siguientes componentes:

#### - Ánodos de la corriente aplicada

La función del ánodo es conducir la corriente continua de protección hacia el agua de mar.

#### - Electrodo de referencia de la corriente aplicada

Los electrodos de referencia de zinc de elevada pureza y estabilidad están diseñados para que proporcionen una referencia estable en relación con la cual puedan medirse los potenciales casco-agua de mar, y un pequeño flujo de corriente que se utiliza en circuito de bucle cerrado para mantener los niveles preestablecidos de protección.

La estructura y la cantidad de zinc utilizado para la fabricación de los electrodos son tales que permiten conseguir una vida mínima de quince años sin necesidad de mantenimiento ni sustitución.

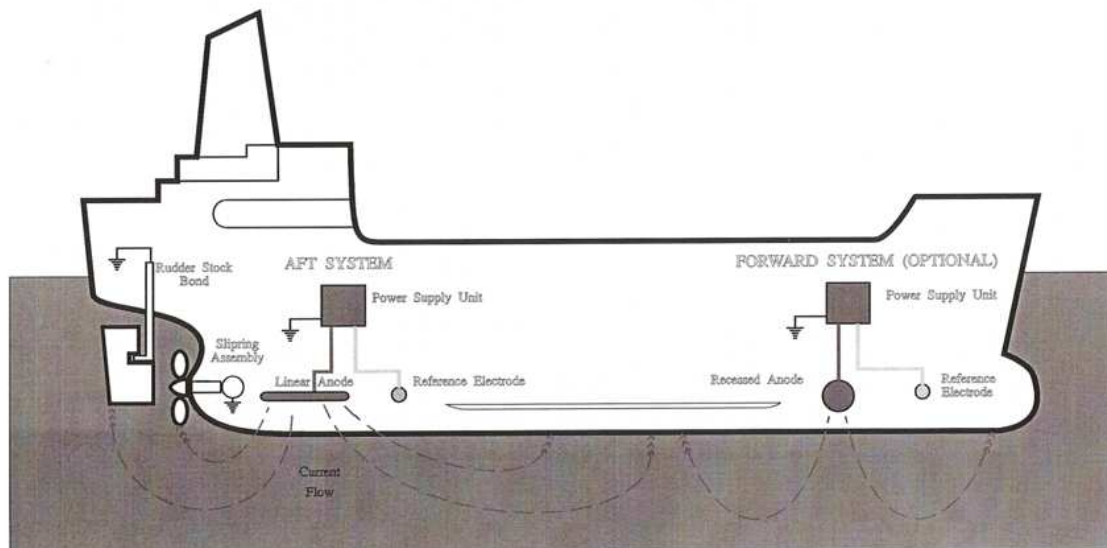


Fig. 42: Vista general de la protección por corrientes impresas

#### - Unidad de alimentación

La unidad de alimentación del sistema de protección catódica por corriente aplicada C-Shield es un sistema tiristorizado que va montado en una gama de armarios de diferentes tamaños. El sistema comprende una placa de circuitos impresos (PCB) de control, una placa de circuitos impresos de los tiristores y una unidad tiristorizada (constituida por un transformador, un transformador reductor y un puente de tiristores) de 100 a 800 amperios. Los requisitos de alimentación son: corriente alterna de 415 V +/-10%, monofásica, a 50/60 Hz.

#### - Conexión a masa

Para hacer posible que el timón reciba protección, éste va equipado con una conexión eléctrica a masa específica, en forma de un cable flexible que va de la parte superior de la mecha del timón hasta la estructura principal del barco. De la misma forma, los posibles estabilizadores van también conectados a masa para permitir la llegada de la corriente de protección a las superficies correspondientes.

Para permitir la protección de la hélice y de cualquier porción de la línea de ejes que quede al descubierto, y para prevenir la formación de arcos eléctricos entre el eje y los cojinetes, el eje de la hélice va equipado con un conjunto de anillo colector. Un juego de escobillas representa la terminación de un circuito de baja resistencia que permite el flujo de corriente hacia las palas de la hélice, a lo largo del eje, y de vuelta hacia el casco. El anillo colector consiste en una banda de cobre sujeta alrededor del eje por medio de escobillas con capacidad para corrientes de gran amperaje, de alto contenido en cobre, montadas sobre portaescobillas engranados. La pista del anillo colector está plateada de forma estándar y, además, se utilizan escobillas de grafito de plata para minimizar la resistencia de contacto.

#### - Instalación del equipo

Las ubicaciones de los diferentes componentes se muestran en los planos del sistema C-Shield del "Suar Vigo".

## **HÉLICE DE MANIOBRA “KAMEWA”**

La Hélice de Maniobra consta de cuatro partes principales:

- Un túnel con la hélice,
- Un motor de accionamiento,
- El sistema hidráulico
- Sistema de control eléctrico.

La hélice está accionada por un motor con una velocidad y una dirección de rotación constante, e. g. un motor de inducción eléctrico. La hélice se suministra con palas ajustables hidráulicamente, que posibilitan variar continuamente la magnitud del empuje.

La hélice de maniobra facilita la movilidad del barco en una gran medida cuando las velocidades son bajas y cuando la velocidad es nula. Es también un complemento útil para el timón del buque a velocidades más altas, aumentando así el control.

La Hélice de Maniobra “Kamewa” tiene las siguientes características:

- El motor de accionamiento puede ser arrancado sólo cuando las palas de la hélice están en la posición cero, reduciendo el par inicial al mínimo. Esto significa una baja corriente de arranque.
- Un número ilimitado de operaciones durante un tiempo dado. El empuje transversal cambia sin la necesidad de alterar la dirección de rotación y velocidad del motor de accionamiento.
- La dirección de empuje puede cambiarse en un tiempo corto de un lado a otro.
- Toda la potencia está siempre disponible.

*Cavitación:* Las burbujas de vapor son arrastradas por el flujo, y cuando alcanzan una zona de presión creciente, se colapsan. Esto puede ser oído como explosiones duras y metálicas. Todas las hélices a máxima potencia producen más o menos cavitaciones. Sin embargo, una excesiva cavitación puede con el tiempo, erosionar la superficie de pala.

La erosión por cavitación ocurre muy rara vez en la hélice de Maniobra. Para evitar daños a la pared de hélice de maniobra, se coloca una tira de acero inoxidable en la vía de la hélice.

Cuando un buque parado está girando con una hélice de maniobra, el barco está también dando un movimiento lateral.

El giro simultáneo y el efecto de remo da lugar a un movimiento longitudinal lento del buque, hacia adelante cuando la Hélice de Maniobra está localizada en la proa.

A velocidad cero la relación de giro es proporcional a la raíz del cubo de la potencia, así un 10% de aumento de potencia provoca cerca de un 3 % de aumento de giro.

Para un tamaño de hélice de maniobra dada para un buque la relación de giro se puede calcular.

### El túnel con Unidad de Hélice. General

La unidad de hélice comprende el túnel de hélice en que un alojamiento de engranajes está empernado (incluido una placa de apoyo soldada). Una hélice con 4 palas y un eje montado sobre un rodamiento en el alojamiento de engranajes.

- **El túnel:**

El túnel está soldado al casco de barco. Por esta razón el túnel de hélice no puede ser desmontado del barco pero si el alojamiento de engranajes.

- **La hélice**

La parte principal de la hélice de maniobra de túnel es el núcleo de hélice con sus palas y el eje de propulsión. El eje está sostenido por un cojinete de rodillos esféricos y dos cojinetes de rodillos axiales. El obturador de eje de retenes de goma, evita que penetre el agua y la pérdida de aceite.

### Como trabaja la hélice

En el núcleo de la hélice hay un servomotor que hace girar las palas. El servomotor consiste de un pistón integrado y una pieza de reversión del movimiento axial. El movimiento se obtiene dirigiendo aceite a presión a un lado y a otro del pistón. La pieza de reversión tiene una cruceta con cuatro ranuras transversales para las zapatas de deslizamiento, en cada una de las palas.

El anillo de cuello está sostenido mediante un forro que está integrado con el cuerpo de núcleo. Cuando la pieza de reversión se mueve, los cuellos rotan con el movimiento circular transmitido a través de la pieza de reversión zapatas de deslizamiento y cuellos de pala. Entonces la pala de hélice, fijada en el anillo de cuello por pernos, girará. Cada pala se suministra con una junta tórica para evitar entrada de agua a la pérdida de aceite del núcleo.

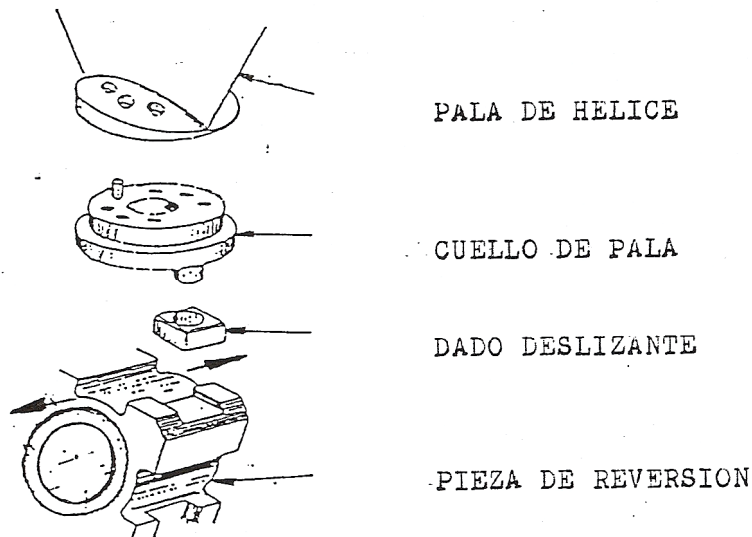


Fig. 43

### Presión de aceite en el pistón de servomotor

La presión de aceite es llevada al lado requerido del pistón en el núcleo a través del eje de propulsión taladrado y el tubo de entrada de aceite. La caja de distribución de aceite en el alojamiento de engranaje tiene dos cámaras de presión.

Una cámara de presión está conectada a un lado del pistón de servomotor a través del canal formado por el taladrado del eje de propulsión y el tubo de engrase.

La segunda cámara de presión está conectada a un lado del pistón de servomotor a través del tubo de entrada de aceite.

La caja de distribución de aceite no es suministrada con obturador de baja presión y por lo tanto habrá siempre una cierta cantidad de pérdida en el alojamiento de engranaje. De este modo, el aceite es rellenado automáticamente en el tanque.

La válvula de 4 vías de la unidad hidráulica conduce el aceite de presión a través de tubos y mangueras a la cámara requerida.

Al mismo tiempo el aceite de retorno de la otra cámara es drenado. El tubo de entrada de aceite está empernado a la pieza de reversión, y sigue su movimiento. Al tubo de entrada de aceite está conectado el dispositivo realimentación a través de palancas.

### **El sistema de accionamiento**

La hélice está accionada a través de un engranaje cónico en el alojamiento de engranaje. El eje de piñón está montado en el alojamiento de engranaje. La rueda dentada está montada con aprieto en el eje de propulsión. El eje de piñón está sostenido por un cojinete de rodillos esféricos y dos cojinetes de rodillos cónicos.

### **El Sistema hidráulico**

El ajuste del paso de la hélice es llevado cabo por medio de presión hidráulica. Por este motivo una unidad hidráulica y un tanque de gravedad pertenecen al equipo de hélice.

#### **Partes de la unidad hidráulica:**

- un depósito de aceite
- una bomba de aceite de presión - un electromotor
- una válvula de seguridad
- una válvula de control
- una válvula de mantener la presión un filtro aceite de retorno
- un juego de interruptores de presión un manómetro
- un interruptor de nivel
- un tapón con respiradero y filtro una cala de nivel

#### **Partes del depósito de aceite de gravedad:**

- depósito de aceite
- un interruptor de nivel
- un tapón con respiradero y filtro

#### **La bomba**

La bomba es de tipo de engranaje o paletas y está montada conjuntamente con el grupo de válvulas.

#### **La válvula seguridad**

La válvula de seguridad se establece a la entrega para un valor de 12 MPA (120 bar).

### **El interruptor de nivel**

El interruptor para alarma de bajo nivel de aceite está montado en la parte superior de tanque y puede desmontarse fácilmente en prueba.

El punto de alarma está cerca de 80 % de volumen de aceite máximo. El contacto puede estar conectado como normalmente Abierto o normalmente cerrado.

### **El interruptor de presión**

La unidad hidráulica está equipada normalmente con dos interruptores de presión, y uno para señal al sistema de control. Los contactos están tanto para la apertura como para la conexión eléctrica cerrada. Los puntos establecidos son ajustables por un tornillo con nuez bloqueadora.

### **La válvula de control**

La válvula de control es una electroválvula de control direccional con dos solenoides. Los solenoides están activados por 24 V DC y están accionados a través de relés en el sistema de control. Las válvulas pueden también ser controladas manualmente.

### **La válvula que mantiene la presión**

Una válvula mantiene la presión y está montada en el tubo de aceite de retorno para mantener la presión de aceite en un valor mínimo para el interruptor de alarma de presión. La válvula se opera directamente y es suministrada con una muelle de aproximadamente unos 0.5 MPA.

### **El filtro del aceite de retorno**

El filtro de aceite de retorno está montado en el tanque. El filtro está equipado con cartucho de 10 micras. Un indicador mecánico advierte visualmente, cuando es necesario un cambio.

No es posible limpiar dicho elemento pues tiene que ser remplazado por uno nuevo. El filtro está también equipado con una válvula de desvío, que evita posibles averías en el elemento en casos de temperatura extrema o en arranques fríos.

El indicador puede indicar "rojo" en operaciones con aceite frío. Este no significa necesariamente que el elemento esté obturado.

### **La presión de aceite**

El sistema está diseñado para una presión máxima de 14 MPA. En entrega de la válvula de seguridad se establece en 12 MPA.

La presión necesaria para maniobrar el paso será revisada durante las pruebas de mar y la válvula de seguridad será ajustada, si fuese necesario.

La presión de aceite es de unos 0.5 a 1.0 MPA (5 a 10 bar), cuando la válvula de control está en su posición centrada.

Esto es provocado por caída de presión en la válvula de control, válvula de mantenimiento la presión y el filtro de aceite de retorno. La presión puede estar más alta cuando el aceite está frío. El interruptor de presión para baja presión de aceite detecta un



fallo en el sistema o escasez de aceite. Los interruptores son preparados antes de la entrega y los ajustes no se necesitan normalmente.

### **Medidas de arranque**

El sistema hidráulico tiene que estar limpio antes del llenado del aceite. El tanque estará lleno hasta la marca de nivel máximo en la cala de aceite. Revise también la rotación de la bomba su dirección tiene que estar de acuerdo con la flecha mostrada.

Cuando el sistema está arrancado y ha estado trabajando durante un tiempo, el nivel de aceite del tanque será revisado. El sistema está ventilado, a un nivel de aceite decreciente en el tanque el relleno tiene que llevarse a cabo inmediatamente. Sea curioso en la limpieza a la hora de rellenar. Revise el filtro de aceite de retorno. Si fuese necesario el filtro debería ser cambiado.

### **ORDENADOR DE LA SALA DE MÁQUINAS**

La sala de máquinas consta de dos ordenadores. Estando los dos ordenadores funcionando apagamos PC1, el PC2 tomará el control reiniciando todos los procesos. Habrá que volver a aceptar las alarmas y pasar los controles de las bombas a modo automático. Si estando el PC2 funcionando, encendemos PC1, éste tomará el control del sistema y habrá que volver a aceptar las alarmas y pasar los controles de las bombas a modo automático. Si están los dos ordenadores funcionando apagamos PC2, no ocurrirá nada.

## RUTINAS DIARIAS DE UN SEGUNDO MAQUINISTA

- Purgado diario de los nivostatos de la caldera, así como los niveles de cristal.
- Purgado diario de los tanques de F.O diarios y Sedimentación.
- FONTANERO del barco. Atención especial sobre los fluxómetros del baño.
- Papeles a rellenar en el ordenador:
  - Inventarios (los 3) cada mes.
  - Limpiezas de mechero (apuntar el estado).
  - Revisión de baterías.
- Condensate Control a cisterna de agua. 0,65 lt o así, según los análisis.
- Tanque de química en evaporador: 0,180 lt por tanque lleno, y debe durar día y medio o así.
- Tomar el PARTE DE AUXILIARES cuando estén en marcha.
- TRASIEGOS DIARIOS de F.O (por bomba) y Diesel (por depuradora) según necesidad.

*Capacidad de llenado:* Sedimentación al 70-72 (o 75 en aguas tranquilas)

el Diario diesel babor al 65%  
Caldera al 65% (baja al 55 navegando por rebose)

*Calefacciones de F.O.:* 4ER – ¼ vale. Tarda en calentar  
4BR – Despegado y ya. Lo mismo que el

otro. 9BR y 9ER – ¼ vale. Cuidado que ER

tarda. 13BR y 13ER – 1/8 vale.

4 Cuidado: se regula por evacuación salvo el BR!

- ELECTRICISTA general y bombillero de TODO el barco, en especial, la cubiertas de carga.
- REFUERZO DEL 1º MÁQUINAS en lo referente a trabajos de la máquina.
- Limpieza del QUEMADOR DE LA CALDERA semanalmente. Desmontar caracol frontal, limpiar hogar, y fotocélula y visor polarizado. Lo mejor es CARBON REMOVER. Rascar o soplete si cabe.

- Llave 19 mixta, Allen 6; Motor quemador en “0”
- Hacerlo navegando. Y cerrar entrada fuel.

- Control planta séptica de proa. Nivel de lejía (1 lt por 110 de agua). Desairear.
- Vigilar HIDRÓFOROS DE PROA agua salada, dulce y el calentador de agua dulce.

- ANÁLISIS DE AGUA en máquinas: Inyectores, AT, BT, Aux Br y Er, Caldera, cisterna y destilada. Adición de la química pertinente.
- Control de BATERÍAS de emergencia semanal, y botes y puente mensual
- CONTROL DIARIO (y llenado) de cisterna, destilada (por evaporador), química evaporador, AT y BT. La cisterna a 1200 va bien, BT 1000 y AT en la marca
- INVENTARIO MENSUAL (a finales)
  - Químicas, grasas y aceites.
  - Pañol eléctrico (elementos eléctricos)
  - Pañol eléctrico (general)

**Periodo de trabajo:** 8 a 12 y 14 a 18 (8 horas). Sábados y Domingos sin horario estricto.

**Turno de guardia:** de 8 de la tarde a 8 de la mañana. Todos los días.

## TABLAS, FIGURAS Y ESQUEMAS

### Listado de Tablas

Tabla 1: Página 6

Tabla 2: Página 6

Tabla 3: Página 11

Tabla 4: Página 15

### Listado de Figuras

Figura 1: Página 7

Figura 2: Página 10

Figura 3: Página 13

Figura 4: Página 14

Figura 5: Página 17

Figura 6: Página 18

Figura 7: Página 19

Figura 8: Página 19

Figura 9: Página 20

Figura 10: Página 24

Figura 11: Página 26

Figura 12: Página 26

Figura 13: Página 26

Figura 14: Página 27

Figura 15: Página 27

Figura 16: Página 28

Figura 17: Página 29

Figura 18: Página 30

Figura 19: Página 30

Figura 20: Página 31

Figura 21: Página 32

Figura 22: Página 32

Figura 23: Página 33

Figura 24: Página 34

Figura 25: Página 35

Figura 26: Página 35

Figura 27: Página 36

Figura 28: Página 41

Figura 29: Página 42

Figura 30: Página 42

Figura 31: Página 43

Figura 32: Página 47

Figura 33: Página 48

Figura 34: Página 49

Figura 35: Página 51

Figura 36: Página 54

Figura 37: Página 54

Figura 38: Página 55

Figura 39: Página 57

Figura 40: Página 58

Figura 41: Página 59

Figura 42: Página 60

Figura 43: Página 62

### Listado de Esquemas

Esquema 1: Página 14

## BIBLIOGRAFÍA

Mucha de la información que ofrezco en este trabajo es la puesta en escrito de notas y apuntes que he ido recopilando a lo largo de estos últimos meses en una libreta personal y que posteriormente he transcrito al ordenador. Por desgracia, muchos sistemas no tienen su modo de operación por escrito.

1. *Descripción, operación y análisis de fallos de la cámara de máquinas de un superpetrolero con propulsión diesel*. Buque simulado como MC 80. Autores: Celestino Sanz Segundo, Rafael Benítez Domínguez, Antonio Fraidías Becerra, Juan López Bernal. Área de máquinas y motores térmicos. Universidad de Cádiz.
2. *Puesta en marcha y operación de una planta propulsora de turbinas de vapor. VLCC simulado como SP-25*. Autores: Celestino Sanz Segundo, Rafael Benítez Domínguez, Antonio Fraidías Becerra, Juan López Bernal. Área de máquinas y motores térmicos. Universidad de Cádiz.
3. *Cómo funcionan las cosas de los barcos*. Una guía ilustrada. Autor: Charlie Wing. Editorial Tutor.
4. *Microsoft® Encarta® 2006*. © 1993-2005 Microsoft Corporation.
5. *Diccionario marítimo*. Julián Amich. Editorial Juventud S.A.
6. *Sistemas propulsivos*. Por D. Luís López Palancar. Cartagena 2007.
7. Manuales, planos, y notas de los ordenadores de abordo.