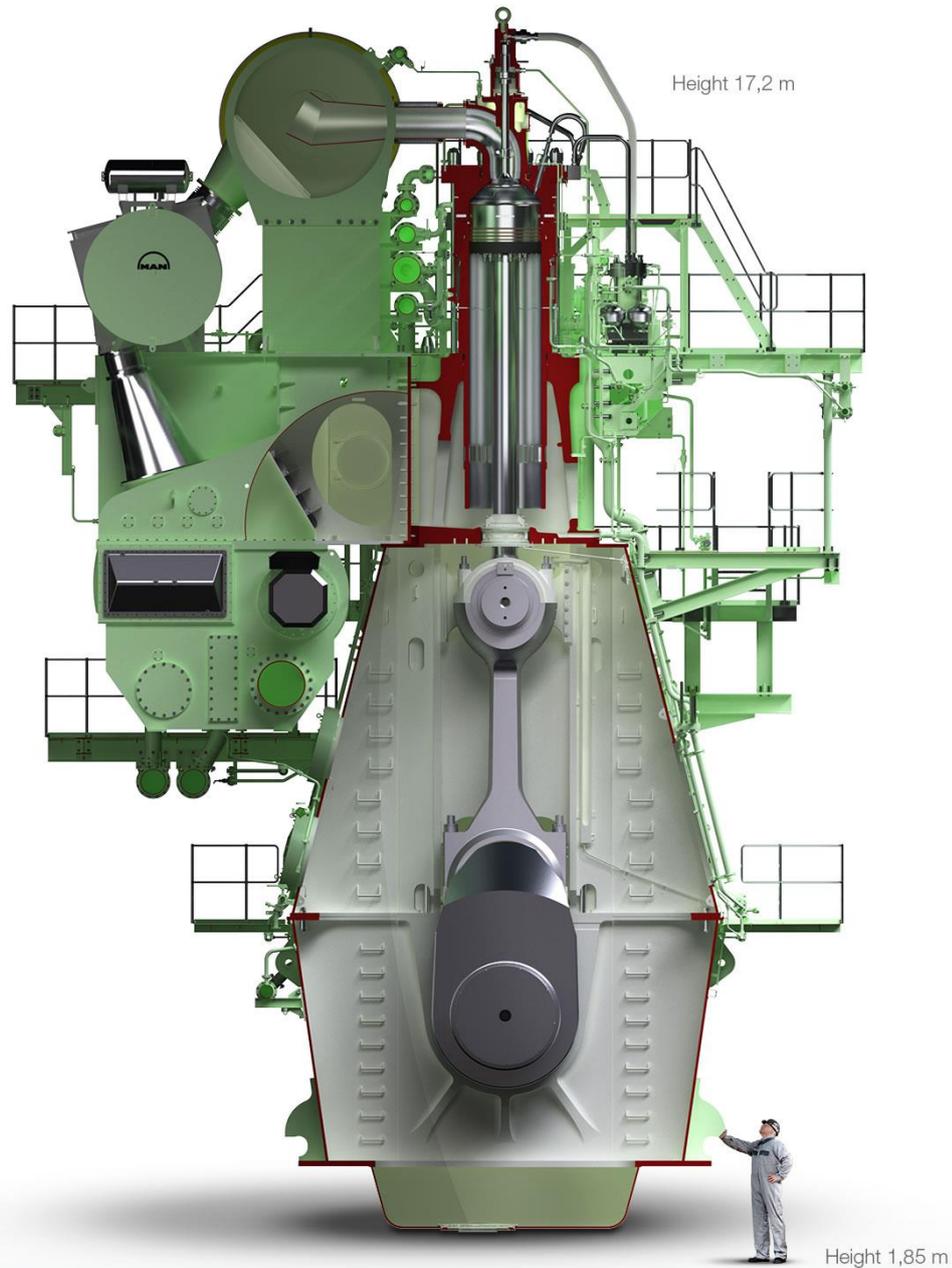


UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAUTICA Y MÁQUINAS



TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DE CÁMARA DE MÁQUINAS

REALIZADO POR:

D. JESÚS RODRÍGUEZ MAESTRE

TUTOR:

D. JOSE ANTONIO OROSA GARCÍA

ÍNDICE

1.- Introducción.....	9
1.1.- Especificaciones y Dimensionamiento del buque base	9
1.2.- Descripción del proceso de estudio.....	9
2.- Equipo Propulsor.....	10
2.1.- Conjunto de transmisión	13
2.1.1.- Eje intermedio.	13
2.1.2.- Eje de cola.	13
3.- Sistema de Combustible	15
3.1.- Sistema de recepción, almacenamiento y trasiego	16
3.1.1.- Recepción.....	17
3.1.2.- Almacenamiento de combustible.....	18
3.1.2.1- <i>Tanques de almacén de HFO</i>	18
3.1.2.2.- <i>Tanques de sedimentación de HFO</i>	19
3.1.2.3.- <i>Tanques de servicio diario de HFO</i>	19
3.1.2.4.- <i>Tanques de almacén de DO</i>	20
3.1.2.5.- <i>Tanque de servicio diario de DO</i>	21
3.1.2.6.- <i>Tanque de servicio para la caldera mixta</i>	21
3.1.2.7.- <i>Tanque de reboses y derrames de HFO</i>	22
3.1.3.- Traslado de combustible	22
3.1.3.1.- <i>Bombas de traslado de HFO</i>	22
3.2.- Sistema de alimentación presurizado.....	24
3.2.1.- Bombas de alimentación (de baja) de combustible HFO	26
3.2.2.- Bombas de circulación de HFO.....	26
3.2.3.- Bomba de DO.	26
3.2.4.- Bomba de HFO para el tanque de servicio de la caldera mixta.	27
3.2.5.- Precalentador de HFO.	27
3.2.6.- Precalentador de HFO de la caldera mixta.....	27
3.3.- Sistema de limpieza y/o tratamiento.....	27
3.3.1.- Separadoras centrífugas de HFO.....	29
3.3.2.- Bombas de alimentación de las separadoras de HFO.....	30
3.3.3.- Precalentador de HFO de las separadoras centrífugas.....	30
3.3.4.- Separadora centrífuga de DO.	30
3.3.5.- Bomba de alimentación de la separadora de DO.	30
3.3.6.- Precalentador de DO de la separadora centrífuga.	31

4.- Sistemas de lubricación y refrigeración por aceite.....	32
4.1.- Motor principal.	32
4.1.1.- Sistema de lubricación de cárter o cojinetes.	32
4.1.1.1.- <i>Tanque de almacén de aceite de cojinetes.....</i>	33
4.1.1.2.- <i>Tanque de servicio de aceite de cojinetes.....</i>	34
4.1.1.3.- <i>Tanque de aceite sucio del motor principal.....</i>	34
4.1.1.4.- <i>Purificadora centrífuga de aceite de cojinetes.</i>	34
4.1.1.5.- <i>Enfriador de aceite de cojinetes.</i>	34
4.1.1.6.- <i>Bombas de circulación de aceite de cojinetes.</i>	35
4.1.1.7.- <i>Bombas de pre-lubricación.....</i>	35
4.1.1.8.- <i>Bombas de trasiego de aceite de cojinetes.</i>	35
4.1.1.9.- <i>Bomba de alimentación de la purificadora de aceite.....</i>	35
4.1.1.10.- <i>Precalentador de aceite de cojinetes para la purificadora.....</i>	36
4.1.2.- Sistema de lubricación de camisas.	36
4.1.2.1.- <i>Tanque almacén de aceite de camisas.</i>	38
4.1.2.2.- <i>Tanque de servicio de aceite de camisas.....</i>	39
4.1.2.3.- <i>Bombas de trasiego de aceite de camisas.</i>	40
4.2.- Motores auxiliares.	40
4.2.1.- <i>Tanque de almacén de aceite de motores auxiliares.....</i>	41
4.2.2.- <i>Purificadora centrífuga de aceite de motores auxiliares.</i>	41
4.2.3.- <i>Bombas de alimentación de las purificadoras.</i>	41
4.2.4.- <i>Precalentador de aceite lubricante de las purificadoras.....</i>	41
4.2.5.- <i>Tanque de recirculación de aceite de la purificadora.....</i>	41
4.3.- Capacidad Tanques de aceite.....	42
4.4.- Aceite para ejes.	42
4.4.1.- <i>Eje intermedio.</i>	42
4.4.2.- <i>Eje de cola.</i>	42
4.5.- Otros elementos.....	43
4.5.1.- <i>Tanques de derrames.</i>	43
4.5.2.- <i>Tanque de lodos.</i>	43
4.5.3.- <i>Bomba de lodos.</i>	43
4.5.4.- <i>Tanque de aguas aceitosas.</i>	43
4.5.5.- <i>Tanques de agua dulce.....</i>	43
4.5.6.- <i>Resto de tanques.....</i>	44
5.- Sistema de refrigeración centralizado.	45
5.1.- Circuito de agua salada.	46
5.1.1.- <i>Bombas de agua salada.....</i>	47

5.1.2.- Bomba de agua salada de servicio en puerto.....	47
5.1.3.- Enfriador central.....	47
5.2.- Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura.....	47
5.2.1.- Bombas de agua dulce de baja temperatura.....	48
5.2.2.- Bombas de agua dulce para servicio de puerto.....	48
5.2.3.- Enfriador del aceite lubricante del motor principal.....	48
5.2.4.- Enfriador del aire de barrido del motor principal.....	48
5.2.5.- Enfriadores de aceite lubricante de los motores auxiliares.....	49
5.2.6.- Enfriadores de aire de barrido de los motores auxiliares.....	49
5.3.- Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura.....	49
5.3.1.- Bombas de agua dulce para refrigeración de camisas.....	50
5.3.2.- Bomba de precalentamiento del agua de camisas.....	50
5.3.3.- Enfriador de agua dulce para camisas del motor principal.....	50
5.3.4.- Precalentador de agua de camisas.....	50
5.3.5.- Enfriadores de agua dulce para camisas de los motores auxiliares.....	51
5.3.6.- Tanque de desaireación.....	51
5.4.- Otros elementos del sistema.....	51
5.4.1.- Tanque de expansión.....	51
6.- Sistema de aire comprimido.....	52
6.1.- Botellas principales.....	53
6.2.- Compresores principales.....	54
6.3.- Botella de aire para motores auxiliares.....	54
6.4.- Botella de aire de servicio.....	54
6.5.- Compresor de aire de servicio.....	54
6.6.- Compresor de aire de emergencia.....	54
7.- Sistema de gases de exhaustación.....	55
8.- Servicios de casco y cubierta.....	57
8.1.- Equipo de gobierno.....	57
8.2.- Servicio de amarre.....	57
8.3.- Servicio de lastre, achique y sentinas.....	57
8.3.1.- Zona de bodegas.....	57
8.3.2.- Zona de cámara de máquinas.....	58
8.3.3.- Local del servo.....	59
8.3.4.- Caja de cadenas.....	59
8.3.5.- Bombas principales de achique de sentinas.....	59
8.3.6.- Bomba de achique de emergencia.....	59
8.3.7.- Bomba de achique de la caja de cadenas.....	60

8.3.8.- Separador de sentinas.	60
8.3.9.- Bomba del separador de sentinas.	60
8.3.10.- Bombas de Lastre	61
8.4.-Servicio de baldeo y contra incendios.	62
8.4.1.- Bocas contra incendios.	62
8.4.2.- Colector principal.	62
8.4.3.- Bombas contra incendios.	63
8.4.4.- Local de lucha contra incendios.	64
8.5.- Sistemas de extinción de incendios.	64
8.5.1.- Sistema de rociadores automáticos.	64
8.5.2.- Bomba de carga del tanque de presión de los rociadores.	65
8.5.3.- Instalación de anhídrido carbónico, (CO_2).	65
8.5.4.- Extintores portátiles contra incendios.	66
8.6.- Servicios de elevación, acceso y mantenimiento.	67
8.6.1.- Equipos exteriores de elevación.	67
8.6.2.- Equipos de acceso.	67
8.6.3.- Equipo de desmontaje.	68
8.6.4.- Máquinas-herramientas.	69
8.6.5.- Aire de servicio y control.	69
8.7.- Sistemas de salvamento.	69
8.7.1.- Dispositivos individuales.	70
8.7.2.- Embarcaciones de supervivencia.	70
8.7.3.- Otros dispositivos.	70
9.- Servicios de carga.	72
9.1.- Escotillas.	72
10.- Servicios de habilitación.	73
10.1.- Situación de la habilitación.	73
10.2.- Equipo de fonda y hotel.	73
10.2.1.- Maquinaria frigorífica para la gambuza refrigerada.	73
10.2.2.- Equipo para cocina y electrodomésticos.	74
10.2.3.- Equipo de lavandería.	74
10.2.4.- Protección catódica.	74
10.3.- Equipo de ventilación y aire acondicionado.	74
10.3.1.- Aire acondicionado en acomodaciones.	74
10.3.2.- Aire acondicionado de la cabina de control de máquinas.	75
10.3.3.- Ventiladores de espacio de acomodación y casco.	75
10.3.4.- Ventilación de cámara de máquinas.	76

10.3.4.1.- <i>Equipo de ventiladores de la cámara de máquinas.</i>	76
10.3.4.2.- <i>Aire de barrido.</i>	77
10.4.- Servicio sanitario.	77
10.4.1.- Generador de agua dulce.	77
10.4.1.1.- <i>Cálculo de la producción de agua dulce.</i>	77
10.4.1.2.- <i>Cálculo de las necesidades de agua dulce.</i>	78
10.4.2.- Cálculo de tanques y bombas del servicio.	78
10.4.2.1.- <i>Tanque de almacén de agua dulce.</i>	78
10.4.2.2.- <i>Bombas de agua sanitaria fría.</i>	79
10.4.2.3.- <i>Bombas de agua sanitaria caliente.</i>	79
10.4.2.4.- <i>Tanque hidróforo.</i>	79
10.4.2.5.- <i>Equipo de potabilización de agua dulce.</i>	79
10.4.3.- Planta de tratamiento de aguas residuales.	80
10.4.4.- Tanque séptico.	80
10.4.5.- Incinerador.	80
11.- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.	81
12.- Servicios de alumbrado e iluminación.	82
12.1.- Alumbrado exterior.	82
12.1.1.- Luces de navegación.	82
12.1.2.- Iluminación de la cubierta principal en la zona de carga.	82
12.1.3.- Iluminación de la cubierta de botes y maniobras.	82
12.2.- Iluminación interior.	82
13.- Balance Eléctrico.	84
13.1.- Características de la corriente.	84
13.1.1.- Tipo de corriente.	84
13.1.2.- Tensiones y frecuencias de distribución.	85
13.1.3.- Otras características de la distribución eléctrica.	85
13.2.- Balance eléctrico según consumos del buque.	86
13.2.1.- Potencia eléctrica requerida por cada consumidor.	86
13.2.2.- Sistema de combustible.	87
13.2.3.- Sistema de refrigeración y lubricación por aceite.	87
13.2.4.- Sistema de refrigeración centralizado.	87
13.2.5.- Sistema de aire comprimido.	88
13.2.6.- Servicios de casco y cubierta.	88
13.2.6.1.- <i>Equipo de gobierno.</i>	88
13.2.6.2.- <i>Equipo de fondeo, amarre y remolque.</i>	88
13.2.6.3.- <i>Servicio de lastre, achique y sentinas.</i>	88

13.2.6.4.- Servicio de baldeo y contra incendios.	88
13.2.6.5.- Sistema de extinción de incendios.....	89
13.2.6.6.- Servicios de elevación, acceso y mantenimiento.....	89
13.2.7.- Servicios de carga.....	89
13.2.8.- Servicios de habilitación.....	89
13.2.8.1.- Equipo de fonda y hotel.....	89
13.2.8.2.- Equipo de ventilación y aire acondicionado.....	90
13.2.8.3.- Servicio sanitario.....	90
13.2.9.- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.....	90
13.2.10.- Servicios de alumbrado e iluminación.....	90
13.2.11.- Otros consumidores eléctricos.....	91
13.3.- Determinación de las distintas situaciones de carga eléctrica.....	91
13.4.- Desarrollo del balance eléctrico.....	91
13.5.- Análisis de los consumidores en las situaciones de carga.....	92
13.5.1.- Sistema de combustible.....	92
13.5.2.- Sistema de refrigeración y lubricación por aceite.....	93
13.5.3.- Sistema de refrigeración centralizado.....	94
13.5.4.- Sistema de aire comprimido.....	95
13.5.5.- Servicios de casco y cubierta.....	95
13.5.5.1.- Equipo de gobierno.....	95
13.5.5.2.-Equipo de fondeo, amarre y remolque.....	96
13.5.5.3.-Servicio de lastre, achique y sentinas.....	96
13.5.5.4.- Servicio de baldeo y contra incendios.....	97
13.5.5.5.- Sistema de extinción de incendios.....	97
13.5.5.6.- Servicios de elevación, acceso y mantenimiento.....	98
13.5.6.- Servicios de habilitación.....	99
13.5.6.1.- Equipo de fonda y hotel.....	99
13.5.6.2.- Equipo de ventilación y aire acondicionado.....	100
13.5.6.3.- Servicio sanitario.....	101
13.5.7.- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.....	101
13.5.8.- Servicios de alumbrado e iluminación.....	102
13.5.9.- Otros consumidores eléctricos.....	102
13.6. Balance Eléctrico Final (Resumen).....	103
13.6.1 Análisis del balance eléctrico.....	104
13.6.2.- Grupos generadores auxiliares.....	104
13.6.3.- Motor diesel de emergencia.....	105
13.6.4.- Generador de cola (P. T. O.).....	106

14.- Conclusiones.	108
15.- Bibliografía.	109
Anexo I	111
Plano de la cámara de máquinas.....	111

1.- Introducción.

1.1.- Especificaciones y Dimensionamiento del buque base

Queremos realizar el estudio de la cámara de máquinas de un Buque Granelero de 30.000 TPM.

Para ello se han elegido datos de varios buques similares, realizando el estudio de las capacidades de tanques de fuel (HFO y DO), capacidad de tanques de aceite, agua dulce, etc.

A su vez se ha realizado el estudio de la Potencia de las bombas y otros equipos, para posteriormente realizar un balance eléctrico y poder elegir los equipos auxiliares necesarios para la planta.

La SSCC utilizada será Bureau Veritas.

1.2.- Descripción del proceso de estudio

En este documento se describirá con detalle la cámara de máquinas.

Para realizar el balance eléctrico se estudiará todos los que intervienen.

A modo esquemático serán los siguientes:

- Equipo propulsor principal.
- Equipos generadores de energía eléctrica: su definición, dimensionamiento y se decidirá su disposición en cámara de máquinas.
- Sistema de almacenamiento y manejo de combustible.
- Sistema de almacenamiento y manejo de aceite.
- Equipo de purificación.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de aire comprimido.
- Etc.

En el Anexo I se adjunta un plano de disposición de los elementos que conforman la planta propulsora y la cámara de máquinas.

2.- Equipo Propulsor

Para ello se han elegido los datos de varios buques similares de un Buque Granelero de 30.000 TPM, realizando el estudio de la potencia requerida de nuestro buque base.

La velocidad de servicio será de 14 Kn.

Nombre	Potencia (kW)	RPM	Peso Muerto (t)	Peso en Rosca (t)	Despl. (t)	Arqueo Bruto (Gt)
CLIPPER HARVEST	6620	130	32067			19730
SPAR LYRA	9480	127	44800	11600	65000	31000
BOSSCLIP TRADER	6480	136	29367	7923	38557	19918
GOLDEN FALCON	6230	158	22502			14851
JIN HUI	8206	118	44579			28707
IVS VISCOUNT	7650	116	32687	9058	41745	22072

Fig. 2.1

El motor elegido más adecuado, con un rango de Potencia suficiente para los buques de la base de datos será:

8S50ME-C7 MAN-B&W

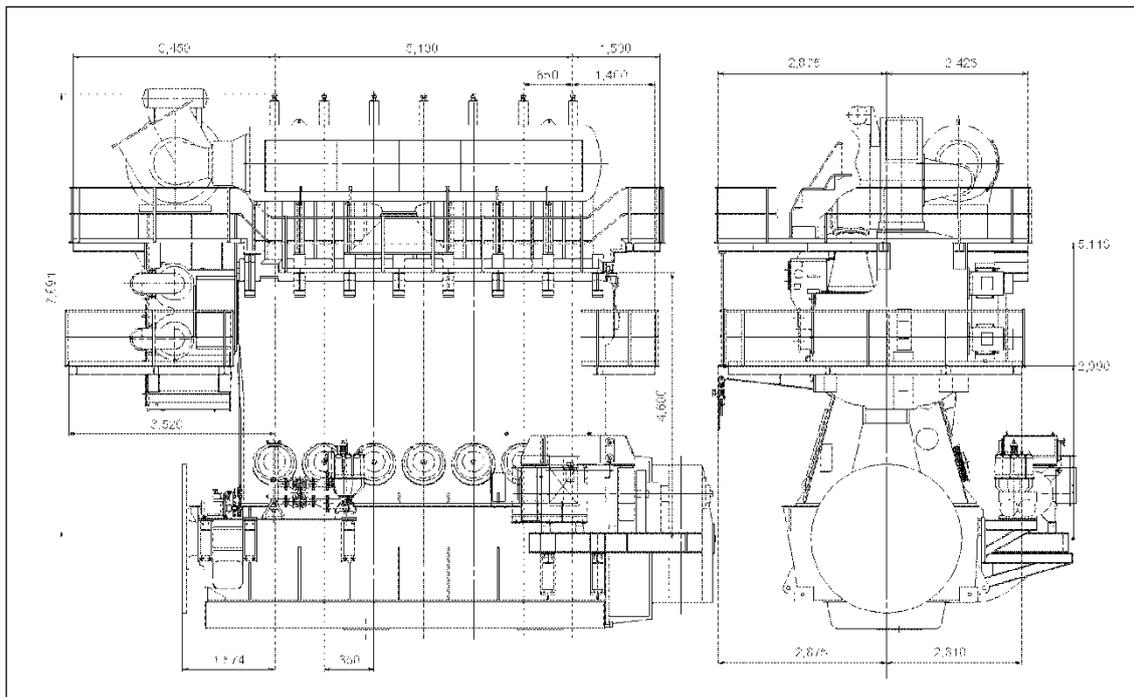
Este motor es de 8 cilindros, y el diámetro de los cilindros es de 50 cm. El cuadrilátero del motor viene definido los siguientes valores:

Punto	RPM	PME (Bar)	Potencia (kW)
L_1	127	19,0	12640
L_2	127	12,2	8080
L_3	95	19,0	9440
L_4	95	12,2	6080

Fig. 2.2

Seguidamente se muestra un esquema, pesos y centros de gravedad del motor seleccionado:

Nº Cilindros	Diámetro Cilindro (mm)	Carrera (mm)	Peso Seco (t)	Peso Agua y Aceite (t)	Xg (mm)	Yg (mm)	Zg (mm)
8	500	2000	257	2,3	3500	25	2400

*Fig. 2.3*

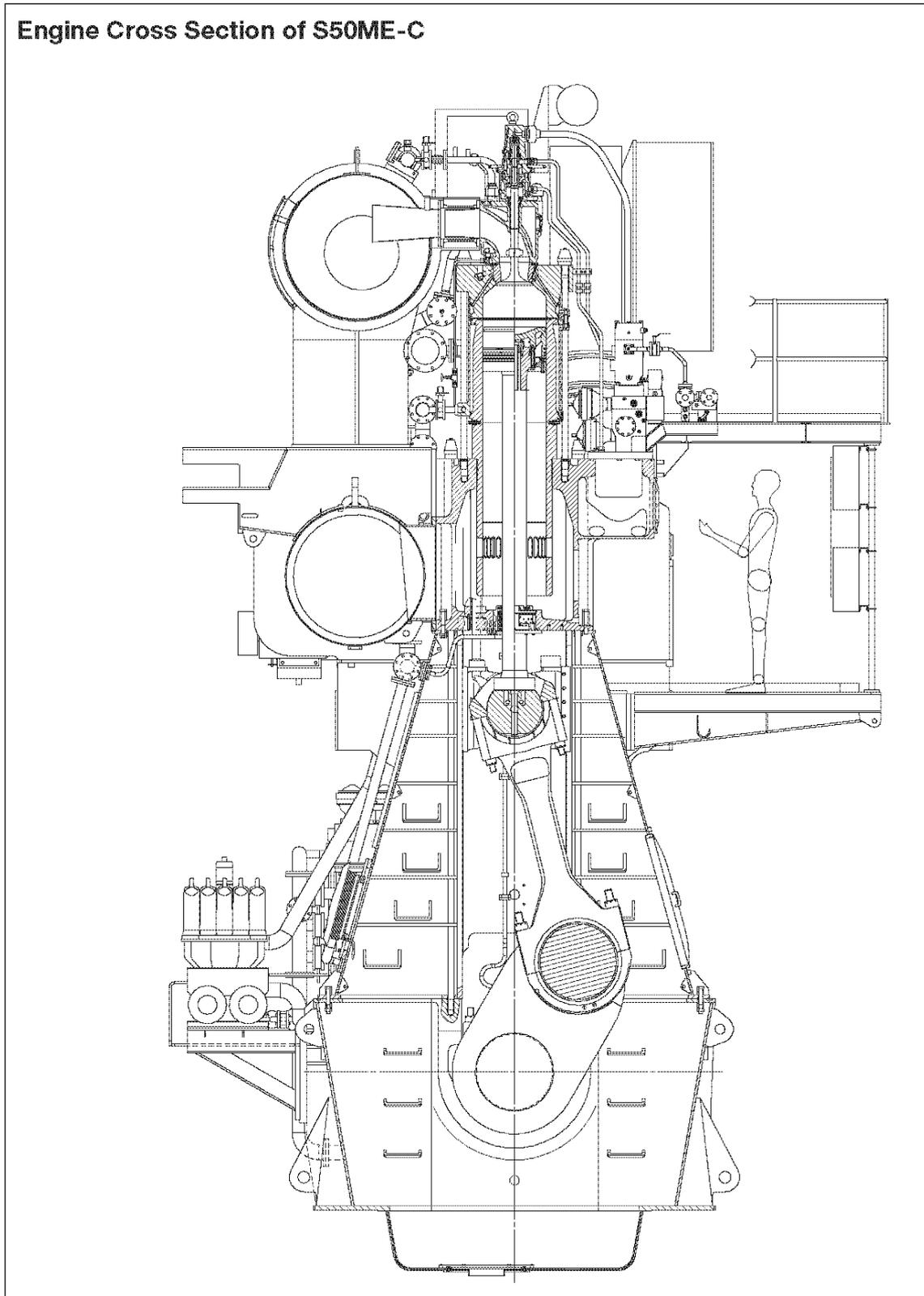


Fig. 2.4

2.1.- Conjunto de transmisión

El motor está directamente acoplado a la hélice. Este acoplamiento se realiza a través de una línea de ejes rígida formada por un eje intermedio y un eje de cola, y de longitudes adecuadas para permitir el desmontaje de éstos.

El material utilizado para la línea de ejes es acero inoxidable de límite elástico de 550 N/mm^2 , con una resistencia comprendida entre los 400 y los 800 N/mm^2 .

2.1.1.- Eje intermedio.

El eje intermedio es el que une el disco del cigüeñal del motor con el eje de cola. Su diámetro mínimo viene determinado por la sociedad de clasificación, a través de la siguiente fórmula:

$$d_0 = F \times k \times \left(\frac{P}{n \times (1 - Q^4)} \times \left(\frac{560}{R_m + 160} \right) \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{en (mm)} \quad (2.1)$$

Siendo:

- P, potencia máxima que entrega el motor (12640 kW).
- n, número de revoluciones a la potencia máxima que entrega el motor (127 rpm).
- $F = 100$.
- $k = 1$.
- $R_m = 550 \text{ N/mm}^2$.
- $Q = 0$.

Por lo tanto, se dispone de un eje intermedio de:

$$d_0 = 428,2 \approx 430 \text{ mm}$$

2.1.2.- Eje de cola.

El eje de cola es el que une el disco del eje intermedio a la hélice. Su diámetro mínimo viene determinado por la sociedad de clasificación:

$$d_p = 100 \times k_p \times \left(\frac{P}{n \times (1 - Q^4)} \times \left(\frac{560}{R_m + 160} \right) \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{en (mm)} \quad (2.2)$$

Siendo las variables desconocidas:

- $k_p = 1.$

Se dispone de un eje de cola de: $d_p = 522,4 \approx 525 \text{ mm}$

3.- Sistema de Combustible

En el buque base se consumen dos tipos de combustible, el HFO (Heavy Fuel Oil, con distintas concentraciones de azufre) y el DO (o MDO, Marine Diesel Oil).

El motor principal en funcionamiento continuo consume HFO, con una concentración u otra de azufre según la zona en que se navegue y DO en su arrancada y cuando se acerca a puerto (para que se limpien las inyectoras de HFO y no quede residuo al pararse el motor). Actualmente es obligatorio navegar con DO en la ZEE de países como EEUU, Europa y próximamente en China.

Los motores auxiliares en funcionamiento continuo consumen DO, ya que estos solo funcionarían en puerto y maniobra, aunque el sistema de alimentación de combustible a los motores auxiliares está preparado para poder quemar HFO.

En el buque se consume tres tipos de HFO:

- HFO con contenido en azufre menor que 3,5%.
- HFO con contenido en azufre menor que 1%.
- HFO con contenido en azufre menor que 0,1%.

El HFO está en consonancia con lo que establece la norma ISO 8217, y con las especificaciones del fabricante del motor, siendo sus características (valores máximos):

- Densidad a 15 °C $\leq 996 \text{ kg/m}^3$.
- Viscosidad cinemática a 100 °C $\leq 55 \text{ cSt}$.
- Viscosidad cinemática a 50 °C $\leq 700 \text{ cSt}$.
- Punto de inflamación espontánea $\geq 60 \text{ °C}$.

En cuanto al DO:

- Densidad a 15 °C $\leq 890 \text{ kg/m}^3$.
- Viscosidad cinemática a 40 °C $\leq 60 \text{ cSt}$.

El servicio de combustible está diseñado para suministrar tanto HFO como DO para el motor principal y para los motores auxiliares, y cumple con lo exigido por la sociedad de clasificación.

Éste es su esquema general:

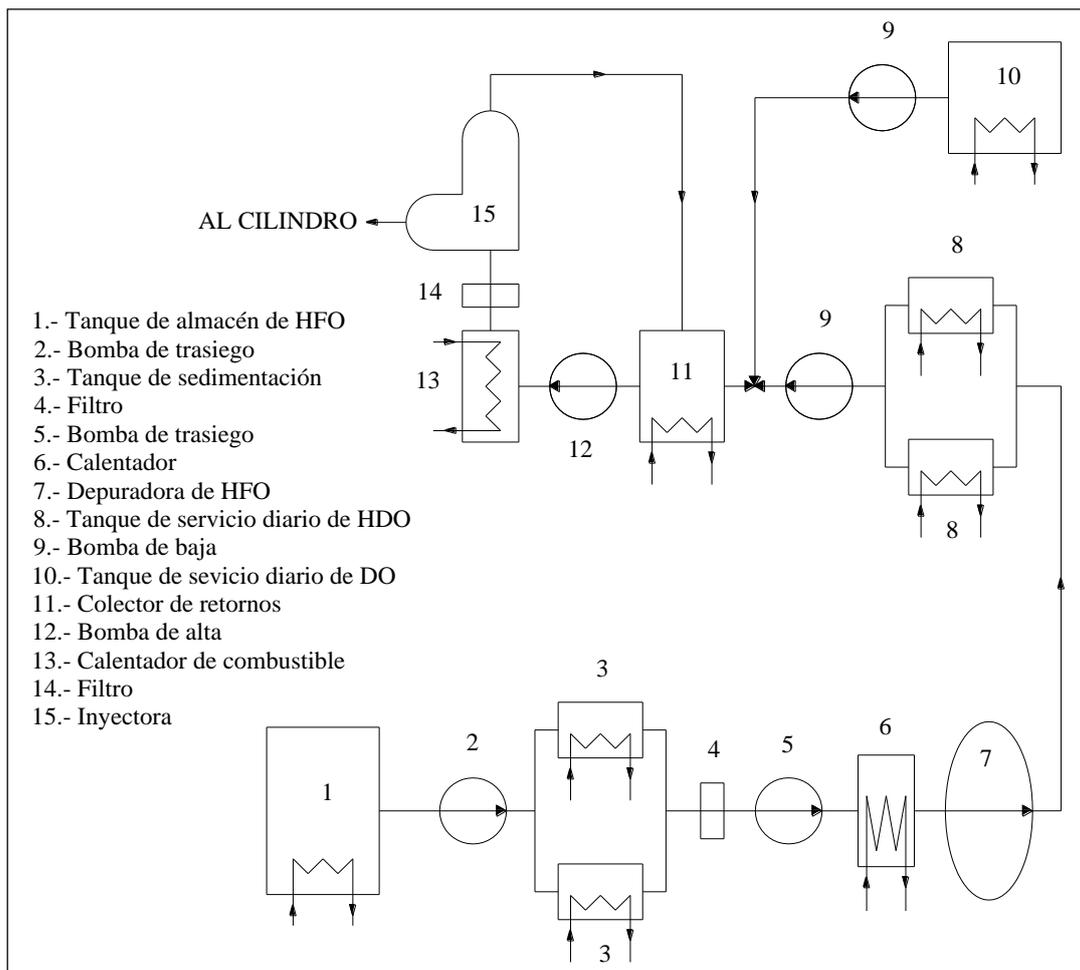


Fig. 3.1

El sistema de combustible pesado a bordo está compuesto por los tres grupos mencionados a continuación:

- Sistema de recepción, almacenamiento y trasiego.
- Sistema de alimentación presurizado.
- Sistema de limpieza y/o tratamiento.

3.1.- Sistema de recepción, almacenamiento y trasiego

Por normativa se requieren la segregación del HFO en tres clases de HFO en lo que se refiere a contenido de azufre:

- HFO con contenido en azufre menor que 3,5%.
- HFO con contenido en azufre menor que 1%.
- HFO con contenido en azufre menor que 0,1%.

Por lo tanto se han segregado los tanques de HFO de la siguiente manera:

- Cuatro tanques de HFO con contenido menor que 3,5% de azufre. Representan el 66,3% del total de HFO.
- Dos tanques de HFO con contenido menor que 1% de azufre. Representan el 20% del total de HFO.
- Dos tanques de HFO con contenido menor que 0,1% de azufre. Representan el 13,7% del total de HFO.

La capacidad media de combustible en los buques bases seleccionados es de unos 1400 m^3 .

Los tanques de servicio diario y de sedimentación van situados dentro de la cámara de máquinas y los de servicio diario en una posición alta para asegurar el cebado de las bombas que después alimentarán el motor principal.

El tanque de reboses y derrames se sitúa dentro del doble fondo de la cámara de máquinas.

Por lo tanto las capacidades de los tanques de almacén de HFO quedarán de la siguiente manera:

Tanque	Cap. Total (m^3)
HFO Almacén <3,5%S Estribor Centrado	292
HFO Almacén <3,5%S Babor Centrado	292
HFO Almacén <3,5%S Estribor Costado	185
HFO Almacén <3,5%S Babor Costado	185
HFO Almacén <1%S Estribor	140
HFO Almacén <1%S Babor	140
HFO Almacén <0,1%S Estribor	98
HFO Almacén <0,1%S Babor	98

Fig. 3.2

Con esta colocación y dimensiones de tanques, teniendo en cuenta que para el volumen de combustible sólo cuenta el fuel almacenado, se tiene una capacidad de combustible pesado de:

TOTAL, COMBUSTIBLE PESADO: 1430 m^3

Cumpliendo la media de la base de datos de los buques base.

3.1.1- Recepción

Se disponen suficientes tomas de combustible tanto en babor como en estribor para la recepción de combustible.

Los tanques de HFO están conectados entre sí, para que se puedan mover el contenido entre ellos a través de un colector de válvulas, llamado piano de válvulas. Para esto se emplean las bombas de trasiego, encargadas del trasvase de combustible pesado desde el tanque almacén hasta el de sedimentación.

3.1.2.- Almacenamiento de combustible

Los tanques destinados a almacenar el combustible fuel oil pesado del barco son los tanques almacén, de sedimentación y de servicio diario. El sistema va a estar compuesto por ocho tanques almacén, dos para los porcentajes bajos de azufre (<0,1%), dos para los porcentajes intermedios (<1%) y cuatro para los tanques de 3,5% de contenido de azufre, dos tanques de sedimentación y dos de servicio diario.

En el caso del sistema de DO, sólo existen dos tanques almacén y uno de servicio diario, pues debido a que la calidad de este combustible está muy por encima de la del HFO, no es necesario colocar un tanque de sedimentación.

Para que no haya problemas ocasionados por la presión al llenar los tanques, todos los tanques a excepción de los de servicio diario disponen de tuberías de rebose que van a parar al tanque de rebose y derrames. Los reboses de los tanques de servicio diario de fuel pesado desembocan en los tanques de sedimentación, y el correspondiente del DO va a parar al tanque de almacén de ese mismo tipo de combustible. Se dispondrá en el tanque de reboses y derrames un tubo de ventilación de combustible hasta la cubierta, así nos evitaremos un tubo por cada tanque.

Las separadoras de fuel oil y diesel oil vierten el agua separada a un tanque de aguas aceitosas, donde también descargan las separadoras de aceite lubricante y la recirculación en el separador de sentinas. A este tanque se le suele llamar tanque de sentinas. La succión del separador de sentinas proviene del tanque de sentinas.

3.1.2.1- Tanques de almacén de HFO.

De acuerdo con los datos obtenidos en los buques bases, el volumen total de los tanques almacén de HFO es 1430 m^3 (1372,8 ton). Estos tanques están calefactados con serpentines de vapor para estar a $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para obtener la autonomía del buque, para el HFO, considerando que el buque navega a la velocidad de servicio y a la MCR máxima, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Autonomía} = \frac{m \times v}{C_e \times MCR \times 10^{-6}} \quad \text{en (millas)} \quad (3.1)$$

Siendo:

- MCR = 10264 kW.
- $m = 1372,8 \text{ t}$, la masa del combustible.
- $v = 14 \text{ Kn}$, la velocidad de servicio del buque.
- C_e , el consumo específico del combustible, $185 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}$.

Obteniéndose una autonomía estimada de:

$$\text{Autonomía} = 10121,3 \text{ millas}$$

Se ha considerado el consumo específico como 185 g/kWh y no 167 g/kWh como indican las especificaciones del motor (en condiciones ISO), ya que este consumo es para motor nuevo, y el combustible posee impurezas. Además, no se ha considerado ningún motor auxiliar, ya que estos operan con DO y durante la navegación se cubre las necesidades de potencia eléctrica con el generador de cola, incluido en la MCR del motor. Tampoco se ha considerado el mechero de la caldera, ya que las necesidades de vapor están cubiertas con el generador de vapor a partir de los gases de escape (caldera de exhaustación de los gases de escape).

3.1.2.2.- Tanques de sedimentación de HFO.

Cada uno de los tanques de sedimentación contiene suficiente combustible para abastecer al motor principal y a dos auxiliares durante 24 horas. Tienen la superficie inferior ligeramente inclinada. Se tomará un 4% más por volumen de hierros dentro del tanque (volumen efectivo). Además, para su dimensionamiento se toma un margen mayor, del orden del 20%. Por lo tanto el volumen del tanque de sedimentación:

$$V_{TS} = 1,2 \times \frac{C_e \times (P_{MP} + 2 \times P_{MA}) \times 24}{0,96 \times \rho_{HFO}} \times 10^{-6} \text{ en } (m^3) \quad (3.2)$$

Siendo:

- V_{TS} , el volumen de cada uno de los tanques de sedimentación.
- $\rho_{HFO} = 0,996 \text{ t/m}^3$.
- $P_{MP} = 10264,2 \text{ kW}$, la MCR del motor principal.
- $P_{MA} = 900 \text{ kW}$, la MCR del motor auxiliar teórico (se tomará un valor por encima del MCR de los motores de la base. Posteriormente se obtendrá un valor de MCR más aproximado de nuestros Motores Auxiliares).

Resultando un volumen efectivo de:

$$V_{TS} = 67 \text{ m}^3$$

Estos tanques van calefactados con serpentines de vapor para estar a $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.2.3.- Tanques de servicio diario de HFO.

Cada uno de los tanques de servicio diario contiene suficiente combustible para abastecer al motor principal y a dos auxiliares durante 24 horas. Tienen la superficie inferior ligeramente inclinada. Se tomará un 4% más por volumen de hierros dentro del tanque (volumen efectivo). Para su dimensionamiento se toma un margen mayor, del orden del 10%. Por lo tanto, el volumen del tanque de servicio diario:

$$V_{TSD} = 1,1 \times \frac{C_e \times (P_{MP} + 2 \times P_{MA}) \times 24}{0,96 \times \rho_{HFO}} \times 10^{-6} \text{ en } (m^3) \quad (3.3)$$

Siendo:

- V_{TSD} , el volumen de cada uno de los tanques de servicio diario.
- $\rho_{HFO} = 0,996 \text{ t/m}^3$.
- $P_{MP} = 10264,2 \text{ kW}$, la MCR del motor principal.
- $P_{MA} = 900 \text{ kW}$, la MCR del motor auxiliar teórico.

Resultando un volumen efectivo de:

$$V_{TSD} = 61 \text{ m}^3$$

Estos tanques están calefactados con serpentines de vapor para estar a 120°C.

Por lo tanto las capacidades de los tanques de sedimentación y diario de HFO:

Tanque	Cap. Total (m^3)
HFO Sedimentación Estribor	67
HFO Sedimentación Babor	67
HFO Servicio Diario Estribor	61
HFO Servicio Diario Babor	61

Fig. 3.3

3.1.2.4.- Tanques de almacén de DO.

Como se mencionó anteriormente el buque dispone de DO, ya que lo emplea el motor principal al llegar a puerto, así como para los grupos generadores en maniobra y puerto. Observando otros buques de la base de datos, se observa que el volumen de los tanques de DO aproximadamente está entre el 7% y 10% del volumen de los de HFO. Por esto se ha dispuesto un volumen de DO que suponga el 7,7% de HFO. Se tomará un 4% más por volumen de hierros dentro del tanque (volumen efectivo).

El volumen efectivo de DO será de **110 m^3** .

3.1.2.5.- Tanque de servicio diario de DO.

Este tanque debe alojar el combustible necesario para alimentar a dos motores auxiliares para 24 horas y al motor principal durante 3 horas mientras el buque efectúe operaciones de entrada y salida de puerto. Para su dimensionamiento se toma un margen mayor, del orden del 10%. Por lo tanto, el volumen mínimo de este tanque es:

$$V_{TSD-DO} = 1,1 \times \frac{C_e \times (P_{MP} \times 3 + 2 \times P_{MA}) \times 24}{0,96 \times \rho_{DO}} \times 10^{-6} \quad \text{en } (m^3) \quad (3.4)$$

Siendo:

- V_{TSD-DO} , el volumen de cada uno de los tanques de servicio diario de DO.
- $P_{MP} = 10264,2$ kW, la MCR del motor principal.
- $P_{MA} = 900$ kW, la MCR del motor auxiliar teórico.
- $\rho_{DO} = 0,84 \frac{t}{m^3}$.

Resultando un volumen efectivo (más 4% por hierros) de:

$$V_{TSD-DO} = 26 \text{ m}^3$$

Los tanques de almacén y servicio diario van colocados a la misma altura que los de combustible por los mismos motivos que en aquellos. Una vez dimensionados y colocados en la cámara de máquinas se obtiene que la capacidad de diesel almacenado a bordo del buque es de:

$$\text{TOTAL DIESEL OIL: } 136 \text{ m}^3$$

3.1.2.6.- Tanque de servicio para la caldera mixta.

Cuando funciona quemando combustible (no hay disposición de gases de escape) se instala un tanque de servicio de combustible con capacidad para alimentar a la caldera durante 24 horas más un margen.

Teniendo en cuenta el consumo y tomando un margen del 10% debido a residuos que no son aprovechables, se estima que el tanque debe alojar $4,7 \text{ m}^3$ de HFO. Este tanque va calefactado con serpentines de vapor para estar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.2.7.- Tanque de reboses y derrames de HFO.

Este tanque es capaz de almacenar el equivalente a cinco horas de consumo del motor principal, más un 10%. Por lo tanto el volumen mínimo del tanque de reboses y derrames de combustible es:

$$V_{TRD} = 1,1 \times \frac{C_e \times (P_{MP} \times 5)}{0,96 \times \rho_{HFO}} \times 10^{-6} \quad \text{en } (m^3) \quad (3.5)$$

Siendo:

- V_{TRD} , el volumen del tanque de reboses y derrames de combustible.
- $P_{MP} = 10264,2$ kW, la MCR del motor principal.
- $\rho_{HFO} = 0,996 \text{ t/m}^3$.

Resultando un volumen efectivo de:

$$V_{TRD} = 10,98 \text{ m}^3$$

3.1.3.- Trasiego de combustible

El trasiego del combustible se realiza desde los tanques de almacenamiento hasta los tanques de sedimentación. Para ello se dispone de un conjunto de válvulas comunicadas a través de un colector común, llamado piano de válvulas, y de una bomba de trasiego. Para la realización del trasiego se debe de abrir la salida del tanque de almacenamiento y la entrada del tanque de sedimentación donde se desea realizar el trasiego. Posteriormente se debe abrir, en el piano de válvulas, la succión del tanque de almacenamiento y la válvula delivery (salida) del tanque de sedimentación. Después se abren las válvulas de succión y delivery de la bomba de trasiego y se arranca la bomba.

3.1.3.1.- Bombas de trasiego de HFO.

Para el trasiego de HFO desde el tanque almacén hasta el tanque de sedimentación se dispone de dos bombas, una de respeto. Son de desplazamiento positivo (de engranajes o de husillos).

El caudal de las bombas de trasiego es el mayor de las siguientes tres opciones (deben ser capaces de llevar a cabo las tres actividades):

- Achique completo de un tanque de almacén de combustible en 12 horas trabajando las dos simultáneamente:

$$Q_1 = \frac{V_{TA}}{2 \times 12} \quad \text{en } \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad (3.6)$$

Siendo $V_{TA} = 292 \text{ m}^3$ el volumen del mayor tanque de almacén, resulta:

$$Q_1 = 12,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Llenado de un tanque de sedimentación en una guardia de 4 horas:

$$Q_2 = \frac{V_{TS}}{4} \quad \text{en} \quad \left(\text{m}^3/\text{h}\right) \quad (3.7)$$

Siendo $V_{TS} = 67 \text{ m}^3$ el volumen del mayor tanque de almacén, resulta:

$$Q_2 = 16,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Garantía de caudal igual a diez veces el consumo del motor principal:

$$Q_3 = 10 \times \frac{C_e \times MCR}{\rho_{comb}} \times 10^{-6} \quad \text{en} \quad \left(\text{m}^3/\text{h}\right) \quad (3.8)$$

Siendo:

- C_e , el consumo específico del combustible, $185 \text{ g}/\text{kWh}$.
- $MCR = 10264 \text{ kW}$.
- $\rho_{comb} = 0,996 \text{ t}/\text{m}^3$.

Resultando:

$$Q_3 = 18,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se observa que el tercer caso es el mayor, por lo tanto, cada bomba de trasiego debe ser capaz de suministrar $18,9 \text{ m}^3/\text{h}$. La potencia que consume esta bomba es, suponiendo una presión de 3 bares, una temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,45 y un rendimiento eléctrico de 0,83:

$$P = 4,28 \text{ kW}$$

3.2.- Sistema de alimentación presurizado.

Para obtener la viscosidad requerida a la entrada de los motores (ya sea el motor principal, como los motores auxiliares cuando operan con HFO), es necesario que se caliente el combustible hasta temperaturas del orden de los 120 °C, por lo tanto, se debe presurizar el combustible de forma que no se produzcan evaporaciones que pudiesen dañar los motores.

El esquema es el siguiente:

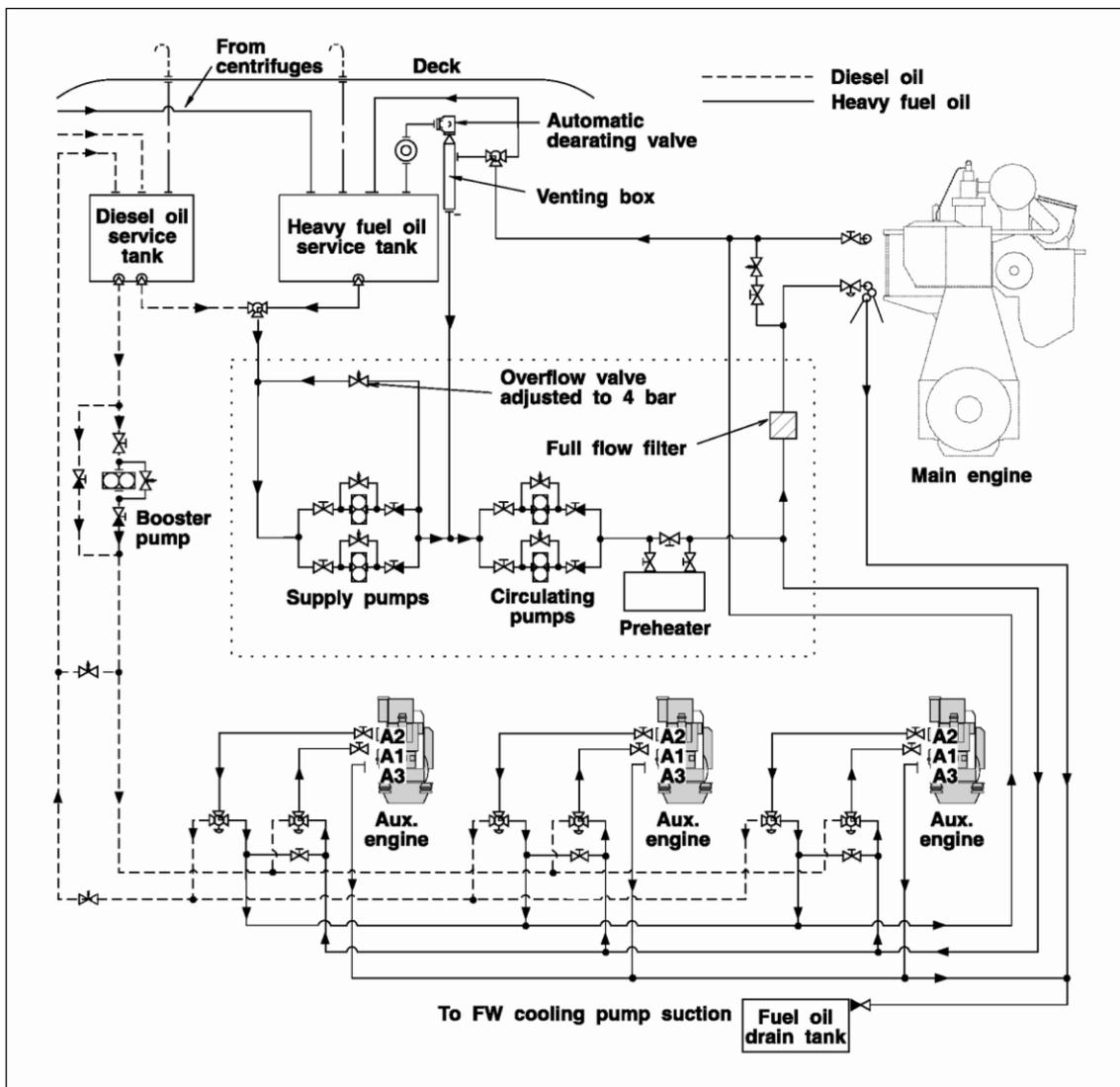


Fig. 3.4

El combustible parte de los tanques de servicio diario hacia las bombas de suministro, donde su presión se incrementa hasta alcanzar 4 bares. Para que en ningún momento haya escasez de fuel, el caudal de la bomba de suministro es ligeramente

superior al máximo consumo de los motores, por lo que después de estas hay colocado un by-pass que dirige el exceso hacia la aspiración de estas bombas.

Cuando el combustible ha pasado por las bombas de suministro se encuentra con las de circulación, en las que se vuelve a aumentar la presión, esta vez hasta 8 bares. Este incremento es necesario, pues las agujas de los inyectores funcionan debido a la presión que se genera entre ellos.

Después de pasar por las bombas de circulación el combustible entra en el precalentador, donde se calienta hasta alcanzar la viscosidad requerida a la entrada de los motores.

Una vez que el fuel ha sido calentado, es llevado hasta los filtros, y finalmente el combustible se dirige hacia los motores para alimentarlos.

La cantidad de combustible impulsado por las bombas de circulación es muy superior al consumo de los motores, por lo que el exceso se conduce hacia el tanque de servicio diario, o hacia la unidad de venteo. La finalidad de esta unidad es eliminar los gases que puedan haberse formado en el seno del fluido, para lo cual existe una válvula de aireación que los dirige hacia el tanque de servicio diario, donde son eliminados por la tubería de ventilación de dicho tanque. El combustible libre de gases, que queda en la unidad de venteo, es dirigido hacia la aspiración de las bombas de circulación.

Entre la entrada y la salida de combustible del motor principal se instala un by-pass con una válvula, cuya misión es la de aislarlo del sistema, cuando sea preciso efectuar alguna reparación sobre él.

Para no perder la temperatura que se ha logrado a lo largo del circuito, toda la tubería de combustible está aislada y acompañada de una línea de vapor.

Como el buque base que queremos diseñar tiene la disposición de cámara de máquinas desatendida, la tubería de alta presión que conecta las bombas de inyección con las inyectoras, es una tubería doble. De esta forma, en caso de existir alguna fuga se evita que el combustible llegue al exterior, minimizando el riesgo de incendio en cámara de máquinas.

Para poder alimentar a los auxiliares con diesel oil, independientemente del combustible que se esté usando para el motor principal, existe una línea que conecta el tanque de servicio diario con los auxiliares, y en la que se encuentra las bombas de DO. Los excesos son conducidos nuevamente al tanque de servicio diario, a no ser que se esté realizando una operación de cambio de combustible, en la que se utilizan los retornos de la línea principal, debido a la mezcla de carburantes producida. Una buena práctica para no contaminar el DO con el HFO es antes de realizar el cambio de DO a HFO es cambiar la válvula triple de retorno de DO a HFO un rato antes de realizar el cambio. Y cuando se quiera de nuevo cambiar a DO se mantendrá un rato la válvula de retorno hacia el lado de HFO para que dé tiempo a limpiar la línea y así los residuos que estén en la línea de HFO no sean arrastrados hacia el tanque de DO.

3.2.1.- Bombas de alimentación (de baja) de combustible HFO

Estas bombas también se las conoce como bombas de baja. Estas bombas llevan el combustible desde el tanque de servicio diario al colector de retornos (hasta que el motor entre en régimen), o hasta la bomba de alta (o de circulación). Una de las dos será de respeto de la otra. Serán bombas de husillos.

Teniendo en cuenta las especificaciones del motor principal, la potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 4 bares, un caudal de $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $120 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,44, la densidad del HFO de $0,996 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,12 \text{ kW}$$

3.2.2.- Bombas de circulación de HFO

Se han instalado dos, una de respeto de la otra, y son de husillos. Son las bombas de alta y llevan el combustible desde el colector de retornos (hasta que el motor entre en régimen), o desde la bomba de baja (o de suministro) hasta el calentado de combustible del motor principal.

Teniendo en cuenta las especificaciones del motor principal. La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 8 bares, un caudal de $5,1 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $120 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,45, la densidad del HFO de $0,996 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,8:

$$P = 3,26 \text{ kW}$$

3.2.3.- Bomba de DO.

En nuestro sistema solamente tenemos tanques de almacenamiento y de servicio diario de DO, por lo que no hay necesidad de disponer de bomba de trasiegos para DO.

La bomba de Diesel Oil suministra DO a los motores auxiliares tanto en puerto como en maniobra. Es una bomba de husillo. De acuerdo a las necesidades de la maquinaria auxiliar de los grupos generadores, el caudal que debe manejar la bomba por cada grupo diesel-alternador (con un margen considerable) es de $1,25 \text{ m}^3/\text{h}$.

La potencia eléctrica que consume esta bomba es, suponiendo una presión de 10 bares, un caudal de $1,25 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,40, la densidad del DO de $0,84 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,2 \text{ kW}$$

3.2.4.- Bomba de HFO para el tanque de servicio de la caldera mixta.

Se instalan dos bombas de husillos, una de ellas de respeto de la otra, cuya misión es llenar el tanque de servicio de la caldera. El caudal de las bombas es tal que aproximadamente en 1 hora se llene el tanque ($4,7 \text{ m}^3$), en caso de que estuviera vacío.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 3 bares, un caudal de $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,44, la densidad del HFO de $0,996 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,12 \text{ kW}$$

3.2.5.- Precalentador de HFO.

El precalentador de HFO es un intercambiador de placas que eleva la temperatura del HFO hasta la temperatura a la que debe ser inyectado que es $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Cuando se está operando con DO, este precalentador no calienta el combustible, cerrando la entrada de vapor y by-paseando el precalentador.

El caudal que pasa por este intercambiador es el mismo que el que suministra una bomba de circulación de combustible. El caudal de vapor que pasa por este precalentador está calculado en el apartado de sistema de vapor.

3.2.6.- Precalentador de HFO de la caldera mixta.

Este intercambiador de calor de placas funciona con vapor. Su misión es elevar la temperatura del HFO que va desde el tanque de servicio de la caldera mixta (65°C) hasta la caldera, donde se estima que la temperatura del HFO debe ser de 95°C (es la temperatura a la que tiene una viscosidad adecuada para la caldera).

3.3.- Sistema de limpieza y/o tratamiento.

El fuel oil pesado es enviado al tanque de sedimentación desde el tanque de almacén, en donde se produce una primera separación de aquellos contaminantes que debido a su pequeño tamaño no pueden ser eliminados por filtrado. Esta separación se produce aprovechando la diferencia de densidades, por lo que, la entrada del combustible procedente de los tanques de almacén debe hacerse por su parte superior, pues de lo contrario se mezclaría con los sedimentos que se han ido depositando a partir del fuel ya tratado.

Desde el tanque de sedimentación, el combustible es enviado hacia un precalentador de fuel oil por medio de una bomba de alimentación. Una vez que el combustible alcanza una temperatura de $98 \text{ }^\circ\text{C}$ aproximadamente, es llevado a las

separadoras centrífugas, donde también se aprovecha la diferencia de densidades para purificarlo.

Para que tenga efecto el trabajo que se ha realizado en los tanques de sedimentación, la descarga de estos debe situarse a suficiente altura como para impedir que los productos decantados no sean trasladados a las separadoras. Se instalan dos separadoras centrífugas, una de ellas de respeto. Se diseña el sistema de forma que funcionen ambas en serie para que puedan funcionar a la vez, mejorando calidad de combustible. Una actúa como purificadora y la otra como clarificadora, pero el sistema permite mediante un accionamiento de unas válvulas que ambas funcionen en paralelo.

A continuación, se presenta la figura de la instalación de las centrifugadoras para el HFO, funcionando en serie y en paralelo:

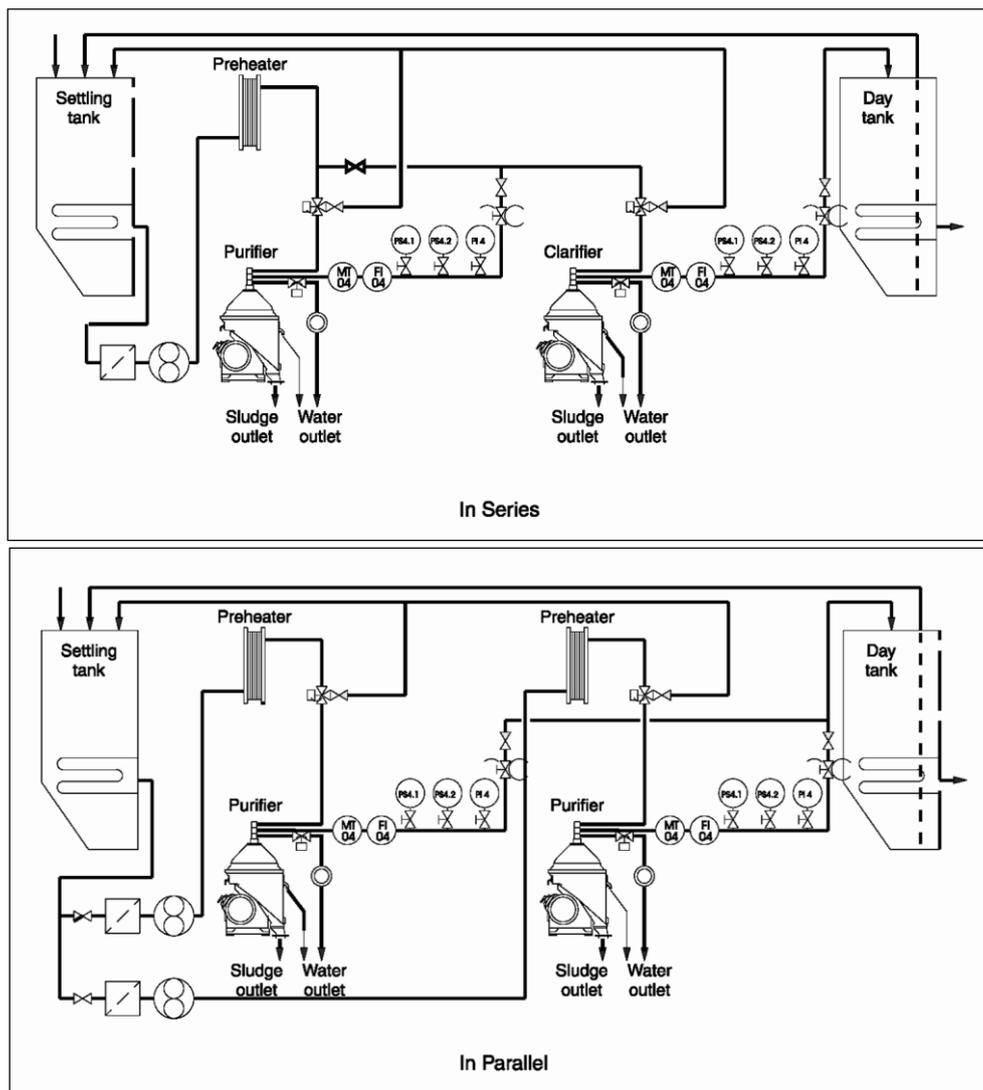


Fig. 3.5

Se instala también una centrifugadora para el DO, pasando desde su tanque de almacén hasta la centrifugadora, y desde ahí hasta el tanque de servicio diario de DO.

3.3.1.- Separadoras centrífugas de HFO.

Se instalan dos separadoras centrífugas autolimpiantes, puesto que el buque base tiene la disposición de cámara de máquinas desatendida.

Para la estimación del caudal de las separadoras, se realiza de dos modos tomando el mayor de los dos:

- a) El fabricante del motor da un valor orientativo (no vinculante):

$$Q = 0,27 \times (P_{MP} + 2 \times P_{MA}) \quad \text{en } \left(\frac{l}{h}\right) \quad (3.9)$$

Siendo:

- $P_{MP} = 10264,2$ kW, la MCR del motor principal.
- $P_{MA} = 900$ kW, la MCR del motor auxiliar teórico.

Resultando:

$$Q = 3257,34 \quad \left(\frac{l}{h}\right)$$

- b) Por necesidades de operación, se exige que se depure en 12 horas el consumo de un día del motor principal y dos auxiliares (a la potencia máxima):

$$Q = \frac{C}{t_1 \times \rho_{HFO}} \quad \text{en } \left(\frac{l}{h}\right) \quad (3.10)$$

Siendo C el consumo diario del motor principal y dos auxiliares:

- $C = C_e \times (P_{MP} + 2 \times P_{MA}) \times t_2 \quad (3.11)$
- $P_{MP} = 10264,2$ kW, la MCR del motor principal.
- $P_{MA} = 900$ kW, la MCR del motor auxiliar.
- $t_1 = 12$ horas.
- $t_2 = 24$ horas.

Obteniéndose:

$$Q = 4504,3 \quad \left(\frac{l}{h}\right)$$

Por lo tanto el caudal de cada una de las depuradoras es de:

$$Q = 5000 \left(\frac{l}{h} \right)$$

Se estima la potencia eléctrica de cada separadora en 7 KW.

3.3.2.- Bombas de alimentación de las separadoras de HFO.

Se instalan dos bombas de alimentación, una de las bombas de respeto. Así las separadoras pueden funcionar la primera como purificadora y la segunda como clarificadora, pero cuando trabajen ambas en paralelo será necesario conectar las dos bombas simultáneamente.

Se utilizan bombas de husillos. La potencia que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 4 bares, un caudal de $5 \text{ m}^3/h$, una temperatura de $70 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,44 y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,75 \text{ kW}$$

3.3.3.- Precalentador de HFO de las separadoras centrífugas.

Se disponen dos intercambiadores de calor de placas, uno para cada separadora, que son capaces de elevar la temperatura del HFO, que proviene del tanque de sedimentación, desde $70 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta $98 \text{ }^\circ\text{C}$.

El caudal que pasa por cada intercambiador es el mismo que el que pasa por las separadoras. El caudal de vapor que pasa por cada intercambiador está calculado en el apartado de sistema de vapor en este cuaderno.

3.3.4.- Separadora centrífuga de DO.

Se instala una separadora centrífuga autolimpiable del mismo tamaño que la de aceite, de forma que la de DO con las oportunas modificaciones sirva de respeto para aceite.

Se dispone de una purificadora con capacidad nominal para 3200 l/h de DO. Se estima el consumo eléctrico en 5 kW.

3.3.5.- Bomba de alimentación de la separadora de DO.

Se instalan dos bombas de husillo, una de respeto de la otra, que alimentan la purificadora a partir del tanque almacén de DO. El caudal de estas bombas coincide con la cantidad de diesel oil que es capaz de tratar la separadora centrífuga.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 4 bares, un caudal de $3,2 \text{ m}^3/h$, una temperatura de $40 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,43, la densidad del DO de $0,84 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,15 \text{ kW}$$

3.3.6.- Precalentador de DO de la separadora centrífuga.

Es un intercambiador de calor que funciona con vapor. Su misión es elevar la temperatura del DO hasta 40 °C, que es la temperatura a la que trabaja la separadora. El caudal que pasa por este intercambiador es el mismo que el que suministra una bomba de alimentación de la separadora. El caudal de vapor que pasa por este precalentador está calculado en el apartado de sistema de vapor en este cuaderno.

4.- Sistemas de lubricación y refrigeración por aceite.

El sistema de aceite está en consonancia con las exigencias de la sociedad de clasificación.

4.1.- Motor principal.

En los motores de 2T de cruceta el espacio del cilindro está completamente separado del espacio del cárter hasta el punto de que el vástago del pistón, única zona por donde ambos espacios podrían comunicarse, está rodeado por una torre de empaquetados y aros rascadores. La lubricación de ambos espacios está encomendada a dos subsistemas diferentes que reciben el nombre de sistema de lubricación de camisas y sistema de lubricación de cárter o cojinetes. Ambos sistemas utilizan diferentes aceites y tienen misiones diferentes por lo que se tratan separadamente.

4.1.1.- Sistema de lubricación de cárter o cojinetes.

El sistema de lubricación de cojinetes tiene como misiones las siguientes:

- Reducción de la fricción entre los elementos en rozamientos.
- Eliminación del calor producido por la fricción.
- Protección antioxidante de los elementos de acero no recubierto del motor.
- Refrigeración del pistón.

En la Fig. 4.1 se presenta el esquema del sistema de lubricación de cojinetes del fabricante del motor:

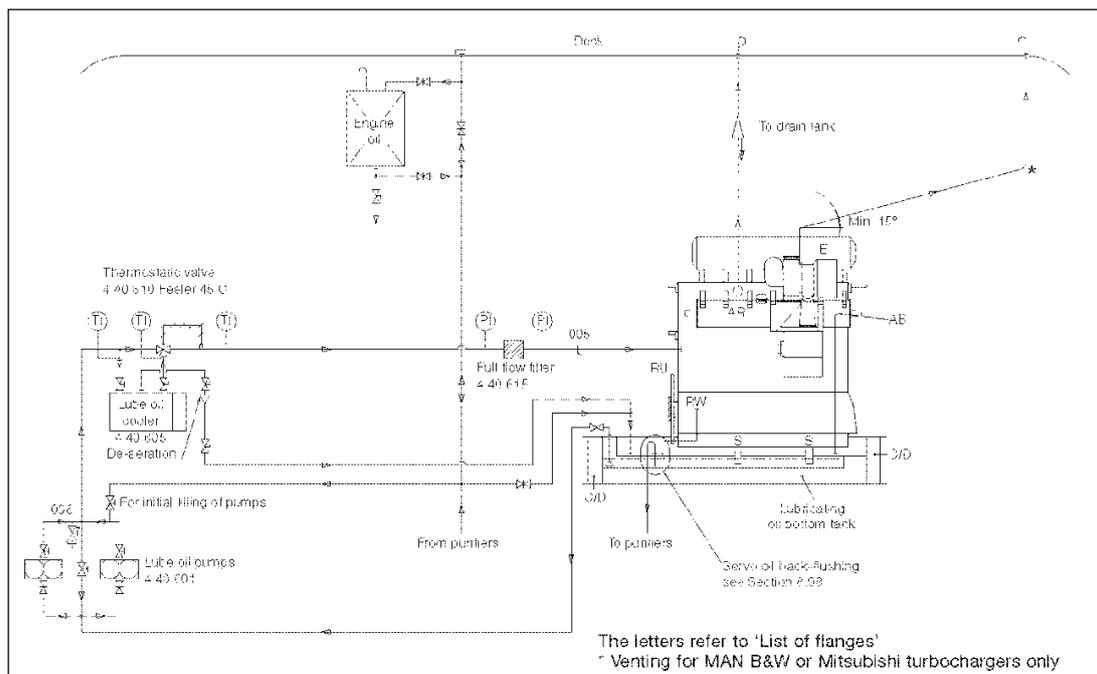


Fig. 4.1

El aceite se almacena en un tanque de doble fondo situado inmediatamente debajo del motor principal. La descarga desde el cárter del motor al tanque de servicio del doble fondo se realiza por gravedad. De este tanque aspiran dos bombas de aceite, una de servicio y otra de respeto, a través de un filtro de aspiración. El aceite es enviado por las bombas hacia el enfriador.

En este circuito la variable a mantener es la temperatura a la entrada del motor por lo que se sitúa en ese punto un sensor de temperatura. Este sensor da una señal a la válvula automática de tres vías, que permitiendo el by-pass de mayor o menor flujo de aceite del enfriador, mantiene la temperatura a la entrada del motor a unos 45 °C. A la salida del enfriador el flujo de aceite pasa por un filtro. El exceso de aceite que pasa por el enfriador es recirculado hacia el tanque de servicio. Finalmente entra al motor.

Este aceite lubrica los cojinetes principales, los cojinetes de empuje, el amortiguador de vibraciones axiales, la turbosoplante, y refrigera el pistón, el cojinete de cruceta y los cojinetes del pie del cigüeñal.

Una vez lubricadas las diferentes partes del motor, el aceite baja por gravedad al cárter, y de aquí pasa al tanque estructural del doble fondo, del que de nuevo será aspirado cerrándose el ciclo.

En este sistema también existe un tanque almacén cuya misión es la de reponer el aceite consumido por el motor y disponer de una carga de respeto. Hay pues una tubería que lo une con el tanque de servicio, en la que hay una válvula que se acciona cuando el nivel de este alcanza un determinado valor mínimo.

Es esencial mantener la pureza del aceite, que no debe ser contaminado por agua salada u otras impurezas, por lo que debe haber en el circuito purificadores centrífugos. El tanque almacén también puede ser rellenado con la carga de aceite proveniente de las purificadoras.

Existe otro tanque cuya misión es alojar el aceite que haya en el tanque de servicio en el caso de que hubiera que realizar una renovación total del aceite debida a su contaminación (tanque de aceite sucio). Este tanque también tiene comunicación con las centrifugadoras, pues en ocasiones una carga contaminada puede ser recuperada con un lavado en las purificadoras.

Para conducir el aceite del tanque de servicio hasta el sucio se dispone de dos bombas de trasiego, una de ellas de respeto que es la que se utiliza para llevar el aceite a las purificadoras.

En estos servicios, se recomienda utilizar aceite con las siguientes características:

- Grado de viscosidad: SAE 30 (Viscosidad: 75 cSt a 50°C, máximo 400 cSt, cuando se arranca en frío).
- Grado de basicidad: TBN 5-10

4.1.1.1.- Tanque de almacén de aceite de cojinetes.

Contiene el aceite que se utiliza para rellenar el posible consumo que sufre el tanque de servicio, pero también sirve para renovar toda la carga de ese tanque en caso de que haya una contaminación grave del aceite y se tenga que trasladar al tanque sucio.

El tanque de almacén de aceite es de 30 m^3 , con un TBN muy bajo (5-10).

4.1.1.2.- Tanque de servicio de aceite de cojinetes.

Es un tanque estructural situado en el doble fondo de la cámara de máquinas, inmediatamente debajo del motor principal. El fabricante indica la capacidad mínima de este tanque, que en el caso del motor seleccionado (como indica en sus especificaciones) es de $16,4 \text{ m}^3$, inferior al instalado (20 m^3).

El sistema se ha diseñado para que el nivel de este tanque permanezca constante entre el 90% - 95% de su volumen con niveles de control.

4.1.1.3.- Tanque de aceite sucio del motor principal.

Este tanque tiene prácticamente la misma capacidad que el de servicio (20 m^3), pues a él va a parar todo el aceite del tanque de servicio, en el caso de que se contaminara gravemente. En caso de avería en el tanque de servicio puede ser utilizado como tal, de ahí que se sitúe a proa del de servicio.

4.1.1.4.- Purificadora centrífuga de aceite de cojinetes.

Se instala una purificadora centrífuga autolimpiable para el aceite de cojinetes al ser una cámara de máquinas desatendida.

El fabricante del motor recomienda que la separadora trate la cantidad de $0,136 \text{ litro/kWh}$, por lo tanto, el caudal que pasa por la purificadora centrífuga es, con una MCR de 12640 kW:

$$Q = 1,719 \text{ m}^3/\text{h}$$

El tanque de servicio de aceite de cojinetes contiene 20 m^3 de aceite que al ser tratados a razón de $1,719 \text{ m}^3/\text{h}$ son purificados en unas 12 horas. Se recomienda que todo el aceite pase por la purificadora de 2 a 2,5 veces al día. Purificar todo el aceite dos veces y media al día, es equivalente a trabajar con un volumen de aceite de 45 m^3 , lo que implica un caudal de 4200 l/h ($4,2 \text{ m}^3/\text{h}$).

Se instala, por tanto, una purificadora capaz de tratar un caudal de 4200 l/h de aceite con un consumo eléctrico estimado de 7 kW.

4.1.1.5.- Enfriador de aceite de cojinetes.

Está dispuesto justo antes de la ramificación del circuito de alta. Es de placas y el refrigerante será agua dulce de baja temperatura. El sistema de refrigeración empleado está centralizado.

4.1.1.6.- Bombas de circulación de aceite de cojinetes.

Se disponen dos bombas de husillos para la circulación del aceite de cojinetes, una de ellas de respeto de la otra. Para determinar las características de las bombas que se han instalado, se han tenido en cuenta las especificaciones del motor.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 4,1 bares, un caudal de $270 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,50, la densidad del aceite de $0,92 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,92:

$$P = 67,7 \text{ kW}$$

4.1.1.7.- Bombas de pre-lubricación.

Se disponen dos bombas de husillos, una de ellas de respeto de la otra. Estas bombas funcionan sólo antes de arrancar el motor.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 8 bares, un caudal de $135 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,48, la densidad del aceite de $0,92 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,92:

$$P = 68,83 \text{ kW}$$

4.1.1.8.- Bombas de trasiego de aceite de cojinetes.

Se instalan dos bombas de husillos de trasiego de aceite, siendo la de respeto la que se encarga de bombear el aceite hacia la purificadora. Por tanto el caudal de las bombas está condicionado por la cantidad de aceite que es capaz de tratar la purificadora.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 4 bares, un caudal de $4,2 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $90 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,44, la densidad del aceite de $0,92 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,47 \text{ kW}$$

4.1.1.9.- Bomba de alimentación de la purificadora de aceite.

Se emplea para este servicio la bomba de trasiego de aceite de cojinetes de respeto.

4.1.1.10.- Precalentador de aceite de cojinetes para la purificadora.

Se dispone de un intercambiador de calor que eleve la temperatura del aceite de cojinetes del motor hasta los 95°C. El caudal que pasa a través de él es el mismo que el de la purificadora de aceite de cojinetes.

4.1.2.- Sistema de lubricación de camisas.

El aceite de este sistema se inyecta directamente sobre la superficie de las camisas y sus características físicas y químicas van determinadas por la misión que debe cumplir:

- Reducir la fricción y el desgaste entre aros y camisas.
- Colaborar con la estanqueidad entre aros y pistones.
- Proteger las camisas de la corrosión en frío.

Siguiendo las recomendaciones del fabricante, el aceite de camisas tiene un grado de viscosidad SAE 50 y un nivel de alcalinidad 70 TBN cuando se quema HFO con contenidos de azufre entre el 1% y el 5%. Sin embargo, algunos aceites de elevada alcalinidad pueden resultar compatibles con combustibles de bajo contenido en azufre. En consecuencia, se recomienda cambiar a un aceite de inferior alcalinidad (10 – 20 TBN) cuando se tenga previsto la operación con DO durante un período superior a las 10 horas. Si se opera con un HFO de alto contenido en azufre se recomienda emplear un aceite de mayor alcalinidad (80 TBN).

En la Fig. 4.2 se presenta el esquema del sistema de lubricación de camisas del fabricante del motor.

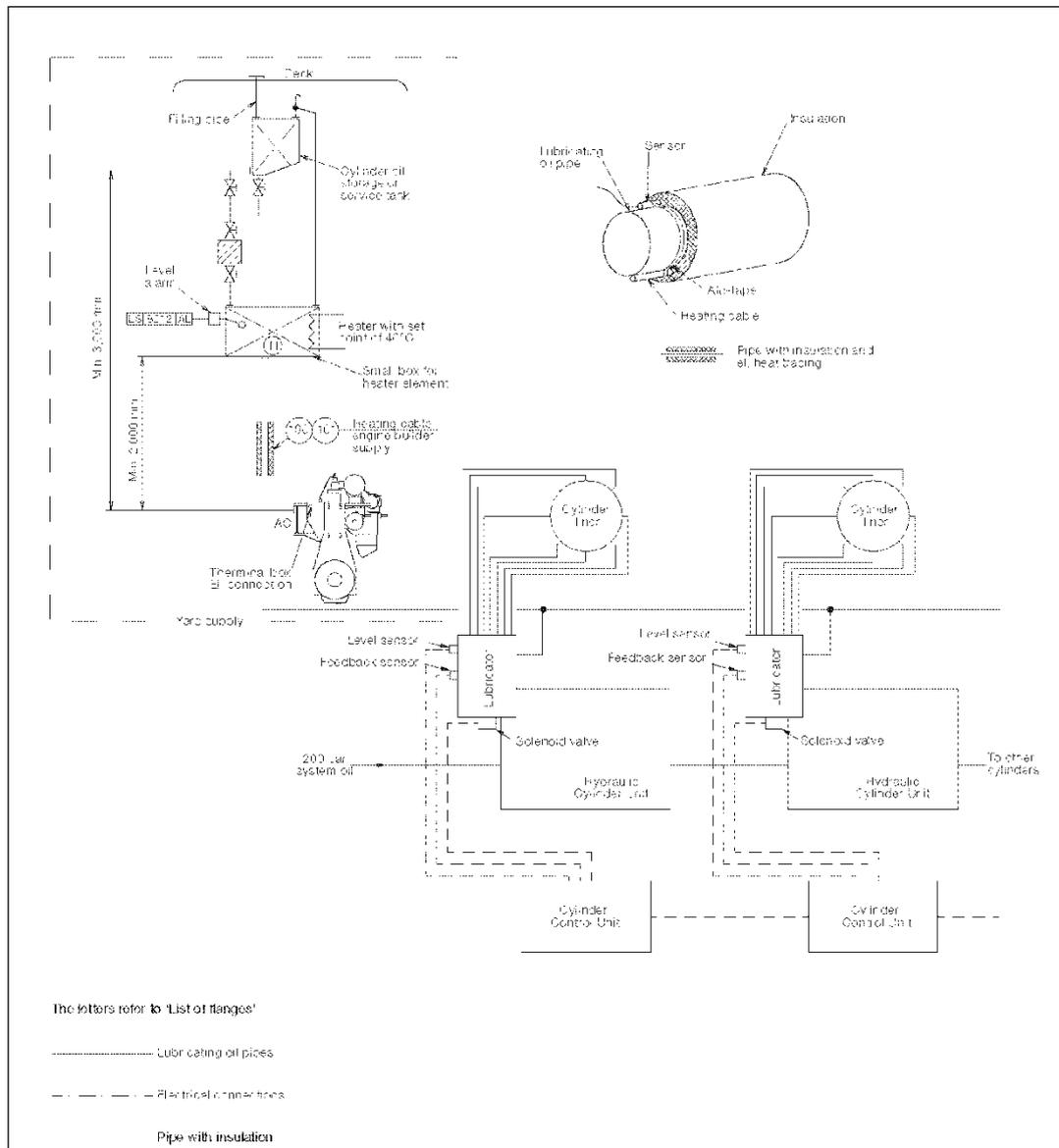


Fig. 4.2

El tanque almacén se sitúa en la cámara de máquinas y tiene una capacidad de acuerdo con la autonomía del buque. Para el caso de que en alguna ocasión el contenido en azufre del combustible fuera netamente inferior al habitual, se tendrá la precaución de almacenar a bordo bidones con aceite de un TBN correspondiente a combustibles de contenidos inferiores al 1% de azufre.

El aceite sale del tanque almacén, pasa por unos filtros que eliminan las partículas en suspensión, y posteriormente es impulsado por la bomba de trasiego hasta el tanque de servicio. Puesto que existe respeto de la bomba de trasiego, se ha instalado una bomba manual para realizar este servicio, en caso de que fallara la eléctrica.

Desde el tanque de servicio, el aceite es conducido hasta el motor, en donde está integrado el equipo que lleva el lubricante hasta las cánulas de suministro.

El tanque de servicio de aceite de camisas se dispone en la zona alta de la cámara de máquinas de forma que el aceite fluya por gravedad hasta el motor. Para conseguir la presión adecuada el fabricante recomienda que desde la salida del tanque hasta la entrada en el motor haya una altura mínima de 3 m.

La cantidad de suministro de aceite de cilindros es proporcional al porcentaje de azufre en el combustible que se está quemando en ese momento y de la carga del motor. El fabricante indica que el consumo de aceite de cilindros está en el intervalo 0,7 – 1,5 g/kWh. El suministro de aceite con basicidad está en función del nivel de azufre del combustible a quemar, esto viene definido por la siguiente fórmula:

$$Cantidad = 0,26 \times S\% \frac{g}{kWh} \quad (4.1)$$

Con un mínimo de 0,60 g/kWh, se presenta el gráfico que muestra la relación de consumo de aceite de cilindros en función del porcentaje de azufre en el fuel oil:

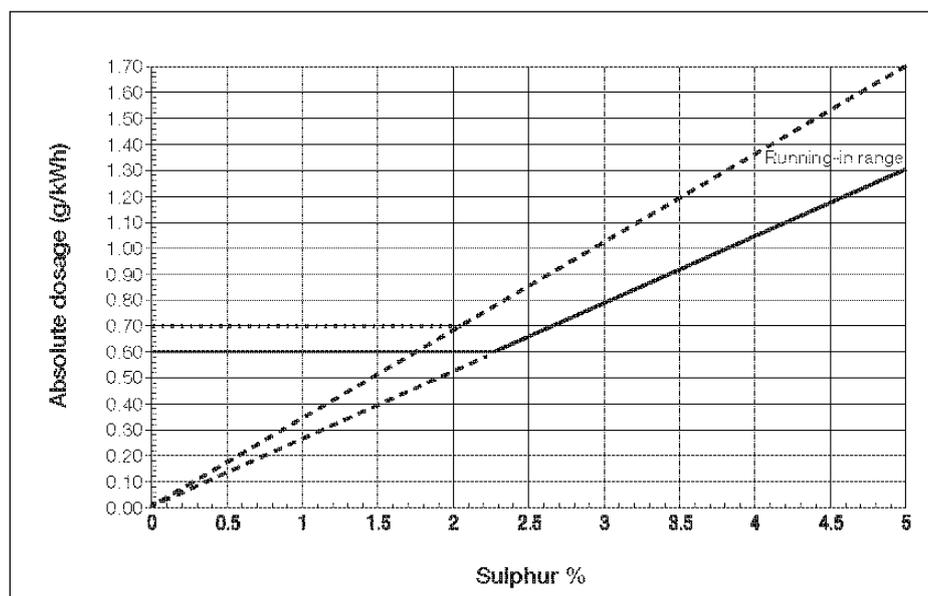


Fig. 4.3

4.1.2.1.- Tanque almacén de aceite de camisas.

Almacena todo el aceite que se va a necesitar a lo largo de la travesía. Según las especificaciones del motor principal, el consumo de aceite a la potencia máxima continua puede variar entre 0,7 y 1,5 g/kWh. Para estimar las necesidades de aceite se toma como dato el valor máximo de ese intervalo.

Por lo tanto si se considera la autonomía del buque, el volumen mínimo del tanque de almacén aceite de cilindros es:

$$V_{TA} = 1,1 \times \frac{C_{eAc} \times P_{MP} \times Autonomía}{0,96 \times v \times \rho_A} \times 10^{-6} \quad \text{en } (m^3) \quad (7.17)$$

Siendo:

- V_{TA} , el volumen del tanque de almacén de aceite de camisas.
- $P_{MP} = 10264,2$ kW, la MCR del motor principal.
- $C_{eAc} = 1,5 \frac{g}{kWh}$, el consumo específico de aceite de camisas.
- $\rho_A = 0,92 \frac{t}{m^3}$.
- $Autonomía = 10121,3$ millas náuticas, la autonomía del buque a 14 Kn.
- $v = 14$ Kn, la velocidad de servicio.

Resultando un volumen efectivo de:

$$V_{TA} = 13,86 \text{ m}^3$$

4.1.2.2.- Tanque de servicio de aceite de camisas.

Tiene una capacidad mínima necesaria para satisfacer el consumo del motor principal durante siete días (168 horas). Teniendo en cuenta el consumo de aceite, este tanque debe albergar como mínimo la siguiente cantidad:

$$V_{TSA} = 1,1 \times \frac{C_{eAc} \times P_{MP} \times t}{0,96 \times \rho_A} \times 10^{-6} \quad \text{en } (m^3) \quad (7.18)$$

Siendo:

- V_{TSA} , el volumen del tanque de servicio de aceite de camisas.
- $P_{MP} = 10264,2$ kW, la MCR del motor principal.
- $C_{eAc} = 1,5 \frac{g}{kWh}$, el consumo específico de aceite de camisas.
- $\rho_A = 0,92 \frac{t}{m^3}$.
- $t = 168$ horas, el tiempo de empleo del aceite del tanque.

Resultando un volumen efectivo de:

$$V_{TA} = 3,22 \text{ m}^3$$

4.1.2.3.- Bombas de trasiego de aceite de camisas.

Se instalan dos bombas de husillos, una de ellas de respeto, cuya misión es llenar el tanque de servicio diario del aceite de cilindros. El caudal de las bombas es tal que aproximadamente en una hora se llene el tanque (4 m^3), en caso de que estuviera vacío.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 3 bares, un caudal de $4 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,44, la densidad del aceite de $0,92 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,1 \text{ kW}$$

4.2.- Motores auxiliares.

En los motores auxiliares, por ser de émbolo buzo, el espacio de los cilindros y el espacio del cárter están comunicados, por lo que no existen circuitos diferenciados de lubricación como ocurre en el motor principal.

Las funciones que debe cumplir el aceite lubricante son las siguientes:

- Reducción de los rozamientos y desgastes.
- Refrigeración de los componentes.
- Sellado entre aros de pistón y camisas.
- Prevención de corrosiones a alta y baja temperatura.

Los motores auxiliares son de cárter húmedo, esto es, carecen de tanque de retorno. Cada uno de los motores tiene su propio sistema de lubricación y viene equipado con:

- Bomba de circulación de aceite movida por el propio motor.
- Enfriador de aceite lubricante.
- Válvula termostática para el control de la temperatura del aceite.
- Filtro dúplex de aceite.

Al ser motores que pueden utilizar combustibles pesados, contaminan mucho el aceite cuando operan con HFO, por lo que además necesitan un sistema de purificación continuo del mismo.

Los motores auxiliares instalados a bordo emplean un aceite con un grado de viscosidad SAE 40, y un grado de basicidad TBN 10-30 cuando se opera con DO y TBN 30-55 cuando se opera con HFO.

4.2.1.- Tanque de almacén de aceite de motores auxiliares.

Este tanque contiene aceite que se utiliza para compensar las pérdidas que se producen en el cárter de los motores auxiliares, por lo que se ha estimado su capacidad en 20 m^3 .

4.2.2.- Purificadora centrífuga de aceite de motores auxiliares.

Para calcular el caudal de las purificadoras de aceite de motores auxiliares se ha estimado que el consumo específico de aceite de los motores auxiliares es de $1,5 \text{ g/kWh}$. Además se considera que la cantidad de aceite a purificar (en una hora) es el aceite de 24 horas y las pasadas del aceite a través de la purificadora son cuatro. Así, el caudal mínimo de cada una de las purificadoras sería 140 l/h .

Por lo tanto, se instalan sendas purificadoras con un caudal de 140 l/h . Se estima que la potencia eléctrica consumida por cada purificadora es de 4 kW .

4.2.3.- Bombas de alimentación de las purificadoras.

Se disponen dos bombas de husillos, una de ellas de respeto de la otra, cuya función es la de trasegar aceite lubricante de motores auxiliares desde su tanque de almacén hasta las purificadoras centrífugas.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 4 bares, un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,40, la densidad del aceite de $0,92 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 0,22 \text{ kW}$$

4.2.4.- Precalentador de aceite lubricante de las purificadoras.

Se dispone de un intercambiador de calor que eleve la temperatura del aceite lubricante de los motores auxiliares hasta los $95 \text{ }^\circ\text{C}$. El caudal que pasa a través de él es el mismo que el de la purificadora de aceite de los motores auxiliares.

4.2.5.- Tanque de recirculación de aceite de la purificadora.

Este tanque tiene una capacidad de 2 m^3 y su misión es la de recibir el aceite lubricante de los motores auxiliares que es recirculado, para evitar su paso por la purificadora, con objeto de que el caudal que llegue a ésta sea constante, condición necesaria para mantener la constancia de la temperatura de separación de la purificadora.

4.3.- Capacidad Tanques de aceite.

Los tanques de almacén de aceite están situados también a la misma altura que los de DO en cámara de máquinas, para disponer del uso del aceite por gravedad.

En el doble fondo de la cámara de máquinas, bajo el motor principal, y siguiendo las indicaciones del fabricante del mismo, se disponen los tanques de aceite sucio o de sedimentación y el de aceite de retorno o servicio diario.

Tanque	Cap. Total (m^3)
Aceite Almacén Cilindros	10
Aceite Almacén Cojinetes	30
Aceite Almacén Motores Auxiliares	20
Aceite Servicio Diario MP Cilindros	4
Aceite Servicio Diario MP Cojinetes	20
Aceite Sucio de Motor Principal	20

Fig. 3.14

La capacidad aproximada de los tanques almacén de aceite es de:

TOTAL, ACEITE: 60 m^3

4.4.- Aceite para ejes.

Se dispone de sistemas de aceite para el eje intermedio (chumacera de apoyo) y para el eje de cola.

4.4.1.- Eje intermedio.

El eje intermedio dispone de una chumacera de apoyo. Esta chumacera consiste en un cojinete que rodea todo el eje, y a su vez este cojinete se encuentra sumergido en aceite. La lubricación es estática, y el aceite que baña el cojinete refrigera y lubrica a la vez.

4.4.2.- Eje de cola.

Se dispone un sistema de aceite para el eje de cola. Este sistema tiene la doble misión de lubricar y refrigerar los cojinetes y el eje de cola.

Como para este tipo de buque se tiene un número de revoluciones del eje relativamente bajo, el sistema de lubricación es un sistema hidrostático, es decir, la lubricación se realiza por gravedad.

4.5.- Otros elementos.

4.5.1.- Tanques de derrames.

Reúne los derrames de aceite producidos en los diversos circuitos y recogidos en las bandejas de los equipos. Para esta función se emplea el tanque de aceite sucio del motor principal, cuya capacidad se ha fijado en $20 m^3$.

4.5.2.- Tanque de lodos.

El volumen del tanque de lodos tiene un valor medio de $10 m^3$:

$$V_{TLodo} = 10 m^3$$

4.5.3.- Bomba de lodos.

La bomba de lodos (de husillos) se dimensiona de modo que sea capaz de vaciar el tanque de lodos en un tiempo aproximado de dos horas. Por lo tanto el caudal es:

$$Q = 5 m^3/h$$

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 3 bares, un caudal de $5 m^3/h$, una temperatura de $50 ^\circ C$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,40, la densidad del HFO de $0,991 t/m^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,45 kW$$

4.5.4.- Tanque de aguas aceitosas.

Este tanque recoge las aguas aceitosas y residuos procedentes de los pozos de sentinas repartidos en el buque. Tiene el mismo volumen que el tanque de lodos, $10 m^3$.

4.5.5.- Tanques de agua dulce.

Los tanques de agua dulce están situados cerca de los alojamientos para reducir distancia de tuberías. Dichos tanques suelen estar situados sobre el pique de popa, delimitados en puntal por el fondo del local del servo y la cubierta principal.

Realizando una estimación se dispondrá de aproximadamente:

TOTAL AGUA DULCE: $230 m^3$

Tanque	Capacidad Total (m^3)
Agua Potable	80
Agua Dulce Estribor	75
Agua Dulce Babor	75

Fig. 3.13

4.5.6.- Resto de tanques.

A continuación se muestran otros tanques, no catalogados dentro de los distintos grupos de tanques mencionados anteriormente.

Tanque	Cap. Total (m^3)
Aguas Negras	10
HFO Reboses y Derrames	10

Fig. 3.15

5.- Sistema de refrigeración centralizado.

Se ha instalado un sistema de refrigeración centralizado constituido por tres circuitos:

- Circuito de agua salada.
- Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura (circuito de enfriamiento centralizado).
- Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura para refrigeración de las camisas del MP.

Este sistema se caracteriza por tener solamente un intercambiador de calor central refrigerado por agua de mar, mientras que el resto de los intercambiadores están refrigerados por el circuito de agua dulce de baja temperatura.

Las ventajas de este sistema frente al convencional de refrigeración directa por agua salada, son básicamente el abaratamiento de las conducciones y accesorios, menor mantenimiento y mejor aprovechamiento de la fuente fría. Como inconvenientes, la necesidad de un salto térmico adicional, es decir, temperaturas superiores de refrigeración, y la necesidad de intercambiadores y bombas adicionales. Por lo tanto el sistema es más caro pero requiere un menor mantenimiento.

El sistema de agua de refrigeración está en consonancia con las exigencias de la sociedad de clasificación.

En la Fig. 5.1 puede observarse un esquema del sistema de refrigeración centralizado donde se muestra la ubicación de los distintos elementos que lo componen:

Central Cooling Water System

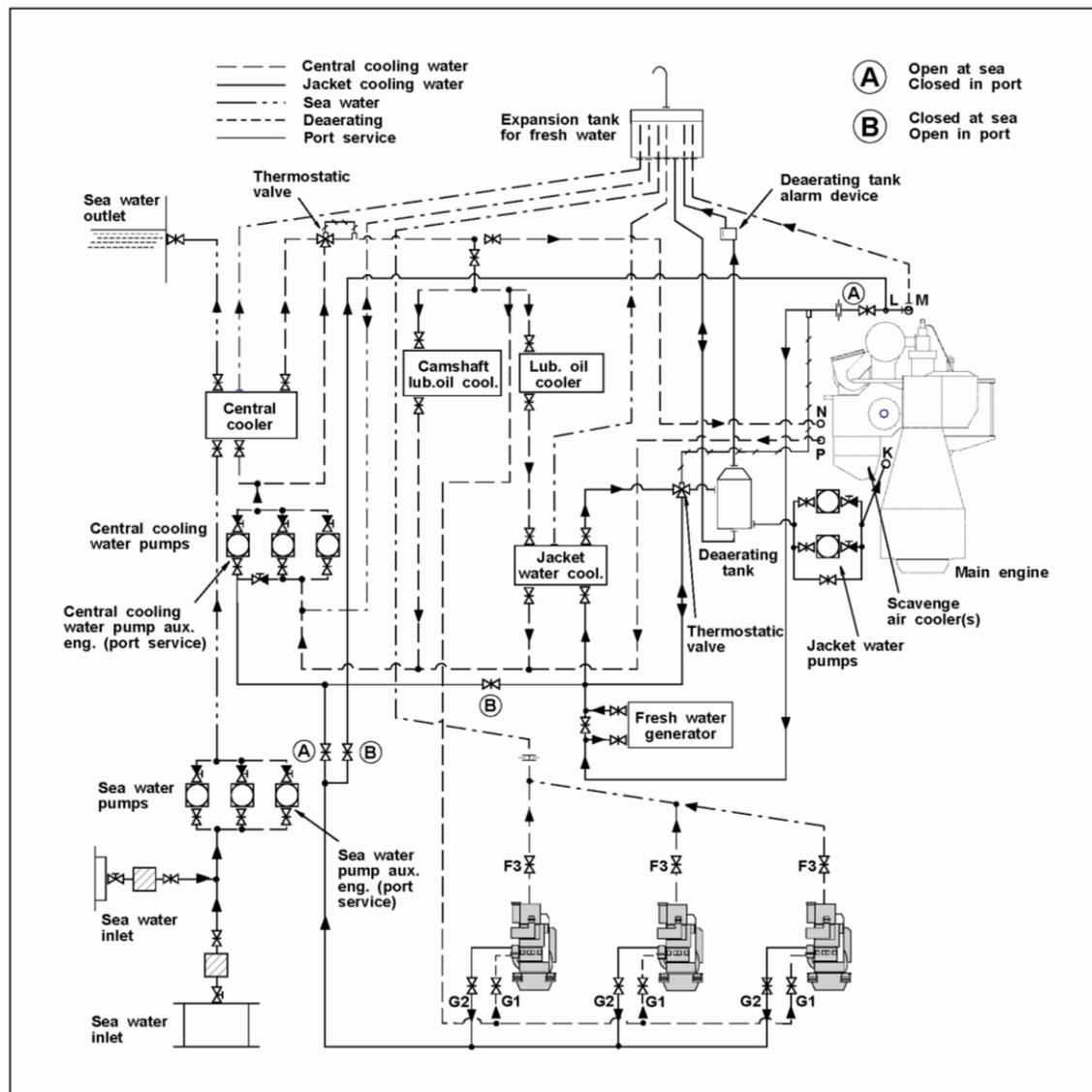


Fig. 5.1

5.1.- Circuito de agua salada.

Las bombas del circuito de agua salada impulsan el agua de mar a través del enfriador central, aspirándola de las tomas de mar, y descargándola posteriormente por un costado del buque.

Todos los elementos del circuito se dimensionan teniendo en cuenta el caso extremo de operación simultánea del motor principal y dos motores auxiliares.

5.1.1.- Bombas de agua salada.

Se dispone de dos bombas centrífugas, una de respeto de la otra, para el sistema de agua salada. Para dimensionar el caudal de cada una de las bombas se tienen en cuenta las especificaciones del motor principal.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 2,5 bares, un caudal de $305 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,75, la densidad del agua salada de $1,025 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,9:

$$P = 31,8 \text{ kW}$$

5.1.2.- Bomba de agua salada de servicio en puerto.

Se dispone una bomba centrífuga, que sea capaz de abastecer a dos motores auxiliares más un 10%; es decir, un caudal de $200 \text{ m}^3/\text{h}$ y 2,5 bares.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 2,5 bares, un caudal de $200 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $50 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,71, la densidad del agua salada de $1,025 \text{ t/m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,88:

$$P = 11,3 \text{ kW}$$

5.1.3.- Enfriador central.

Al trabajar con agua de mar, se ha instalado un enfriador central de placas de titanio, para disminuir la corrosión que pudiera sufrir. Este intercambiador debe ser capaz de compensar, en la situación más crítica y sobre todo el circuito de agua dulce (motor principal y motor auxiliar), un aumento de energía de unos 8000 kW (especificaciones del motor principal).

Por un lado, circula agua salada con un caudal de $305 \text{ m}^3/\text{h}$ y por el otro el fluido de trabajo es el agua dulce del circuito de baja temperatura con un caudal de $255 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.2.- Circuito cerrado de agua dulce de baja temperatura.

En el enfriador central, el agua dulce de este circuito circula por él impulsada por las bombas del circuito cerrado de enfriamiento centralizado. Es el fluido refrigerante del aceite lubricante y del aceite y cilindros de los motores auxiliares, del aire de barrido de todos ellos y de otros componentes como: servicio de aire comprimido, condensador de vapor, servicio de aire acondicionado, refrigerador de gambuza frigorífica, chumaceras y bocina.

En este circuito se instala una válvula termostática de tres vías que controla que la temperatura del agua no sea inferior a $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

La refrigeración de los motores auxiliares se lleva a cabo con agua dulce del circuito de baja temperatura, para lo que existe un by-pass que dirige agua hacia ellos.

El circuito de baja se cierra enviando el agua que proviene de los enfriadores y de los auxiliares a las bombas de circulación de agua dulce.

Los elementos de este circuito se han dimensionado considerando el peor de los casos, es decir, operando simultáneamente el motor principal y los auxiliares.

5.2.1.- Bombas de agua dulce de baja temperatura.

Se disponen dos bombas centrífugas, una de respeto de la otra. Cada una debe de dar el caudal de $255 \text{ m}^3/\text{h}$ y 2,5 bares.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 2,5 bares, un caudal de $255 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $98 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,71, la densidad del agua dulce de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,9:

$$P = 28,1 \text{ kW}$$

5.2.2.- Bombas de agua dulce para servicio de puerto.

Se dispone una bomba centrífuga, que sea capaz de abastecer a dos motores auxiliares más un 10%; es decir, un caudal de $60 \text{ m}^3/\text{h}$ y 2,5 bares.

La potencia eléctrica que consume esta bomba es, suponiendo una presión de 2,5 bares, un caudal de $60 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $98 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,65, la densidad del agua dulce de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,86:

$$P = 7,6 \text{ kW}$$

5.2.3.- Enfriador del aceite lubricante del motor principal.

Se disponen dos intercambiadores de placas y de acero inoxidable, uno de respeto del otro, para refrigerar el aceite de lubricación de cojinetes. Cada uno de los intercambiadores son capaces de refrigerar el equivalente de 880 kW (especificaciones del motor auxiliar).

Por un lado, circula aceite lubricante ($45 \text{ }^\circ\text{C}$ y 4,6 bares) con un caudal de $270 \text{ m}^3/\text{h}$ y por el otro el fluido de trabajo es el agua dulce ($36 \text{ }^\circ\text{C}$) del circuito de baja temperatura con un caudal de $119 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.2.4.- Enfriador del aire de barrido del motor principal.

El motor principal lleva integrado un enfriador que cumple con la función de enfriar el aire de carga, por lo que no hace falta instalar ningún intercambiador adicional.

Este intercambiador es capaz de refrigerar el equivalente de 3740 kW (especificaciones del motor auxiliar).

Por un lado, circula agua dulce (36 °C y 2,5 bares) con un caudal de 136 m^3/h y por el otro el aire de barrido.

5.2.5.- Enfriadores de aceite lubricante de los motores auxiliares.

Los motores auxiliares llevan integrados los enfriadores de aceite, de agua de camisas. Cada intercambiador es capaz de refrigerar el equivalente de 142 kW (especificaciones del motor auxiliar de 900 kW).

Por un lado, circula aceite lubricante (67 °C y 5 bares) con un caudal de 28 m^3/h y por el otro el fluido de trabajo es el agua dulce (36 °C) del circuito de baja temperatura con un caudal de 23,6 m^3/h .

5.2.6.- Enfriadores de aire de barrido de los motores auxiliares.

Los motores auxiliares llevan integrados los enfriadores de aire de barrido. Cada intercambiador es capaz de refrigerar el equivalente de 77 kW (especificaciones del motor auxiliar de 900 kW).

Por un lado, circula agua dulce (36 °C y 2,5 bares) y por el otro el aire de barrido.

5.3.- Circuito cerrado de agua dulce de alta temperatura.

El motor principal dispone de un circuito independiente de agua dulce de alta temperatura para refrigeración de camisas del MP, dotado de dos bombas con capacidad para enfriar el motor a plena carga. En este circuito, el agua caliente que ha refrigerado los cilindros, circula a través del generador de agua dulce, se enfría en el intercambiador de agua de camisas, y vuelve a entrar en el motor, completándose el ciclo.

Una válvula termostática de tres vías se encarga de mantener la temperatura del agua de refrigeración a la salida del motor a 80 °C.

A la entrada del motor se instala en by-pass un precalentador de agua alimentado con vapor, para asegurar que los elementos del motor están a una temperatura mínima de 50 °C en el momento de arranque del motor y conseguir que se mantenga la T^a de 80 °C a la salida del MP cuando este está parado.

Dado que el caudal de agua necesario para el calentamiento es netamente inferior al necesario para la refrigeración, según el fabricante el caudal necesario es un 10% del caudal que circula por el enfriador de agua de camisas, se instala para este propósito una pequeña bomba en paralelo. Dicha bomba alimenta un precalentador de vapor donde al agua se le suministra el calor necesario para alcanzar los 50 °C que recomienda el fabricante para el precalentamiento.

5.3.1.- Bombas de agua dulce para refrigeración de camisas

Se disponen dos bombas centrífugas, una de respeto de la otra. Cada una debe dar el caudal de $105 \text{ m}^3/\text{h}$ y 3 bares.

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 3 bares, un caudal de $105 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,71, la densidad del agua dulce de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,88:

$$P = 14,2 \text{ kW}$$

5.3.2.- Bomba de precalentamiento del agua de camisas.

Se dispone una bomba centrífuga. Esta bomba debe dar el caudal de $11 \text{ m}^3/\text{h}$ y 3 bares.

La potencia eléctrica que consume esta bomba es, suponiendo una presión de 3 bares, un caudal de $11 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,60, la densidad del agua dulce de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 2,1 \text{ kW}$$

5.3.3.- Enfriador de agua dulce para camisas del motor principal.

Se instala un intercambiador de calor capaz de refrigerar el equivalente de 1570 kW (especificaciones del motor principal).

Por un lado, circula agua de camisas ($80 \text{ }^\circ\text{C}$ y 3 bares) con un caudal de $105 \text{ m}^3/\text{h}$ y por el otro el fluido de trabajo es el agua dulce ($42 \text{ }^\circ\text{C}$) del circuito de baja temperatura con un caudal de $119 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.3.4.- Precalentador de agua de camisas.

Se instala un intercambiador de placas capaz de aumentar la temperatura del agua de refrigeración hasta $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Por un lado, circula agua de camisas ($50 \text{ }^\circ\text{C}$ y 3 bares) con un caudal de $11 \text{ m}^3/\text{h}$ y por el otro el fluido de trabajo es vapor. La cantidad de calor que debe ser capaz de aportar es 1% del motor principal (102,6 kW) durante 12 horas.

El caudal de vapor que pasa por este precalentador está calculado en el apartado de sistema de vapor en este cuaderno.

5.3.5.- Enfriadores de agua dulce para camisas de los motores auxiliares.

Los motores auxiliares llevan integrados los enfriadores de agua de camisas. Cada intercambiador debe ser capaz de refrigerar el equivalente de 193 kW (especificaciones del motor auxiliar).

Por un lado, circula aceite lubricante (77 °C y 5 bares) con un caudal de 23,6 m^3/h y por el otro el fluido de trabajo es el agua dulce del circuito de alta temperatura.

5.3.6.- Tanque de desaireación.

La misión de este tanque es evitar la acumulación de gases y vapores en el circuito de agua dulce de alta, pues en este circuito el agua alcanza temperaturas próximas a su punto de ebullición.

La capacidad de este tanque recomendada por el fabricante del motor es de 30 litros.

5.4.- Otros elementos del sistema.

5.4.1.- Tanque de expansión.

Su misión es la de compensar las variaciones de volumen debidas a cambios de temperatura, reponer las pérdidas de agua dulce en los circuitos de alta y baja temperatura, y garantizar, con su carga estática que en ningún momento la presión en el sistema sea inferior a la atmosférica, la cual podría producir la evaporación del agua y la inmediata pérdida de refrigeración en los diferentes enfriadores. La capacidad de este tanque (según especificaciones del motor principal) es de 70 litros.

6.- Sistema de aire comprimido.

La totalidad de los motores marinos con potencias superiores a los 300-400 BHP se arrancan con aire comprimido, de ahí la necesidad de instalar un sistema de aire comprimido a bordo. Este sistema exige la existencia no sólo de compresores sino de botellas que acumulen el aire para permitir durante las maniobras arrancadas sucesivas.

Una vez establecida la necesidad de este sistema, han ido surgiendo usos adicionales para el aire comprimido tales como el control y actuación de instrumentos, accionamiento de herramientas de mano, limpieza, sirenas, etc.

En la Fig. 6.1 se muestra la red de distribución así como los distintos elementos que componen el sistema de aire comprimido del buque proyecto:

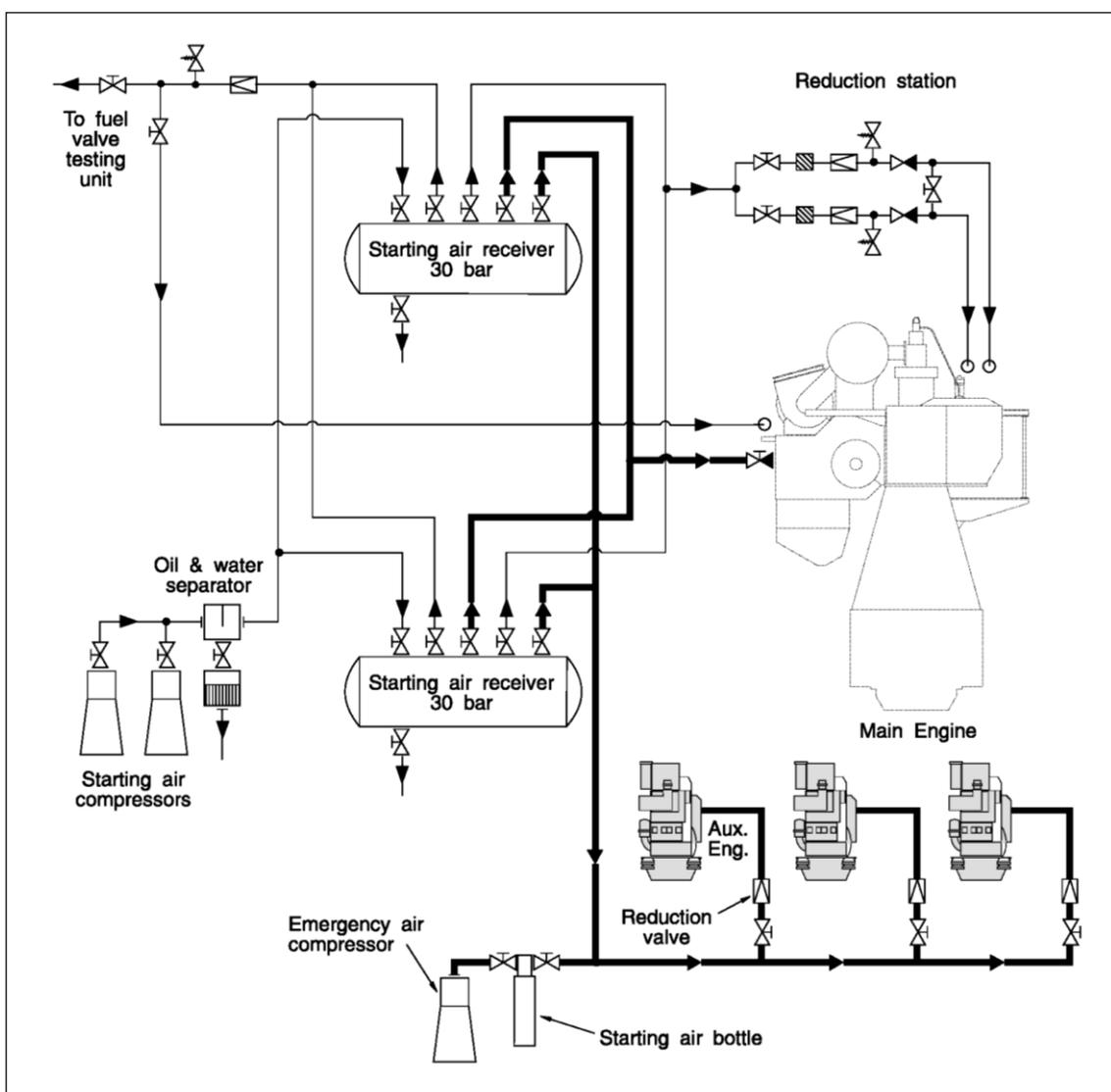


Fig. 6.1

El sistema está constituido por dos compresores que descargan aire a 30 bares indistintamente a cualquiera de las dos botellas principales. Los compresores son de

dos etapas con refrigeración intermedia y en la descarga disponen de un purgador para la eliminación del agua de condensación y restos de aceite. Las botellas principales disponen de válvulas separadas para cada uno de los servicios y de una válvula de seguridad tarada a presión ligeramente superior a la de servicio. La descarga de las válvulas de seguridad se lleva a cubierta para evitar que en caso de incendio, y aún después de haber sofocado el fuego, la temperatura generada puede reiniciar el incendio. También se disponen purgadores para la eliminación del agua que pudiera condensarse en el interior de las botellas.

El arranque del motor principal se lleva a cabo mediante aire a 30 bares suministrado directamente desde las botellas principales. Dicho aire comprimido entra a través de la válvula automática de arranque, accionada desde los mandos del motor. A través de una estación reductora se obtiene aire comprimido a 10 bares para limpieza de las soplantes y para la válvula calibrada que controla la presión de entrada de combustible al motor principal. De forma análoga se obtiene aire a 7 bares para el accionamiento neumático de las válvulas de exhaustación y de los mecanismos de parada de seguridad del motor principal.

El aire necesario para el arranque y el accionamiento de los sistemas de seguridad y control de los motores auxiliares, es suministrado directamente desde las mismas botellas que alimentan al motor principal y, alternativamente, desde la botella de los motores auxiliares. La presión requerida por los motores auxiliares es de 7-9 bares para lo cual se dispone una estación reductora en la rama que va de las botellas principales a los motores auxiliares. Para el relleno de la botella de los motores auxiliares se dispone un compresor que suministra aire a 9 bares. En caso de "buque muerto" este compresor podrá ser accionado por el buque de emergencia, permitiendo así arrancar los motores auxiliares. La botella de los motores auxiliares también tiene comunicación con las botellas principales a través de una estación reductora.

Por último, se instala un sistema de baja presión compuesto por una botella a 7 bares alimentada por un compresor a esta presión y, alternativamente, desde las botellas principales a través de una estación reductora. Este sistema suministra aire comprimido para el accionamiento neumático de válvulas de exhaustación y de los mecanismos de parada de seguridad del motor y para los restantes servicios del buque no relacionados con el motor principal o los auxiliares.

Tanto la botella de los motores auxiliares como la de servicios disponen de válvulas de seguridad y purgadores de características idénticas a las descritas para las botellas principales.

A continuación, se muestran las capacidades necesarias de las distintas botellas y compresores descritos anteriormente.

El sistema de aire comprimido está en consonancia con las exigencias de la sociedad de clasificación.

6.1.- Botellas principales.

Según las especificaciones del motor principal, el volumen necesario para el motor principal es de $4,5 \text{ m}^3$ y $1,44 \text{ m}^3$ para motores auxiliares. Por lo tanto, se dispone de dos botellas de 7 m^3 a 30 bares cada una

6.2.- Compresores principales.

Se instalan dos unidades. La cantidad de aire debe ser suficiente para 12 arrancadas para motores reversibles (es el caso del motor principal). Teniendo en cuenta las especificaciones del motor principal se tiene que la capacidad total de los compresores debe ser de $270 \text{ m}^3/h$; por lo tanto, cada compresor tiene la capacidad de $135 \text{ m}^3/h$.

El consumo eléctrico de cada uno de los compresores es, para una presión de 30 bares, una densidad del aire de $0,00115 \text{ t/m}^3$, un rendimiento isentrópico de 0,7, un rendimiento mecánico de 0,9 y un rendimiento eléctrico de 0,9:

$$P = 38,53 \text{ kW}$$

6.3.- Botella de aire para motores auxiliares.

Se dispone una botella de 500 litros de capacidad a 9 bares, que es alimentada por el compresor de emergencia y, alternativamente, desde las botellas principales a través de una estación reductora.

6.4.- Botella de aire de servicio.

Se utiliza para distintos servicios tales como la maquinaria del taller, limpieza de tomas de mar, filtro de aceite de los motores, etc.

Se instala una botella con capacidad para 2 m^3 , rellena bien desde el compresor de servicio, o bien desde las botellas principales.

6.5.- Compresor de aire de servicio.

Tiene $10 \text{ m}^3/h$ de capacidad. El consumo eléctrico de este compresor es, para una presión de 7 bares, una densidad del aire de $0,00115 \text{ t/m}^3$, un rendimiento isentrópico de 0,7, un rendimiento mecánico de 0,9 y un rendimiento eléctrico de 0,8:

$$P = 1,45 \text{ kW}$$

6.6.- Compresor de aire de emergencia.

Tiene $10 \text{ m}^3/h$ de capacidad. El consumo eléctrico de este compresor es, para una presión de 9 bares, una densidad del aire de $0,00115 \text{ t/m}^3$, un rendimiento isentrópico de 0,7, un rendimiento mecánico de 0,9 y un rendimiento eléctrico de 0,8:

$$P = 1,71 \text{ kW}$$

7.- Sistema de gases de exhaustación.

Los gases de exhaustación son conducidos desde los cilindros al receptor de gases de exhaustación donde las presiones fluctuantes de los cilindros se igualan y desde donde el gas se conduce hacia la turbosoplante a una presión constante.

En la figura 7.1 se presenta un esquema de este servicio:

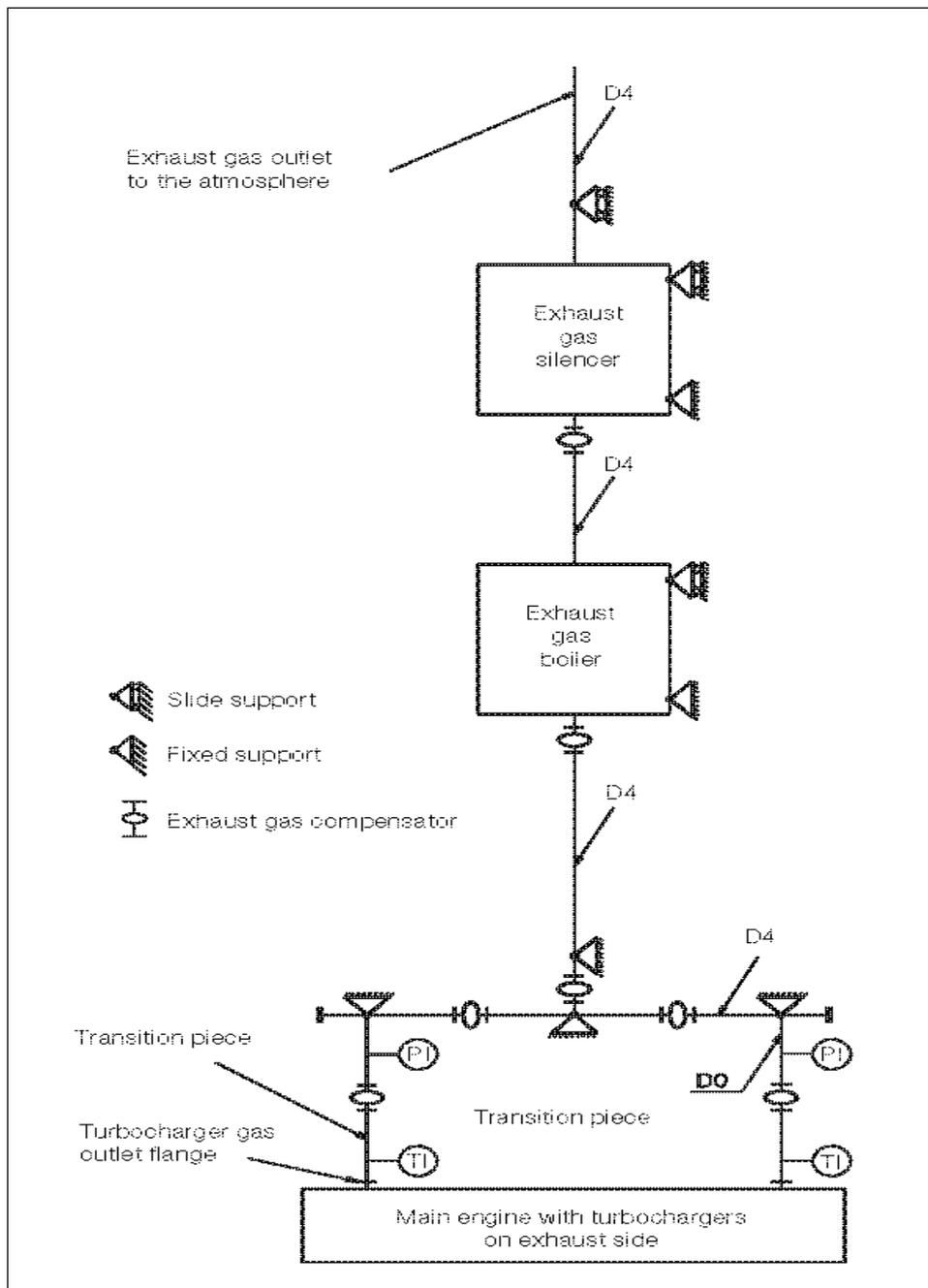


Fig. 7. 1

El sistema de exhaustación está formado por varias exhaustaciones independientes:

- Exhaustación del motor principal.
- Exhaustación de la caldera.
- Exhaustaciones de los motores auxiliares.
- Exhaustación del diesel de emergencia.
- Exhaustación del incinerador.

Cada exhaustación es independiente para evitar reflujos en los conductos procedentes de una máquina a los conductos de otra; de tal modo que cada uno de los sistemas de exhaustación tiene elementos similares a las demás, salvo la del motor principal.

Cada sistema de exhaustación tiene la función de evacuar al exterior del buque los gases producidos por la combustión de la máquina a la que pertenece. Esto se hace desde la cámara de máquinas o local donde se encuentre la máquina a exterior a través del guardacalor.

Con la salvedad del sistema de exhaustación del motor principal, que cuenta con la caldera de gases de exhaustación también, cada sistema consta de los siguientes elementos:

- Silenciador.
- Unidad apagachispas.
- Juntas de expansión.
- Arriostramiento de las tuberías (sujeciones de las tuberías).
- Tuberías de exhaustación.

Los elementos antes mencionados provocan una pérdida de presión, pero es inferior al máximo permitido por el fabricante de cada máquina (motores auxiliares, diesel de emergencia, caldera e incinerador).

El sistema de exhaustación está en consonancia con las exigencias de la sociedad de clasificación.

8.- Servicios de casco y cubierta.

8.1.- Equipo de gobierno.

El equipo de gobierno constará de un timón tipo Mariner y su servo.

Según lo estipulado en las normas de la sociedad de clasificación el buque estará provisto de un mecanismo de gobierno y otro auxiliar dispuestos de tal forma, que si fallara uno de ellos, el buque no quedaría inoperativo.

El mecanismo de gobierno principal debe ser capaz de mover el timón de 35° en una banda a 30° en la opuesta al calado máximo, con velocidad de servicio en no más de 28 segundos. Por su parte, el auxiliar deberá ser capaz de mover el timón de 15° a una banda a 15° en la opuesta en las mismas condiciones en no más de 60 segundos.

Se estima según buques similares, que el consumo del Servo Timón es de unos 40 KW, y un servo auxiliar de 9 KW.

8.2.- Servicio de amarre.

Para el servicio de amarre se dispondrá de 2 molinetes, y 3 Chigrés de amarre. Los 2 molinetes estarán situados en el castillo de proa, mientras que dos Chigrés estarán situados en Popa y el otro en la parte central del buque.

Para buques similares, cada molinete consumirá unos 30 kW, y 25 kW cada Chigrés.

8.3.- Servicio de lastre, achique y sentinas.

El sistema de achique de sentinas se puede dividir en varios subsistemas, dependiendo de la zona del buque que se considere.

8.3.1.- Zona de bodegas.

El sistema de la zona de bodegas está compuesto por una serie de pocetes de sentina donde se acumula el agua, de modo que se permita la succión de la misma junto con los lodos por medio de las bombas de achique, para que sean trasladados hasta el colector del túnel de tuberías.

En todas las bodegas se colocan dos pozos de sentina que irán situados a popa, uno a babor y otro a estribor, de forma que el agua cae fácilmente en ellos.

Los pocetes de sentina están formados por chapas de acero, y su tamaño es tal que su manga y su eslora coinciden con el espaciado entre longitudinales y las claras de cuaderna. En cuanto a la altura de estos pocetes, no es constante sino que el fondo tendrá una inclinación de 25° con respecto a la horizontal, situándose los puntos más alto y más bajo en esquinas opuestas.

Los pozos tendrán una capacidad de aproximadamente de $0,15 m^3$, cumpliéndose con el mínimo exigido por la sociedad de clasificación. Para evitar que la carga entre en los pocetes, se cubren éstos con una rejilla.

En la esquina más baja de cada pocete, pero dejando cierta distancia para que el agua pueda entrar fácilmente, hay una tubería de aspiración que va a parar a un colector situado en el túnel de tuberías.

Para las aspiraciones de los tubos encargados de achicar el túnel se ha decidido emplear el mismo diámetro que el de los ramales de bodegas.

El colector principal de achique se encuentra en el túnel de tuberías. Se encuentra localizado desde la eslora en que se encuentran los pozos de sentina de la bodega 1 hasta la cámara de máquinas.

8.3.2.- Zona de cámara de máquinas.

En el espacio de máquinas debe poder efectuarse el achique de sentinas de tres formas diferentes:

- Por un sistema similar al de bodegas.
- Por aspiración directa de las bombas.
- Por un sistema de emergencia.

En cámara de máquinas se colocan tres pozos de sentina situados uno a popa, cerca del plano de crujía y los otros dos a proa más pequeños, uno a babor y otro a estribor.

Los pozos de sentinas están contruidos de forma análoga que en las bodegas y en su interior se colocan cajas de fango a las que están conectadas las tuberías.

Para la primera de las formas de achique, existe en cada pozo de sentina una caja de fango, de la cual parte una tubería hasta el colector principal.

El colector principal de cámara de máquinas, al que vierten los ramales y el colector del túnel de tuberías tiene el mismo diámetro interior que el diámetro del colector principal del túnel de tuberías.

Para realizar el achique directamente desde las bombas, se disponen nuevamente en los pozos de sentina de cajas de fango, desde las cuales parte la tubería hasta el ramal que une las bombas con el colector principal. De la misma forma se duplican las aspiraciones que se encuentran en cofferdams.

Para realizar el achique por el último medio requerido, se instala un ramal de emergencia que va directamente desde uno de los pozos de sentina hasta la bomba de emergencia, en este caso el pozo de babor.

La válvula de aspiración de este sistema tiene un volante colocado a una determinada distancia del plan del suelo para poderse abrir y conectar aunque el espacio de máquina esté parcialmente inundado (hasta la altura del volante).

La descarga el agua achicada de los espacios de máquinas, que está mezclada con combustibles y aceite, se hace pasar por un separador de sentina antes de ser arrojada al mar, evitándose la contaminación.

8.3.3.- Local del servo.

En el local del servomotor, el achique se efectúa por medio de imbornales. Se dispone de cuatro imbornales, de modo que se distribuyen dos a popa y dos a babor (a babor y estribor). De cada imbornal parte una tubería que se une a un colector que descarga el agua al pozo de sentina de popa de cámara de máquinas. La descarga de agua se hace por gravedad.

8.3.4.- Caja de cadenas.

El sistema de achique de las cajas de cadenas está compuesto de una bomba eléctrica para fangos autoaspirante.

Para la colocación de la bomba se ha tenido en cuenta que debe estar fuera de la caja de cadenas.

8.3.5.- Bombas principales de achique de sentinas.

Cumpliendo con el reglamento se instalan, en cámara de máquinas, dos bombas centrífugas de tipo autocebante, ahorrándose de esta forma montar una instalación especial que asegure el autocebado.

A estas bombas se les exige un caudal importante y normalmente poca presión.

El caudal medio para este tipo de bombas en este tipo de buques se encuentra con un valor medio de

$$Q = 160 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se estima que la presión que da cada bomba de achique es de 3 bares, su rendimiento mecánico de 0,71 y su rendimiento eléctrico de 0,9. Por lo tanto la potencia eléctrica requerida para cada bomba (centrífuga) de achique es:

$$P = \frac{160 \times 3}{3600 \times 0,71 \times 0,9} = 20,55 \text{ kW}$$

8.3.6.- Bomba de achique de emergencia.

Esta bomba se utiliza para achicar la cámara de máquinas empleando el sistema de emergencia.

Para este servicio no se instala una nueva bomba, sino que es una de las bombas del sistema de refrigeración principal de agua salada la que se encarga de este servicio.

8.3.7.- Bomba de achique de la caja de cadenas.

Esta bomba se emplea para achicar el agua y los fangos arrastrados por la cadena, aunque parte se halla limpiado por los grifos instalados en el escobén. Su potencia es, con un caudal mínimo de $15 \text{ m}^3/\text{h}$, una presión de 1,5 bares, un rendimiento mecánico de 0,45 y un rendimiento eléctrico de 0,8:

$$P = \frac{15 \times 1,5}{3600 \times 0,45 \times 0,8} = 17,4 \text{ kW}$$

8.3.8.- Separador de sentinas.

Para estimar la capacidad del separador de aguas oleosas de sentinas se emplea el criterio que se encuentra en el libro "Equipos y servicios. Vol IV" del Profesor Comas. En este libro, se dice que la capacidad del sistema de separación/filtración es capaz de vaciar los pocetes de sentinas de máquinas en media hora.

Al haber tres pozos de sentina, cada uno de ellos es de $0,25 \text{ m}^3$, el valor de la capacidad total es igual a $0,75 \text{ m}^3$; por lo tanto, el caudal del separador de sentinas es de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. En consecuencia, se instala un separador centrífugo con capacidad para tratar $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ y que está preparado para que el agua de salida tenga un contenido máximo de hidrocarburos de 15 ppm.

Se estima que el consumo de este separador centrífugo será de 3 kW.

8.3.9.- Bomba del separador de sentinas.

Empleando la misma bibliografía comentada en el anterior apartado, se recomienda que la capacidad de la bomba sea como máximo 1,5 veces que la capacidad de éste, siendo regulada para dar el caudal igual a la capacidad de dicho separador.

Esta bomba con un caudal mínimo de $2,25 \text{ m}^3/\text{h}$, una presión de 2,5 bares, un rendimiento mecánico de 0,45 y un rendimiento eléctrico de 0,73, requiere una potencia eléctrica de:

$$P = \frac{2,25 \times 2,5}{3600 \times 0,45 \times 0,73} = 0,48 \text{ kW}$$

8.3.10.- Bombas de Lastre

Las tuberías que forman la red de servicio de los tanques de lastre de agua se dispondrán de tal forma que todos los tanques puedan ser llenados o achicados, para lo cual será necesario instalar dos sistemas de tuberías independientes, uno para llenar y achicar el tanque de agua de lastre, y otro para dar salida y entrada de aire, y de este modo permitir al agua llenar o vaciar el tanque.

La tubería de llenado y achique de cada tanque terminará en la parte inferior de este, y lo más a popa posible, ya que normalmente el buque tendrá asiento positivo. Sin embargo, la tubería destinada a dejar pasar aire del interior de los tanques (tubería de aireación y rebose) debe colocarse en la parte superior del tanque en la zona de proa, que es hacia donde fluirá el aire al ser desplazado por el agua.

La red de servicio de los tanques de lastre está diseñada de forma que simultáneamente se pueda achicar cualquier tanque de una banda y llenarse al menos uno de la banda contraria. El sistema consta de dos colectores, uno a babor y otro a estribor, que se unen en la zona de proa. De estos colectores, cuando se encuentran en la zona de popa de un tanque de lastre, se saca un ramal con su correspondiente válvula hidráulica

Todas las válvulas hidráulicas serán accesibles para poder ser reconocidas o reparadas en cualquier momento, para lo cual se colocarán los colectores y dichas válvulas en el interior del túnel de tuberías.

Desde el punto de vista de las condiciones que deben reunir las bombas del servicio de lastre, son muy similares a las del sistema de achique de sentinas, ya que estas serán autocebadas y necesitarán poca presión diferencial.

Gran parte del lastrado de los tanques se realiza por gravedad, es decir se abren las tomas de mar y las válvulas de los circuitos de los tanques a lastrar, originando que la presión estática debida a la diferencia de alturas de la flotación y del agua dentro del tanque impulsen el lastre hacia el interior.

El deslastrado de los tanques se efectúa de forma similar al lastrado. En este caso la diferencia de niveles entre el lastre del tanque y la flotación, es lo que origina la presión estática que impulsa el agua hacia el exterior del buque.

Debido a esto se estima, según buques similares, que el volumen a manejar por medio de las bombas se reduce a unos 8.000 m^3 .

Al emplear el mismo tipo de bombas del sistema de sentinas, el tiempo de deslastrado es el siguiente:

$$V_{\text{Lastre}} = 8000 \text{ m}^3, \quad Q = 160 \text{ m}^3/\text{h}, \quad \Rightarrow \quad t = 63,72 \text{ horas}$$

El tiempo de lastrado/deslastrado debe ser igual al tiempo de carga/descarga del buque, que se estima en 24 horas, por lo tanto, se instalarán dos bombas y una más de respeto con ese caudal, iguales a las de sentinas con un consumo de potencia de 20,55 kW cada una.

8.4.-Servicio de baldeo y contra incendios.

Se ha instalado en el buque un servicio de agua salada denominado de contra incendios y baldeo. El servicio de baldeo propiamente dicho es el encargado de suministrar agua para la limpieza de las cubiertas. El servicio contra incendios se instala con objeto de poder combatir el fuego.

Ambos servicios utilizan una red de tuberías, centralizada en un colector que recorre todo el buque, de donde salen ramales a las zonas de habilitación, cubiertas, cámara de máquinas, etc. Estos ramales alimentan a bocas convenientemente distribuidas que se podrán utilizar por cualquiera de los dos servicios.

Sin embargo, el servicio contra incendios no sólo dispone del agua proporcionada por esta red para combatir los incendios; dispone de otros agentes e instalaciones válidas para esta tarea. En este buque se dispone además de este servicio de agua, de una instalación de anhídrido carbónico fija, y de unos cuantos extintores convenientemente repartidos.

8.4.1.- Bocas contra incendios.

El número y distribución de las bocas contra incendios es tal que por lo menos dos chorros de agua no procedentes de la misma boca, uno de ellos lanzado por una manguera de una sola pieza, pueden alcanzar cualquier parte del buque normalmente accesible a la tripulación mientras el buque navega, y cualquier punto de cualquier espacio de carga cuando éste se encuentre vacío. Además estas bocas contra incendios están emplazadas cerca de los accesos a los espacios protegidos.

Cuando las dos bombas descarguen simultáneamente por las lanzas de las mangueras, a través de cualquiera de las bocas de contra incendios adyacentes, se mantiene en todas las bocas una presión de $0,27 \text{ N/mm}^2$.

8.4.2.- Colector principal.

El diámetro del colector y de las tuberías contra incendios es suficiente para un caudal de agua de $140 \text{ m}^3/\text{h}$. Se considera que la velocidad del agua en su interior es de 2 m/s y así, el diámetro resulta de despejarlo de la siguiente expresión:

$$Q = v \times \pi \times \frac{d^2}{4} \quad \text{en} \quad \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (8.1)$$

$$d = 0,157 \text{ m}$$

En términos de diámetros comerciales, tanto el colector como las tuberías contra incendios tienen un diámetro de 160 mm .

Se instalan válvulas de aislamiento en el colector contra incendios frente a la superestructura de popa, situándolas en un emplazamiento protegido y en la cubierta de bodegas a intervalos de 40 m como máximo, para preservar la integridad del sistema del colector en caso de incendio o explosión.

8.4.3.- Bombas contra incendios.

Para buques de carga de arqueo bruto superior a 1000 toneladas, se deben de instalar dos bombas, sin estar contemplada entre ellas la de emergencia.

La capacidad total del sistema de contra incendios, se calcula en función de la capacidad de achique de sentinas del buque en caso de vía de agua en el mismo:

$$Q_{CI} = \frac{4}{3} \times Q_{SENT} \quad (8.2)$$

No es necesario que en ningún buque de carga la capacidad total exigida de las bombas contra incendios exceda de $180 \text{ m}^3/h$.

Teniendo en cuenta el número de bombas a disponer en función del tipo y tamaño del buque, se puede calcular la capacidad mínima de cada una de las bombas de contra incendios dividiendo la capacidad total del sistema entre el número de bombas:

$$Q_{BOMBA_{CI}} = \frac{Q_{CI}}{2} \quad (8.3)$$

En cualquier caso la capacidad de cada una de las bombas cumple con los siguientes criterios:

- Capacidad mínima $25 \text{ m}^3/h$.
- Capacidad suficiente para poder suministrar agua al menos a dos bocas de contra incendios simultáneamente.
- La capacidad es mayor de:

$$Q_{BOMBA_{CI}} > 80\% \frac{Q_{CI}}{2} \quad (8.4)$$

Por lo tanto se obtienen los valores:

$$Q_{CI} = 180 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{BOMBA_{CI}} = 90 \text{ m}^3/h$$

Con una presión de 7,5 bares, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,65 y un rendimiento eléctrico de 0,9 se obtiene una potencia eléctrica de:

$$P = \frac{90 \times 7,5}{3600 \times 0,65 \times 0,9} = 30,1 \text{ kW}$$

La capacidad de la bomba de contra incendios de emergencia en el caso de que sea necesario es como mínimo el 40% caudal de contra incendios y nunca menor de $25 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$Q_{\text{BOMBA-EMERGENCIA-CI}} = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con iguales rendimientos y presión que la anterior se obtiene una potencia eléctrica de:

$$P = 26 \text{ kW}$$

Los espesores de las tuberías del sistema de baldeo y contra incendios están en consonancia con las normas de la sociedad de clasificación.

8.4.4.- Local de lucha contra incendios.

Se dispone un local de lucha contra incendios desde el cual se pueden realizar las siguientes operaciones:

- Disparo del CO_2 en cámara de máquinas.
- Parada de los ventiladores en acomodación.
- Parada de los ventiladores en cámara de máquinas.
- Parada de las bombas de combustible en cámara de máquinas.
- Accionamiento de las válvulas de cierre rápido en cámara de máquinas.
- Arranque de la bomba de contra incendios de emergencia.
- Paneles de los sistemas de detección de humos en acomodación y de incendios en cámara de máquinas, así como pulsador de alarma de fuego.

8.5.- Sistemas de extinción de incendios.

8.5.1.- Sistema de rociadores automáticos.

En la zona de habilitación se instala un sistema automático de rociadores, detección de incendios y alarma contra incendios. Dicho sistema es del tipo de tuberías

llenas y puede entrar en funcionamiento en cualquier momento sin necesidad de que la tripulación lo ponga en funcionamiento.

Para evitar que cualquier parte del sistema pueda quedar sometida a la congelación durante el servicio, se protegen todas las partes del mismo adecuadamente.

En los espacios de alojamiento y de servicio empiezan a funcionar cuando se alcanza una temperatura comprendida entre 68 y 79 °C; pero en locales tales como los cuartos de secado, en los que cabe esperar una alta temperatura ambiental, los rociadores empiezan a funcionar a una temperatura 30 °C superior a la temperatura máxima prevista para el local en cuestión.

Los rociadores van colocados en la parte superior y espaciados según una disposición apropiada para mantener un régimen medio de aplicación de por lo menos de $5 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{min})$ sobre el área nominal de la zona que protegen.

8.5.2.- Bomba de carga del tanque de presión de los rociadores.

Para mantener la descarga continua de agua de los rociadores, se instala una bomba motorizada independiente que comienza a funcionar automáticamente ante un descenso de presión en el sistema, antes de que la carga permanente de agua dulce del tanque se haya agotado completamente.

8.5.3.- Instalación de anhídrido carbónico, (CO_2).

Para los espacios de carga y cámara de máquinas se ha tomado la decisión de proveerlos con un sistema de anhídrido carbónico (como sistema fijo de extinción).

Como este sistema se va emplear para más de un espacio, se toma el dato correspondiente al espacio que requiere la mayor cantidad de CO_2 :

- 1) Para espacios de carga: la cantidad disponible de anhídrido carbónico deberá ser suficiente para liberar un volumen mínimo de gas igual al 30 % del volumen bruto del mayor espacio de carga así protegidos.
- 2) Para los espacios de máquinas: la cantidad disponible de anhídrido carbónico es suficiente para liberar un volumen mínimo de gas, igual al mayor de los siguientes volúmenes:
 1. El 40% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, excluido el volumen de la parte del guardacalor que quede encima del nivel en que el área horizontal del guardacalor sea igual o inferior al 40% del área horizontal del espacio considerado, medida a la distancia media entre la parte superior del tanque y la parte más baja del guardacalor.
 2. El 35% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, comprendido el guardacalor.

Teniendo en cuenta los valores de buques similares, el volumen a tener en cuenta para el cálculo del sistema de CO_2 es:

$$V_{CO_2} = 2750 \text{ m}^3$$

Según la sociedad de clasificación, el volumen libre de CO_2 se calcula a razón de $0,56 \text{ Kg/m}^3$ y 45 Kg por botella, por lo tanto la cantidad de CO_2 a transportar es:

$$m_{CO_2} = N^{\circ} \text{ Botellas} = 34$$

Como las botellas se almacenan en grupo de doce, redondeando al alza, se tienen 36 botellas.

Las botellas se almacenan en un compartimento independiente, cuyos mamparos y cubiertas que constituyen los límites del local serán herméticos. Al local de CO_2 se entrará desde la cubierta superior y de forma que la puerta de acceso se abra hacia fuera.

La disposición del sistema de tuberías de anhídrido carbónico y el emplazamiento de las boquillas de descarga son tales para que se logre una distribución uniforme del agente extintor.

El sistema de tuberías fijo es tal que en no más de dos minutos pueda descargar el 85% del gas dentro del espacio considerado. La tubería de descarga de CO_2 a la cámara de máquinas se conecta a tres tubos de distribución en anillo. Se prevén salidas situadas en el interior de la cámara de purificadoras, y salidas próximas al quemador de la caldera, calentador de fuel oil del motor principal y tanques de servicio de combustible.

Se proveen los medios necesarios para que una señal acústica automática indique la descarga de CO_2 . La alarma sonará durante un tiempo suficiente antes que se produzca la descarga del agente extintor.

Se instalan los medios necesarios para que una vez que se está expulsando el gas, se cierren todas las aberturas por las que pueda penetrar aire o por la que pueda escapar el gas, parándose también los ventiladores de cámara de máquina.

8.5.4.- Extintores portátiles contra incendios.

Los espacios de alojamiento y de servicio y los puestos de control están provistos de extintores portátiles, de tipo apropiado y en número suficiente. Estos extintores están señalizados en los planos de lucha contra incendios que están repartidos por todo el buque.

La capacidad de los extintores portátiles de carga líquida no excede de 13,5 litros ni es inferior a 9 litros.

8.6.- Servicios de elevación, acceso y mantenimiento.

8.6.1.- Equipos exteriores de elevación.

Para el manejo de provisiones y otros servicios, se instalarán en nuestro buque base dos brazos abatibles, uno a cada banda, con capacidad para 5 toneladas (cada grúa) que permita sobresalir 4 m de la semimanga máxima del buque.

Los movimientos horizontales y verticales se llevan a cabo eléctricamente manejado con un mando. Su velocidad de izado es de 10 m/min y la potencia necesaria para mover cada uno:

$$P = \frac{C \times v \times g}{\eta_m \times \eta_e} \quad \text{en} \quad (\text{kW}) \quad (8.5)$$

$$P = 11,35 \text{ kW}$$

Siendo:

- C, la capacidad (5 Ton).
- v, la velocidad de izado (10 m/min).
- g, la gravedad (9,81 m/s²).
- η_m , el rendimiento mecánico (0,8).
- η_e , el rendimiento eléctrico (0,9).

8.6.2.- Equipos de acceso.

Escala real

Se colocan dos escalas reales de dos tramos de aproximadamente 10 m de longitud, una a cada banda del buque, las cuales van estibadas sobre la cubierta. Los peldaños son fijos, antideslizantes y curvos de manera que se pueda utilizar la escala con una inclinación entre 30° y 60° con la horizontal.

Se instalan dos chigres, uno a cada banda, para maniobra de las escalas reales, con una potencia eléctrica de 2 kW. El accionamiento de estos chigres es por motor eléctrico fijo y la estiba es automática.

Escala del práctico

Se disponen dos escalas de práctico, de una longitud de aproximadamente 10 m, suficiente para que se alcance desde la cubierta principal hasta la línea de flotación en lastre. El costado está provisto de barandillo fijo y un paso con cadena a cada banda.

Chigre para embarcaciones de supervivencia.

Se instala un chigre accionado por motor eléctrico para el izado de la embarcación de salvamento. El cálculo de la potencia a instalar se realiza suponiendo un peso de cada una de las embarcaciones de 2200 kg , un peso por persona de 80 kg y un 20 % de margen por víveres, salvavidas y demás instrumentos. La fuerza de tracción es:

$$(2200+28 \times 80) \times 1.2 = 5330 \text{ kg}$$

Considerando una velocidad de izado de 8 m/min y un rendimiento mecánico de 0.6, la potencia del motor a instalar es:

$$Potencia = \frac{5330 \times 10 \times 8}{60 \times 0,6} = 11,8 \text{ kW}$$

La potencia absorbida por el motor es, estimando un rendimiento del mismo de 0,9:

$$P = 13,2 \text{ kW}$$

Ascensor

Se instala un ascensor de 450 Kg (6 personas) a 0,6 m/s de velocidad y con un consumo de 2kW. Efectúa varias paradas en la zona de habilitación en todas las cubiertas.

Montacargas

También se ha instalado un montacargas de 50 Kg para servicio entre gambuzas y cocina, con un consumo de 0,5 kW.

8.6.3.- Equipo de desmontaje.

Para mantenimiento del motor principal se dispone una grúa de 3 Ton, según recomendación del fabricante del motor. Los movimientos de la grúa se efectúan eléctricamente. El gancho tiene dos velocidades de elevación: 4 y 1,5 m/min .

El control se efectúa desde una botonera suspendida de la grúa y accesible desde el piso de culatas del motor propulsor. El movimiento longitudinal del puente se efectúa con cremallera. El movimiento transversal es igualmente por cremallera. En los extremos de las vigas se disponen topes y en uno de ellos un sistema de trincado mecánico.

Considerando una velocidad de 4 m/min , un rendimiento mecánico de 0,85 y un rendimiento eléctrico de 0,9 la potencia eléctrica requerida es:

$$P = 2,56 \text{ kW}$$

Así mismo, se instala una grúa de 1,5 ton para atender las operaciones de desmontaje de los motores auxiliares. Su potencia puede estimarse en 1,5 kW. Se dispone una viga monorraíl en el taller mecánico, con una pequeña grúa de 1,5 ton; estimándose su potencia en 1,5 kW.

8.6.4.- Máquinas-herramientas.

Se dispone en el taller de Cámara de Máquinas las siguientes máquinas herramientas:

- Un torno eléctrico de 3 kW de potencia y 1500 *mm* entre centros.
- Un taladro eléctrico vertical de 1,5 kW, para brocas de hasta 32 *mm* de diámetro.
- Un taladro portátil.
- Una esmeriladora accionada por motor eléctrico, de doble muela, una para desbaste y otra para repaso de 250 *mm* de diámetro, de 0,5 kW.
- Una unidad manual de soldadura por arco de 50-375 A de intensidad de salida y 4 kW de potencia.
- Un grupo portátil de corte y soldadura oxiacetilénica, con dos botellas de oxígeno y dos de acetileno.
- Un banco para prueba de inyectores con soporte para inyector y bomba manual, para el tarado y prueba de los inyectores.
- Sierra de 1 kW.

8.6.5.- Aire de servicio y control.

Se dispone a bordo del buque de:

- Un compresor de aire eléctrico para servicios auxiliares de 30 m^3/h a 8 kg/cm^2 y 6 kW.
- Una botella de aire comprimido de 2,5 m^3 de capacidad a 8 kg/cm^2 para servicios auxiliares y aire de control e instrumentación con purgador automático.

8.7.- Sistemas de salvamento.

De acuerdo con el capítulo III del SOLAS, se instalan en el buque base los siguientes dispositivos y medios de salvamento:

8.7.1.- Dispositivos individuales.

- Aros salvavidas (depende de la eslora del buque). Se disponen 10 (100m < L < 150m) aros salvavidas y van repartidos a cada banda, situados de tal manera que se facilita su disponibilidad, y situado uno de ellos cerca de proa.
- Chalecos salvavidas (100% pasajeros + 10% para niños + 5% en puntos de reunión, espacios públicos, cubiertas, etc) . Se disponen 33 chalecos salvavidas. Cada tripulante tiene uno en su camarote y los restantes van estibados en una caja metálica cerca de los botes.
- Trajes de inmersión (por cada bote salvavidas 3 trajes de inmersión + 1 ayuda térmica por persona sin traje). Se disponen 3 en el bote salvavidas más 25 ayudas térmicas, más 3 trajes de inmersión en el bote de rescate mas 3 ayudas térmicas en el bote de rescate. Para todas las personas embarcadas a bordo y que no dispongan de traje de inmersión, se disponen ayudas térmicas en todas las embarcaciones de supervivencia.

8.7.2.- Embarcaciones de supervivencia.

- Un bote salvavidas cubierto, de caída libre, dispuesto en la popa del buque, con capacidad para la totalidad del número de personas que vayan a bordo (28 personas).
- Dos balsas salvavidas trasladables autoinflables con capacidad para 14 personas, dispuestas en la zona de popa del buque, una a cada banda.
- Una balsa salvavidas autoinflable con capacidad para 6 personas, situada a proa.
- Un bote de rescate rígido capaz de llevar a cinco personas sentadas y una más en camilla.

8.7.3.- Otros dispositivos.

- Tres aparatos radiotelefónicos bidireccionales de ondas métricas y uno más en una de las embarcaciones de supervivencia.
- Dos respondedores de radar, uno a cada banda.
- Doce cohetes lanzabengalas con paracaídas estibados en las proximidades del puente de navegación.
- Un sistema de emergencia constituido por equipo fijo o portátil, o por ambos, para comunicaciones bidireccionales entre puestos de control de emergencia, puestos de reunión y de embarco y puntos estratégicos a bordo.

- Un sistema de alarma general de emergencia, con un sistema megafónico.

9.- Servicios de carga.

9.1.- Escotillas.

Cada bodega dispone de una escotilla de carga por la cubierta superior.

Las tapas de escotillas están formadas por dos pares de paneles, estibándose dos a proa y dos a popa. Son de acero, de sistema estanco y accionadas por procedimiento hidráulico mediante cilindros exteriores.

El trincado y destrincado de las tapas se realiza hidráulicamente de forma automática mediante cilindros y barras de transmisión.

Las tapas tipo "Folding" requieren una reducida zona de estiba, realizándose la maniobra a distancia desde puestos de mando, situados en las brazolas de escotillas, con disposición de seguridades y enclavamientos que impiden falsas maniobras y facilitan la operación con poco personal.

10.- Servicios de habilitación.

En este apartado se comenta el equipo de fonda y hotel, el equipo de acondicionamiento de aire y los servicios sanitarios de agua dulce (fría y caliente).

10.1.- Situación de la habilitación.

La superestructura del buque se encuentra a popa de la zona de carga.

10.2.- Equipo de fonda y hotel.

El equipo de fonda y hotel está compuesto por la instalación frigorífica, frigoríficos independientes, electrodomésticos del equipo de cocina y del servicio de lavandería, aparatos de sonido e imagen, fuentes frías para el consumo de agua, las máquinas de autoservicio y relojes de algunos locales.

10.2.1.- Maquinaria frigorífica para la gambuza refrigerada.

Se ha instalado una planta completa frigorífica para la gambuza refrigerada. La planta incluye un equipo frigorífico del tipo de expansión directa R134a con difusores de aire frío montados en el interior de las cámaras.

Las temperaturas que se deben mantener en el interior de las cámaras y las capacidades aproximadas son las siguientes:

Cámara	Temperatura ($^{\circ}C$)	Capacidad (m^3)
Cámara de carnes	-18	10
Cámara de pescados	-18	6
Cámara de verduras	4	5

Fig. 10.1

El equipo frigorífico incluye tres grupos de condensador y compresor, con sus correspondientes accesorios, actuando uno como reserva del otro. Cada grupo es capaz de mantener las temperaturas especificadas trabajando 18 horas diarias como máximo, con agua de mar a $32^{\circ}C$ de temperatura y con una temperatura ambiente de $40^{\circ}C$. Cada grupo consume una potencia eléctrica de 10 kW.

Frigoríficos

Se instalan 5 frigoríficos, de 2,7 kW cada uno.

Fuentes frías

Se instalan cuatro fuentes frías de aproximadamente $20 \ell/h$ de capacidad y con un consumo total de 7,8 kW, en los lugares que a continuación se especifican:

- Una en el puente de gobierno.
- Una en la cubierta "A".

- Una en la cubierta "B".
- Una en la Cámara de Máquinas.

10.2.2.- Equipo para cocina y electrodomésticos.

Se ha instalado el siguiente equipo de cocina, con un consumo de 45,4 kW.

10.2.3.- Equipo de lavandería.

Se ha instalado el siguiente equipo de lavandería, con un consumo de 15,7 kW.

10.2.4.- Protección catódica.

En la zona de codaste y timón, cerca de la hélice, se han instalado ánodos de sacrificio para protección catódica. Los ánodos son de aluminio, dispuestos para 2,5 años. Se han montado también ánodos de protección catódica dentro de las cajas de mar.

10.3.- Equipo de ventilación y aire acondicionado.

Se describen aquí los equipos de aire acondicionado y ventilación se espacios de acomodación, cabina de control de cámara de máquinas así como la ventilación de la cámara de máquinas.

10.3.1.- Aire acondicionado en acomodaciones.

El objeto de este servicio es mantener el aire en el interior de los locales en unas condiciones adecuadas de temperatura, grado de humedad y composición química, esto es, con suficiente oxígeno, libre de polvo y olores, todo ello con independencia de las condiciones atmosféricas exteriores. La instalación se ha diseñado de forma que permite el control de las variables mencionadas durante todo el año.

El sistema más habitual es la instalación centralizada con un solo conducto. El tratamiento térmico de aire se efectúa exclusivamente en la unidad de aire acondicionado donde una mezcla de aire exterior y aire recirculado es enfriada y deshumedecida en verano, y calentada y humedecida en invierno.

De la cantidad de aire que se ha de acondicionar se toma una parte de aire exterior (aproximadamente el 60 %) tomándose el resto de pasillos y recirculándose después (excepto el procedente de aseos y oficios).

La corriente de aire se produce con varios ventiladores instalados en un local especialmente preparado para un completo aislamiento acústico. El aire es distribuido a continuación a través de los conductos a los espacios que se quiere acondicionar. Al final de cada conducto hay un difusor con su correspondiente válvula de regulación de flujo para reducir la presión de salida del aire y los ruidos.

El tratamiento térmico del aire está controlado por un equipo de regulación automática centralizado. La temperatura de cada local es fácilmente regulable por los ocupantes haciendo variar el flujo de salida. Una parte del caudal de aire es llevada de nuevo al acondicionador a través de los pasillos para su recirculación y otra es expulsada al exterior a través de los extractores de los aseos, cocinas, etc.

La refrigeración se efectúa mediante un sistema por expansión directa mientras que el calentamiento del aire se realiza por medio de vapor.

El sistema de aire acondicionado que se instala es del tipo de alta presión y alta velocidad, constituido por un compresor de 50 kW, un condensador y una unidad de acondicionamiento operada con vapor y R134a. La unidad de acondicionamiento de aire, con su ventilador para distribuir la corriente de aire, tiene un consumo eléctrico estimado acudiendo a datos de buques similares, de 25 kW. Está diseñada para las condiciones siguientes:

- En verano: Temperatura interior de 27 °C con una humedad relativa del 50%, siendo la temperatura exterior de 40 °C con una humedad relativa del 70%.
- En invierno: temperatura interior de 22 °C, siendo la temperatura exterior de -5 °C, siendo la humedad relativa del 50% interior y exterior.

10.3.2.- Aire acondicionado de la cabina de control de máquinas.

Se instalan dos unidades de acondicionamiento de aire para la cabina de control de máquinas. El equipo está dimensionado para mantener 27 °C y 65 % de humedad relativa en el interior de la cabina con una temperatura exterior de cámara de máquinas de 45 °C y una temperatura exterior de 40 °C y 70 % de humedad relativa, con un 70 % de recirculación y suministrando 20 renovaciones de aire por hora.

Acudiendo a catálogos de equipos de aire acondicionado marinos, se ha estimado la potencia del equipo y el ventilador, en 4 kW.

10.3.3.- Ventiladores de espacio de acomodación y casco.

La potencia total de ventiladores y extractores de espacios de acomodación y casco se puede estimar en 15 kW.

10.3.4.- Ventilación de cámara de máquinas.

Los objetivos de la instalación son:

- Crear en dicho espacio unas condiciones de trabajo no perjudiciales para las personas y las máquinas que allí se encuentran.
- Disipar el calor desprendido por las máquinas.
- Suministrar aire en perfectas condiciones de utilización a los motores y máquinas en funcionamiento.

10.3.4.1.- Equipo de ventiladores de la cámara de máquinas.

Para cumplir los dos primeros objetivos se dimensiona el equipo de cara a conseguir 20 renovaciones de aire por hora en la cámara de máquinas. Siendo su volumen, con una permeabilidad del 85 %, de 2750 m^3 , el flujo de aire necesario es:

$$2750 \times 20 = 55000 \text{ m}^3/h$$

Para cumplir el tercer objetivo es necesario un cálculo estimativo de las necesidades de aire de los motores que allí se encuentran. Acudiendo al catálogo del fabricante del motor principal, se tiene que el consumo de aire es $95300 \text{ m}^3/h$.

Las necesidades globales de aire de ventilación de la cámara de máquinas son:

$$150300 \text{ m}^3/h$$

Se instalan dos ventiladores que dan el 65% del caudal total y otros dos que dan el resto del caudal. Por otro lado, se disponen dos extractores del 25% del caudal de aire y otro para la cámara de purificadoras. Se tendrá un sistema de baja presión para suministrar el aire principal, y un sistema de alta presión para suministrar aire a los puntos calientes y lugares de trabajo.

Por lo tanto, el equipo de ventilación está formado por:

- Dos ventiladores impulsores de $100000 \text{ m}^3/h$, de 20 kW de potencia por unidad.
- Dos ventiladores impulsores de $50000 \text{ m}^3/h$, de 10 kW de potencia por unidad.
- Dos extractores de $50000 \text{ m}^3/h$, de 10 kW de potencia por unidad.
- Un extractor centrífugo para cámara de purificadoras de $25000 \text{ m}^3/h$, de 5 kW de potencia.

Los ventiladores están situados sobre el guardacalor, la mitad a proa y los otros dos a popa de la chimenea. Se instalan filtros de aire para los ventiladores de cámara de máquinas.

10.3.4.2- Aire de barrido.

Al motor se le suministra aire de barrido desde una turbosoplante. El compresor de la turbosoplante succiona aire de la cámara de máquinas, a través de un filtro de aire, y el aire comprimido se refrigera mediante un enfriador de aire de barrido. Cada enfriador se suministra con un recolector de humedad, el cual previene que el agua condensada sea llevada por el aire al receptor del aire de barrido y a la cámara de combustión.

El motor se suministra con dos sopladores auxiliares accionados eléctricamente. Se fijan las válvulas de no retorno entre el enfriador de aire de barrido y el receptor de aire de barrido, que se cierran automáticamente cuando los sopladores auxiliares comienzan a suministrar el aire de barrido.

Durante el funcionamiento del motor los sopladores auxiliares arrancarán automáticamente cuando la carga del motor se reduzca a un 30-40% y continuarán funcionando hasta que la carga exceda de nuevo el 40-50%.

10.4.- Servicio sanitario.

El buque dispone de un circuito de agua dulce para sistemas (caldera y rellenar los circuitos de agua de refrigeración de motores) y de un sistema de agua dulce sanitaria; este último incluye el sistema de agua potable fría y el sistema de agua potable caliente. Todos los sistemas tienen en común que el agua dulce proviene de dos tanques de agua dulce (uno para sistemas y otro para agua dulce), que son rellenados gracias al generador de agua dulce.

El agua dulce proveniente del generador de agua dulce se bifurca en dos líneas, una rellena directamente el tanque de agua dulce de sistemas; y la otra va a la unidad potabilizadora, tras la cual el agua potable va al tanque de almacén del agua potable.

10.4.1.- Generador de agua dulce.

10.4.1.1.- Cálculo de la producción de agua dulce.

El generador principal de agua dulce es un equipo que empleará agua de refrigeración de camisas del motor principal cuando se esté navegando; y cuando no esté disponible el agua de refrigeración de camisas se empleará un generador de agua dulce que emplea vapor.

Este equipo genera agua dulce en un proceso de hervido a vacío (al 95 % de vacío). Siendo la temperatura de saturación del agua de 45,4 °C, con un calor de vaporización de 564,6 kcal/kg, el calor que puede llegar a suministrar el agua de refrigeración de las camisas, teniendo en cuenta que el caudal máximo es de 105 m³/h, y las temperaturas de entrada y salida son de 50 y 80 °C respectivamente, y que el

fabricante recomienda que como máximo sólo se aproveche el 40 % del calor transferido, es:

$$Q = 0,9 \times 0,4 \times 105000 \times 1 \times (80 - 50) = 1134000 \text{ kcal/h}$$

Se ha asumido un rendimiento de 0,9 para el proceso de transferencia de calor.

La cantidad de agua dulce que se puede generar es:

$$\frac{1134000}{564,6} = 2009 \text{ kg/h}$$

Si el generador funciona las 24 horas del día, la capacidad máxima es:

$$\frac{2009 \times 24}{1000} = 48,2 \text{ Ton/día}$$

10.4.1.2.- Cálculo de las necesidades de agua dulce.

Este cálculo dimensiona el generador de agua dulce, y se divide en:

- Agua dulce para la tripulación. Considerando un consumo de 200 litros por persona y día, siendo 28 el número de tripulantes:

$$C_1 = 28 \times 200 = 5,6 \text{ Ton/día}$$

- Agua dulce para sistemas. Se considera que es el doble que el requerido para agua dulce sanitaria:

$$C_2 = 11,2 \text{ Ton/día}$$

Por lo tanto, la cantidad necesaria de agua dulce para generar sería de 16,8 $m^3/día$, pero se considera que el agua dulce que se genera es de 20 $m^3/día$.

10.4.2.- Cálculo de tanques y bombas del servicio.

10.4.2.1.- Tanque de almacén de agua dulce.

Se han dispuesto tres tanques de agua dulce, dos para sistemas y otro de agua dulce potable. El sobredimensionamiento de los tanques de agua se debe a que no siempre se está generando agua dulce (zonas cercanas a puerto), y que en ocasiones se está esperando paso por un canal o entrada en puerto, y al no generar agua dulce, se tiene que tomar de estos tanques durante varios días.

10.4.2.2.- Bombas de agua sanitaria fría.

Se instalan dos bombas centrífugas, una está de respeto de la otra. Estas bombas alimentan el tanque hidróforo. El caudal requerido es el del caudal requerido para tripulación (200 *litros/día* para cada uno de los 28 tripulantes).

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 5 bares, un caudal de $5,6 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,60, la densidad del agua dulce de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 1,80 \text{ kW}$$

10.4.2.3.- Bombas de agua sanitaria caliente.

Se instalan cuatro bombas centrífugas, dos están de respeto de las otras Un par de las bombas alimenta el tanque amortiguador del subsistema de agua caliente sanitaria, y el otro par son para mantener circulando el agua caliente a través de colector en anillo (que une el tanque amortiguador y los grifos).

El caudal requerido es la mitad del caudal requerido para tripulación (100 *litros/día* para cada uno de los 28 tripulantes).

La potencia eléctrica que consumen estas bombas es, suponiendo una presión de 5 bares, un caudal de $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$, una temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, un rendimiento mecánico de la bomba de 0,60, la densidad del agua dulce de $1 \text{ t}/\text{m}^3$ y un rendimiento eléctrico de 0,73:

$$P = 0,90 \text{ kW}$$

10.4.2.4.- Tanque hidróforo

Se dispone de un tanque hidróforo para el sistema de agua dulce sanitaria, cuyo volumen es de 1 m^3 .

10.4.2.5.- Equipo de potabilización de agua dulce.

Se instala una potabilizadora con capacidad de $5,6 \text{ m}^3/\text{h}$, para el sistema de agua dulce sanitaria. Esta potabilizadora, está situada después del generador de agua dulce en el proceso de obtención de agua dulce sanitaria.

Se estima que la potencia consumida por este equipo de potabilización es de 2 kW.

10.4.3.- Planta de tratamiento de aguas residuales.

Se ha instalado una planta con una capacidad de $4 \text{ m}^3/\text{día}$, apta para la depuración de las aguas residuales de una tripulación de 28 miembros. Su consumo eléctrico se puede estimar en los 10 kW.

10.4.4.- Tanque séptico.

Se dispone un tanque séptico de $12,21 \text{ m}^3$ con objeto de poder almacenar las aguas fecales cuando el buque permanezca en puerto.

10.4.5.- Incinerador.

Con objeto de incinerar tanto los residuos sólidos como los lodos residuales de combustible o aceite, se ha instalado un incinerador, en una cámara independiente en la segunda plataforma de la cámara de máquinas.

Se le considera un consumo eléctrico de 1 kW. El incinerador está en consonancia con las exigencias de la sociedad de clasificación.

11.- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.

El capítulo V del SOLAS es el que se encarga de regular la seguridad en la navegación, describiendo el equipo necesario.

Se considera que el consumo de los equipos de navegación y comunicaciones es de 40 kW.

Se considera que el consumo de los equipos de control es de 3 kW.

12.- Servicios de alumbrado e iluminación.

Todos los servicios de alumbrado e iluminación, desde el punto eléctrico cumplen con las exigencias de la sociedad de clasificación.

12.1.- Alumbrado exterior.

12.1.1.- Luces de navegación.

Las luces de navegación requeridas para los buques se recogen en el Convenio Internacional para la prevención de abordajes (COLREG), parte C):

Se estima el consumo de estas luces de navegación en 0,5 kW.

12.1.2.- Iluminación de la cubierta principal en la zona de carga.

Se instalan 11 proyectores de 260 W cada uno, resultando una potencia eléctrica consumida de:

$$P = 2860 \text{ W}$$

12.1.3.- Iluminación de la cubierta de botes y maniobras.

En la zona de popa, está situado el bote salvavidas de caída libre, el de rescate y una balsa. Para iluminar esta zona se instalan dos focos por cada uno de ellos de 60 W para el caso de la balsa (2 en total) y de 300 W para los botes (4 en total). Con esto queda totalmente iluminada la zona de popa.

En la zona de proa está situada otra balsa de salvamento que requeriría dos focos más de 60 W,.Además, para las maniobras de proa se sitúan cuatro focos de 300 W.

La potencia eléctrica total será de:

$$P = 2640 \text{ W}$$

12.2.- Iluminación interior.

El alumbrado interior comprende los equipos de iluminación de la habitación, puente y cámara de máquinas. Está compuesto por lámparas fluorescentes de encendido rápido en todos los locales excepto en las gambuzas refrigeradas, donde, debido a la variación del flujo con la temperatura en este tipo de lámparas, se ha optado por la instalación de lámparas incandescentes.

Según buques similares la potencia eléctrica necesaria sería de:

$$P = 50000 \text{ W}$$

13.- Balance Eléctrico

En este apartado se realiza el cálculo de la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento de nuestro buque, así como la definición de los elementos que componen el sistema eléctrico.

En primer lugar, se determinan el tipo de corriente eléctrica empleada, la tensión y la frecuencia más adecuada según la zona de actividad esperada para el buque.

Después se elabora un balance eléctrico de todos los elementos consumidores del buque, fijando sus coeficientes de utilización y requerimientos de potencia eléctrica en las diferentes condiciones contempladas.

Una vez determinadas las necesidades de potencia se elabora una valoración de la planta generadora más adecuada, la que trabaje con mayor rendimiento en cada condición y presente las mejores propiedades, de la cual salen los equipos que se instalan. Otra consideración que se va a tener en cuenta es el empleo de una toma de fuerza (P.T.O.) del motor principal, para aprovechar parte de la energía que proporciona el motor principal y transformarla en energía eléctrica.

Por último, se realiza un estudio del régimen de utilización de dichos grupos, y el diagrama unifilar del sistema.

Para el diseño de la planta eléctrica se ha tenido en cuenta la normativa de la sociedad de clasificación.

13.1.- Características de la corriente

13.1.1.- Tipo de corriente.

El suministro de energía eléctrica a los distintos servicios del buque se efectúa por medio de una red de corriente alterna trifásica. Las razones de la elección de corriente alterna para la instalación son las siguientes:

- Es el tipo de corriente más utilizada en la actualidad.
- Menor peso, coste y empacho de los generadores y motores.
- Permite alimentar la red del buque con la del puerto.
- Menores gastos de mantenimiento y respetos.
- Permite el uso de tensiones más elevadas, lo que produce un ahorro de cobre.
- Permite tener dos valores de tensión a bordo, con la instalación de transformadores.

13.1.2.- Tensiones y frecuencias de distribución.

La distribución se logra por medio de tres tipos de redes que son:

- Red trifásica de 440V/ 60 Hz. Se utiliza para los consumidores de fuerza, y se escoge por los siguientes motivos:
 - o Disponer una mayor tensión supone una disminución de la sección del cableado, por lo que se ahorra peso. Se obtiene además un menor coste en la instalación al ser más económico el material, y al poderse manejar mejor debido a su menor sección.
 - o Al ser mayor la frecuencia, la velocidad de giro de los motores es mayor a igual número de polos, por lo que se consiguen motores de menor precio y tamaño.

- Red de 220V/ 60 Hz. Se utiliza para la iluminación y usos domésticos (obtenida por transformación de la anterior a través de un transformador monofásico refrigerado por aire).

- Red de 24 V de corriente continua. Se utiliza para la electrónica de control, señales y servicios de emergencia, y se obtiene mediante baterías de acumuladores que se cargan de la red de 220 V por unos rectificadores.

Además, se ha dispuesto de una instalación de emergencia para el caso de fallo de los sistemas, que está formada por un generador de emergencia.

13.1.3.- Otras características de la distribución eléctrica.

Además, se dispone de una instalación de emergencia para el caso de fallo de los sistemas, formada por un generador de emergencia instalado fuera de la cámara de máquinas, en local del diesel de emergencia sobre la cubierta principal.

La distribución eléctrica se realiza a través de una red en derivaciones sucesivas, también conocida como de tipo radial. Este tipo de distribución es el más empleado y consiste en disponer una estructura de árbol, en la que del cuadro principal salen una serie de líneas a unos pocos cuadros primarios (o terminales de grandes motores), y de éstos a su vez a cuadros secundarios, etc.

Las ventajas de este tipo de distribución son que la sección de cada tramo de línea se puede dimensionar de acuerdo con la intensidad nominal, que es igual a la suma de los consumidores que "cuelgan" directa o indirectamente de él, y que en consecuencia, el diseño de protecciones selectivas resulta bastante más sencillo.

Este sistema proporciona una gran flexibilidad y con él se consigue minimizar el número y tamaño de los conductores. Así mismo permite diseñar una red con una muy buena selectividad de las protecciones.

Para realizar la distribución de la red de fuerza se utilizarán tres conductores con red aislada, y sin empleo de neutro.

Para aumentar la fiabilidad de los servicios esenciales, la normativa indica que se debe prever una alimentación doble desde el cuadro principal, que no incluya cuadros de distribución comunes y con tendidos lo más separados posible.

Tanto los cables de señal como los de potencia que puedan conducir ondas perturbadas, están apantallados, evitando que ambos tipos de cable discurren en paralelo en la misma bandeja y procurando que se crucen perpendicularmente.

13.2.- Balance eléctrico según consumos del buque

13.2.1- Potencia eléctrica requerida por cada consumidor

En el siguiente apartado debemos determinar la potencia eléctrica absorbida por cada elemento de la planta eléctrica. En esos cálculos se tendrán en cuenta rendimientos mecánicos de transmisiones y rendimientos eléctricos de los motores eléctricos correspondientes.

Se ha considerado un factor de potencia 0,8 para todos los consumidores.

Los consumidores que estudiaremos los se engloban dentro del sistema o servicio al que pertenecen:

- Sistema de combustible.
- Sistema de refrigeración y lubricación por aceite.
- Sistema de refrigeración centralizado.
- Sistema de aire comprimido.
- Servicios de casco y cubierta.
- Servicios de carga.
- Servicios de habilitación.
- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.
- Servicios de alumbrado e iluminación.
- Otros consumidores eléctricos.

13.2.2.- Sistema de combustible.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Bomba de trasiego de HFO	2	4,28	8,56
Bombas de baja de combustible	2	1,12	2,24
Bombas de alta de combustible	2	3,26	6,52
Bomba de DO	1	1,20	1,20
Bombas de HFO tanque de Serv. Caldera	2	1,12	2,24
Separadoras centrífugas de HFO	2	7,00	14,00
Bombas de alimentación de las separadoras de HFO	2	1,75	3,50
Separadoras centrífugas de DO	1	5,00	5,00
Bombas de alimentación de la separadora de DO	2	1,15	2,30
Bomba de lodos	1	1,45	1,45
TOTAL			47,0

Fig. 13.1

13.2.3.- Sistema de refrigeración y lubricación por aceite.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Purificadora de aceite de cojinetes	1	7,00	7,00
Bombas de circulación del aceite de cojinetes	2	67,70	135,40
Bombas de pre-lubricación	2	68,80	137,60
Bombas de trasiego de aceite de cojinetes	2	1,47	2,94
Bombas de trasiego de aceite de cilindros	2	1,10	2,20
Purificadoras centrífugas de aceite de motores auxiliares	2	4,00	8,00
Bombas de alimentación de las purificadoras	2	0,22	0,44
TOTAL			293,6

Fig. 13.2

13.2.4.- Sistema de refrigeración centralizado.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Bombas de agua salada	2	31,8	63,6
Bombas de agua salada (servicio de puerto)	1	11,3	11,3
Bombas de agua dulce de baja temperatura	2	28,1	56,2
Bombas de agua dulce de baja temperatura (servicio de puerto)	1	7,6	7,6
Bombas de agua dulce (alta temperatura) para refrigeración de camisas del motor principal	2	14,2	28,4
Bomba de agua dulce (alta temperatura) del precalentador de camisas	1	2,1	2,1
TOTAL			169,2

Fig. 13.3

13.2.5.- Sistema de aire comprimido.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Compresores principales	2	38,5	77,1
Compresor de aire de emergencia (auxiliar)	1	1,7	1,7
Compresor de servicio	1	1,5	1,5
TOTAL			80,2

Fig. 13.4

13.2.6.- Servicios de casco y cubierta.**13.2.6.1.- Equipo de gobierno.**

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Servo del timón	1	40	40
Servo auxiliar del timón	1	9	9
TOTAL			49,0

Fig. 13.5

13.2.6.2.- Equipo de fondeo, amarre y remolque.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Molinete	2	60	120
Chigres de amarre	5	75	375
TOTAL			495

Fig. 13.6

13.2.6.3.- Servicio de lastre, achique y sentinas.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Bombas principales de achique	2	20,6	41,1
Bomba de achique de la caja de cadenas	1	17,4	17,4
Separador de sentinas	1	3,0	3,0
Bomba del separador de sentinas	1	0,5	0,5
Bombas de Lastre	3	20,55	61,65
TOTAL			123,73

Fig. 13.7

13.2.6.4.- Servicio de baldeo y contra incendios.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Bombas contra incendios	2	30,1	60,2
Bomba de emergencia contra incendios	1	26,0	26,0
TOTAL			86,2

Fig. 13.8

13.2.6.5.- Sistema de extinción de incendios.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Bomba de carga del tanque de presión de los rociadores	1	32,1	32,1
TOTAL			32,1

Fig. 13.9

13.2.6.6.- Servicios de elevación, acceso y mantenimiento.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Brazos abatibles	2	11,4	22,7
Chigres para maniobra de escalas reales	2	2,0	4,0
Chigre para embarcaciones de supervivencia	1	13,2	13,2
Ascensores	1	2,0	2,0
Montacargas	1	0,5	0,5
Puente grúa motor ppal.	1	2,6	5,0
Grúa motores auxiliares	1	1,5	1,5
Viga monorraíl del taller	1	1,5	1,5
Taller	1	10,0	10,0
Compresor de aire de servicio y control	1	6,0	6,0
TOTAL			66,4

Fig. 13.10

13.2.7.- Servicios de carga.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Servicios de carga	1	40,0	40,0
TOTAL			40,0

Fig. 13.11

13.2.8.- Servicios de habilitación.**13.2.8.1.- Equipo de fonda y hotel.**

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Maquinaria frigorífica para las gambuzas refrigeradas	3	10	30,0
Frigoríficos independientes	5	2,7	13,5
Fuentes frías y máquinas de autoservicio	1	7,8	7,8
Electrodomésticos para cocina	1	45,4	45,4
Equipo de lavandería	1	15,7	15,7
TOTAL			112,4

Fig. 13.12

13.2.8.2.- Equipo de ventilación y aire acondicionado.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Compresores en acomodaciones	1	50	50
Unidad de acondicionamiento de aire en acomodaciones	1	25,0	25,0
Unidad de acondicionamiento de aire en cabina de control de CM	2	4,0	8,0
Ventiladores de acomodación	1	15,0	15,0
Ventiladores impulsores (65%)	2	20	40
Ventiladores impulsores (resto)	2	10	20
Extractores (25%)		10	10
Extractor centrífugo (purificadoras)	1	5	5
TOTAL			183

Fig. 13.13

13.2.8.3.- Servicio sanitario.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Bombas de agua sanitaria fría	2	1,8	3,6
Bombas de agua sanitaria caliente	4	0,9	3,6
Equipo de potabilización de agua dulce	1	2,0	2,0
Planta de tratamiento de aguas residuales	1	10,0	10,0
Incinerador	1	1,0	1,0
TOTAL			20,2

Fig. 13.14

13.2.9.- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Equipos de navegación y comunicaciones	1	40	40,0
Equipos de control	1	3,0	3,0
TOTAL			43,0

Fig. 13.15

13.2.10.- Servicios de alumbrado e iluminación.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Luces de navegación	1	0,5	0,5
Alumbrado exterior	1	3,0	3,0
Alumbrado interior	1	50	50
TOTAL			53,5

Fig. 13.16

13.2.11.- Otros consumidores eléctricos.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn Total (kW)
Cargadores de las baterías	2	30,0	60,0
Consumidores eléctricos no tenidos en cuenta (5% del total)	1	262,6	262,6
TOTAL			322,6

Fig. 13.17

13.3.- Determinación de las distintas situaciones de carga eléctrica.

Las situaciones de carga que se van a analizar en el balance eléctrico son las más comunes en este tipo de buques, y son las siguientes:

- Estancia en puerto: El buque está en puerto con el motor principal parado y realizando las operaciones de carga y descarga.
- Maniobras: El buque está realizando las operaciones normales de atraque en puerto.
- Navegación normal: El buque está navegando cargado, con el motor principal al 90% de la MCR.
- Emergencia: El buque está en situación de emergencia.

13.4.- Desarrollo del balance eléctrico.

La potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento de cada consumidor en cada situación de carga eléctrica se determina multiplicando la potencia nominal absorbida en condiciones nominales por su coeficiente de utilización.

Los coeficientes de utilización de cada consumidor (K_u), se determinan multiplicando el coeficiente de simultaneidad (K_n), que es independiente de la situación de carga eléctrica, y el coeficiente de servicio y régimen (K_{sr}), que sí depende de la situación de carga eléctrica considerada.

Como procedimiento de cálculo del balance eléctrico se ha empleado el *Método Clásico de Balance*, al ser el más extendido y usado para este tipo de buques. Atendiendo a este criterio, se supone un factor de potencia para toda la planta igual al valor medio normalizado:

$$\cos \varphi = 0,8$$

Dicho método es lo suficientemente válido cuando no existen consumidores cuya potencia es un porcentaje muy elevado de la potencia eléctrica total instalada, como es el caso del buque base.

13.5.- Análisis de los consumidores en las situaciones de carga.

13.5.1.- Sistema de combustible.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Bomba de trasiego de HFO	2	4,28	8,56	0,8	0,50	0,10	0,05	0,43	0,32	0,50	1,00	0,50	4,28	3,21	0,50	1,00	0,50	4,28	3,21	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de baja de combustible	2	1,12	2,24	0,8	0,50	0,20	0,10	0,22	0,17	0,50	1,00	0,50	1,20	0,90	0,50	1,00	0,50	1,12	0,84	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de alta de combustible	2	3,26	6,52	0,8	0,50	0,20	0,10	0,65	0,49	0,50	1,00	0,50	2,60	1,95	0,50	1,00	0,50	3,26	2,45	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bomba de DO	1	1,20	1,20	0,8	1,00	0,20	0,20	0,24	0,18	1,00	1,00	1,00	1,30	0,98	1,00	0,20	0,20	0,24	0,18	1,00	1,00	1,00	1,20	0,90
Bombas de HFO tanque de Serv. Caldera	2	1,12	2,24	0,8	0,50	1,00	0,50	1,12	0,84	0,50	1,00	0,50	1,30	0,98	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,12	0,84
Separadoras centrífugas de HFO	2	7,00	14,00	0,8	1,00	0,10	0,10	1,40	1,05	1,00	1,00	1,00	14,70	11,03	1,00	1,00	1,00	14,00	10,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de alimentación de las separadoras de HFO	2	1,75	3,50	0,8	1,00	0,10	0,10	0,35	0,26	1,00	1,00	1,00	3,70	2,78	1,00	1,00	1,00	3,50	2,63	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Separadoras centrífugas de DO	1	5,00	5,00	0,8	1,00	0,20	0,20	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	5,30	3,98	1,00	0,20	0,20	1,00	0,75	1,00	0,10	0,10	0,50	0,38
Bombas de alimentación de la separadora de DO	2	1,15	2,30	0,8	0,50	0,20	0,10	0,23	0,17	0,50	1,00	0,50	1,20	0,90	0,50	0,20	0,10	0,23	0,17	0,50	0,20	0,10	0,23	0,17
Bomba de lodos	1	1,45	1,45	0,8	1,00	1,00	1,00	1,45	1,09	1,00	1,00	1,00	0,30	0,23	1,00	1,00	1,00	1,45	1,09	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 13.18

13.5.2.- Sistema de refrigeración y lubricación por aceite.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Purificadora de aceite de cojinetes	1	7,00	7,00	0,8	1,00	0,10	0,10	0,70	0,53	1,00	1,00	1,00	7,00	5,25	1,00	0,50	0,50	0,40	0,30	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de circulación del aceite de cojinetes	2	67,70	135,40	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	67,70	50,78	0,50	1,00	0,50	0,40	0,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de pre-lubricación	2	68,80	137,60	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	68,80	51,60	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de trasiego de aceite de cojinetes	2	1,47	2,94	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,47	1,10	0,50	1,00	0,50	0,40	0,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de trasiego de aceite de cilindros	2	1,10	2,20	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,10	0,83	0,50	1,00	0,50	0,40	0,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Purificadoras centrífugas de aceite de motores auxiliares	2	4,00	8,00	0,8	0,50	1,00	0,50	4,00	3,00	0,50	1,00	0,50	4,00	3,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20	0,10	0,80	0,60
Bombas de alimentación de las purificadoras	2	0,22	0,44	0,8	0,50	1,00	0,50	0,22	0,17	0,50	1,00	0,50	0,22	0,17	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20	0,10	0,04	0,03

Fig. 13.19

13.5.3.- Sistema de refrigeración centralizado.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Bombas de agua salada:	2	31,80	63,60	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	31,80	23,85	0,50	0,80	0,40	25,44	19,08	0,50	0,30	0,15	9,54	7,16
Bombas de agua salada (servicio de puerto)	1	11,30	11,30	0,8	1,00	1,00	1,00	11,30	8,48	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de agua dulce de baja temperatura	2	28,10	56,20	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	28,10	21,08	0,50	0,80	0,40	22,48	16,86	0,50	0,50	0,25	14,05	10,54
Bombas de agua dulce de baja temperatura (servicio de puerto)	1	7,60	7,60	0,8	1,00	0,50	0,50	3,80	2,85	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bombas de agua dulce (alta temperatura) para refrigeración de camisas del motor principal	2	14,20	28,40	0,8	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	14,20	10,65	0,50	0,80	0,40	11,36	8,52	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bomba de agua dulce (alta temperatura) del precalentador de camisas	1	2,10	2,10	0,8	1,00	0,20	0,20	0,42	0,32	1,00	1,00	1,00	2,10	1,58	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,20	0,20	0,42	0,32

Fig. 13.20

13.5.4.- Sistema de aire comprimido.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Compresores principales	2	38,50	77,00	0,8	0,50	0,50	0,25	19,25	14,44	0,50	1,00	0,50	38,50	28,88	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Compresor de aire de emergencia (auxiliar)	1	1,71	1,71	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,71	1,28
Compresor de servicio	1	1,45	1,45	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,45	1,09	1,00	1,00	1,00	1,45	1,09	1,00	1,00	1,00	1,45	1,09

Fig. 13.21

13.5.5.- Servicios de casco y cubierta.**13.5.5.1.- Equipo de gobierno.**

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Servo del timón	1	40,00	40,00	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	40,00	30,00	1,00	0,20	0,20	8,00	6,00	1,00	0,20	0,20	8,00	6,00
Servo auxiliar del timón	1	9,00	9,00	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 13.22

13.5.5.2.-Equipo de fondeo, amarre y remolque.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Molinete	2	60,00	120,00	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	120,00	90,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chigres de amarre	3	75,00	225,00	0,8	1,00	0,05	0,05	11,25	8,44	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 13.23

13.5.5.3.-Servicio de lastre, achique y sentinas.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Bombas pples. de achique	2	20,60	41,20	0,8	1,00	0,20	0,20	8,24	6,18	1,00	0,50	0,50	20,60	15,45	1,00	0,10	0,10	4,12	3,09	1,00	1,00	1,00	41,20	30,90
Bomba de achique de la caja de cadenas	1	17,40	17,40	0,8	1,00	0,10	0,10	1,74	1,31	1,00	1,00	1,00	17,40	13,05	1,00	0,10	0,10	1,74	1,31	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Separador de sentinas	1	3,00	3,00	0,8	1,00	0,10	0,10	0,30	0,23	1,00	1,00	1,00	3,00	2,25	1,00	1,00	1,00	3,00	2,25	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bomba del separador de sentinas	1	0,48	0,48	0,8	1,00	0,20	0,20	0,10	0,07	1,00	1,00	1,00	0,48	0,36	1,00	1,00	1,00	0,48	0,36	1,00	0,10	0,10	0,05	0,04
Bombas de lastre	3	20,55	61,65	0,8	0,67	0,50	0,30	18,50	13,87	0,67	0,60	0,40	24,66	18,50	0,67	0,10	0,07	4,32	3,24	0,67	0,10	0,07	4,13	3,10

Fig. 13.24

13.5.5.4.- Servicio de baldeo y contra incendios.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Bombas contra incendios	2	30,10	60,20	0,8	1,00	0,50	0,50	30,10	22,58	1,00	0,80	0,50	30,10	22,58	1,00	0,10	0,10	6,02	4,52	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bomba de emergencia contra incendios	1	26,00	26,00	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,10	0,10	2,60	1,95	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	26,00	19,50

Fig. 13.25

13.5.5.5.- Sistema de extinción de incendios.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Bomba del tanque de presión de los rociadores	1	32,10	32,10	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	32,10	24,08	1,00	0,10	0,10	3,21	2,41	1,00	1,00	1,00	32,10	24,08

Fig. 13.26

13.5.5.6.- Servicios de elevación, acceso y mantenimiento.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Brazos abatibles	2	11,40	22,80	0,8	1,00	0,50	0,50	11,40	8,55	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chigres para maniobra de escalas reales	2	2,00	4,00	0,8	0,50	1,00	0,50	2,00	1,50	0,50	1,00	0,50	2,00	1,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Chigre para embarcaciones de supervivencia	1	13,20	13,20	0,8	1,00	1,00	1,00	13,20	9,90	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	13,20	9,90
Ascensores	1	2,00	2,00	0,8	1,00	0,20	0,20	0,40	0,30	1,00	0,50	0,50	1,00	0,75	1,00	0,50	0,50	1,00	0,75	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Montacargas	1	0,50	0,50	0,8	1,00	0,20	0,20	0,10	0,08	1,00	0,50	0,50	0,25	0,19	1,00	0,50	0,50	0,25	0,19	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puente grúa motor ppal.	1	2,56	2,56	0,8	1,00	0,20	0,20	0,51	0,38	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grúa motores auxiliares	1	1,50	1,50	0,8	1,00	0,20	0,20	0,30	0,23	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Viga monorraíl del taller	1	1,50	1,50	0,8	1,00	0,20	0,20	0,30	0,23	1,00	0,50	0,50	0,75	0,56	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Taller	1	10,00	10,00	0,8	1,00	0,20	0,20	2,00	1,50	1,00	1,00	1,00	10,00	7,50	1,00	0,50	0,50	5,00	3,75	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Compresor de aire de servicio y control	1	6,00	6,00	0,8	1,00	0,30	0,30	1,80	1,35	1,00	1,00	1,00	6,00	4,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 13.27

13.5.6.- Servicios de habilitación.**13.5.6.1.- Equipo de fonda y hotel.**

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Maquinaria frigorífica para las gambuzas	3	10,00	10,00	0,8	1,00	0,40	0,40	4,00	3,00	1,00	1,00	1,00	10,00	7,50	1,00	1,00	1,00	10,00	7,50	1,00	1,00	1,00	10,00	7,50
Frigoríficos independen.	5	2,70	2,70	0,8	1,00	0,40	0,40	1,08	0,81	1,00	1,00	1,00	2,70	2,03	1,00	1,00	1,00	2,70	2,03	1,00	1,00	1,00	2,70	2,03
Fuentes frías	1	7,80	7,80	0,8	1,00	0,50	0,50	3,90	2,93	1,00	1,00	1,00	7,80	5,85	1,00	1,00	1,00	7,80	5,85	1,00	0,30	0,30	2,34	1,76
Electrodomésticos para cocina	1	45,40	45,40	0,8	1,00	0,40	0,40	18,16	13,62	1,00	1,00	1,00	45,40	34,05	1,00	1,00	1,00	45,40	34,05	1,00	0,30	0,30	13,62	10,22
Equipo de lavandería	1	15,70	15,70	0,8	1,00	0,50	0,50	7,85	5,89	1,00	0,80	0,80	12,56	9,42	1,00	0,20	0,20	3,14	2,36	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 13.28

13.5.6.2.- Equipo de ventilación y aire acondicionado.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Compresores en acomodaciones	1	50,00	50,00	0,8	0,50	0,40	0,20	10,00	7,50	0,50	1,00	0,50	25,00	18,75	0,50	0,70	0,35	17,50	13,13	0,50	0,20	0,10	5,00	3,75
Unidad de acondicionamiento de aire en acomodaciones	1	25,00	25,00	0,8	1,00	0,70	0,70	17,50	13,13	1,00	1,00	1,00	25,00	18,75	1,00	0,70	0,70	17,50	13,13	1,00	0,20	0,20	5,00	3,75
Unidad de acondicionamiento de aire en cabina de control de CM	2	4,00	8,00	0,8	0,50	0,70	0,35	2,80	2,10	0,50	1,00	0,50	4,00	3,00	0,50	0,70	0,35	2,80	2,10	0,50	0,20	0,10	0,80	0,60
Ventiladores de acomodación	1	15,00	15,00	0,8	0,50	0,50	0,25	3,75	2,81	0,50	1,00	0,50	7,50	5,63	0,50	0,50	0,25	3,75	2,81	0,50	0,20	0,10	1,50	1,13
Ventiladores impulsores (65%)	2	20,00	40,00	0,8	0,50	0,50	0,25	10,00	7,50	0,50	1,00	0,50	20,00	15,00	0,50	0,50	0,25	10,00	7,50	0,50	0,20	0,10	4,00	3,00
Ventiladores impulsores (resto)	2	10,00	20,00	0,8	0,50	0,50	0,25	5,00	3,75	0,50	1,00	0,50	10,00	7,50	0,50	0,50	0,25	5,00	3,75	0,50	0,20	0,10	2,00	1,50
Extractores (25%)	2	10,00	20,00	0,8	0,50	0,50	0,25	5,00	3,75	0,50	1,00	0,50	10,00	7,50	0,50	0,50	0,25	5,00	3,75	0,50	0,20	0,10	2,00	1,50
Extractor centrífugo (purificadoras)	1	5,00	5,00	0,8	1,00	0,70	0,70	3,50	2,63	1,00	1,00	1,00	5,00	3,75	1,00	0,70	0,70	3,50	2,63	1,00	0,20	0,20	1,00	0,75

Fig. 13.29

13.5.6.3.- Servicio sanitario.

Consumidor	Nº	P _n (kW)	P _n TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Bombas de agua sanitaria fría	2	1,80	3,60	0,8	0,50	1,00	0,50	1,80	1,35	0,50	1,00	0,50	1,80	1,35	0,50	1,00	0,50	1,80	1,35	0,50	0,20	0,10	0,36	0,27
Bombas de agua sanitaria caliente	4	0,90	3,60	0,8	0,50	1,00	0,50	1,80	1,35	0,50	1,00	0,50	1,80	1,35	0,50	1,00	0,50	1,80	1,35	0,50	0,20	0,10	0,36	0,27
Equipo de potabilización de agua dulce	1	2,00	2,00	0,8	1,00	1,00	1,00	2,00	1,50	1,00	1,00	1,00	2,00	1,50	1,00	1,00	1,00	2,00	1,50	1,00	0,20	0,20	0,40	0,30
Planta de tratamiento de aguas residuales	1	10,00	10,00	0,8	1,00	0,20	0,20	2,00	1,50	1,00	1,00	1,00	10,00	7,50	1,00	0,50	0,50	5,00	3,75	1,00	0,20	0,20	2,00	1,50
Incinerador	1	1,00	1,00	0,8	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,50	0,50	0,50	0,38	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fig. 13.30

13.5.7.- Servicios de navegación, comunicaciones y automatización.

Consumidor	Nº	P _n (kW)	P _n TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Equipos de navegación y comunicaciones	1	40,00	40,00	0,8	1,00	0,30	0,30	12,00	9,00	1,00	1,00	1,00	40,00	30,00	1,00	1,00	1,00	40,00	30,00	1,00	1,00	1,00	40,00	30,00
Equipos de control	1	3,00	3,00	0,8	1,00	1,00	1,00	3,00	2,25	1,00	1,00	1,00	3,00	2,25	1,00	1,00	1,00	3,00	2,25	1,00	1,00	1,00	3,00	2,25

Fig. 13.31

13.5.8.- Servicios de alumbrado e iluminación.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Luces de navegación	1	0,50	0,50	0,8	1,00	0,20	0,20	0,10	0,08	1,00	1,00	1,00	0,50	0,38	1,00	0,20	0,20	0,10	0,08	1,00	1,00	1,00	0,50	0,38
Alumbrado exterior	1	5,28	5,28	0,8	1,00	0,20	0,20	1,06	0,79	1,00	1,00	1,00	5,28	3,96	1,00	0,20	0,20	1,06	0,79	1,00	0,10	0,10	0,53	0,40
Alumbrado interior	1	50,00	50,00	0,8	1,00	0,20	0,20	10,00	7,50	1,00	1,00	1,00	50,00	37,50	1,00	1,00	1,00	50,00	37,50	1,00	0,10	0,10	5,00	3,75

Fig. 13.32

13.5.9.- Otros consumidores eléctricos.

Consumidor	Nº	Pn (kW)	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto					Maniobras					Navegación					Emergencia				
					Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Cargadores de las baterías	2	30,00	60,00	0,8	0,50	0,40	0,20	12,00	9,00	0,50	1,00	0,50	30,00	22,50	0,50	0,20	0,10	6,00	4,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Consumidores eléctricos no tenidos en cuenta (5% del total)	1	262,60	262,60	0,8	1,00	0,10	0,10	26,26	19,70	1,00	0,40	0,40	105,04	82,70	1,00	0,40	0,40	105,04	78,78	1,00	0,10	0,10	26,26	19,70

Fig. 13.33

13.6. Balance Eléctrico Final (Resumen)

Consumidor	Pn TOTAL (kW)	fp	Estancia en puerto				Maniobras					Navegación					Emergencia					
			Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)	Kn	Ksr	Ku	P (kW)	Q (kVAR)
Sist. De Combustible	47,01					7,094	5,3205				35,88	26,91				29,08	21,81				3,05	2,28
Sistema de Aceite	293,58					4,92	3,69				150,29	112,72				1,60	1,20				0,84	0,63
Sist. De Refrigeración	169,20					15,52	11,64				76,20	57,15				59,28	44,46				24,01	18,01
Sist. De Aire Comprimido	80,16					19,25	14,44				39,95	29,96				1,45	1,09				3,16	2,37
Serv. De Casco y Cubierta	49,00					0,00	0,00				40,00	30,00				8,00	6,00				8,00	6,00
	345,00					11,25	8,44				120,00	90,00				0,00	0,00				0,00	0,00
	123,73					28,87	21,65				66,14	49,61				13,66	10,24				45,38	34,03
	86,20					30,10	22,58				32,70	24,53				6,02	4,52				26,00	19,50
	32,10					0,00	0,00				32,10	24,08				3,21	2,41				32,10	24,08
	64,06					32,01	24,01				20,00	15,00				6,25	4,69				13,20	9,90
	81,60					34,99	26,24				78,46	58,85				69,04	51,78				28,66	21,50
	183,00					57,55	43,16				106,50	79,88				65,05	48,79				21,30	15,98
Serv. De Habilitación	20,20					7,60	5,70				16,60	12,45				11,10	8,33				3,12	2,34
Serv. De Nav., Comun. Y Autom.	43,00					15,00	11,25				43,00	32,25				43,00	32,25				43,00	32,25
Serv. De Alumbrado e Iluminación	55,78					11,16	8,37				55,78	41,84				51,16	38,37				6,03	4,52
Otros	322,60					38,26	28,70				135,04	105,20				111,04	83,28				26,26	19,70
TOTAL	1996,22					313,57	235,18				1048,64	790,40				478,93	359,20				284,11	213,08

Fig. 13.34

13.6.1 Análisis del balance eléctrico

Como se observa en la tabla anterior, la potencia máxima demandada se produce durante maniobra.

Lo ideal, a mi parecer, sería instalar 2 + 1 Generador Diesel por motivos de seguridad durante la maniobra, mantenimiento o posibles fallos de uno de los generadores durante un largo periodo.

Por lo tanto, cada Generador debe generar como mínimo 525 kW.

Los motores auxiliares operarán de la siguiente manera:

- 1) Estancia en puerto: opera un motor auxiliar y los otros en stand-by (respeto).
- 2) Maniobrando: dos motores auxiliares operando y el tercero en stand-by (respeto).
- 3) Navegando: ninguno opera (salvo excepciones), ya que se opera con PTO.
- 4) Emergencia: ninguno opera, ya que se opera con el diesel de emergencia.

13.6.2.- Grupos generadores auxiliares.

Los tres grupos (motores auxiliares) se eligen teniendo en cuenta las necesidades de la planta, y son del modelo:

7L16/24H GenSet

MAN-B&W

La siguiente figura 13.35 muestra los valores significativos de cada grupo:

Nº Cilindros	Diámetro Cilindro (mm)	Carrera (mm)	RPM	Frecuencia (Hz)	Potencia Motor (kW)	Potencia Generador (kW)
7	160	240	1200	60	770	730

Fig. 13.35

Siendo su esquema y características principales:

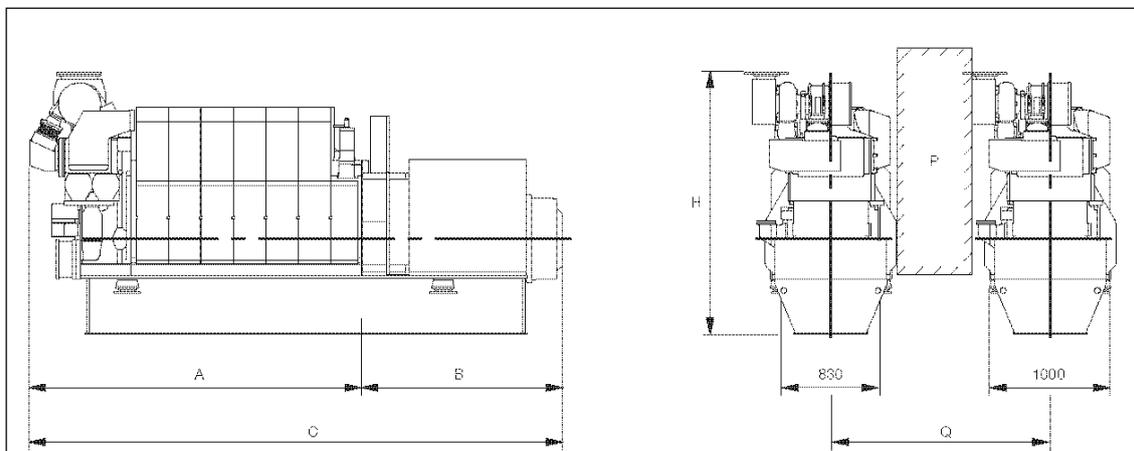


Fig. 13.36

Nº Cilindros	A (mm)	B (mm)	C (mm)	H (mm)	Peso Grupo (Ton)
7	3301	1585	4886	2226	11,4

Fig. 13.37

13.6.3.- Motor diesel de emergencia.

Se ha instalado un grupo (generadores diesel de emergencia) para la generación eléctrica en situación de emergencia. Este grupo (motor diesel de emergencia) es del modelo:

3412C Genset CATERPILLAR

La Fig. 13.38 muestra los valores significativos de este grupo:

Nº Cilindros	Diámetro Cilindro (mm)	Carrera (mm)	RPM	Frecuencia (Hz)	Potencia Motor (kW)	Potencia Generador (kW)
6	137	152	1800	60	-	400

Fig. 13.38

Siendo su esquema y características principales:

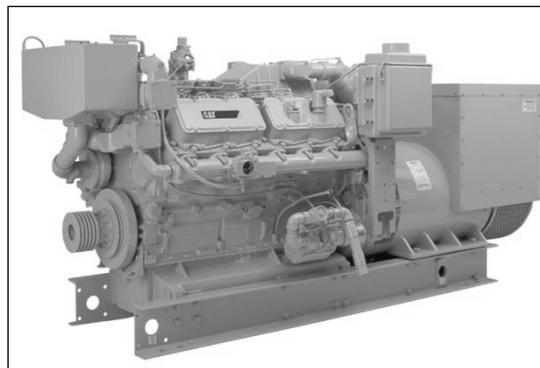


Fig. 13.39

Nº Cilindros	A (mm)	B (mm)	C (mm)	H (mm)	Peso Grupo (Ton)
6	1821	3477	1556	1267	4,327

Fig. 13.40

13.6.4.- Generador de cola (P. T. O.).

El generador de cola es un generador que obtiene la motricidad (potencia mecánica) del motor principal. Va instalada a estribor del motor principal, obteniendo la potencia mecánica de la rueda dentada a proa del motor principal.

Se ha instalado un generador de cola para la generación eléctrica en situación de navegación. Este generador (P. T. O.) es del tipo:

BWIII/RCF Modelo DSG62 L2-4 A. VAN KAICK.

La Fig. 13.41 muestra los valores significativos del grupo:

Tensión (V)	RPM	Frecuencia (Hz)	Potencia Aparente (kVA)	Potencia Reactiva (kW)
440	1800	60	1056	845

Fig. 13.41

Siendo su esquema y características principales en *mm*:

A	B	C	D	F	G	H	S	Masa Con Generador (kg)	Masa Sin Generador (kg)
2455	776	4336	3115	1946	2214	2791	470	26500	23850

Fig. 13.42

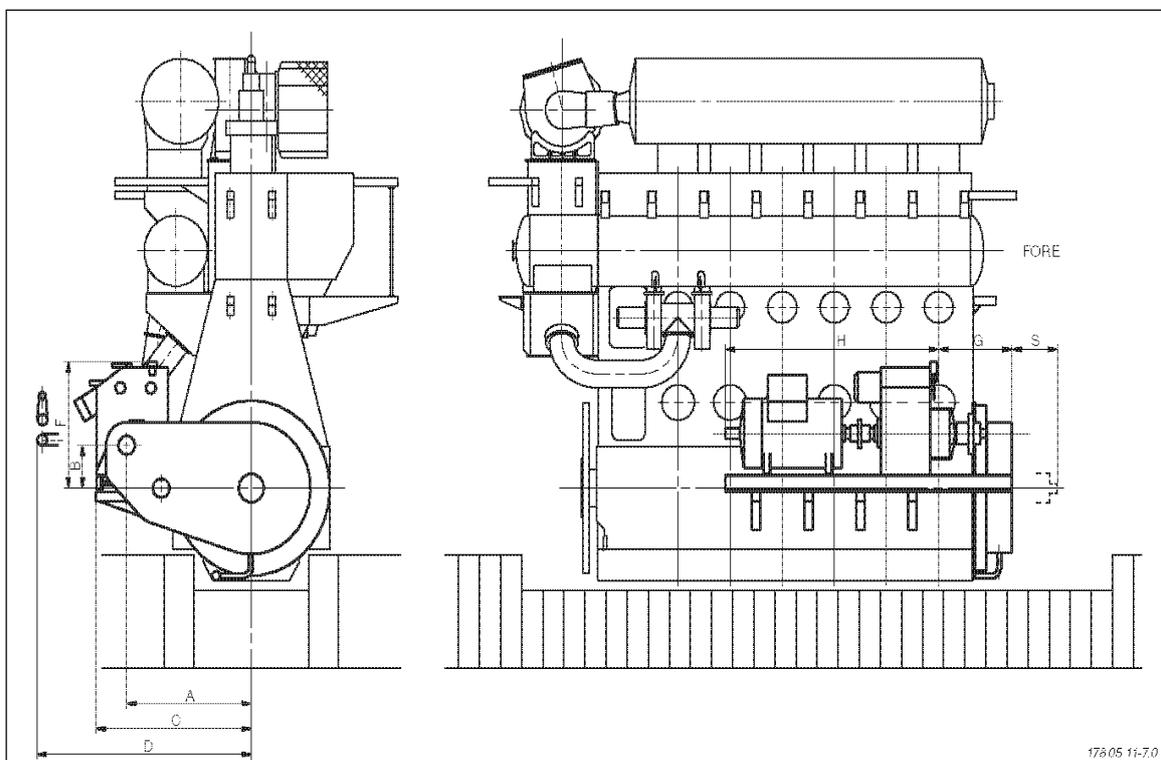


Fig. 13.43

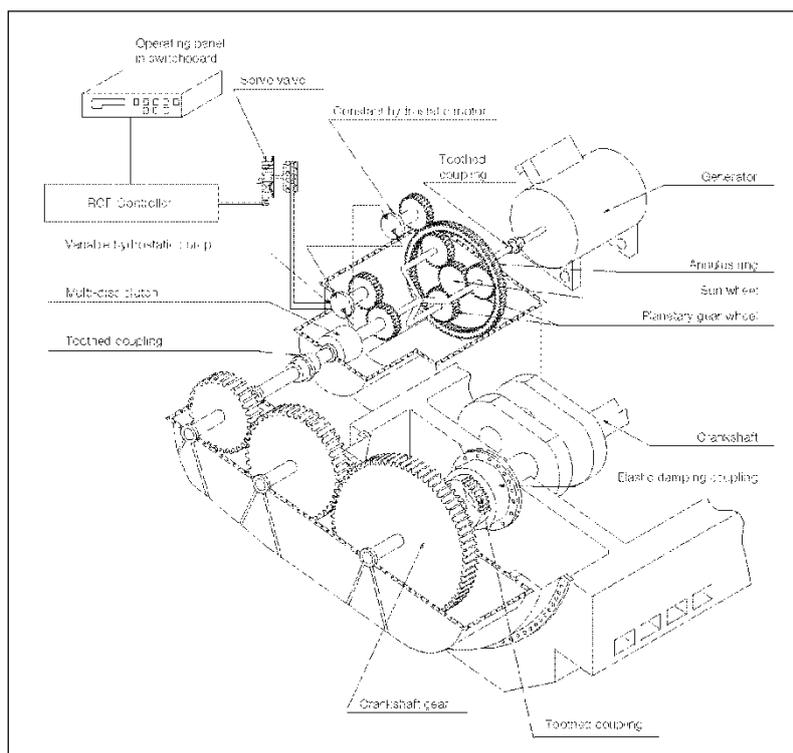


Fig. 13.44

14.- Conclusiones.

Conocer como diseñar una CM es muy útil para el Ingeniero Marino, ya que esto le proporciona una visión general de los "límites de operatividad de la planta". Conocer cuáles son la capacidad de trasiego de combustible, aceites, de limpieza (purificadoras) y llenado de combustible en los tanques diarios, capacidad de calentamiento de los calentadores, etc.

Esto le hace al Ingeniero Marino gestionar la planta con mayor facilidad y eficacia. Esto le permite saber la autonomía prevista según los tanques de almacenamiento diseñados, el rendimiento de las bombas eléctricas (mecánico y eléctricas), consumos eléctricos de los diferentes servicios, etc.

En definitiva, esto permite una mayor seguridad cuando realicemos la operatividad y gestión del buque.

15.- Bibliografía.

1. Ricardo Alvariño Castro, Juan José Azpíroz Azpíroz, y Manuel Meizoso Fernández. El proyecto básico del buque mercante. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos (FEIN), 2007.
2. Mc George, HD (1995). Marine Auxiliary Machinery.
3. MUÑOZ Y PAYRI – Motores de combustión interna alternativos. Public. de UPV. (1984).
4. Baquero, Antonio. Teoría del Buque: Introducción a la propulsión de buques. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 2009.
5. Fernández González, Francisco. Construcción Naval II. Perfiles. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 2005.
6. Casanova Rivas, E. Máquinas para la propulsión de buques, A Coruña: Universidade da Coruña, 2001.
7. Panadero Pastrana, Jesús. Máquinas auxiliares: bombas centrífugas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 1993.
8. López Piñeiro, Amable. Electricidad aplicada al buque. Colección de figuras y características técnicas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.).
9. Belaza Vázquez, A. Electricidad aplicada al buque. Generadores y motores. Distribución eléctrica a bordo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.).
- A. Zurita y Sáenz de Navarrete. Introducción al diseño de cámara de máquinas, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 2001.
10. González de Lema Martínez, F. J. Habilitación del buque. 2ªEd, A Coruña: Universidade da Coruña, 2007.
11. Comas Tunes, E. Equipo y servicios, Volumen IV, Achique de sentinas y lastre. 2º Ed. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 2004.
12. López Piñeiro, Amable. Electricidad aplicada al buque. Iluminación a bordo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 2004.
13. López Piñeiro, Amable. Electricidad aplicada al buque. Distribución a bordo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (E. T. S. I. N.), 2004.
14. Significant Ships.
15. Bureau Veritas. Rules for the classification of steel ships. Ed. 2015.
16. Bureau Veritas. Common Structural Rules for Bulk Carriers. Ed. July 2012.
17. Organización Marítima Internacional (O. M. I.). Reglamento del Solas. SOLAS 74/88. Consolidado 2014.
18. Organización Marítima Internacional (O. M. I.). Reglamento del Marpol. MARPOL 73/78. Consolidado 2011.
19. MAN B&W Diesel S80ME-C Project Guide. Electronically Controlled Two-stroke Engines. MAN B&W Diesel. Marine Engine. IMO Tier II.
20. Web MAN Diesel (MAN-B&W): <http://www.manbw.com/>.
21. MAN B&W Diesel. Installation Aspects of MAN B&W Main and Auxiliary Engines.

ANEXO

Anexo I

Plano de la cámara de máquinas.