



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/2022

Petrolero VLCC con 300000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Pedro Lemos González

TUTOR

Marcos Míguez González

FECHA

JUNIO 2022

PETROLERO VLCC DE 300000 TPM

Castellano:

El presente proyecto comprenderá el diseño de un buque petrolero de 300000 toneladas de peso muerto con 30 tripulantes que sea capaz de navegar grandes distancias típicas en este tipo de buques.

Concretamente este buque será diseñado para hacer el trayecto de carga en Arabia Saudita y descarga en Singapur, China y Japón. Además, la autonomía será de 18.000 millas (~29.000km).

El buque constará además con un sistema de propulsión de gas capaz de reutilizar los gases residuales de la carga de crudo con el fin de mejorar la eficiencia de la turbina de cara a la contaminación del medioambiente y de reducir las presiones en el interior de los tanques de crudo. El sistema de carga y descarga será por cámara de bombas y el resto de equipos e instalaciones serán los habituales en este tipo de buques.

Galego:

O presente proxecto comprenderá o deseño dun buque petroleiro de 300000 toneladas de peso morto con 30 tripulantes que sexa capaz de navegar grandes distancias típicas neste tipo de buques.

Concretamente este buque será deseñado para facer o traxecto de carga en Arabia Saudita e descarga en Singapur, China e Xapón. Ademáis, a autonomía será de 18 millas (~29.000km).

O buque constará ademáis cun sistema de propulsión de gas capaz de reutilizar os gases residuais da carga de crudo co fin de mellorar a eficiencia da turbina de cara á contaminación do medioambiente e de reducir as presións do interior dos tanques de crudo. O sistema de carga e descarga será por cámara de bombas e o resto de equipos e instalacións serán os habituais neste tipo de buques.

English:

The present project involves a crude carrier ship design of 300000 deathweight tonnage with 30 crew that it will be able to sail very large routes, typical in this kind of ships.

Particullary, this ship will be designed to do routes from Arabia Saudi in loading to Singapore, China and Japan in disloading. Moreover, the autonomy will be of 18.000 miles (~29.000 km).

This ship will consist in adition with a gas propulsion system that it will be able to use residual gas from crude to improve the eficiencie of the turbine against the enviromental pollution. That's why the highest presures inside tanks must be reduced in order to difuse danger. Charge system will consist in a pump room and the rest of instalations will be the typical among these kind of ships.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2021/22**

Petrolero VLCC de 300000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno XII:

EQUIPOS Y SERVICIOS.



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2021-2022

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE:

Petrolero

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV, SOLAS y MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:

300000 TPM. Crudos del petróleo y sus derivados con densidad máxima de 0.95 g/ml

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:

14.8 Knots de velocidad de servicio. 18.000 millas a velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:

Cámara de bombas

PROPULSIÓN:

Motor convencional

Combustible: HFO (fuelóleo pesado) y LNG (gas natural licuado)

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 27 de junio de 2022

ALUMNO/A: **D^a Pedro Lemos González**

ÍNDICE

Petrolero VLCC de 300000 TPM.....	2
Índice	5
1 Introducción.	8
2 Equipo de amarre, fondeo y remolque.	10
2.1 Numeral de equipo.....	10
2.2 Equipo de amarre y fondeo.....	11
2.2.1 Dimensiones del carretel.	14
2.2.2 Dimensiones del chigre.....	15
2.2.3 Potencia requerida por el chigre.	15
2.3 Caja de cadenas.	15
2.3.1 Volumen requerido de caja de cadenas.....	16
2.3.2 Diseño de las cajas de cadenas.	16
2.3.3 Diámetro del escobén.	18
2.3.4 Molinetes.	19
2.4 Chain stopper.	21
3 Equipo de salvamento.....	22
3.1 Embarcaciones de supervivencia.....	22
3.1.1 Botes salvavidas.....	22
3.1.2 Balsas salvavidas.	24
3.2 Bote de rescate.....	24
3.3 Aros salvavidas.....	25
3.4 Dispositivos radioeléctricos.....	25
3.5 Dispositivos de localización y búsqueda.	26
3.6 Bengalas para señales de socorro.....	26
3.7 Sistema de comunicaciones a bordo y sistema de alarma.	27
3.8 Dispositivos individuales de salvamento.	28
4 Servicio de sentina.....	30
5 Servicio de lastre.	33
5.1 Tiempo y caudal de lastrado.	33
5.2 Dimensionamiento.	33
6 Servicio sanitario.....	36
6.1 Necesidades de servicio sanitario.....	36

6.2 Dimensionamiento del generador de agua dulce.	38
6.3 Cálculo de caudales nominales.....	39
6.3.1 Compartimentos tipo.....	39
6.3.2 Caudales por cubiertas.....	41
6.4 Presiones de suministro.....	42
6.4.1 Pérdidas de carga del consumidor más desfavorable.....	42
6.4.2 Altura de bombeo.....	45
6.5 Dimensionamiento de las bombas de suministro.....	45
6.6 Pérdidas de carga de recirculación.....	46
6.7 Dimensionamiento de las bombas de recirculación.....	54
6.8 Dimensionamiento del tanque hidróforo.....	55
6.9 Dimensionamiento de los calentadores.....	55
6.10 Planta de tratamientos de aguas residuales.....	57
7 Servicio contra incendios.....	59
7.1 Bombas contra incendios, colectores, hidrantes y mangueras.....	59
7.1.1 Hidrantes y mangueras.....	59
7.1.2 Bombas contra incendios.....	60
7.1.3 Bombas contra incendios de emergencia.....	61
7.1.4 Colector C.I.....	62
7.2 Extintores.....	63
7.3 Instalaciones fijas contra incendios.....	64
7.3.1 Extintores de espuma.....	64
7.3.2 Dispositivos portátiles lanza espuma.....	64
7.3.3 Espacios de máquinas.....	64
7.3.4 Espacios de control, acomodación y espacios de servicio.....	64
7.3.5 Espacios de carga.....	65
7.3.6 Dimensionamiento de las instalaciones C.I. de cámara de máquinas.....	65
7.4 Equipos de detección de incendios.....	66
8 Ventilación.....	67
8.1 Ventilación de espacios.....	67
8.1.1 Selección de ventiladores.....	68
8.2 Ventilación de cámara de máquinas.....	68
8.3 Ventilación de espacios de carga.....	68
9 Elevación y mantenimiento.....	70
10 Equipo de fonda y hotel.....	71
11 Navegación y comunicaciones.....	72

12 Aire acondicionado.....	73
12.1 Condición de verano.	73
12.2 Condición de invierno.	74
12.3 Resultados y dimensionamiento de la planta de AACC.....	74
13 Medios de carga y descarga.	75
14 Sistema de limpieza de carga.	76
15 Calefacción de tanques.....	77
16 Sistema de gas inerte.	79
16.1 Dimensionamiento del sistema de gas inerte.....	79
17 Bibliografía.....	80

1 INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno se define el diseño de los equipos y servicios que forman parte del presente Trabajo de Fin de Grado.

Dicho esto, los equipos que serán instalados son:

- Equipos de amarre, fondeo y remolque.
- Dispositivos y recursos de salvamento.
- Equipo de control del motor propulsor.
- Equipo de comunicaciones y apoyo a la navegación.
- Equipo de acceso y aprovisionamiento.
- Equipos de carga y descarga.

Por otro lado, los servicios que se analizarán son:

- Servicio de casco.
- Servicio de sentinas.
- Servicio contra incendios.
- Servicio de agua dulce.
- Servicio de aireaciones, reboses y sondas de tanques.
- Servicios hidráulicos.
- Servicio sanitario.
- Servicio de tratamiento de residuos y efluentes.
- Servicio de fonda y lavandería.
- Servicio de ventilación, calefacción y aire acondicionado.

Las características principales del buque proyecto son las siguientes:

L_{pp}	325 m
L_{TOTAL}	339,3 m
B	60 m
D	30 m
T	19,665 m
C_b	0,83
C_m	0,99
C_p	0,80
C_{wp}	0,88
Δ	365.984 ton
P_{rosca}	46.442,83 ton
Superficie Mojada	28.080,829 m ²
Velocidad	14,8 Knots

Semiángulo de entrada	51°
Potencia al 85%MCR	39.930,71 kW
RPM	86
Coste de Adquisición	126.795.908,8 €

2 EQUIPO DE AMARRE, FONDEO Y REMOLQUE.

2.1 Numeral de equipo.

El equipo de fondeo se calcula mediante el numeral de equipo definido por las Sociedades de Clasificación, dimensionado para las siguientes suposiciones:

- Fondeo temporal (puerto o área protegida).
- Corriente de 2.5 m/s y viento de 25 m/s.
- Longitud de la cadena de entre 6 y 10 veces la profundidad.

La expresión que utilizaremos será:

$$EN = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \times H \times B + \frac{A}{10}$$

Donde:

Δ : desplazamiento (366.085 ton).

B: manga (60 m).

A: área del perfil del casco por encima de la línea de carga de verano que es de 3.250,74 m², y de la superestructura por encima de la flotación de carga de verano que estén dentro de la eslora del buque con una manga superior a B/4. Para nuestro caso, el perfil de toda la superestructura menos lo que tenemos por encima de la cubierta de puente de gobierno, donde la manga es de 15 metros, y concretando un área de perfil de superestructura de 497,64 m², por tanto:

$$A = 3.250,74 + 497,64 = 3.748,38 \text{ m}^2$$

H: altura efectiva desde la línea de flotación a carga de verano en la cuaderna maestra a la cubierta superior medida en el costado (32 m).

Por tanto:

$$EN = 366.085^{\frac{2}{3}} + 2 \times 32 \times 60 + \frac{3.748,38}{10} = 9.332,29$$

$$EN = 9.332$$

Para poder definir completamente el numeral de equipo, es necesario mencionar que su dimensionamiento es factible gracias a la toma de una serie de supuestos:

- Fondeo temporal, cuando el barco está situado en un área protegida la espera de entrada a puerto.
- Una corriente de 2,5 m/s.
- Un viento de 25 m/s.
- La longitud de la cadena será de entre 6 y 10 veces la profundidad.

Numeral		
Desplazamiento	366085	ton
B	60	m
A	3748,38	m ²
a	8	m
h1+h2+...	24	m
NE	9332	

2.2 Equipo de amarre y fondeo.

Por medio del numeral de equipo debemos pasar a la determinación de más valores reglamentarios, para ello recurrimos al DNV-GL Pt3, Ch.11, Sect.1. Se obtienen así:

- El peso y número de anclas.
- Longitud y diámetro de cadenas.
- Cable de remolque.
- Estachas de amarre.

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾²⁾⁴⁾ (guidance)			
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
7900 to 8399	F*	2	24500	770		137	122	300	1471			
8400 to 8899	G*	2	26000	770		142	127	300	1471			
8900 to 9399	H*	2	27500	770		147	132	300	1471			
9400 to 9999	I*	2	29000	770		152	132	300	1471			
10000 to 10699	J*	2	31000	770			137					
10700 to 11499	K*	2	33000	770			142					
11500 to 12399	L*	2	35500	770			147					
12400 to 13399	M*	2	38500	770			152					
13400 to 14599	N*	2	42000	770			157					
14600 to 16000	O*	2	46000	770			162					

1) For ships with equipment number *EN* less or equal to 2000, having the ratio $A/EN > 0.9$ the following number of mooring lines should be added to number of mooring lines as given by the table:
 One line where $0.9 < A/EN \leq 1.1$,
 two lines where $1.1 < A/EN \leq 1.2$,
 three lines where $1.2 < A/EN$, where *A* is taken as defined in [3.1.2].
 2) Value is applicable for ships with equipment number $1930 < EN \leq 2000$.
 3) Guidance for mooring lines for ships with equipment number $EN > 2000$ is given in [3.3].

Si entramos con el NE calculado anteriormente en esta tabla se obtienen los datos para las características del ancla. Con respecto a las líneas de amarre, la tabla nos lleva al punto 3.3 del mismo documento. Se adjuntan las capturas del DNV.

3.3 Mooring lines for ships with $EN > 2000$

3.3.1 The minimum recommended strength and number of mooring lines for ships with an equipment number $EN > 2000$ are given in [3.3.4] and [3.3.5], respectively.

As an alternative to [3.3.4] and [3.3.5], the minimum strength and number of mooring lines may be determined by direct mooring analysis in line with a recognized procedure e.g. as provided in OCIMF MEG4.

Por tanto, debemos ir a los apartados 3.3.4. para el cálculo de la resistencia mínima de rotura, y al 3.3.5. para el cálculo del número de líneas de amarre.

Así pues:

3.3.4 Minimum breaking strength

The minimum breaking strength, in kN, of the mooring lines shall be taken as:

$$MBL = 0.1 \cdot A_1 + 350$$

The minimum breaking strength may be limited to 1275 kN (130 t). However, in this case the moorings shall be considered as not sufficient for environmental conditions given by [3.3]. For these ships, the acceptable wind speed v_w^* , in m/s, can be estimated as follows:

$$v_w^* = v_w \cdot \sqrt{\frac{MBL^*}{MBL}}$$

where v_w is the wind speed as per [3.3.3], MBL^* the breaking strength of the mooring lines intended to be supplied and MBL the breaking strength as recommended according to the above formula. However, the minimum breaking strength shall not be taken less than corresponding to an acceptable wind speed of 21 m/s:

$$MBL^* \geq \left(\frac{21}{v_w}\right)^2 \cdot MBL$$

If lines are intended to be supplied for an acceptable wind speed v_w^* higher than v_w as per [3.3.3], the minimum breaking strength shall be taken as:

$$MBL^* = \left(\frac{v_w^*}{v_w}\right)^2 \cdot MBL$$

3.3.5 Number of mooring lines

The total number of head, stern and breast lines shall be taken as:

$$n = 8.3 \cdot 10^{-4} \cdot A_1 + 6$$

For oil tankers, chemical tankers, bulk carriers, and ore carriers the total number of head, stern and breast lines shall be taken as:

$$n = 8.3 \cdot 10^{-4} \cdot A_1 + 4$$

The total number of head, stern and breast lines shall be rounded to the nearest whole number.

The number of head, stern and breast lines may be increased or decreased in conjunction with an adjustment to the strength of the lines. The adjusted strength, MBL^{**} , shall be taken as:

$$MBL^{**} = 1.2 \cdot MBL \cdot n/n^{**} \leq MBL, \text{ for increased number of lines,}$$

$$MBL^{**} = MBL \cdot n/n^{**}, \text{ for reduced number of lines,}$$

Where MBL is MBL or MBL^* specified in [3.3.4], as appropriate, n^{**} is the increased or decreased total number of head, stern and breast lines and n the number of lines for the considered ship type as calculated by the above formulas without rounding.

Vice versa, the strength of head, stern and breast lines may be increased or decreased in conjunction with an adjustment to the number of lines.

The total number of spring lines shall be taken not less than:

- two lines where $EN < 5000$
- four lines where $EN \geq 5000$.

The strength of spring lines shall be the same as that of the head, stern and breast lines. If the number of head, stern and breast lines is increased in conjunction with an adjustment to the strength of the lines, the number of spring lines shall be taken as follows, but rounded up to the nearest even number.

$$n_s^* = MBL / MBL^{**} \cdot n_s$$

Where MBL is MBL or MBL^* specified in [3.3.4], as appropriate, n_s is the number of spring lines as given above and n_s^* is the increased number of spring lines.

Visto lo que dice el DNV, podemos calcular la resistencia mínima de rotura (mínimum breaking streng, MBS):

$$MBS = 0,1 \times A_1 + 350$$

$$MBS = 0,1 \times 3.748,38 + 350$$

$$MBS = 724,83 \sim \mathbf{725 \text{ kN}}$$

Con respecto al número de líneas de amarre tenemos los mismo, el DNV dice que el número de líneas de amarre por costado es el siguiente:

$$n = 8,3 \times 10^{-4} \times A_1 + 4$$

$$n = 8,3 \times 10^{-4} \times 3.748,38 + 4$$

$n = 7,11 \sim 7 \rightarrow 7$ en cada costado $\rightarrow 14$ líneas de amarre en total

Letra de equipo	H*
Número de anclas	2
Masa de cada Ancla	27,5 ton
Longitud de cadena	770 m
Diámetro de cadena	132 mm
Resistencia Mínima de Rotura	1.471 kN
Nº de Líneas de Amarre	14
Resistencia Mínima de Rotura de Líneas de Amarre	725 kN

Cabe destacar que para la elección de la cadena nos aparecen hasta tres calidades distintas, escogemos la de grado 3 dado que es la que presenta mayor resistencia a rotura, además de que pesa menos y su eslabón es de menos diámetro, lo cual implica a su vez que se pueda escoger un molinete más pequeño.

Para dimensionar los chigres de maniobra se el artículo técnico de la revista "Ingeniería Naval" de mayo de 1999, "Normas prácticas para el diseño de chigres de carga y maniobra" de D. Juan Carlos Carral Couce y D. Luis Carral Couce. Las suposiciones iniciales son:

- Los dispositivos mecánicos de los chigres de carga y maniobra deben ser capaces de resistir, de manera continua y sin rebasar los límites de tensión admitidos en el diseño, una carga estática superior al 50% de la carga nominal de trabajo.
- Los elementos mecánicos resistirán durante 6.000 horas, de un modo continuado y sin sobrepasar los límites de tensión admitidos, una carga dinámica de las siguientes características:
 - Al 120% de la carga nominal durante 2 minutos.
 - 1 minuto en reposo.
- El motor de chigre debe tener la capacidad de proporcionar una potencia P durante una hora en continuo, dada por:

$$P = \frac{0,23 \times T \times V_S}{\eta_t}$$

Donde:

$$T: \text{tracción nominal en toneladas} \left(\frac{725}{9,81} = 73,9 \text{ ton} \right)$$

$$V_S: \text{velocidad de izada} \left(\text{en nuestro caso será de } 25 \frac{\text{m}}{\text{min}} \right)$$

$$\eta_t: \text{rendimiento de la transmisión} (0,8)$$

- En caso de que el accionamiento sea hidráulico, la presión de trabajo del motor tiene un máximo del 80% de la máxima admisible en continuo.
- El diámetro del carretel será al menos 15 veces el diámetro del cable.

2.2.1 Dimensiones del carretel.

Se debe dimensionar mediante el cálculo del diámetro interior y exterior mínimo y que sirvan de orientación para escoger el modelo winche mas apropiado para el fin designado. El cálculo se realiza como:

$$\delta_{min.interior} = 17 \times \delta_{estacha}$$

$$\delta_{min.exterior} = 3 \times \delta_{min.interior}$$

Por lo tanto, para obtener el diámetro de estacha debemos buscar un catálogo en el que se cumpla el mínimo de resistencia a rotura de 725 kN.

El catálogo de estachas de Bezabala propone los siguientes ejemplos:

Superflex 8 S/T				
Dia	Cir	Peso	Carga de rotura	
mm	in	Kg 100 m	Kg	kN
40	5	91,5	32.000	313,9
44	5 ½	109,0	38.000	372,8
48	6	132,0	44.000	431,6
52	6 ½	150,0	51.000	500,3
56	7	179,0	59.000	578,8
60	7 ½	200,5	67.000	657,3
64	8	226,0	75.000	735,8
68	8 ½	254,0	84.000	824,0
72	9	284,0	94.000	922,1
80	10	349,0	114.000	1.118,3
88	11	420,0	138.000	1.353,8
96	12	500,0	163.000	1.599,0
104	13	583,0	191.000	1.872,0
112	14	674,0	221.000	2.168,0

En nuestro caso, con la estacha de diámetro de 64 mm, cuyo límite de rotura es de 735,8 kN, estaríamos por encima del límite mínimo según el DNV.

Así pues, el carretel tendrá unas dimensiones tales que:

$$\delta_{min.interior} = 17 \times 64 = 1088 \text{ mm}$$

$$\delta_{min.exterior} = 3 \times 1088 = 3264 \text{ mm}$$

La tracción máxima que sufrirá el cable es:

$$T_{max} = \frac{T \times (\delta_{min.exterior} + \delta_{min.interior})}{2 \times (\delta_{min.interior} + \delta_{estacha})}$$

$$T_{max} = \frac{73,9 \times (3264 + 1088)}{2 \times (1088 + 64)} = 139,59 \text{ ton}$$

$$T_{max} = 1.369,38 \text{ kN}$$

Cuando el diámetro mínimo del carretel es mayor de 500 mm, se puede calcular su anchura según la siguiente fórmula:

$$l = 1500 \times L \times \frac{\delta_{estacha}^2}{(\delta_{min.exterior}^2 - \delta_{min.interior}^2)}$$

Sabiendo que L es la longitud del carretel y que sin valor es de 200 mm, obtenemos que:

$$l = 1500 \times 200 \times \frac{64^2}{(3264^2 - 1088^2)} = 129,76 \text{ mm}$$

2.2.2 Dimensiones del chigre.

Según el mismo artículo que en el apartado anterior, el diámetro interior del cabirón vendrá dado por la siguiente expresión:

$$\delta_i = 10 \times \delta_{estacha}$$

$$\delta_i = 10 \times 64 = 640 \text{ mm}$$

La altura del cabirón será:

$$H = \delta_i \times 0,7 + 100$$

$$H = 640 \times 0,7 + 100 = 548 \text{ mm}$$

2.2.3 Potencia requerida por el chigre.

Como ya vimos anteriormente la potencia será:

$$P = \frac{0,23 \times T \times V_S}{\eta_t}$$

Donde:

T: tracción nominal en toneladas, suele adaptarse com:

$$T = 0,33 \times MBL$$

MBL: carga de rotura de la estacha escogida (75000 Kg – f en nuestro caso)

Por tanto:

$$T = 0,33 \times 75000 = 24750 \text{ Kg} = 24,75 \text{ ton}$$

V_S: velocidad de izada (en nuestro caso será de $25 \frac{m}{min}$)

η_t: rendimiento de la transmisión (0,8)

Por tanto:

$$P = \frac{0,23 \times 24,75 \times 25}{0,8} = 177,9 \text{ CV} \times \frac{0,7457 \text{ kW}}{1 \text{ CV}} = 132,6 \text{ kW}$$

Se colocarán entonces 6 chigres de amarre: 2 en zona de popa, 2 en zona de proa y 2 en zona central.

2.3 Caja de cadenas.

2.3.1 Volumen requerido de caja de cadenas.

Habrán dos cajas de cadenas e irán colocadas en la proa del buque del proyecto. Estará situadas de forma simétrica respecto a la línea de crujía y con una base prismática, cuyo volumen se obtiene a partir del numeral de equipo a través de la siguiente expresión:

Chain locker volume function

$$\text{Power function } V_1 = c d_c^b$$

Or

$$\text{Polynomial function } V_1 = c_4 d_c^4 + c_3 d_c^3 + c_2 d_c^2 + c_1 d_c^1 + b$$

Whereby:

V_1 Effective chain locker volume [m³] Volumen por cada 100 m de cadena
 d_c Chain diameter [mm]

Donde:

d : diámetro de la cadena (132 mm)

L : longitud de la cadena estibada en esa caja (m).

La longitud total de la cadena es de 770 metros, cada largo presenta una longitud de 27,5 metros, por tanto, tendremos un total de 28 largos. Así pues, en cada caja se dispondrán 14 largos.

El volumen de las cajas se calcula de forma que ambas puedan llevar el número más alto de largos. En este caso será de 14 también. La longitud de cadena en cada caja es el producto de 27,5 m, que es lo que mide cada largo, por 14, que es el número de largos que contiene cada caja. Dicho esto, cada caja tendrá 385 metros de cadena en su interior.

El volumen de cadenas queda como:

$$V_{\text{caja de cadenas}} = 65 \text{ m}^3$$

Caja de cadenas (cálculo para una caja)		
diam. Cadena	132	mm
Largo cadena (una banda solo)	385	m
Volumen	65,0	m ³
Lados de la caja entre 3,3 m y 5,3 m	4,9 y 4	m

2.3.2 Diseño de las cajas de cadenas.

El volumen de la caja de cadenas se divide en dos partes, V_1 y V_2 .

Este volumen se descompone en dos partes:

Volumen cónico de la zona superior:

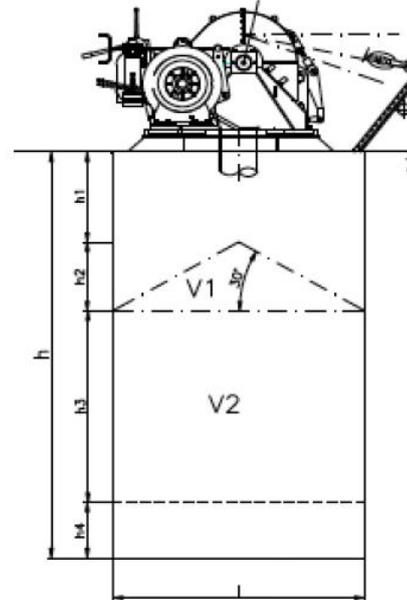
$$V_1 = \frac{h_2}{3} \pi \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

Donde:

- V_1 = Volumen cónico de zona superior (m^3)
- h_2 = Altura de la zona cónica de estiba (m)
- l = Lado inferior o diámetro de la caja de cadenas (m)

Y el volumen de la zona interior, en la que se puede considerar que la cadena ocupa ya todo el volumen de la caja:

$$V_2 = V - V_1$$



2.3.2.1 Cálculo del volumen cónico de la zona superior (V_1).

Como vemos en la imagen anterior, el volumen 1 se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_1 = \frac{h_2}{3} \times \pi \times \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

Donde:

V_1 : volumen cónico de la parte superior en m^3

l : lado inferior en metros. El mínimo recomendado es:

$$l \geq 25 \times d \geq 25 \times 132 \rightarrow l \geq 3.300 \text{ mm}$$

Por razones de diseño y debido a la separación entre cuadernas y longitudinales del buque proyectado, se escoge:

$$l = 4,9 \text{ m (sentido longitudinal)}$$

$$l = 4 \text{ m (sentido transversal)}$$

Por tanto las cajas de cadenas se situarán longitudinalmente entre las cuadernas 355 y la 362, de forma simétrica respecto de la línea de crujía.

h_2 : altura de la zona cónica de estiba en metros.

$$h_2 = \frac{l}{2} \times \tan(30^\circ) = \frac{4,9}{2} \times \tan(30^\circ) = 1,4 \text{ m}$$

Por tanto, el volumen V_1 será:

$$V_1 = \frac{1,4}{3} \times \pi \times \left(\frac{4,9}{2}\right)^2$$

$$V_1 = 8,8 \text{ m}^3$$

2.3.2.2 Cálculo del volumen inferior (V_2).

En esta zona, en el volumen se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_2 = V - V_1$$

$$V_2 = 65 - 8,8 = 56,2 \text{ m}^3$$

2.3.2.3 Cálculo de la altura de la caja de cadenas (h).

La altura de la caja de cadenas viene dada por la siguiente expresión:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

Donde:

h_1 : altura necesaria en metros para la caída y acceso de la cadena a la caja. Se define mediante la siguiente expresión:

$$1,5 \text{ m} \leq h_1 \leq 2,8 \text{ m}$$

h_3 : altura de la zona inferior de la caja de cadenas. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h_3 = \frac{V_2}{l_1 \times l_2}$$

Donde l_1 y l_2 son los lados de la caja de cadenas, en nuestro caso, en el sentido longitudinal medirán 4,9 metros, y en el sentido transversal medirá 4 metros, por tanto:

$$h_3 = \frac{V_2}{l_1 \times l_2} = \frac{56,2}{4,9 \times 4} = 2,9 \text{ m}$$

h_4 : altura considerada para el drenaje de la cadena en metros. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$0,6 \text{ m} \leq h_4 \leq 0,8 \text{ m}$$

En nuestro caso, como se tiene una cadena de grandes dimensiones, se escogen las alturas máximas de h_1 y h_4 . Por tanto, la altura de la caja de cadenas queda definida como:

$$h = 2,8 + 1,4 + 2,9 + 0,8$$

$$h = 7,9 \text{ m}$$

2.3.3 Diámetro del escobén.

El diámetro interior mínimo del escobén se calcula mediante la siguiente expresión, sacada de los apuntes de la asignatura "Sistemas Auxiliares II":

$$D = [(100 - d) \times 0,0367 + 7,5] \times d$$

Donde:

D: diámetro de la bocina del escobén (mm).

d: diámetro de la cadena (132 mm).

Por tanto:

$$D = [(100 - 132) \times 0,0367 + 7,5] \times 132$$

$$D = 834,97 \text{ mm}$$

Sin embargo, el Excel de la asignatura "Proyectos del buque II" nos recomienda un diámetro de escobén de 825 mm, por tanto, escogeremos este último diámetro.

$$D = 825 \text{ mm}$$

Diámetro del Escobén		
diam. Cadena	132	mm

Diam. Escoben	825	mm
---------------	-----	----

2.3.4 Molinetes.

Mediante el mismo uso del artículo técnico de la revista “Ingeniería Naval” realizamos el cálculo de potencia de los molinetes. Es necesario a mayores el seguimiento de el DNV, Pt.3, Chp. 11, St1.

Se instalarán dos molinetes monoancla de eje horizontal, pues este tipo son los usados habitualmente en cadenas de más de 40 mm de diámetro según la misma fuente mencionada.

Cuando el molinete se encuentra en movimiento, todos sus componentes mecánicos deben tener la capacidad de soportar una carga perpendicular a los ejes del propio molinete. Cuando está parado, el barbotén embragado y el freno sin actuar, los elementos deben soportar un tiro aplicado en el diámetro del barbotén igual al 40% de la carga de rotura de la cadena.

El tiro normal del molinete (N) que debe ser aplicable durante al menos 30 minutos, según el DNV, en la página 37 del DNVGL-RU-SHIP-Pt3Ch11, se calcula como:

Table 12 Lifting power

<i>Lifting force and speed</i>	<i>Grade of chain</i>		
	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>
Normal lifting force for 30 min, in N	$37.5 d_c^2$	$42.5 d_c^2$	$47.5 d_c^2$
Mean hoisting speed	9 m/min.		
Maximum lifting force for 2 minutes (no speed requirement)	1.5 · normal lifting force		
d_c = diameter of chain in mm.			

The values of [Table 12](#) are applicable when using ordinary stockless anchors for anchorage depth down to 82.5 m. For anchorage depth deeper than 82.5 m, the normal lifting force according to [Table 12](#) shall be increased by $(D - 82.5) \times 0.27d_c^2$ in N, where D is the anchorage depth in metres.

Guidance note:

The anchor masses are assumed to be the masses as given in [Table 2](#). Also, the value of normal lifting force is based on the hoisting of one anchor at a time, and that the effects of buoyancy and hawse pipe efficiency (assumed to be 70%) have been accounted for.

Es decir:

$$F = 47,5 \times d_c^2$$

Por tanto:

$$F = 47,5 \times 132^2 = 827.640 \text{ N} = 84,37 \text{ ton}$$

- La potencia necesaria del molinete se estima mediante las siguientes expresiones del artículo “Normas prácticas para el diseño de molinetes de ancla”.

Una primera aproximación de la potencia es:

$$P = \frac{6,5 \times d_c^2 \times V_s \times K}{4.500 \times \eta_m}$$

Donde:

d_c : diámetro de la cadena (132 mm).

V_s : velocidad media de elevación (10 m/min según el DNV).

$K=1$

η_m : rendimiento del molinete (0,5).

Por tanto:

$$P = \frac{6,5 \times 132^2 \times 10 \times 1}{4.500 \times 0,5}$$

$$P = 503,36 \text{ CV} \times \frac{0,7354 \text{ kW}}{1 \text{ CV}} = 370,17 \text{ kW}$$

- Por otro lado, la potencia continua necesaria para elevar el ancla será:

$$P = \frac{0,87 \times (P_{ancla} + 0,02 \times d_c^2 \times L) \times V_S}{4.500 \times \eta_m \times \eta_e}$$

Donde:

d_c : diámetro de la cadena (132 mm).

V_S : velocidad media de elevación (10 m/min según el DNV).

η_m : rendimiento del molinete (0,5).

η_e : rendimiento del escobén (0,6).

L: longitud de la cadena (385 metros).

P_{ancla} : peso del ancla (27,5 ton = 27.500 Kg).

Por tanto:

$$P = \frac{0,87 \times (27500 + 0,02 \times 132^2 \times 385) \times 10}{4.500 \times 0,5 \times 0,6}$$

$$P = 1.041,84 \text{ CV} \times \frac{0,7457 \text{ kW}}{1 \text{ CV}} = 777 \text{ kW}$$

- Por último, la potencia para zarpar el ancla durante un período corto de tiempo:

$$P = \frac{(2,1 \times P_{ancla} + 0,02 \times d_c^2 \times L) \times V_S}{4.500 \times \eta_m \times \eta_e}$$

$$P = \frac{(2,1 \times 27500 + 0,02 \times 132^2 \times 385) \times 10}{4.500 \times 0,5 \times 0,6}$$

$$P = 1.421,6 \text{ CV} \times \frac{0,7457 \text{ kW}}{1 \text{ CV}} = 1.060 \text{ kW}$$

Potencia del molinete		
diam. Cadena	132	mm
Largo cadena	385	m
Velocidad izada	10	m/min
Peso ancla	27500	kg
Rendimiento molinete	0,5	
Rendimiento escobén	0,6	

Potencia media izada	776,90	kW
Potencia para zarpar	1060,08	kW

Si analizamos los resultados, vemos que será necesario para arrancar como mínimo 1.060,8 kW, pues la potencia para zarpar es la más elevada de todas y, por tanto, es la más desfavorable.

La normativa, por otro lado, dice que los molinetes deben ser capaces de soportar una sobrecarga del 50% de su fuerza de tiro normal durante 2 minutos.

Dicho esto, si las demás potencias calculadas, sobredimensionadas en un 50%, superan el valor de potencia necesaria para zarpar, debemos escoger esos valores. Los calculamos a continuación:

$$P = 1,5 \times 370,17 = 555,26 \text{ kW}$$

$$P = 1,5 \times 776,9 = 1.165,35 \text{ kW}$$

La potencia media de izada sobredimensionada en un 50% supera el valor de potencia mínima para zarpar, por tanto, la potencia mínima necesaria del molinete será:

$$P = 1.165,35 \text{ kW}$$

2.4 Chain stopper.

El chain stopper y sus accesorios deben ser capaces de aguantar el 80% de la carga mínima de rotura de la cadena sin que existan deformaciones permanentes en las partes involucradas en el esfuerzo. Entonces debe ser capaz de soportar lo siguiente:

$$F = 0,8 \times MBL = 0,8 \times 1.471 = 1.176,8 \text{ kN}$$

3 EQUIPO DE SALVAMENTO.

En este apartado usaremos de material de apoyo la parte B del capítulo III del SOLAS, donde se enumeran y reglan todos los elementos que conciernen al equipamiento de salvamento. Se dispondrán al menos:

- Aparatos radioeléctricos de salvamento.
- Dispositivos de localización y búsqueda (respondedores de radar).
- Bengalas para señales de socorro.
- Sistema de comunicaciones a bordo y con alarma.
- Embarcaciones: botes salvavidas, balsas salvavidas y botes de rescate.
- Dispositivos de salvamento: aros y chalecos salvavidas y trajes de inmersión y protección contra la intemperie.

Se debe tener siempre en cuenta en este apartado el número de tripulantes del buque, en este caso como ya se dijo varias veces en el proyecto, así como dice la RPA, serán un total de 30 tripulantes.

3.1 Embarcaciones de supervivencia.

Para la descripción de este apartado debemos utilizar el SOLAS, concretamente el Capítulo 3, Sección III, regla 31:

3.1.1 Botes salvavidas.

Se disponen dos botes salvavidas a cada costado del buque, a popa del mamparo de colisión, completamente cerrados y a la altura de la cubierta principal. Estos botes pueden ponerse a flote desde el costado del buque y su capacidad a cada costado debe ser suficiente para acoger al total de la tripulación del barco. Además, no deben interferir con ningún otro medio de salvamento.

Se construirán con poliéster reforzado con fibra de vidrio. Cumplirán con los requisitos mínimos de un bote de rescate y podrán recuperarse tras la operación de salvamento. Además, al tratarse de un buque petrolero (carga $FP \leq 60^\circ$), los botes deberán presentar protección contra incendios conforme a la sección 4.9 del código. Por último, todas las embarcaciones de salvamento irán provistas de material reflectante.

A continuación, se adjuntan imágenes del tipo de bote que usaremos en este apartado. Cabe destacar que, estos botes, se estiban en pescantes que puedan soportar su peso y los puedan poner a flote cuando la situación lo requiera.





3.1.2 Balsas salvavidas.

Se instalan 4 balsas salvavidas con capacidad para el 100% de la tripulación a cada banda del buque para 30 personas.

Las balsas serán inflables o rígidas y su masa inferior a 185 Kg, estibadas en una ubicación de fácil acceso y que permita un traslado de una banda a otra en el nivel de la cubierta principal.

Como debe dar cabida a toda la tripulación a cada banda, cada balsa tendrá un mínimo de 15 personas de capacidad. Además, como la distancia desde el extremo de la roda hasta el extremo más próximo de la embarcación de supervivencia más cercana es mayor de 100 metros, se debe disponer otra balsa a en proa. Dicho esto, se disponen un total de 5 balsas salvavidas, tales y como se ve en el ejemplo siguiente:



3.2 Bote de rescate.

Se dispone un bote de rescate de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con capacidad para 6 personas y propulsado con motor diésel. Además, se dispondrá en un pescante para arriar e izar el bote cuando se necesite.

En estos botes se embarca directamente desde su posición en estiba, por lo que se colocará a la altura de la cubierta principal. A continuación, se muestra un ejemplo:



3.3 Aros salvavidas.

Se distribuyen por todas las cubiertas expuestas del buque de forma que tenga un fácil acceso a ambas bandas del buque. Además, como mínimo habrá uno en popa.

Estarán estibados de forma que se puedan utilizar rápidamente y nunca sujetos por elementos de fijación permanente.

A cada banda del buque habrá como mínimo un aro salvavidas provisto de rabiza flotante, de longitud al menos el doble de la altura a la cual vaya estibado por encima de la flotación de navegación marítima con calado mínimo ($2 \times 8 = 16$ m) o al menos 30 m en caso de ser superior.

Como mínimo la mitad de los aros irán provistos de señales luminosas de encendido automático y dos de estos como mínimo llevarán también señales fumígenas de funcionamiento automático. Estos últimos dos aros podrán soltarse rápidamente desde el puente de gobierno. Todos ellos distribuidos de forma análoga en ambas bandas.

Cada aro debe llevar el nombre del buque y del puerto de matrícula de dicho buque en alfabeto romano. Además, el número mínimo de aros para buques de esloras superiores a 200 metros es 14. Por tanto, se disponen 14 aros salvavidas.

Dicho esto, habrá 7 aros a cada banda:

- 3 aros normales a cada banda.
- 1 aro con rabiza a cada banda.
- 2 aros con luz a cada banda.
- 1 aros con luz, humo y quick reléase a cada banda (en puente).

3.4 Dispositivos radioeléctricos.

Según el capítulo III del SOLAS, parte B, Regla 6, "Comunicaciones", al menos se debe proveer el buque con 3 aparatos radioeléctricos bidireccionales de ondas métricas.

Se instalarán entonces, dispositivos VHF portátiles como el mostrado a continuación, concretamente un ENTEL HT644:



3.5 Dispositivos de localización y búsqueda.

Siguiendo la regla del apartado anterior, se debe disponer de un dispositivo de localización y búsqueda a cada banda del buque, estibados en lugares desde donde se pueda colocar rápidamente en cualquier embarcación de supervivencia que no sea balsa.

Se instalan dos respondedores de radar como el mostrado a continuación, de la marca Jotron:



3.6 Bengalas para señales de socorro.

Basándonos nuevamente en la regla 6 mencionada en el apartado 3.4, se deben disponer al menos con 12 cohetes lanza-bengalas con paracaídas en el puente de gobierno o cerca de él.

Se muestra un ejemplo a continuación:

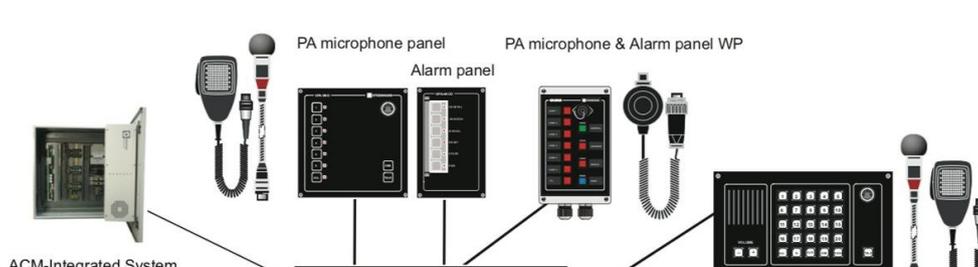


3.7 Sistema de comunicaciones a bordo y sistema de alarma.

Siguiendo la misma regla, se constituirá un equipo de emergencia formado por un equipo fijo, portátil o ambos, para comunicaciones bidireccionales entre puestos de control de emergencias, puesto de reunión y de embarco y puntos estratégicos a bordo.

Se debe instalar también un sistema de alarma general de emergencia que se usará para convocar a la tripulación e iniciar las operaciones indicadas en el cuadro de obligaciones. Este sistema requiere un equipo de altavoces en todos los espacios de habilitación o de trabajo.

Se ve un ejemplo a continuación:



3.8 Dispositivos individuales de salvamento.

En la regla 7 del mismo capítulo del SOLAS ya mencionado, se nos da la información acerca de los chalecos salvavidas y los trajes de inmersión y protección a la intemperie.

- Chalecos salvavidas:

Habrán un chaleco salvavidas por cada persona a bordo del buque. Estos se colocarán de forma que sea accesibles y que su ubicación esté claramente indicada. Además, cada chaleco deberá llevar una luz para chalecos salvavidas.

También se disponen chalecos en otras ubicaciones como las zonas comunes para facilitar el acceso a los mismos en zonas donde está habitualmente la tripulación en un caso de emergencia.

Así pues, tendremos un total de 60 chalecos salvavidas como el que se muestra a continuación:



- Trajes de inmersión y protección a la intemperie:

Se disponen de estos trajes para el número de personas que usarán el bote de rescate, es decir, en este caso será un número de trajes igual a 6 y dos de respeto, cumpliendo así lo descrito por la normativa SOLAS.

4 SERVICIO DE SENTINA.

El servicio de sentinas está formado por las bombas de sentinas, el separador de sentinas y sus respectivos pozos de sentinas. El SOLAS dice que el sistema de achique debe permitir bombear y agotar cualquier compartimento estanco distinto de un espacio destinado a llevar agua dulce, de lastre, combustible o carga líquida de forma permanente.

Las bombas de lastre también pueden ser utilizadas para el servicio de sentinas. Además, cualquier bomba de achique debe ser capaz de bombear agua a través del colector de sentinas a una velocidad mínima de 2 m/s.

El capítulo II-1, regla 35.1, "Medios de bombeo de agua de sentina", establece el diámetro del colector principal de achique:

$$D_{\text{colector principal}} = (1,68 \times \sqrt{L \times (B + D)}) + 25$$

Donde:

L: eslora total del buque proyectado (339,3 m).

B: manga del buque (60 m).

D: puntal de trazado del buque (30 m).

Por tanto:

$$D_{\text{colector principal}} = (1,68 \times \sqrt{339,3 \times (60 + 30)}) + 25$$

$$D_{\text{colector principal}} = 318,58 \text{ mm}$$

El diámetro final de los tubos a montar depende de valores comerciales. En nuestro caso accedemos al catálogo de la marca Sttasa y cogemos el de 12", que es equivalente a 323,85 mm.

Dicho esto, procedemos a calcular el caudal de las bombas según el SOLAS. El número mínimo de bombas es de 3 y el caudal de cada una debe proporcionar al colector principal como mínimo una velocidad de 2 m/s. Viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{mínimo}} = v \times \pi \times \frac{d^2}{2.000} \times 3.600 = 593,1 \frac{m^3}{s}$$

Servicio de sentina			
L	339,3	D	30
B	60		
Diámetro mínimo del colector		318,58	mm
Diámetro comercial seleccionado		323,85	mm
Velocidad mínima		2	m/s
Caudal mínimo unitario bombas		593,1	m ³ /h

Las bombas a instalar deben ser de tipo centrífugo con autocebado.

Sin embargo, debemos determinar la presión. En este caso, las bombas de achique y sentinas serán utilizadas en el sistema contraincendios, por tanto, la presión mínima debe ser

la necesaria en dicho sistema. Esta presión se calculará en el apartado respectivo al sistema contraincendios.

Por otro lado, debemos calcular la potencia eléctrica consumida por la bomba de achique. En los apuntes de la asignatura "Proyectos del Buque II" se facilita su expresión:

Presión en Metros Columna de líquido

$$P = \frac{9,81}{3600 \cdot 10^3} \cdot Q \cdot \rho \cdot P_{re} \cdot \frac{1}{\eta}$$

Donde:

- P = Potencia absorbida por la bomba (KW)
- Q = Caudal de la bomba (m³/h)
- ρ = Densidad del fluido (kg/m³)
- η = Rendimiento de la bomba
- P_{re} = Presión de la bomba (m.c.l.)

Potencia Motor Eléctrico

$$P_{Elect} = P \cdot \frac{100 + \mu}{100}$$

Donde:

- P_{Elect} = Potencia del motor eléctrico (KW)
- P = Potencia absorbida por la bomba (KW)
- μ = Margen seguridad motor eléctrico (10-15%)

Se obtiene lo siguiente:

Elemento	Material (C)	diam	Le/D	Long. EQ	Caudal	Dif altura	Pérdida
		mm		m	m ³ /h	m	bar
Presión requerida en el extremo							3
Tubo Conexión	145	100		5,0	593,1	0	1,3667
Te roscada	145	100	20	2,0	593,1	0	0,5467
Tubo recto	145	100		12,8	593,1	0	3,4925
Codo 90º	145	100	13	1,3	593,1	0	0,3553
Tubo recto	145	100		15,0	593,1	4	4,4925
Válvula retención	145	200	95	19,0	593,1	0	0,1776
Válvula de compuerta	145	200	37	7,4	593,1	0	0,0692
Tubo recto impulsión	145	200		1,0	593,1	1	0,1074
Presión requerida en la bomba							13,61

Dimensionamiento de la bomba		
Caudal	593,1	m ³ /h
Presion	13,61	bar
Densidad	1025	kg/m ³
Rendimiento	0,7	-
Potencia absorbida	316	kW
Potencia eléctrica	348	kW

Así pues, volvemos al catálogo de bombas utilizado en el cuaderno 10, el de SAER Elettropompe y escogemos el modelo que más nos convenga:

1450 RPM

Tipo	P2		In (A) 400V	Is / In	U.S.g.p.m. Q m ³ /h l/min	0	880	1321	1761	2200	2640	2900	3302	3522	3742	3963	4183	4402	4513	4623
	kW	HP				0	3333	5000	6667	8333	10000	11667	12500	13333	14167	15000	15833	16667	17083	17500
NCBKZAP 200-400D	90	125	149,9	7,7		45,1	44,9	44	42,5	39,5	36	31,5	29	26,5	23,5	20	16,5			
NCBKZAP 200-400C	110	150	186,7	7,8	H	51,5	51	50,5	49	46	43	39	37	34,5	31,8	29	25,5	22	20	
NCBKZAP 200-400B	132	180	221,1	7,8	(m)	56,5	56	55	53,7	51,5	49	45,5	43,5	41,5	39	36,5	33,5	30,5	28,5	
NCBKZAP 200-400A	160	220	267,4	7,9		63,5	63	62,8	61,5	60	58	55	53,5	51,5	49,5	47	44,5	41,5	40	38,5

Al tener que escoger como mínimo tres bombas y ser la potencia absorbida total de 316 kW, la potencia unitaria mínima por bomba es de 105,3 kW, por tanto, se escogerán 3 bombas de SAER del tipo "Serie NCBKZ" de caudal 200 m³/h, modelo "NCBKZAP 200-400C", de 110 kW.

5 SERVICIO DE LASTRE.

5.1 Tiempo y caudal de lastrado.

El sistema de lastre aporta estabilidad al buque, de forma que compensa su asiento para las diferentes condiciones de carga en las que pueda trabajar el buque a lo largo de su vida útil.

Según el MARPOL está prohibido lastrar espacios dedicados al crudo por los efectos perjudiciales al medioambiente, además en petroleros de más de 30.000 TPM debe haber tanques de lastre segregados. Así pues, en este buque existen espacios destinados únicamente a la operación de lastrado. Como ya vimos en otros cuadernos, generalmente se sitúan los tanques de lastre en los espacios de doble casco y doble fondo en la zona de carga, además de los piques de popa y proa, que se utilizan para el mismo fin.

Cabe destacar que en nuestro caso se usarán turbo bombas en vez de bombas eléctricas dada la potencia requerida del sistema, que en estos buques suele ser muy alta.

Para calcular y dimensionar las bombas primero debemos saber el volumen total de tanques de lastre en el buque, que lo obtenemos de Maxsurf, en nuestro caso:

$$V_{TOTAL DE LASTRE} = 110.300,011 \text{ m}^3$$

El proceso de lastrado o deslastrado se hace a la vez que el proceso de carga o descarga, por tanto, debe ser el mismo tiempo. En el caso del presente proyectos se toman 15 horas de carga o descarga, por tanto, será el mismo tiempo para el lastrado. Procedemos pues a calcular el caudal necesario:

$$Q_{mínimo} = \frac{V_{TOTAL DE LASTRE}}{t} = \frac{110.300,011}{15} = 7.353,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Servicio de lastre			
Volumen de lastre necesario		110300,011	m3
Tiempo de lastrado		15	h
Caudal necesario		7353,33407	m3/h

5.2 Dimensionamiento.

Siguiendo trabajos y buques similares al nuestro, se dispondrán 8 bombas de lastre de tipo centrífugo, las cuales trabajarán las 5 a la vez. El caudal unitario mínimo por bombas será:

$$Q_{mínimo unitario} = \frac{Q_{mínimo}}{8} = \frac{7353,33}{8} = 919,17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Como trabajan 5 a la vez:

$$Q_{mínimo unitario} = \frac{919,17}{5} = 183,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Procedemos a calcular la potencia y la presión requeridas de forma análoga a apartados anteriores:

Presión en Metros Columna de liquido

$$P = \frac{9,81}{3600 \cdot 10^3} \cdot Q \cdot \rho \cdot P_{re} \cdot \frac{1}{\eta}$$

Donde:

P = Potencia absorbida por la bomba (KW)

Q = Caudal de la bomba (m³/h)

ρ = Densidad del fluido (kg/m³)

η = Rendimiento de la bomba

P_{re} = Presión de la bomba (m.c.l.)

Potencia Motor Eléctrico

$$P_{Elect} = P \cdot \frac{100 + \mu}{100}$$

Donde:

P_{Elect} = Potencia del motor eléctrico (KW)

P = Potencia absorbida por la bomba (KW)

μ = Margen seguridad motor eléctrico (10-15%)

Se obtiene lo siguiente:

Elemento	Material (C)	diam	Le/D	Long. EQ	Caudal	Dif altura	Pérdida	
		mm		m				m
Presión requerida en el extremo							3	
Tubo Conexión	145	100		5,0	183,83	0	0,1561	
Te roscada	145	100	20	2,0	183,83	0	0,0625	
Tubo recto	145	100		12,8	183,83	0	0,3990	
Codo 90°	145	100	13	1,3	183,83	0	0,0406	
Tubo recto	145	100		15,0	183,83	4	0,8608	
Válvula retención	145	200	95	19,0	183,83	0	0,0203	
Válvula de compuerta	145	200	37	7,4	183,83	0	0,0079	
Tubo recto impulsión	145	200		1,0	183,83	1	0,0992	
Presión requerida en la bomba							4,65	bares

Dimensionamiento de la bomba		
Caudal	183,83	m3/h
Presion	4,65	bar
Densidad	1025	kg/m3
Rendimiento	0,75	-
Potencia absorbida	31	kW

Potencia eléctrica	34 kW
--------------------	-------

Así pues, volvemos al catálogo de bombas utilizado en el cuaderno 10, el de SAER Elettropompe y escogemos el modelo que más nos convenga:

1450 RPM

Tipo	P2		In (A)	Is / In	U.S.g.p.m. / Q m ³ /h / l/min	0	880	1321	1761	2200	2640	2900	3302	3522	3742	3963	4183	4402	4513	4623
	kW	HP				0	200	300	400	500	600	700	750	800	850	900	950	1000	1025	1050
	400V	In	0	3333	5000	6667	8333	10000	11667	12500	13333	14167	15000	15833	16667	17083	17500			
NCBKZ4P 200-400D	90	125	140,9	7,7		45,1	44,9	44	42,5	39,5	36	31,5	29	26,5	23,5	20	16,5			
NCBKZ4P 200-400C	110	150	186,7	7,8	H	51,5	51	50,5	49	46	43	39	37	34,5	31,8	29	25,5	22	20	
NCBKZ4P 200-400B	132	180	221,1	7,8	(m)	56,5	56	55	53,7	51,5	49	45,5	43,5	41,5	39	36,5	33,5	30,5	28,5	
NCBKZ4P 200-400A	160	220	267,4	7,9		63,5	63	62,8	61,5	60	58	55	53,5	51,5	49,5	47	44,5	41,5	40	38,5

Al tener que escoger bombas de potencia absorbida unitaria de 31 kW, se escogerán 8 bombas de SAER del tipo “Serie NCBKZ” de caudal 400 m³/h, modelo “NCBKZAP 200-400C”, de 110 kW.

6 SERVICIO SANITARIO.

Este servicio es aquel que reparte agua por el barco destinada al consumo humano, aunque también puede tener fines técnicos como refrigeración de motores o calderas y necesidades higiénicas o sanitarias, duchas, lavandería, cocina, etc.

Para potabilizar el agua existen distintos métodos como por evaporación, mediante ósmosis inversa, entre otras. Cuando se calculen las necesidades de agua potable, se seguirán las normas UNE-EN ISO 15748-1 y UNE-EN ISO 15748-2. Mientras que para el cálculo de desagüe se emplea la norma UNE-EN ISO 15749-1, UNE-EN ISO 15749-2, UNE-EN ISO 15749-3 y UNE-EN ISO 15749-4.

Según la OMI, se utiliza el MARPOL-Anexo IV para el tratamiento de aguas sucias, el cual solo hace referencia a aguas negras.

- Está prohibida la descarga en mar salvo:
 - A más de 3 millas de tierra tras desmenuzar y desinfectar.
 - A más de 12 millas si no se desmenuza ni desinfecta.
 - Que se utilice una instalación de tratamiento de aguas.
 - Situaciones de riesgo o averías.
- Estandarización de las bridas de conexión a tierra:
 - Buques nuevos de más de 400 GT.
 - Buques nuevos con menos de 400 GT de más de 15 pasajeros.
- Tratamiento:
 - Instalación de tratamiento.
 - Sistema para desmenuzar y desinfectar.
 - Sistema de almacenaje que no puede descargar de forma instantánea.

Los tanques de almacén de agua no son estructurales y su material es acero anticorrosivo, se disponen dos tanques de almacén de agua dulce, con un tamaño de 5x5x5 metros, por lo que cada uno tiene un volumen de 125 m³.

6.1 Necesidades de servicio sanitario.

Para una primera estimación de consumo de agua se emplea la siguiente expresión:

$$\text{Cantidad de agua} = N \times \text{días}_{\text{navegación}} \times \frac{\text{consumo de agua}}{\text{tripulante} \times \text{día}}$$

Donde:

N: número de tripulantes (30).

El número de días vienen dados por la autonomía de 18.000 millas a 14,8 nudos:

$$\frac{18.000 \text{ millas}}{14,8 \text{ nudos} \times 24h} = 50,67 \sim 51 \text{ días}$$

El consumo de agua de tripulante por día es de 150 l/persona por día.

Por tanto:

$$\text{Cantidad de agua} = 30 \times 150 \times 51 = 229.500 \text{ litros} = 230 \text{ ton}$$

Se añade un margen del 10%:

$$\text{Cantidad de agua} = 230 \times 1,1 = 253 \text{ ton}$$

Tabla A.2
Valores guía del consumo de agua en diferentes puntos de servicio por persona y día para buques de carga

Punto de servicio	Consumo por cada utilización	Frecuencia de uso por día	Consumo		
			Cantidad total de agua l/día	Agua fría l/día	Agua caliente ^a l/día
Lavabo de pared o pedestal	2	6 ×	12	5	7
Plato de ducha	60	2 ×	120	50	70
Retrete de gravedad ^b	10	6 ×	60	60	–
Retrete de vacío ^b	1,2	6 ×	8	8	–
Urinario ^b	3	5 ×	15 ^c	15 ^c	–
Zona de cocina	–	–	20	8	12
Lavandería ^b	–	–	38	15 ^d	23
Limpieza	–	–	5	2	3

^a Temperatura de 60 °C en la admisión de agua caliente.
^b Si se utiliza agua no potable se reduce el consumo de agua potable proporcionalmente.
^c El uso de urinarios reduce la utilización de retretes.
^d Consumo de los aparatos con conexiones al agua caliente.

Puntos de servicio	Consumo (l/día*persona)		
	agua total	agua fría	agua caliente
Lavabo de pared	12	5	7
Plato de ducha	120	50	70
Retrete de gravedad	60	60	
Zona de cocina	20	8	12
Lavandería	38	15	23
Limpieza	5	2	3
TOTAL	255	140	115

Autonomía	51	días
Personas a bordo	30	Personas

	agua total	agua fría	agua caliente
Consumo medio diario (l/día)	7650	4200	3450
TOTAL (litros)	390150	214200	175950

El agua potable es la utilizada en los servicios de habitación como cocina, lavabos, duchas y lavandería.

Para convertir esta agua en apta para el consumo humano, se deben añadir determinadas sales minerales, así como que se debe disminuir su acidez y esterilizarla. Así pues, se debe disponer de una potabilizadora a bordo.

6.2 Dimensionamiento del generador de agua dulce.

Se debe disponer en el buque de un generador de agua dulce que aporte agua potable con una pureza de 5 ppm. Este generador obtiene agua dulce a través de un intercambiador de calor que evapora el agua de mar para a continuación condensarla, de forma que se extraen sales del agua, e incrementa la salinidad del agua descargada al mar nuevamente.

El proceso de destilación del agua por vacío emplea permite utilizar bajas temperaturas para el calentamiento, además de que, para ello, se aprovecha un 50% del calor disipado de la refrigeración del motor principal.

Se decide instalar un generador de agua dulce del tipo Wärtsilä Single Stage Desalination:



System	Capacity (tons/day)	Thermal power (kWh/t)	Electrical power (kWh/t) ¹	Dry weight (kg)	L x W x H (mm)	Footprint (m ²)	Water quality (ppm)
SSD 1-1	8 - 14 t/d	740	8,5	580	970x960x1680	2	< 8 ppm
SSD 1-2	14 - 22 t/d	740	8,5	620	970x960x1680	2	< 8 ppm
SSD 2-3	22 - 30 t/d	740	8,5	710	1260x960x1680	2,5	< 8 ppm
SSD 2-4	30 - 35 t/d	740	8,5	750	1260x960x1680	2,5	< 8 ppm

Nuestras necesidades de agua diaria son de 7.650 l/día, es decir de 7,65 toneladas de agua. Por tanto, el primer modelo de la tabla sería suficiente para el presente proyecto.

Este generador tiene la capacidad de producir hasta 14 ton/día, cubre de sobra las necesidades de consumo diario, almacenando el resto de producción en los tanques pertinentes a almacén de agua, por tanto, su potencia eléctrica será:

$$P = \frac{14 \frac{\text{ton}}{\text{día}}}{0.03 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \times \text{kW}} = 466,7 \text{ kW}$$

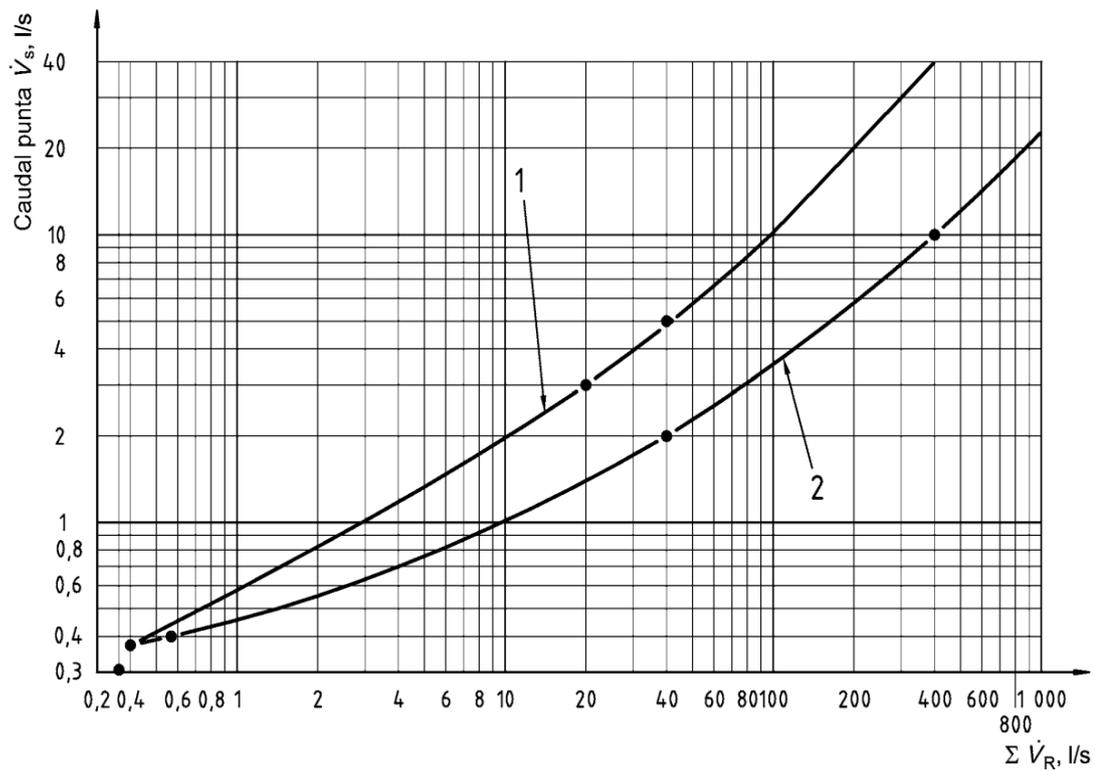
6.3 Cálculo de caudales nominales.

6.3.1 Compartimentos tipo.

EQUIPAMIENTO	PUNTOS DE SERVICIO	PRESION DE FLUJO MINIMO (bar)	CAUDAL TOTAL (l/s)	CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL CALIENTE (l/s)
Aseo completo	llave mezcladora de lavabo	1	0,14	0,07	0,07
	llave mezcladora de ducha	1	0,3	0,15	0,15
	retrete de gravedad	1,5	0,3	0,3	
	TOTAL		0,74	0,52	0,22
Aseo simple	llave mezcladora de lavabo	1	0,14	0,07	0,07
	retrete de gravedad	1,5	0,3	0,3	
	TOTAL		0,44	0,37	0,07
Lavandería	Lavadora	1	0,25	0,25	
Cocina	Cafetera	1	0,15	0,15	
	Fregadero	1	0,28	0,14	0,14
	Lavavajillas	1	0,15	0,15	
	Fuente de agua	1	0,07	0,07	
	pela patatas	1	0,13	0,13	
	TOTAL		0,78	0,64	0,14
Vestuario	4 aseos completos	TOTAL	2,96	2,08	0,88
Gimnasio	2 aseos completos	1	1,48	1,04	0,44
	2 llaves mezcladoras de ducha	1,5	0,6	0,3	0,3
	TOTAL		2,08	1,34	0,74

6.3.2 Caudales por cubiertas.

CUBIERTA	EQUIPAMIENTO	NÚM.	CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL CALIENTE (l/s)	LINEA DE CUBIERTA		LINEA TRONCAL	
					CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL CALIENTE (l/s)	CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL CALIENTE (l/s)
CUBIERTA DE PUENTE	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14	0,74	0,14	0,74	0,14
CUBIERTA Nº10	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14	0,74	0,14	1,48	0,28
CUBIERTA Nº9	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14	0,74	0,14	2,22	0,42
CUBIERTA Nº8	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14	6,46	2,56	8,68	2,98
	ASEOS COMPLETOS	11	5,72	2,42				
CUBIERTA Nº7	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14	11,14	4,54	19,82	7,52
	ASEOS COMPLETOS	20	10,4	4,4				
CUBIERTA Nº6	LAVANDERÍA	1	0,25	0	2,33	0,88	22,15	8,4
	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14				
	GIMNASIO	1	1,34	0,74				
CUBIERTA Nº5	COCINA	1	0,64	0,14	1,38	0,28	23,53	8,68
	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14				
CUBIERTA PRINCIPAL	ASEOS SIMPLES	2	0,74	0,14	4,9	1,9	28,43	10,58
	VESTUARIOS	2	4,16	1,76				
					CAUDAL TOTAL		39,01	



- Leyenda
 1 Buque de pasaje
 2 Buque de carga

Fig. A.3 – Caudal punta \dot{V}_S en función de la suma de caudales $\Sigma \dot{V}_R$

	Caudal Total	Caudal Punta
Agua fría	28,43	1,8
Agua caliente	10,58	1
Total	39,01	2

6.4 Presiones de suministro.

6.4.1 Pérdidas de carga del consumidor más desfavorable.

El consumidor más desfavorable es aquel que se encuentra a mayor altura y además tiene la ruta más larga posible. En nuestro caso, el consumidor más desfavorable se encuentra en los aseos de puente de gobierno. A 51 metros sobre línea de base.

PERDIDA DE CARGA AL COSUMIDOR MAS DESFAVORABLE (SUMINISTRO DE AGUA FRÍA)								
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO	CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA FRIA (l/s)	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA FRÍA	DIFERENCIA DE PRESION AGUA FRÍA (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA FRÍA (mbar)
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	0,74	0,4	1,4	20	27	81
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	1,48	0,5	2	20	52	156
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	2,22	0,55	2	20	52	156
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	8,68	0,95	1,4	32	15	45
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	19,82	1,35	1,4	40	11,5	34,5
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	22,15	1,55	2	40	23	69
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	23,53	1,6	2	40	23	69
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	28,43	1,7	2	40	23	1039,6
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	0,74	0,4	1,4	20	27	121,5
TOTAL (bar)								1,7716

PERDIDA DE CARGA AL COSUMIDOR MAS DESFAVORABLE (SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE)								
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO	CAUDAL CALIENTE (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA CALIENTE (l/s)	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA FRÍA	DIFERENCIA DE PRESION AGUA FRÍA (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA FRÍA (mbar)
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	0,14	0,3	1,4	15	36	108
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	0,28	0,3	2	12	95	285
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	0,42	0,38	2	15	70	210
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	2,98	0,65	1,4	25	20	60
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	7,52	0,9	1,4	32	15	45
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	8,4	0,95	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	8,68	0,98	2	25	40	120
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	10,58	1	2	25	40	1808
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	0,14	0,3	1,4	15	36	162
TOTAL (bar)								2,918

6.4.2 Altura de bombeo.

La distancia vertical desde la bomba al consumidor más alto es de 51 metros, por tanto:

ALTURA DE BOMBEO SUMINISTRO AGUA FRIA		
	Diferencia de altura	bar
GEOMÉTRICA	51	5,00
PÉRDIDAS DE CARGA		1,77
VALVULAS Y ACCESORIOS		2,66
PRESIÓN MÍNIMA (mínimo 1,5 bar)		1,50
MARGEN 10%		1,09
TOTAL		12,03

ALTURA DE BOMBEO SUMINISTRO AGUA CALIENTE		
	Diferencia de altura	bar
GEOMÉTRICA	51	5,00
PÉRDIDAS DE CARGA		2,92
VALVULAS Y ACCESORIOS		4,38
PRESIÓN MÍNIMA (mínimo 1,5 bar)		1,50
MARGEN 10%		1,38
TOTAL		15,18

6.5 Dimensionamiento de las bombas de suministro.

Se disponen dos bombas de suministro y otras dos de circulación, una para agua fría y otra para caliente, centrífugas. Se considera que las bombas de suministro son comunes para el agua caliente y fría.

Su caudal total con un margen del 10% es de:

$$Q_{TOTAL} = 2 \times 1,1 = 2,2 \frac{l}{s}$$

Así pues, un caudal punta de:

$$Q_{TOTAL PUNTA} = 2,2 \frac{l}{s} \times \frac{60s}{1min} \times \frac{60 min}{1 h} \times \frac{1 m^3}{1000 l} = 7,92 \frac{m^3}{h}$$

A la presión de bombeo se le suman 2 bar como margen (15,18+2 = 17,18 bar), por tanto:

Dimensionamiento de la bomba		
Caudal	7,92	m ³ /h
Presion	17,18	bar
Densidad	1000	kg/m ³
Rendimiento	0,6	-
Potencia absorbida	6	kW
Potencia eléctrica	7	kW

Así pues, volvemos al catálogo de bombas utilizado en apartados anteriores, el de SAER Elettropompe y escogemos el modelo que más nos convenga:

1450 RPM

Tipo	P2		ln (A)	Is / ln	U.S.g.p.m. / Q m ³ /h	0	110	132	176	198	220	242	264	286	308	330	350	396	440	484	506	528	572	616
	kW	HP				400 V	0	25	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100	110	115	120	130
NCBZ4P 65-125A	0,75	1	1,8	5,5		6,1	5,6	5,4	4,7	4,2	3,7	3,1												
NCBZ4P 65-160A	1,5	2	3,4	6,4		10,4	10,3	10,1	9,5	9,1	8,7	8,2	7,6											
NCBZ4P 65-200A	3	4	6,5	6,5		13,5	13,4	13	12,2	11,7	11,1	10,4	9,6	8,6	7,5	6,1	4							
NCBZ4P 65-200NA	3	4	6,5	6,5		17,7	17,3	16,9	16	15,5	15	14,2	13,4	12,4	11,6	10,5	9,3							
NCBZ4P 65-250NB	4	5,5	8,6	6,1		19	18,7	18,6	18,3	18	17,6	17	15,8	14										
NCBZ4P 65-250NA	5,5	7,5	11	7,2		22,2	22	21,8	21,4	21	20,6	20	19,5	18,8	17,8	16,8	15,6	13						
NCBZ4P 65-315C	9,2	12,5	20	7,8	h (m)	28,5	28,3	28,2	27,7	27,3	27	26,4	25,7	25	24,7	23,5	23	21,2	19	16,2	15,1	14		
NCBZ4P 65-315B	11	15	22	7,3		33		32,6	32,2	32	31,7	31,4	31	30,5	30,4	30	29	27	24,3	21,3	20,1	18,8		
NCBZ4P 65-315A	15	20	28,5	7,5		43		42	41	40,5	40,2	40	39,2	38,6	37,9	37,2	36,5	35	33,2	31	29,9	28,8	26,3	23,7
NCBZ4P 65-400C	18,5	25	34	7,6		47			46	45,5	45	44,5	44	43	42	41,3	40,5	38,5	36,5	34,5	33			
NCBZ4P 65-400B	22	30	40	7,8		56,4			56	55,4	54,8	54,4	54	52,9	51,8	51,1	50,4	48	46					
NCBZ4P 65-400B1	30	40	53,3	7,5		56,4			56	55,4	54,8	54,4	54	52,9	51,8	51,1	50,4	48	46	44,1	42,3	40,5		
NCBZ4P 65-400A	30	40	53,3	7,5		65,3			65	64,9	64,7	64,4	64	63,5	63	62,5	62	60	59	57	55,8	54,5		

Se escogen 2 bombas del catálogo de SAER del tipo “NCBK/NCBKZ” de caudal 100 m³/h, modelo “NCBKZ4P 65-315C”, de 9,2 kW.

6.6 Pérdidas de carga de recirculación.

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM
 CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

PERDIDA DE CARGA RUTA MAS LARGA CIRCUITO RECIRCULACION (AGUA FRIA)								
NOMENCLATURA	LONGITUD TRAMO	CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA FRIA (l/s)	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA FRÍA	DIFERENCIA DE PRESION AGUA FRÍA (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA FRÍA (mbar)	
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	0,74	0,4	1,4	20	27	81
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	1,48	0,5	2	20	52	156
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	2,22	0,55	2	20	52	156
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	8,68	0,95	1,4	32	15	45
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	19,82	1,35	1,4	40	11,5	34,5
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	22,15	1,55	2	40	23	69
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	23,53	1,6	2	40	23	69
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	28,43	1,7	2	40	23	1039,6
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	0,74	0,4	1,4	20	27	121,5
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	0,74	0,4	1,4	20	27	121,5
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	28,43	1,7	2	40	23	1039,6
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	23,53	1,6	2	40	23	69
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	22,15	1,55	2	40	23	69
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	19,82	1,35	1,4	40	11,5	34,5
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	8,68	0,95	1,4	32	15	45
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	2,22	0,55	2	20	52	156
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	1,48	0,5	2	20	52	156
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	0,74	0,4	1,4	20	27	81
							TOTAL (bar)	3,54

ALTURA DE BOMBEO RECIRCULACION AGUA FRIA	
	bar
PÉRDIDAS DE CARGA	3,54
VALVULAS Y ACCESORIOS	5,31
MARGEN 40%	3,54
<i>TOTAL (bar)</i>	12,40

VOLUMEN DE RECIRCULACION DEL SUMINISTRO DE AGUA FRÍA					
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO	DN TUBERÍA AGUA FRÍA	VOLUMEN AGUA EN TUBERIAS DE AGUA FRÍA (l/m)	VOLUMEN AGUA FRÍA (l)
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	20	0,366	1,1
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	20	0,366	1,1
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	20	0,366	1,1
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	32	1,012	3,0
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	40	1,372	4,1
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	40	1,372	4,1
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	40	1,372	4,1
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	40	1,372	62,0
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	20	0,366	1,6
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	20	0,366	1,6
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	40	1,372	62,0
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	40	1,372	4,1
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	40	1,372	4,1
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	40	1,372	4,1
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	32	0,366	1,1
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	20	0,366	1,1
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	20	0,366	1,1
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	20	0,366	1,1
				Total (l)	162,7

PERDIDA DE CARGA RUTA MAS LARGA CIRCUITO RECIRCULACION (AGUA CALIENTE)								
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO	CAUDAL CALIENTE (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA CALIENTE (l/s)	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA CALIENTE	DIFERENCIA DE PRESION AGUA CALIENTE (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA CALIENTE (mbar)
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	0,14	0,3	1,4	15	36	108
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	0,28	0,3	2	15	27	81
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	0,42	0,38	2	15	70	210
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	2,98	0,65	1,4	25	20	60
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	7,52	0,9	1,4	32	15	45
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	8,4	0,95	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	8,68	0,98	2	25	40	120
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	10,58	1	2	25	40	1808
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	0,14	0,3	1,4	15	36	162
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	0,14	0,3	1,4	15	36	162
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	10,58	1	2	25	40	1808
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	8,68	0,98	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	8,4	0,95	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	7,52	0,9	1,4	32	15	45
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	2,98	0,65	1,4	25	20	60
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	0,42	0,38	2	15	70	210
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	0,28	0,3	2	15	27	81
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	0,14	0,3	1,4	15	36	108
							TOTAL (bar)	5,43

ALTURA DE BOMBEO RECIRCULACION AGUA CALIENTE	
	bar
PÉRDIDAS DE CARGA	5,43
VALVULAS Y ACCESORIOS	8,14
MARGEN 40%	5,43
<i>TOTAL (bar)</i>	19,00

VOLUMEN DE RECIRCULACION DEL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE					
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO	DN TUBERÍA AGUA CALIENTE	VOLUMEN AGUA EN TUBERIAS DE AGUA CALIENTE (l/m)	VOLUMEN AGUA CALIENTE (l)
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	15	0,201	0,6
TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	15	0,201	0,6
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	15	0,201	0,6
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	25	0,581	1,7
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	32	1,012	3,0
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	25	0,581	1,7
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	25	0,581	1,7
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	25	0,581	26,3
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	15	0,201	0,9
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	4,5	15	0,201	0,9
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	45,2	25	0,581	26,3
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL-CUBIERTA Nº5	3	25	0,581	1,7
TRONCO	CUBIERTA Nº5-CUBIERTA Nº6	3	25	0,581	1,7
TRONCO	CUBIERTA Nº6-CUBIERTANº7	3	32	1,012	3,0
TRONCO	CUBIERTA Nº7-CUBIERTA Nº8	3	25	0,581	1,7
TRONCO	CUBIERTA Nº8-CUBIERTA Nº9	3	15	0,201	0,6

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM
 CUADERNO XII: EQUIPOS Y SERVICIOS

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

TRONCO	CUBIERTA Nº9-CUBIERTA Nº10	3	15	0,201	0,6
TRONCO	CUBIERTA Nº10-CUBIERTA PUENTE	3	15	0,201	0,6
				Total (I)	74,5

6.7 Dimensionamiento de las bombas de recirculación.

El número de bombas empleadas en la recirculación también será 2, una para agua caliente y otra para agua fría.

El caudal debe ser tal que se proporcionen tres renovaciones por hora del volumen total de las tuberías. Como cada circuito está compuesto por un ramal de subida y otro de bajada se ha multiplicado por 2 el caudal obtenido para las bombas de recirculación.

$$Q_{\text{recirculación agua fría}} = 162,7 \times \frac{3 \text{ renovaciones}}{h} \times 2 = 976,2 \frac{l}{h}$$

$$976,2 \frac{l}{h} \times \frac{1m^3}{1000} = 0,976 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{\text{recirculación agua caliente}} = 74,5 \times \frac{3 \text{ renovaciones}}{h} \times 2 = 447 \frac{l}{h}$$

$$447 \frac{l}{h} \times \frac{1m^3}{1000} = 0,447 \frac{m^3}{h}$$

La presión será de:

$$P_{\text{recirculación agua fría}} = 12,4 \text{ bar}$$

$$P_{\text{recirculación agua caliente}} = 19 \text{ bar}$$

Dimensionamiento de la bomba		
Caudal	0,976	m3/h
Presion	12,4	bar
Densidad	1000	kg/m3
Rendimiento	0,6	-
Potencia absorbida	1	kW
Potencia eléctrica	1	kW

Dimensionamiento de la bomba		
Caudal	0,447	m3/h
Presion	19	bar
Densidad	1000	kg/m3
Rendimiento	0,6	-
Potencia absorbida	0	kW
Potencia eléctrica	0	kW

Se puede observar que se necesitan bombas muy pequeñas que ni llega al kW de potencia, escogeremos las de menor tamaño del catálogo.

Tipo	Motor		In(A) 3~ 400 V	U.S.g.p.m.											
				Q	H[m]										
	kW	HP			0	70	97	110	123	141	158	176	198		
						0	16	22	25	28	32	36	40	45	
						0	269	367	417	467	533	600	667	750	
NR-201A/2*	5,5	7,5	12,2		53	48	45	43	41	37	33	28	21		
NR-201A/3*	7,5	10	16,3		79	72	68	64	62	56	49	42	31		
NR-201A/4*	9,2	12,5	19,9		105	97	90	86	82	74	65	55	41		
NR-201A/5*	13	17,5	27,7		132	120	113	107	103	93	81	69	51		
NR-201A/6*	15	20	30,4		158	145	136	129	124	111	98	83	62		
NR-201A/7*	18,5	25	38		184	169	158	150	144	130	114	97	72		
NR-201A/8*	22	30	43,7		211	193	181	171	165	148	130	111	82		
NR-201A/9*	22	30	43,7		237	217	203	193	185	167	146	125	92		
NR-201A/10*	26	35	53,3		263	241	226	214	206	185	162	138	103		
NR-201A/11*	26	35	53,3		290	265	248	236	226	204	179	152	113		
NR-201A/12*	30	40	60,2		316	289	271	257	247	222	195	166	123		
NR-201A/14*	37	50	73		366	334	315	303	288	264	231	197	144		
NR-201A/16	45	60	89		421	385	361	343	329	296	260	221	164		
NR-201A/18	45	60	93		474	433	406	386	370	333	293	249	185		
NR-201A/20	52	70	105		527	482	452	428	412	370	325	277	205		
NR-201A/22	60	80	110		571	524	493	472	447	407	353	295	223		
NR-201A/24	60	80	118		632	578	542	514	494	444	390	329	236		
NR-201A/26	67	90	131		686	629	595	572	541	498	438	367	267		

Se escogen 2 bombas del catálogo de SAER del tipo “Serie NR-201” de caudal 16 m³/h, modelo “NR-201^a/8”, de 22 kW.

6.8 Dimensionamiento del tanque hidróforo.

La misión de este tanque es suministrar agua a presión al circuito, evitando el continuo arranque y paro de bombas. Su funcionamiento se basa en la compresibilidad del gas de su interior, donde la presión de trabajo será la misma que la de suministro.

Estos tanques están provistos de sistemas de seguridad y mantenimiento compuestos por: nivel de agua, grifo de purga, manómetro y conmutador de control a presión, válvula de seguridad y accesos para limpiarlo.

Como pone en los apuntes de la asignatura de Proyectos del Buque II, como el caudal de suministro es superior a 40 m³/h (42,91 m³/h), no se instala tanque hidróforo, por lo que el suministro será directo.

6.9 Dimensionamiento de los calentadores.

Si se observa la siguiente tabla:

Tabla A.6
 Valores guía de los volúmenes de los calentadores de agua, potencia de calentamiento y calentadores adicionales

Número de personas	Volumen del calentador de agua l	Potencia de calentamiento kW	Tiempo de calentamiento desde 10 °C hasta 65 °C min	Cantidad en l de agua mezclada de 40 °C a producir en		Potencia de calentamiento adicional kW
				1 h	2 h	
1 a 10	200	15	51	660	1 030	8
	300	10	115	680	930	5
11 a 20	400	30	51	1 320	2 060	15
	650	20	125	1 440	1 940	10
21 a 30	650	40	62	1 940	2 920	20
	1 000	20	192	1 960	2 450	10
31 a 50	1 000	40	96	2 450	3 440	20
	1 500	25	230	2 820	3 440	13
51 a 75	1 000	80	48	3 440	5 400	40
	1 500	60	96	3 680	5 160	30
	2 000	40	192	3 930	4 910	20
76 a 100	2 000	80	96	4 910	6 880	40
	3 000	40	288	5 400	6 380	20
101 a 150	3 000	100	115	6 880	9 330	50
	5 000	40	480	8 350	9 330	20
151 a 200	3 000	160	72	8 350	12 280	60
	5 000	100	192	9 820	12 280	50
201 a 300	5 000	200	96	12 280	17 200	60
	7 000	150	179	14 000	17 690	50
301 a 500	7 000	300	90	17 690	25 060	70
	10 000	200	192	19 650	24 570	60
501 a 700	7 000	400	67	20 140	29 970	80
	10 000	300	128	22 110	29 480	70
701 a 1 000	10 000	550	70	28 250	41 770	100

NOTA 1 – Por regla general, no se utilizan calentadores individuales de agua de más de 3 000 l de capacidad. Para demandas superiores de agua se deben instalar dos o más calentadores de agua de un tamaño apropiado, o calentadores de flujo continuo.
 NOTA 2 – Para cada número de personas se indican dos posibilidades de volumen de agua.
 NOTA 3 – La columna “Potencia de calentamiento adicional” tiene en cuenta el suministro de agua potable que hay que asegurar en puerto (véase el apartado 11.1).

Para 30 tripulantes se obtiene que:

$$V = 1000 \text{ litros}$$

Y la potencia calorífica:

$$Q = 40 \text{ kW}$$

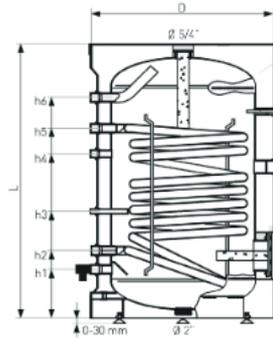
Se escoge entonces, del catálogo de “Aparici” tres acumuladores con intercambiador de calor, uno de ellos de respeto, pues con dos ya se cumple el requisito de volumen. Serán los modelos “ACS 500”, de 500 litros de capacidad cada uno.

Información Técnica

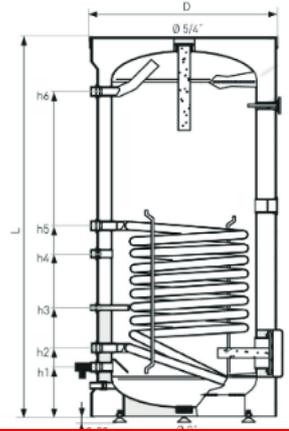
ESQUEMA DIMENSIONAL

MODELO	ACS 200	ACS 250	ACS 300	ACS 400	ACS 500
CAPACIDAD	200	250	300	400	500
CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIADOR					
TIPO DE SERPENTÍN	SERPENTÍN ESMALTADO				
Presión máxima de trabajo del serpentín (bar)	16	16	16	16	16
Máxima temperatura de trabajo del serpentín (°c)	110	110	110	110	110
Superficie (m2)	1.4	1.4	1.4	1.8	2.0
Volumen agua intercambiador (l)	9.8	9.8	9.8	12.6	14
Potencia intercambiador de calor (70/10/45°C) (kw)	33.6	33.6	33.6	43	48
Capacidad de producción de agua caliente a 45°C (l/h)	800	800	800	1030	1150
Potencia intercambiador de calor (80/10/45°C) (kw)	44.8	44.8	44.8	57.6	64
Capacidad de producción de agua caliente a 45°C (l/h)	1070	1070	1070	1380	1530
Demanda de agua caliente para el primario (m3/h)	2.7	3.0	3.0	3.0	3.0
CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE					
DEPÓSITO ESMALTADO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
ÁNODO DE MAGNESIO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
P. NOMINAL	9 bar				
P. VALVULA	10 bar				
DIMENSIONES					
MODELO	ACS 200	ACS 250	ACS 300	ACS 400	ACS 500
L	1100	1300	1360	1660	1890
D	670	670	670	700	700
h1 - entrada agua fría al tanque (G1")	210	210	210	240	240
h2 - salida de agua del serpentín (G1")	290	185	290	320	320
h3 - sonda termostato (G3/8")	435	440	435	570	530
h4 - recirculación agua (G3/4")	680	600	650	770	850
h5 - entrada de agua al serpentín (G1")	790	755	750	870	970
h6 - salida agua caliente del tanque (G1")	860	1085	1135	1420	1650

ACS 200



ACS 250-500



6.10 Planta de tratamientos de aguas residuales.

Se siguen en este apartado las normas UNE-EN ISO 15749-1, UNE-EN ISO 15749-2, UNE-EN ISO 15749-3 y UNE-EN ISO 15749-4.

La planta séptica consiste en un tanque donde se recogen, almacenan y tratan las aguas residuales, es decir, las aguas negras y grises del buque.

Se entiende por aguas negras aquellas de deshecho procedente de retretes, urinarios y bidés, incluyendo aditivos; de zonas médicas y lavabos, bañeras y descargas de agua de estas zonas; espacios en los que habitan animales vivos y de otro tipo de aguas de deshecho si se mezclan con las anteriormente mencionadas. Se definen aguas grises como aquellas de deshecho que se deben evacuar con excepción de las aguas negras.

El convenio MARPOL obliga a instalar una planta séptica y, además, tanto los buques como las instalaciones deben disponer de un conducto universal para su fácil acople en cualquier momento y sitio.

Las cantidades mínimas de desechos se recogen en la norma ya citada:

Tabla 2
Cantidad mínima de agua de desecho

Tipo de buque	Cantidad mínima de agua de desecho por persona y día en litros			
	Planta sin vacío		Planta con vacío	
	Aguas negras	Aguas negras y grises	Aguas negras	Aguas negras y grises
Buques de pasaje	70	230	25	185
Buques de alta mar exceptuando los de pasaje	70	180	25	135

Los buques costeros pueden conservar los valores recomendados por las autoridades responsables.

NOTA – Estos valores son los recomendados. Hay que considerar las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.

Para un buque de carga, la cantidad de aguas grises y negras por día y por persona es:

$$AGUAS NEGRAS = N \times \text{días de navegación} \times \frac{\text{Consumo de aguas negras}}{\text{Tripulante por día}}$$

$$AGUAS NEGRAS = 30 \times \frac{18000}{14,8 \times 24} \times 25 = 38.006,7 \text{ litros}$$

$$AGUAS GRISES = N \times \text{días de navegación} \times \frac{\text{Consumo de aguas grises}}{\text{Tripulante por día}}$$

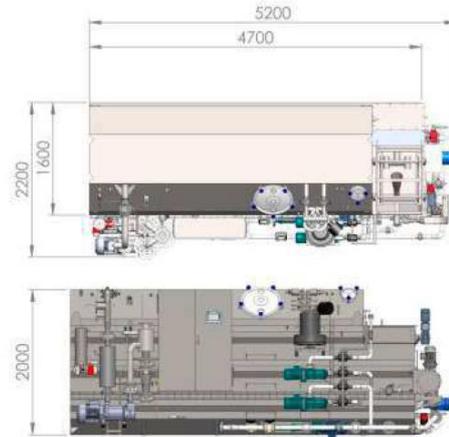
$$AGUAS GRISES = 30 \times \frac{18000}{14,8 \times 24} \times 135 = 205.236,49 \text{ litros}$$

Se escoge una planta de tratamiento de residuos del fabricante Pure Blue de las siguientes características técnicas:

Maximum number of passengers	Up to 220
Maximum capacity	40 m³/d
Dry weight - Innopack** Marine	3.5 ton

	Nominal weight (ton)
VACUUM – Grey water system	Vessel specific
GALLEY – Incl. pump tanks	2
SEWAGE - Innopack** Marine	11.5
SLUDGE – Sludge tank	5
Total weight (filled)	22

Nominal working power	Ca. 8 kW
Supply voltage	3x400V + N + PE



Up to 220 passengers.
 Less than 11.5 m².

7 SERVICIO CONTRAINCENDIOS.

Para el desarrollo del sistema contraincendios se seguirán las reglas del capítulo II del SOLAS, "Construcción, prevención, detección y extinción de incendios". Así pues, es necesaria la definición de los espacios del buque donde se situará el servicio contraincendios.

Estas divisiones se basan en:

- Partir el buque en zonas principales verticales mediante mamparos límite que ofrezcan resistencia térmica y estructural.
- Se parra la zona de alojamiento y el resto del buque mediante mamparos límite que ofrezcan resistencia térmica y estructural.
- Limitación en el uso de materiales combustibles.
- Detección, contención y extinción de cualquier incendio.
- Protección de los medios evacuación y de los accesos para combatir los incendios.
- Disponibilidad rápida de los dispositivos extintores.
- Reducir al mínimo el riesgo de inflamación de los gases de la carga.

Entonces, se tendrán los siguientes espacios:

- Espacios de carga.
- Espacios de alojamiento.
- Espacios de servicio.
- Espacios de categoría A para máquinas.

El sistema contraincendios estará formado por:

- Bombas contraincendios.
- Un colector general provisto de ramales adecuados.
- Bocas Contraincendios distribuidas de forma que dos chorros de agua que procedan de diferentes bocas contraincendios alcance cualquier zona del buque.
- Cajas contraincendios donde estibar las mangueras y lanzas reguladoras.
- Una conexión internacional a tierra, debidamente señalada, que en caso de ser necesario pueda ser acoplada a cualquier boca contraincendios del colector principal.

7.1 Bombas contraincendios, colectores, hidrantes y mangueras.

7.1.1 Hidrantes y mangueras.

Si seguimos el SOLAS, el número y distribución de las bocas contraincendios deberá ser tal que, dos chorros de agua que no procedan de la misma boca, uno de ellos suministrado por una manguera de una sola pieza, pueda alcanzar cualquier parte del buque. Por otro lado, los jets de diferentes hidrantes puedan alcanzar cualquier parte de los espacios de carga (vacíos). Estos hidrantes deben estar situados cerca de los accesos a espacios.

Dicho esto, por normativa, los diámetros de las boquillas son de 12, 16 y 19 milímetros o valores cercanos. Se escogen en este caso diámetros de 45 mm, pues se consideran los mejores para el propósito de nuestro buque. Cumpliendo con el requisito de velocidad 2 m/s, pero considerando que en muchos puntos se alcanzarán velocidades de hasta 7 m/s.

Además, según el capítulo II-2, Regla 4 a 7 de SOLAS, en buques de carga de arqueobruuto superior a 1000 toneladas se tendrán mangueras cada 30 metros de eslora del buque, y una de respeto, pero nunca menos de 5. Por tanto, en el buque se instalarán un total de 14 mangueras, incluyendo la de respeto y sin considerar las de máquinas. La longitud estará comprendida entre 10 y 25 metros dado que nuestra manga es mayor de 30 metros.

Se instalará también una válvula por cada manguera de manera que cuando la bomba está funcionando se puede desconectar cualquiera de ellas.

En general, las presiones de los hidrantes en este tipo de buques son de 0,27 N/mm², que equivale a 0,27 bar. Además, en buques de más de 500 GT es obligatoria la conexión a tierra a ambos costados.

7.1.2 Bombas contraincendios.

Las bombas contraincendios son de accionamiento independiente. Se pueden considerar las de sentinas, lastre, sanitarias y las de servicios generales siempre que estas no se usen habitualmente para bombear combustibles.

En este tipo de buques, las bombas C.I. deben aportar, a parte de la de emergencia, a fines de extinción y a la presión exigida, un caudal de agua que exceda al menos un tercio del caudal que, según la regla II-1/21, debe evacuar cada una de las bombas de sentinas independientes de un buque de pasaje de las mismas dimensiones cuando se le emplee en operaciones de achique, aunque no será necesario que en ningún buque de carga la capacidad total exigida de las bombas C.I. exceda de 180 m³/h.

El SOLAS dice que se contará con dos bombas C.I. que funcionan a la vez, y una tercera de respeto. Estas bombas serán de tipo centrífugo y se impone que el caudal mínimo sea:

$$Q_{CI} = \frac{4}{3} \times Q_{SENTINAS}$$

Por tanto:

$$Q_{CI} = \frac{4}{3} \times 593,1 = 790,8 \frac{m^3}{h} > 180 \frac{m^3}{h}$$

Cada bomba tendrá una capacidad superior al 80% de la capacidad total exigida dividida entre el número mínimo de bombas C.I. y nunca será menos de 25 m³/h.

$$Q_{CI} = \frac{0,8 \times \frac{4}{3} \times Q_{CI}}{N(3)} = 281,17 \frac{m^3}{h} > 25 \frac{m^3}{h}$$

El SOLAS establece que, para buques con mangas superiores a 30 metros, es necesario instalar en cubierta expuesta mangueras de longitud mayor a 10 metros, pero nunca sobrepasar los 25 metros. En este caso se suponen mangueras de 20 metros y 45 mm de diámetro.

Dicho esto, se disponen en cámara de bombas, 3 bombas contraincendios destinadas al mismo servicio.

Elemento	Material (C)	diam	Le/D	Long. EQ	Caudal	Dif altura	Pérdida
		mm		m			
Presión requerida en el extremo							3
Tubo Conexión	145	100		5,0	263,46	0	0,3041
Te roscada	145	100	20	2,0	263,46	0	0,1216
Tubo recto	145	100		12,8	263,46	0	0,7771
Codo 90º	145	100	13	1,3	263,46	0	0,0791
Tubo recto	145	100		15,0	263,46	4	1,3047
Válvula retención	145	200	95	19,0	263,46	0	0,0395
Válvula de compuerta	145	200	37	7,4	263,46	0	0,0154
Tubo recto impulsión	145	200		1,0	263,46	1	0,1002

Tabla 1 – Caudales mínimos y coeficiente K mínimo según la presión

Lanza-boquilla o diámetro equivalente mm	Caudal mínimo Q l/min			Coeficiente K ^a
	P = 0,2 MPa	P = 0,4 MPa	P = 0,6 MPa	
9	65	92	113	46
10	78	110	135	55
11	96	136	167	68
12	102	144	176	72
13	120	170	208	85

^a El caudal Q a la presión P se obtiene por la ecuación $Q = K \sqrt{10P}$, donde Q se expresa en l/min y P en MPa.

Se obtiene pues una manguera de 45 mm y tamaño de lanza-boquilla recomendado 12, 16 y 19 mm, una K de orden de 85 para boquilla de 13 mm. Se obtiene que:

$$Q_N = 85 \times \sqrt{8} = 240,42 \frac{l}{min}$$

Es necesario que dos chorros de agua procedentes de distintas bocas contraincendios alcancen el mismo punto del buque, por lo que el caudal requerido será:

$$Q_{N \text{ dos chorros}} = 2 \times 83 \times \sqrt{8} = 469,52 \frac{l}{min}$$

En el caso de la habilitación y zona de máquinas, se toma una presión en punta de lanza de 5 bar, a la cual se le debe añadir 1 bar por pérdida de carga. Así pues:

$$Q_{HAB} = 85 \times \sqrt{6} = 208,21 \frac{l}{min}$$

Y para dos chorros:

$$Q_{HAB \text{ dos chorros}} = 2 \times 85 \times \sqrt{8} = 416,42 \frac{l}{min}$$

7.2 Extintores.

Se disponen los siguientes tipos de extintores:

- Extintores portátiles de polvo polivalente ABC.
- Extintores de espuma.
- Dispositivos portátiles lanza espuma.

Según la regla 10 del SOLAS, en la zona de habilitación se deben disponer dos extintores por nivel a excepción del puente de gobierno, donde solo habrá uno. En las zonas de riesgo como en las cubiertas N°4, N°5 y N°6, se instalarán 8 extintores.

Los requisitos para un espacio son que se coloquen en la entrada del mismo y en un lugar visible.

Teniendo en cuenta que se consideran extintores portátiles aquellos cuyo peso es inferior a 23 kg, los extintores de la zona de habilitación serán de tipo portátil de polvo polivalente tipo A.

7.3 Instalaciones fijas contraincendios.

7.3.1 Extintores de espuma.

Estos extintores no se consideran portátiles debido a que su volumen es de 13,5 litros. Estos son los dispuestos en la cámara de máquinas debido a mayor capacidad requerida.

Según la regla 10 del SOLAS, se debe equipar estos espacios con extintores de espuma de 45 litros de capacidad como mínimo, o modelos equivalentes en número, para que la espuma alcance cualquier parte de los sistemas de combustible y de aceite de lubricación a presión, engranajes y otras partes que presenten riesgo de incendio.

Se dispondrán en cámara de máquinas de un total de 15 extintores de este tipo dada a la gran amplitud que tenemos en esta zona.

7.3.2 Dispositivos portátiles lanza espuma.

Están formados por una lanza para aire/espuma susceptible de quedar conectada al colector C.I. por una manguera, y un tanque portátil que contenga como mínimo 20 litros de líquido espumógeno, más un tanque de respeto.

7.3.3 Espacios de máquinas.

Los espacios de categoría A con motores de combustión interna, como el del presente proyecto, incluyen un sistema fijo C.I., en este caso, se escoge de espuma, concretamente un aplicador de espuma de alta expansión.

Se dispondrán, como ya se ha dicho, de 15 extintores en esta zona. Además, el espacio donde se encuentra la caldera de combustible líquido y el local de depuradoras debe tener un sistema fijo de C.I., en este caso, de espuma.

7.3.4 Espacios de control, acomodación y espacios de servicio.

Para buques de carga con el método de protección ICC, se debe disponer de un sistema fijo de rociadores en todos los espacios de control, acomodación y servicio, incluyendo pasillos y escaleras.

Los paños con líquidos inflamables, como pueden ser los de limpieza o de pinturas deben estar provistos de un sistema accionable desde fuera del espacio, consistente en, sistema de CO², con un volumen mínimo del 40% del volumen del espacio, sistema de polvo seco de 0,5 kg de polvo por metro cúbico y un sistema de rociadores de 5 l/(m²xmin).

Las freidoras tendrán un sistema manual aceptado (clase F) y CO² en conducto. Para el dimensionamiento de las instalaciones de CO² se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = V \times \frac{\%}{P_{\text{específico}}}$$

Donde:

Q: caudal de CO² en kg.

V: volumen bruto del espacio a proteger (~250 m³)

P_{ESPECÍFICO}: 0,56 kg/m³, densidad del CO².

Entonces:

$$Q = 250 \times \frac{40\%}{0,56} = 178,57 \text{ kg}$$

7.3.5 Espacios de carga.

Siguiendo nuevamente el SOLAS, se debe disponer en cubierta un sistema fijo de extinción de incendios de espuma de baja expansión.

Debe tener la capacidad de sufragar un fuego producido por cualquier punto de la superficie de cubierta y cualquier tanque de carga cuando la cubierta haya sufrido daños.

Este sistema debe ser aprobado por la Administración y puede presentar las siguientes características:

- Puede descargar a través de orificios fijos de descarga en no más de 5 minutos y así cubrir la mayor parte de la superficie en que haya riesgo de que se derrame combustible líquido.
- Habrá los medios necesarios para distribuir la espuma eficazmente.

La cámara de bombas de carga dispondrá de un sistema de espuma de alta expansión.

7.3.6 Dimensionamiento de las instalaciones C.I. de cámara de máquinas.

Para el espacio de cámara de máquinas se emplean sistemas de espuma de alta expansión con dos partes de espumógeno y 98 de agua.

Su capacidad debe ser tal que se cree una capa de 1 metro de espesor por minuto. El tanque espumógeno ha de ser tal que llene el espacio más grande a proteger, 5 veces.

Para el cálculo del caudal se usa la siguiente expresión:

$$Q_{AGUA} = Q_{ESPUMA} \times \frac{1 - Mezcla}{1 - Mezcla \times (1 - Ratio)}$$

Donde:

$$Q_{ESPUMA} = V_{ESPUMA} / T$$

V: volumen que tiene que cubrir la espuma de alta expansión para dar un espesor mínimo.

$$V = L_{tq \text{ carga}} \times B \times Esp$$

$$V = 240 \times 60 \times 1 = 14.400 \text{ m}^3$$

T: tiempo que se tarda (5 min).

Mezcla: hace referencia al % de mezcla con agua para generar espuma (0,02)

Ratio de expansión del espumógeno: 1000 (alta expansión).

Por tanto:

$$Q_{AGUA} = Q_{ESPUMA} \times \frac{1 - Mezcla}{1 - Mezcla \times (1 - Ratio)} = 134,53 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$Q_{ESPUMÓGENO} = Q_{ESPUMA} \times \frac{Mezcla}{1 - Mezcla \times (1 - Ratio)} = 2,74 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

El volumen del tanque espumógeno será de:

$$V_{\text{tanque espumógeno}} = V \times \left(\frac{\text{Mezcla}}{1 - \text{Mezcla} \times (1 - \text{Ratio})} \right) = 13,73 \text{ m}^3$$

7.4 Equipos de detección de incendios.

Para la detección de incendios se recomienda emplear un sistema de ionización, pues permite detectar los gases que entrarán en combustión antes de producirse el incendio.

Los detectores de este sistema deben colocarse a diferentes alturas en zonas como los tanques de lastre, el pique de proa o los espacios de máquinas. Así se detectan los gases más pesados y más ligeros que el aire.

Para la zona de habilitación se puede emplear un sistema de humos basado en células fotoeléctricas. Funcionan de forma que se activan al oscurecerse por el humo o iluminarse por reflexión de luz en partículas del mismo.

La señal de aviso de incendio debe estar claramente diferenciada del resto de señales para poder percibir el riesgo de inmediato. La señal estará compuesta por dos, una acústica y otra visual tanto en el puente como en los espacios de máquinas y la habilitación.

8 VENTILACIÓN.

Hay que diferenciar la ventilación de los locales de la de los espacios de habitación y cámara de máquinas. Cada uno de estos casos requiere un estudio minucioso que será desarrollado a continuación.

Para el desarrollo de este apartado no guiamos por la norma UNE-EN ISO 8861.

8.1 Ventilación de espacios.

Debe colocarse un ventilador de tipo axial en cada local y la presión en estos suele estar entre 40 y 75 m.c.a.. La presión de estos se desglosa como:

$$P_T = P_E + P_D$$

Donde:

P_T : presión total.

P_E : presión estática, de 0,85 a 1 mm.c.a/m del conducto.

P_D : presión dinámica para una velocidad de entre 20 y 25 m/s.

El caudal de estos ventiladores depende del volumen del local y del número de renovaciones de aire que sea necesario ejecutar por hora. Viene dado por:

$$Q = R \times V$$

Donde:

R: renovaciones de aire por hora, suele estar entre 10 y 15, en caso de no haber equipos instalados será de entre 5 y 10.

V: volumen del local a describir.

Local	Área	Alto	Volumen	Renovaciones hora	Caudal
	m ²	m	m ³	ren/h	m ³ /h
Local de cuadros eléctricos	74,4	3	223,2	5	1116
Local CO2	9,9	3	29,7	10	297
Local Depuradoras	65,1	3	195,3	10	1953
Planta Séptica	52	3	156	10	1560
Aire Acondicionado	70	3	210	10	2100
Sala de control de lastre	73,2	3	219,6	5	1098
Incinerador	52,4	3	157,2	10	1572
Local de Grupo de emergencia	84,9	3	254,7	10	2547
Local de maquinaria hidráulica	39,3	3	117,9	10	1179
Taller de máquinas	84,9	3	254,7	5	1273,5
Taller multiusos	39,7	3	119,1	5	595,5
Vestuario Masculino	73,8	3	221,4	5	1107
Vestuario Femenino	73,8	3	221,4	5	1107
Enfermería	75,9	3	227,7	5	1138,5

8.1.1 Selección de ventiladores.

El modelo escogido es una axial de la marca Novovent, modelo AXITUB WINDER 4-1000T-6 y una potencia de 11 kW.

Para la extracción se colocan ventiladores del modelo escogido, axial de la marca Novovent, modelo AXITUB WINDER 4-630T-4 y una potencia de 1,5 kW.

8.2 Ventilación de cámara de máquinas.

El caudal de aire necesario para la ventilación de cámara de máquinas se calcula el método de renovaciones por hora:

$$Q = R \times V$$

Donde:

R: renovaciones de aire por hora, suele estar entre 10 y 15, en este caso se escogen 12 renovaciones por hora.

V: volumen de la cámara de máquinas (50.385,6 m³).

Por tanto:

$$Q = 12 \times 50.385,6 = 616.627,2 \frac{m^3}{h}$$

Es un caudal de aire muy grande, por lo que se decide instalar 12 ventiladores de una potencia tal que:

$$P = \frac{Q \times P}{75 \times 3600 \times \eta}$$

Donde:

Q: caudal considerado.

P: presión en m.c.a. Se cogen 25 m.c.a.

Un rendimiento de 0,65.

Por tanto:

$$P = \frac{616.627,2 \times 25}{75 \times 3600 \times 0,65} = 87,84 \text{ CV} \frac{0,7457 \text{ kW}}{1 \text{ CV}} = 65,5 \text{ kW}$$

8.3 Ventilación de espacios de carga.

Para la ventilación de espacios de carga, el caudal de aire necesario se calcula según la siguiente expresión:

$$Q = R \times V$$

Donde:

V: volumen de espacio de carga (311.819,962 m³).

R: esta vez escogemos 7 renovaciones por hora.

Por tanto:

$$Q = 7 \times 311.819,962 = 2.182.739,74 \frac{m^3}{h}$$

Es un caudal de aire muy grande, por lo que se decide instalar 12 ventiladores de una potencia tal que:

$$P = \frac{Q \times P}{75 \times 3600 \times \eta}$$

Donde:

Q: caudal considerado.

P: presión en m.c.a. Se cogen 25 m.c.a.

Un rendimiento de 0,65.

Por tanto:

$$P = \frac{2.182.739,74 \times 25}{75 \times 3600 \times 0,65} = 310,94 CV \times \frac{0,7457 kW}{1 CV} = 231,86 kW$$

Se decide instalar un total de 40 ventiladores a lo largo de toda la zona de carga.

9 ELEVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Los equipos utilizados generalmente en este tipo de buques son:

- Puntal de provisiones: se instala en popa para dar servicio a los medios de acceso de las gambuzas. Esta tendrá un alcance de unos 5 metros y una capacidad de 1,2 toneladas.
- Grúa de cámara de máquinas: instalada en la segunda plataforma de cámara de máquinas, sobre el motor principal, para realizar las labores de mantenimiento del mismo. Su capacidad debe ser tal que pueda elevar el elemento más pesado del motor.
- Equipo de acceso al buque: la escala real (una a cada banda, en la zona central del buque) y la escala del práctico (escalera enrollable).
- En la cubierta principal hay un taller en el que se encuentran herramientas necesarias como el torno eléctrico, taladro vertical, esmeriladora vertical, equipo de soldadura eléctrica, equipo de corte y soldadura oxiacetilénica, un banco para prueba de inyectoras y un compresor de aire para servicios auxiliares, entre otros.

10 EQUIPO DE FONDA Y HOTEL.

La cocina y las gambuzas se encuentran en la cubierta N°5 de la superestructura. El buque, como ya se comentó en el cuaderno 7, tienen un área de cocina mayor que el mínimo requerido. Además, en el interior de la cocina se ubica una despensa y conectará directamente con los comedores.

Dentro de la cocina encontraremos:

- Fregadero.
- Mesa de trabajo.
- Cocina eléctrica.
- Horno.
- Campana extractora.
- Batidora.
- Freidora.
- Tostadora.
- Peladora.
- Cafetera.
- Molinillo.
- Picadora de carne.
- Cortafiambres.
- Dos frigoríficos en despensa.
- Dos frigoríficos tipo COMBI.
- Dos lavavajillas.
- Calienta platos.
- Microondas.

Desde los comedores tanto de oficiales como de marinería se podrá acceder directamente a los salones respectivos, que además tendrán acceso al pasillo.

También se disponen gambuzas para almacenamiento de alimentos:

- Gambuza seca.
- Gambuza refrigerada.
- Gambuza congelada.

Todas las cámaras contarán con indicadores de temperatura fuera y dentro del servicio. Desde la cocina, mediante una alarma, se avisará de subidas o bajadas de temperatura en las gambuzas.

Para servicio del buque, dentro de lavandería encontraremos lo siguiente:

- Fregadero.
- 6 planchas y 6 mesas de planchado.
- 5 lavadoras.
- 3 secadoras.

Todos estos locales dispondrán de suministro de agua caliente y fría.

Por último, cabe mencionar que no entramos más en detalle en el aspecto de superficies dado que ya se comentaron en el cuaderno 7 del presente proyecto.

11 NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES.

De la mano del SOLAS, Capítulo IV, Parte C, los requisitos de comunicaciones por radio son la inexistencia de interferencias, disponibilidad continua, comunicación por los canales VHF requeridos y comunicación desde los alerones del puente. Los buques de estas características, y buscando en otros trabajos equipos típicos, suelen contar con:

- Compás magnético independiente de fuentes de energía en puente de gobierno.
- Compás de demarcaciones independiente de fuentes de energía en el puente de gobierno.
- Cartas náuticas en puente de gobierno.
- Receptor GPS o radionavegación terrestre en puente de gobierno.
- Micrófono en puentes cerrados.
- Teléfono autogenerado para comunicarse con el local del servo de emergencia.
- Juego de código de señales.
- Compás de emergencia intercambiable con la bitácora.
- Luz de señales.
- BNWAS (bridge navigational watch alarm system).
- Ecosonda.
- 9 GHz radar.
- Plotter electrónico con marcación de otros buques para evitar colisiones.
- Corredera.
- Transmisor del rumbo del buque, para usar con la corredera.
- Sistema AIS.
- Girocompás, con repetidor en el manual steering, en el puente de gobierno.
- Repetidor de timón, hélice, empuje, paso, r.p.m. ...
- Medios automáticos para evitar colisiones son otros buques u obstáculos.
- Dispositivo para indicar radio de giro.
- Medición de distancia y velocidad sobre fondo.
- Sistema de control automático de rumbo en puente de gobierno.
- ECDIS.
- Voyage Data Recorder o Caja Negra.

12 AIRE ACONDICIONADO.

El sistema de aire acondicionado será de tipo centralizado, de manera que se disponga conectado a todos los locales y alojamientos a acondicionar de la zona de habilitación y la cabina de control de cámara de máquinas. Además, las salidas individuales que unen el colector principal con cada local serán regulables, adaptando el caudal a las necesidades de los miembros de la tripulación.

El sistema de aire acondicionado debe ser de alta velocidad y de doble conducto a excepción de los salones o espacios públicos donde los conductos serán simples y de baja velocidad.

Para el dimensionamiento del presente servicio se sigue la norma UNE-EN ISO 7547.

12.1 Condición de verano.

Condición: VERANO	Superficie	297,85	m ²	Tª Interior	27	°C
CUBIERTA Nº5	Alto	3	m	Tª Exterior	35	°C

Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φs W
M.1 (exterior)	8,1	24,3	8	23,4	0,9	0,9	3,5	193,7	12	240	468,7
M.2 (exterior)	37	111	8	106,2	0,9	4,8	3,5	899,0	12	240	2299,0
M.3 (interior)	8,1	24,3	8	23,4	0,9	0,9	3,5	193,7	12	0	252,7
M.4 (interior)	36,6	109,8	2	109,8	0,9	0	0	197,6	0	0	0,0
M.5 (interior)	0	0	1	0	0,9	0	0	0,0	0	0	0,0
Cubierta (CCMM inferior)		297,85	18	297,85	0,8			4289,0			
Techo (Habilitacion)		297,85	0	297,85	0			0,0	0	0	0,0
Total Trans.								5773,1		Total Rad.	3020,4

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	27	120	3240
Calor Aire renovacion			2074

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	17116	W
---	--------------	----------

	m ²	W/m ²	W
Calor por iluminacion	297,85	10	2978,5
Calor por otros equipos			30

Se puede despreciar si hay iluminacion natural

Desde la cubierta Nº5 hasta la cubierta Nº10, se trata de zonas de habilitación con las mismas características, por tanto y para evitar ser repetitivos, podemos multiplicar el valor de la cubierta Nº5 por 6 (son 6 cubiertas destinadas a la habilitación y por tanto todas tienen espacios para acondicionar).

12.2 Condición de invierno.

Condición: INVIERNO	Superficie	297,85	m ²	Tª Interior	22	°C
OFFICERS MESS-ROOM	Alto	2,3	m	Tª Exterior	-20	°C

Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
M.1 (exterior)	8,1	18,63	42	17,73	0,9	0,9	3,5	802,5
M.2 (exterior)	37	85,1	42	80,3	0,9	4,8	3,5	3740,9
M.3 (interior)	8,1	18,63	42	17,73	0,9	0,9	3,5	802,5
M.4 (interior)	36,6	84,18	5	84,18	0,9	0	0	378,8
M.5 (interior)	0	0	1	0	0,9	0	0	0,0
Cubierta (CCMM inferior)		297,85	18	297,85	0,8			4289,0
Techo (Habilitacion)		297,85	0	297,85	0			0,0
Total Trans.								10013,8

	Person.	W
Calor Aire renovacion	27	10886

Calor total del espacio (Calefacción)	20900	W
--	--------------	----------

Como en el apartado anterior, desde la cubierta N°5 hasta la cubierta N°10, se trata de zonas de habilitación con las mismas características, por tanto y para evitar ser repetitivos, podemos multiplicar el valor de la cubierta N°5 por 6 (son 6 cubiertas destinadas a la habilitación y por tanto todas tienen espacios para acondicionar).

12.3 Resultados y dimensionamiento de la planta de AACC.

Dimensionamiento Compresores		
Calor refrigeración (verano)	102,69348	kW
Calor calefacción (invierno)	125,401068	kW
COP estimado	4,5	-
Potencia compresores	22,82077333	kW

Procedemos pues, a seleccionar el compresor. En este caso será un compresor de tornillo de 30 kW de la empresa SITASA modelo "VEGA 4010":

Prestaciones											
Nombre	Código	Potencia hp/kw	Caldera litros	Aire real lts/min.	Volt/hz.	Presión max. bar	Dimensiones lxhxa	Conexión BSP	dB(A)	Peso kg.	
VEGA 1010	V60SH92N1N064	10/7,5	-	1000	400/TRIF/50	10	1200x700x1010	3/4"	62	326	
VEGA 1510	V60SP92N1N064	15/11	-	1500	400/TRIF/50	10	1200x700x1010	3/4"	63	350	
VEGA 2010	V60SS92N1N064	20/15	-	1850	400/TRIF/50	10	1200x700x1010	3/4"	64	410	
VEGA 2510	V60SV92N1N064	25/18,5	-	2500	400/TRIF/50	10	1510x730x1080	3/4"	70	436	
VEGA 3010	V60SY92N1N064	30/22	-	3000	400/TRIF/50	10	1510x730x1080	3/4"	71	635	
VEGA 4010	V60TE92N1N064	40/30	-	4300	400/TRIF/50	10	1510x730x1080	3/4"	71	710	
VEGA 5010	V60TW92N1N064	50/37	-	5300	400/TRIF/50	10	1600x950x1500	1 1/4"	70	870	
VEGA 6010	V60EI92N1N364	60/45	-	6500	400/TRIF/50	10	1600x950x1500	1 1/4"	72	910	
VEGA 7510	V60NT92N1N364	75/55	-	7800	400/TRIF/50	10	1600x950x1500	2"	74	952	
VEGA 7610	V60AP92N1N064	75/55	-	8300	400/TRIF/50	10	1900x1300x2040	2"	70	1650	
VEGA 10010	V60AZ92N1N064	100/75	-	10500	400/TRIF/50	10	1900x1300x2040	2"	72	1720	

13 MEDIOS DE CARGA Y DESCARGA.

Según la RPA, en este buque se debe disponer de algún sistema de carga y descarga. Éste será mediante el uso de bombas muy potentes estibadas en la cámara de bombas. Para ello, se instalarán turbobombas para evitar sobredimensionar la planta eléctrica,

Las turbobombas funcionan de forma que llevan turbinas de vapor incorporadas a las cuales se les suministrará vapor por medio de las calderas de a bordo.

El sistema de carga y descarga irá monitorizado de forma que se controlen y registren datos como:

- Niveles, temperaturas y presiones de los tanques de carga.
- Presión en las bombas, líneas de carga y manifold.
- Alarmas de alto/bajo nivel en tanques de carga.
- Niveles y presiones de los tanques de lastre.
- Niveles y temperaturas de tanques de combustible y aceite.
- Niveles de tanques de agua dulce.
- Calados del buque, trimado y escora.

Todos estos datos se almacenarán en un PC y se les proporcionará al capitán y oficial de carga.

$$Q_{BOMBA} = \frac{\text{Volumen de tanques (m}^3\text{)}}{\text{tiempo de descarga (h)}} = \frac{311.819,962}{15} = 20.788 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se disponen un total de 15 bombas de carga y descarga, por tanto, el caudal unitario será:

$$Q_{BOMBA\ UNITARIO} = \frac{20.788}{15} = 1.385,86 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Dimensionamiento de la bomba		
Caudal	1385,86	m3/h
Presion	52,21	bar
Densidad	950	kg/m3
Rendimiento	0,8	-
Potencia absorbida	2297	kW
Potencia eléctrica	2527	kW

Se escogen 15 de caudal 1.750 m³/h de potencia mínima unitaria de 2.300 kW.

14 SISTEMA DE LIMPIEZA DE CARGA.

La limpieza de los tanques en este tipo de buques es de vital importancia debido al tipo de carga transportada. Cuando se realizan las descargas, los tanques quedan manchados con grandes cantidades de crudo, debido a sus propiedades de densidad y viscosidad.

El proceso de limpieza se divide en una primera etapa de limpieza con agua de mar y una segunda con agua dulce caliente.

El agua será impulsada por una de las bombas contraincendios hasta la cubierta de cada tanque, donde están dispuestas las tomas para los rociadores de limpieza, los cuales se mueven verticalmente y rotan, de forma que el agua alcanza toda la superficie interna de los tanques. Tras la limpieza, el agua sucia será bombeada hasta los tanques slops por medio de las bombas de carga y descarga y, a través de las tuberías de descarga, de forma que se retiren de la misma los posibles residuos restantes.

Desde los tanques se hace pasar agua de limpieza a través de las purificadoras, que separarán el agua de los hidrocarburos, al tiempo que se controla la pureza del agua por medio del oleómetro. El agua limpia se expulsa al mar y los hidrocarburos residuales quedarán almacenados en los tanques slops.

15 CALEFACCIÓN DE TANQUES.

Al tratarse de un buque de transporte de crudo, cuya densidad es elevada, es conveniente mantener la carga caliente para disminuir en la medida de lo posible su viscosidad y hacer así, más cómoda, la descarga de la carga en puerto o en el punto de destino correspondiente.

Las calderas se encargarán de este calentamiento, de forma que mantienen la temperatura de la carga en 65°C.

Además, cabe destacar:

- La elevación de la temperatura de la carga: de 44°C a 65°C en 96 horas. El proceso debe comenzar antes de la llegada a puerto.
- Calor específico de la carga: variable, pero se supone de 0,45 Kcal/kg.°C.
- Densidad de la carga: 950 kg/m³.
- Temperatura del aire: 2 y -10 grados.
- Temperatura del agua de mar: entre 5 y 0°C.

El calentamiento se lleva a cabo mediante serpentines dispuestos en el fondo de los tanques. La energía que se debe suministrar se divide en dos términos.

$$E = q_1 + q_2$$

Donde:

q₁: energía necesaria para elevar la temperatura de la carga. Con un volumen de crudo de 311.819,962 m³, resulta que:

$$q_1 = \frac{\rho \times V \times C_e \times (T_f - T_i)}{t_{\text{calentamiento}}} = \frac{950 \times 311.819,962 \times 0,45 \times (65 - 44)}{96} = 29.160.038,63 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$
$$q_1 = 29.160.038,63 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 33.913,12 \text{ kW}$$

q₂: calor necesario para mantener la temperatura, se puede estimar como:

$$E = \sum K_v \times A \times (t_m - t_{\text{ext}})$$

Donde:

K_v: coeficiente de transmisión de calor del tanque.

A: área del mamparo del tanque.

t_m: temperatura media del líquido en tanque.

t_{ext}: temperatura exterior.

La temperatura de cámara de máquinas se considera de 20°C, y la de los espacios vacíos puede tomarse como la media aritmética entre la temperatura de la carga y la del exterior del espacio vacío. Esto implica que estando el agua y el aire a 2°C y la carga a 44°C, la temperatura de los espacios vacíos es de 21°C.

El cálculo se realiza para el tanque central C3:

Superficie	Fondo	Lateral Obra Viva	Lateral Obra Muerta	Tapa
Área	846	867	376	846
Kv	0,00465	0,00465	0,00465	0,0054
Superficie	Fondo	Lateral Obra Viva	Lateral Obra Muerta	Tapa
text	21	21	21	2
diferencia t	23	23	23	42
Pérdida de calor	90,4797	92,72565	40,2132	191,8728
			TOTAL	415,29135

Se puede estimar la pérdida de calor como 15 veces esta cantidad, por tanto:

$$q_2 = 15 \times 415,3 = 6.229,5 \text{ kW}$$

Por tanto, el calor necesario para elevar la temperatura será de:

$$E = q_1 + q_2 = 33.913,12 + 6.229,5$$

$$E = 40.142,62 \text{ kW}$$

16 SISTEMA DE GAS INERTE.

Siguiendo el SOLAS, todos los petroleros de más de 200.000 TPM deben llevar un sistema de gas inerte para asegurar que los tanques de carga y decantación no sean inflamables. Se exige pues:

- Reducir el nivel de oxígeno de la atmósfera de los tanques a un nivel en el que la combustión no sea posible.
- Mantener la presión de los tanques positiva en todo momento, asegurando que el contenido de oxígeno no supere el 8% del volumen total.
- Evitar la necesidad de introducir aire en los tanques en operaciones normales.
- Purgar gases de hidrocarburos en tanques vacíos para que operaciones de desgasificación no creen una atmósfera inflamable.

El servicio de gas inerte se llevará a cabo mediante los gases de escape de las calderas instaladas a bordo, aunque estos deberán de pasar por unos filtros especiales, entre otros sistemas que tratarán los gases de escape hasta obtener un gas válido para su función.

16.1 Dimensionamiento del sistema de gas inerte.

El gas inerte es CO² y se obtiene de los gases de escape como ya se ha dicho. Esto implica una gran ventaja frente a petrolero de productos químicos. Los cuales deben de usar como gas inerte N₂ para no contaminar la carga y, por lo tanto, deben instalar a bordo un generador de gas inerte que le proporcione el caudal requerido.

Según el código SSCI, el caudal de gas inerte tiene que ser igual al del sistema de carga y descarga del buque incrementando un 25% por motivos de seguridad, manteniendo así siempre una sobrepresión en los tanques. Dicho esto:

$$Q_{GAS\ INERTE} = 125\% \times Q_{\frac{C}{D}}$$
$$Q_{GAS\ INERTE} = 125\% \times 20.788 = 25.985 \frac{m^3}{h}$$

17 BIBLIOGRAFÍA.

- **“Proyectos del buque y artefactos marinos I”, Vicente Díaz Casas y Basilio Puente Varela, Ferrol: Escuela Politécnica Superior, UDC. 2021/2022.**
- **“Proyectos del buque y artefactos marinos II”, Vicente Díaz Casas y Basilio Puente Varela, Ferrol: Escuela Politécnica Superior, UDC. 2021/2022.**
- **Dimensionamiento de molinetes, Luis Carral.**
- **Sociedad de Clasificación: DNV.**
- **SOLAS.**
- **Curso práctico de dimensionamiento del buque, Fundación Ingeniero Jorge Juan.**

Ferrol, junio de 2022

Fdo.: Pedro Lemos González