



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2021/22**

---

***BUQUE TANKER LNG 140000 m<sup>3</sup> Y DISEÑO DE UNA  
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON  
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

***Número 2122-TFG-73***

---

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e  
ingeniería mecánica**

**ALUMNA/O**

Marina de la Peña Herrero

**TUTORAS/ES**

Pablo Fariñas Alvariño

Alberto Arce Ceinos

**FECHA**

2022

## **BUQUE TANKER LNG 140000 M3 Y DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO. RESUMEN**

En primer lugar, se desarrollará el proyecto de un buque tanker LNG. La particularidad de este buque es su carga, ya que requieren unas características muy concretas, debido a su temperatura, presión y flash point.

Una vez completado el proyecto de diseño del tanker de LNG, se desarrollará el diseño de una planta de potencia para la propulsión del buque, que se estima en un mínimo de 25 MW, basada en turbina de gas regenerativa empleando el propio LNG transportado como combustible. Esta turbina de gas regenerativa operará con dos compresores con una etapa de enfriamiento entre ambas compresiones y los gases de escape calientes se emplearán para precalentar el aire comprimido antes de entrar en la cámara de combustión.

En el diseño de esta planta de potencia se dimensionarán tanto en enfriador con agua de mar como del intercambiador gases-aire. Se compararán los resultados obtenidos en función de cómo los parámetros de diseño (relación de compresión, temperatura máxima, caudal de aire...) afecten a la eficiencia térmica de la planta. La comparación con turbina de gas simple y motor diésel se llevará a cabo en términos de eficiencia, coste y emisiones, estableciéndose las posibles ventajas e inconvenientes.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

***BUQUE TANKER LNG 140000 m<sup>3</sup> Y DISEÑO DE UNA  
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON  
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

*Número 2122-TFG-73*

---

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e  
ingeniería mecánica**

**Documento**

**CUADERNO 12: EQUIPOS Y SERVICIOS**

## CONTENIDO

Buque tanker LNG 140000 m3 y diseño de una planta generadora de potencia con turbina de gas y ciclo regenerativo. Resumen .....	2
REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA.....	7
PARÁMETROS DE FORMA DEL BUQUE .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
1. EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO .....	10
1.1 Cálculo del numeral de equipo.....	10
1.2 Dimensionamiento de equipos.....	11
1.2.1 Elección ancla .....	11
1.3 Dimensiones del carretel.....	12
1.4 Chigre de amarre.....	13
1.4.1 Dimensionamiento del chigre.....	14
1.4.2 Potencia absorbida por el chigre.....	14
1.5 Caja de cadenas.....	14
1.5.1 Volumen caja de cadenas.....	14
1.5.2 Diseño caja de cadenas.....	15
1.6 Diámetro del escoben y gatera .....	16
1.7 Molinetes .....	16
1.8 Disposición del amarre .....	17
2. EQUIPOS DE SALVAMENTO.....	19
2.1 Sistemas individuales de salvamento.....	19
2.1.1 Aros salvavidas .....	19
2.1.2 Chalecos salvavidas .....	20
2.1.3 Trajes de inmersión .....	20
2.2 Otros aparatos .....	20
2.2.1 Sistemas radioeléctricos.....	20
2.2.2 Dispositivos de localización y búsqueda .....	20
2.2.3 Bengalas .....	20
2.2.4 Sistemas de comunicación y alarmas .....	20
2.3 Embarcaciones salvavidas.....	21
2.3.1 Bote caída libre.....	21
2.3.2 Balsas salvavidas auto inflables .....	21
2.3.3 Bote de rescate .....	22
3. SERVICIO DE SENTINAS .....	24
3.1 Bomba de sentinas .....	24

4.	SISTEMA DE LASTRE.....	26
4.1	Tiempo y caudal de deslastrado .....	26
4.2	Dimensionamiento .....	26
5.	SERVICIO SANITARIO.....	27
5.1	Funcionamiento.....	27
5.2	Necesidades del servicio sanitario .....	28
5.2.1	Consumos .....	28
5.3	Tanques almacén.....	29
5.4	Generación de agua dulce .....	29
5.5	Cálculos caudales nominales .....	31
5.5.1	Tipos .....	31
5.5.2	Caudales por cubierta.....	32
5.6	Bombas agua dulce .....	34
5.6.1	Bomba de suministro .....	34
5.6.2	Bomba de circulación .....	36
5.7	Potabilización / Esterilización .....	40
5.8	Tanque hidróforo.....	41
5.9	Calentador de agua.....	42
5.10	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	42
6.	SISTEMAS CONTRA INCENDIOS .....	44
6.1	Número de extintores .....	44
6.1.1	Zona de habilitación.....	44
6.1.2	Zona de cámara de máquinas .....	44
6.2	Mangueras, hidratantes, colectores.....	44
6.2.1	Colectores .....	44
6.2.2	Hidratantes .....	45
6.2.3	Mangueras .....	45
6.2.4	Conexión a tierra normalizada .....	46
6.3	Número de equipos para bomberos .....	46
6.4	Sistemas fijos de extinción de incendios .....	47
6.4.1	Zona de carga .....	47
6.4.2	Zona de cámara de máquinas .....	48
6.4.3	Zona de habilitación.....	49
6.5	Bombas contra incendios .....	49
6.5.1	Dimensionamiento bombas contraincendios.....	49
6.5.2	Bomba de emergencia.....	51
7.	VENTILACIÓN .....	52

7.1	Ventilación cámara de máquinas .....	52
7.2	Ventilación espacios de habitación .....	53
7.2.1	Selección de ventiladores .....	54
8.	EQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA .....	55
8.1	Línea de carga líquida .....	55
8.2	Línea de vapor .....	56
8.3	Línea de spray .....	56
8.4	Línea de venteo .....	57
8.5	Línea de inertización .....	57
8.6	Línea de nitrógeno .....	57
8.7	Compresores .....	57
8.7.1	Cuarto de compresores .....	58
8.8	Vaporizer .....	58
8.9	Domos de los tanques .....	58
8.10	Descripción manifolds .....	58
8.11	Válvulas de seguridad .....	59
9.	EQUIPO DE FONDA Y HOTEL .....	60
9.1	Cocina .....	60
9.2	Lavandería .....	60
10.	AIRE ACONDICIONADO .....	61
10.1	Zonas .....	63
10.1.1	Zona 1 de la cubierta camarotes de tripulación .....	63
10.1.2	Zona 2 de la cubierta de camarotes de tripulación .....	64
10.1.3	Zona 3 de la cubierta camarotes de tripulación .....	65
10.1.4	Puente de gobierno .....	65
10.2	Condición de verano .....	67
10.3	Condición invierno .....	68
10.4	Resultados totales y dimensionamiento de la planta .....	69
11.	NAVEGACIÓN Y COMUNICACIÓN .....	71
	ANEXO I: Planos buque de referencia .....	72

## REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA

A continuación, se presentarán los requisitos previos iniciales en los que se basará el diseño del buque:

### **Tipo de buque**

Buque Transporte de LNG - 140000 m<sup>3</sup>

### **Clasificación y cotas**

SOLAS, CIG, Bureau Veritas, MARPOL

### **Características de la carga**

Tanques membrana

### **Velocidad y autonomía**

Velocidad servicio de 17,2 nudos, 85% MCR 10 MM. Autonomía 10.000 millas

### **Propulsión**

Diesel eléctrico

### **Tripulación y pasaje**

28 tripulantes

## PARÁMETROS DE FORMA DEL BUQUE

A continuación, se muestra una tabla con los datos del buque que se han ido obteniendo en los cuadernos anteriores:

Displacement t	110008
Heel deg	0
Draft at FP m	10,668
Draft at AP m	13,95
Draft at LCF m	12,298
Trim (+ve by stern) m	3,282
WL Length m	262,024
Beam max extents on WL m	41,967
Wetted Area m <sup>2</sup>	14198,115
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	9604,477
Prismatic coeff. (Cp)	0,806
Block coeff. (Cb)	0,793
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,986
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,874
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	129,549
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	128,384
KB m	6,446
KG fluid m	16,758
BMt m	11,551
BML m	413,479
GMt corrected m	1,238
GML m	403,167
KMt m	17,996
KML m	419,892
Immersion (TPc) tonne/cm	98,446
MTc tonne.m	1738,595
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2376,788
Max deck inclination deg	0,737
Trim angle (+ve by stern) deg	0,737

## INTRODUCCIÓN

En el siguiente documento se muestra el cálculo y definición de los equipos auxiliares del buque proyectado, a continuación, se muestran:

- Servicios de amarre y fondeo
- Salvamento
- Equipos contra incendios
- Ventilación
- Servicio de agua de lastre
- Servicio de agua dulce
- Equipos de carga y descarga
- Servicio de sentinas.

Para este dimensionamiento se utilizarán los reglamentos SOLAS, Código internacional del gasero, Bureau Veritas y MARPOL.

## 1. EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO

En este epígrafe se calculan los equipos necesarios para el fondeo, maniobras con anclas y maniobras con estachas.

Estos equipos permiten maniobrar o inmovilizar el buque de forma segura para la estructura del buque, personas a bordo, etc.

### 1.1 Cálculo del numeral de equipo

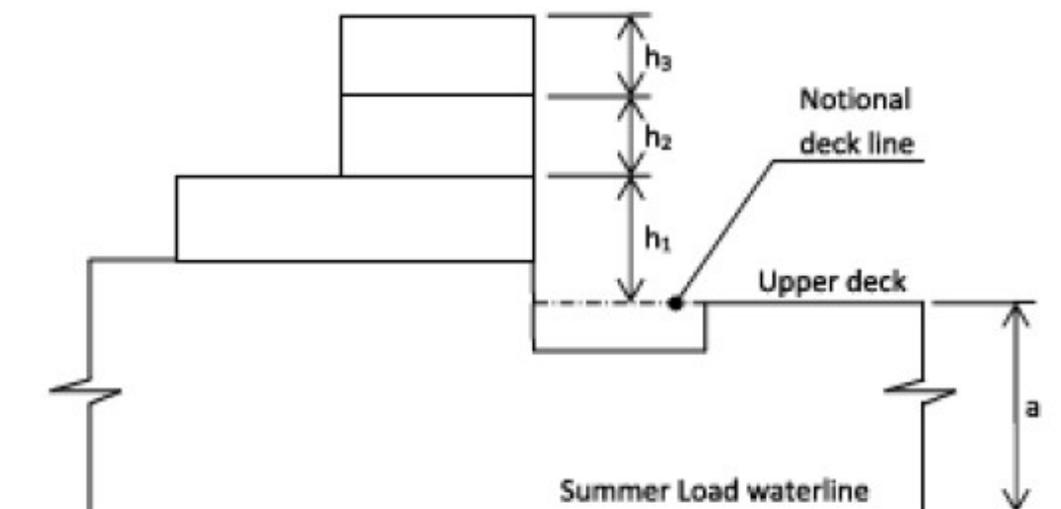
En primer lugar, siguiendo a la sociedad de clasificación Bureau Veritas, se calcula en numeral de equipo para la definición de equipos referente a anclas y cadenas, para ellos se utiliza la siguiente formula (Pt B, Ch 9, Sec 4, equipment):

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 \times h \times B + 0,1 \times A$$

Las variables de dicha ecuación se definen como:

- $\Delta$  el desplazamiento en la condición de máxima carga, este dato se calculó en el cuaderno 5, 110008 toneladas.

$h = a + \sum hn \rightarrow$  El primer factor, "a", es el francobordo a la cubierta superior a la mitad de la eslora de flotación, 12,3 metros. El segundo factor de la suma es el sumatorio de los puntales de las superestructuras con manga mayor a B/4, 10,493 metros. Esto es 22,8 (Cogiendo el dato del cuaderno 7)



A es el área lateral del casco y superestructuras con manga mayor a B/4 por encima de la línea de flotación de  $L_E$ , siendo éste un valor comprendido entre el 96% y 97% de la eslora de flotación. Este dato es 4047,95 metros cuadrados (Cogidos del plano del cuaderno 7)

Por tanto, el numeral de equipo resulta:

$$EN = 110008^{2/3} + 2 \times 20,8 \times 41,9 + 0,1 \times 4047,95$$

$$EN = 4443,7$$

## 1.2 Dimensionamiento de equipos

A partir del numeral de equipo y el reglamento de Bureau Veritas el cual nos proporciona una tabla, será posible determinar:

- Peso y número de anclas
- Longitud y diámetro de cadenas
- Cable de remolque
- Estachas de amarre

A continuación, se muestra la tabla anteriormente mencionada:

Equipment number EN A < EN ≤ B		Stockless bower anchors		Stud link chain cables for bower anchors			
A	B	N (1)	Mass per anchor, in kg	Total length in m	Diameter, in mm		
4400	4600				Q1	Q2	Q3
		3	13500	715,0	117,0	102,0	90,0

Equipment number EN A < EN ≤ B		Towline (1)		Mooring lines (1)		
A	B	Minimum length, in m	Breaking load, in kN	N (2)	Length of each line, in m	Breaking load, in kN (3)
4400	4600	300	1471			

En resumen, se instalarán a bordo:

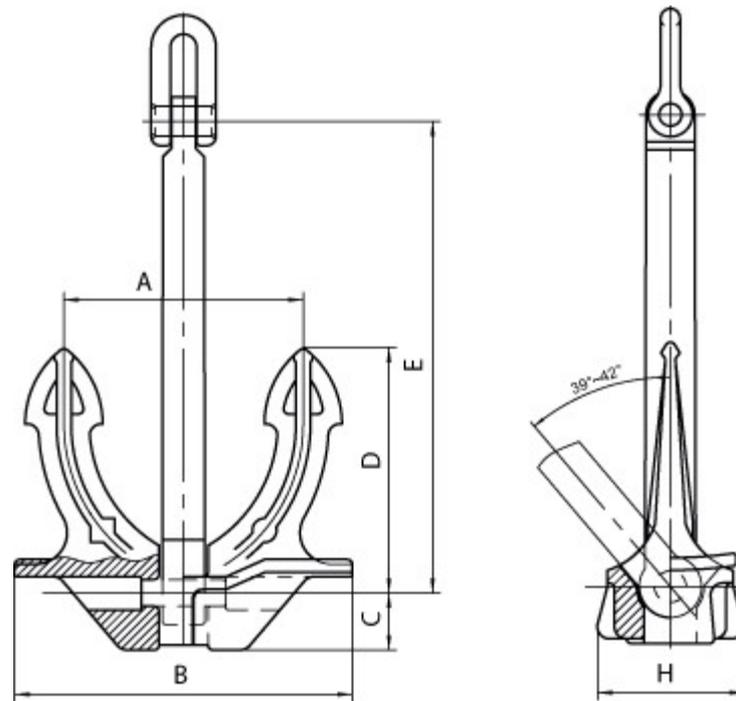
Número de anclas	3
Masa de cada ancla	13500 kg
Longitud de la cadena	715 m
Diámetro de la cadena (Acero grado U2)	102 mm
Líneas de amarre	
Número de líneas	7
Longitud de cada línea	200 m
Resistencia mínima de rotura	667 kN

La calidad de la cadena elegido es el segundo, estando en un punto medio de entre las tres posibilidades, esto es porque nos encontramos en un punto de predimensionamiento, en caso de ser necesario reducir el peso de la cadena y con ello el tamaño del molinete, se escogería el primer nivel de calidad.

### 1.2.1 Elección ancla

A partir de los datos obtenidos en el apartado anterior sobre el ancla y haciendo uso de un catálogo de anclas, se definen sus formas y dimensiones:

Tres anclas tipo Hall de 13500 kg cada una.



Peso Nominal (kg)	A	B	C	D	E	H
9300	1710	2420	411	1790	3390	1040
9900	1740	2470	420	1820	3460	1060
10500	1780	2520	428	1860	3530	1080
11100	1820	2570	437	1900	3600	1100
11700	1840	2610	444	1930	3650	1120
12300	1870	2650	450	1960	3710	1140
12900	1900	2690	457	1990	3770	1160
13500	1940	2740	466	2020	3840	1180

### 1.3 Dimensiones del carretel

Para definir las dimensiones del carretel, se deberán estimar el diámetro interior y exterior mínimo que se utilizará para la posterior elección.

Primero debemos definir el diámetro de estacha a utilizar para que se cumpla con la carga mínima, que como indicó anteriormente es de 667 kN. Para ellos se utilizará el catálogo de un fabricante de estachas (Bezabala):

**Superflex 8 S/T**

Dia	Cir	Peso	Carga de rotura	
			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

Como podemos observar  $657,3 > 667$  kN, por tanto, se debería escoger el siguiente diámetro para cumplir con los requisitos, cabe destacar que con este valor sería suficiente, pero se prefiere ser conservador, esta es la razón de dicha elección.

Por lo tanto, las dimensiones base del carretel son:

$$D(\text{interior}) = 17 \times D(\text{estacha}) = 17 \times 64 = 1088 \text{ mm}$$

$$D(\text{exterior}) = 3 \times D(\text{interior}) = 3 \times 1088 = 3264 \text{ mm}$$

La tracción que sobre el cable se calcula con la siguiente expresión:

$$T(\text{máx}) = \frac{T \times (D(\text{exterior}) + D(\text{interior}))}{2 \times (D(\text{interior}) + D(\text{estacha}))} = \frac{74,92 \times (3264 + 1088)}{2 \times (1088 + 64)} = 141,52 \text{ ton}$$

$$= 1388,27 \text{ kN}$$

La anchura del carretel se define con la siguiente ecuación:

$$l = 1500 \times L(\text{línea de amarre}) \times \frac{D(\text{estacha})^2}{(D(\text{exterior})^2 - D(\text{interior})^2)}$$

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

## 1.4 Chigre de amarre

En el desarrollo de este dimensionamiento se utilizará el artículo de la revista "Ingeniero Naval) llamado "Normas prácticas para el diseño de chigres de carga y maniobra" de Juan Carlos Carral Couce y Luis Carral Couce. Para ello partiremos de las siguientes hipótesis:

- Los dispositivos de los chigres 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 deben resistir 6000 horas de modo continuado y sin sobrepasar los límites de tensión admitidos, una carga dinámica intermitente con las

siguientes características: 120% de la carga nominal durante 2 minutos, 1 minuto de reposos.

- El motor del chigre debe tener la capacidad de proporcionar una potencia durante una hora en continuo.

### 1.4.1 Dimensionamiento del chigre

Siguiendo el artículo del que se habló anteriormente, el diámetro interno del cabirón se define como:

$$D_i = 10 \times D(\text{estacha}) = 10 \times 64 = 640 \text{ mm}$$

La altura del elemento viene dada por la expresión:

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

### 1.4.2 Potencia absorbida por el chigre

Utilizando la ecuación mostrada anteriormente:

$$P = \frac{0,23 * T \times V_s}{\eta t}$$

Siendo,

- T la tracción en toneladas:  $T = 0,33 \times MBL = 0,33 \times 75000 = 24750 = 24,75 \text{ toneladas}$ . MBL se obtiene del catálogo de Bezabala, de donde se obtuvo el diámetro de la estacha.
- $V_s = 25 \text{ m/min}$
- Se toma un rendimiento estándar de 0,8.

Resultando:

$$P = \frac{0,23 \times 24,75 \times 25}{0,8} = 177,9 \text{ CV} = 136,65 \text{ kW}$$

Se colocarán 6 chigres de amarre, dos en cada zona (proa, popa y central).

## 1.5 Caja de cadenas

La caja de cadenas son los compartimentados del buque donde se estiba la cadena cuando el buque no fondea. Se encuentran en el pique de proa y es preferible que se encuentren en la vertical del molinete para facilidad de manejo en las distintas maniobras.

### 1.5.1 Volumen caja de cadenas

El volumen que ocupa una cadena está definido por la siguiente expresión:

$$V = 8,48 \times d^2 \times L \times 10^{-6}$$

Siendo,

- El diámetro de la cadena (d) en milímetros (Definido en el apartado anterior, 102 milímetros)
- L la longitud de la cadena estibada en la caja en metros (Definido en el punto anterior, 715/2 metros)
- V volumen de la caja de cadenas en metros cúbicos

Obteniendo,

$$V = 31,54 \text{ m}^3$$

El buque dispondrá de una caja de cadenas en cada costado, resultando el volumen de cada una de 15,77 metros cúbicos. A continuación, se calcularán las dimensiones de cada caja de cadenas:

### 1.5.2 Diseño caja de cadenas

El volumen se descompone en partes:

- El volumen cónico de la parte superior (V1)

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

Donde,

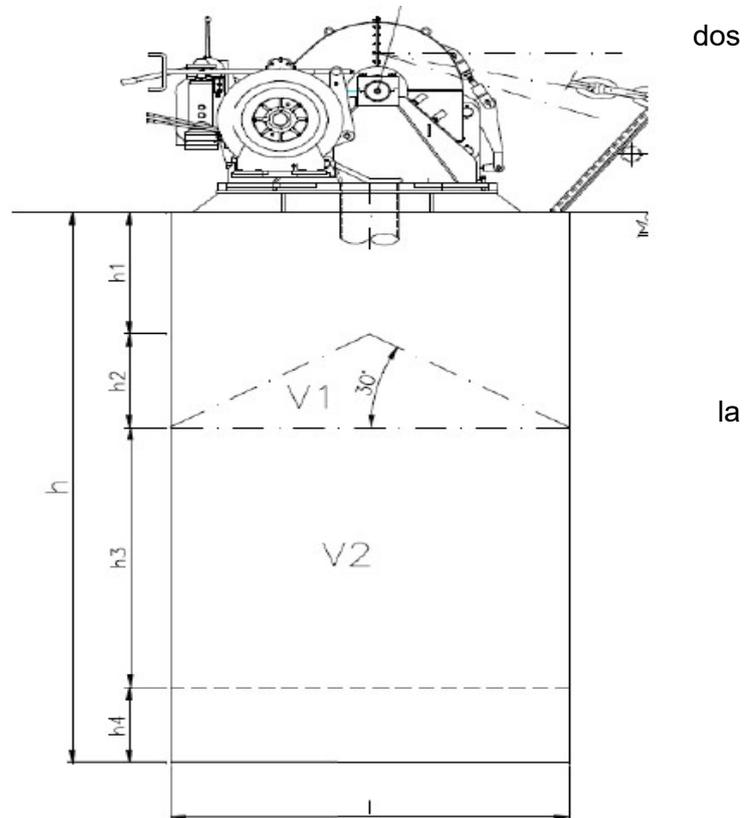
-H2 es la altura de la zona cónica de estiba

-L el lado inferior o diámetro de caja de cadenas y ha de ser:

$$l > 25d = 2550 \text{ milímetros.}$$

- El volumen de la zona interior en la que se puede considerar que la cadena ocupa todo el volumen de la caja

$$V_2 = V - V_1$$



$$V_2 = 15,77 - \frac{0,74}{3} \times \pi \times \left(\frac{2,55}{3}\right)^2 = 15,59 \text{ metros cuadrados}$$

La altura de la caja de cadenas (h) se determina:

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

- H1 es la altura para la caída de la cadena y acceso y ha de estar en un rango entre 1,5 y 2,8 metros. Se elegirá  $h_1 = 2 \text{ metros}$  para facilitar la entrada de trabajadores en caso de ser necesario.
- $h_2 = \frac{l}{2} \times \tan(30^\circ) = 736,12 \text{ milímetros}$
- Para cajas cilíndricas, h3 se define:  $h_3 = \frac{V_2}{\pi \times \left(\frac{l}{2}\right)^2} = 3,05 \text{ metros}$
- H4 es la altura para el drenaje de la cadena y ha de estar dentro de un rango entre 0,6 y 0,8 metros. Se escoge 0,7 metros.

Por tanto, la altura total de la caja de cadenas resulta:

$$h = 2 + 0,74 + 3,05 + 0,7 = 6,49 \text{ metros}$$

La base de la caja de cadenas será prismática y tendrá las dimensiones L de lado, es decir, de 2,55 x 2,55 metros cuadrados.

## 1.6 Diámetro del escoben y gatera

El escoben es el tubo a cada uno de los costados que conecta la cubierta con el exterior, por él discurre la cadena. Para determinar el diámetro del escoben se utiliza la siguiente expresión:

$$d_{Escobén} = ((100 - d_{cadena}) \times 0,03867 + 7,5) \times d_{cadena}$$

$$= ((100 - 102) \times 0,03867 + 7,5) \times 102 = 757,1 \text{ milímetros} \cong 760 \text{ mm}$$

La gatera es un conducto análogo al escoben, por el que la cadena llega al interior de la caja de cadenas. Tendrá el mismo diámetro que el escoben.

## 1.7 Molinetes

El molinete se encarga de izar la cadena y el ancla en las maniobras de fondeo. Según el artículo ya nombrado previamente de Luis Carral Couce y Juan Carlos Carral Couce, se decide instalar dos molinetes monoancla de eje horizontal, ya que son las recomendadas para cadenas de más de 40 mm de diámetro, uno a cada costado del buque.

Si el molinete está en movimiento, sus elementos mecánicos deben tener la capacidad de soportar la carga perpendicular a los ejes del molinete. Si no está en movimiento, el barboten embragado y el freno sin actuar, los elementos han de soportar un tiro aplicado en el diámetro del barboten igual al 40% de la carga de rotura de la cadena.

Según el DNV, el tiro del molinete durante al menos 30 minutos se define con:

Lifting force and speed	Grade of chain		
	K1	K2	K3
Normal lifting force for 30 min, in N	$37.5 d_c^2$	$42.5 d_c^2$	$47.5 d_c^2$
Mean holding 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.			

$$F = k \times D(\text{cadena})^2 = 42,5 \times 102^2 = 442170N = 44,2 \text{ ton}$$

La potencia media necesaria del molinete la obtendremos aplicando la siguiente fórmula (Carral and Carral, 1999), esta será una primera estimación.

$$P1 = \frac{6,5 \times K \times d_c^2 \times V_s}{4500 \times \eta_m}$$

Donde,

- “ $V_s$ ” es la velocidad de izada, que tomará valores entre 9 y 11 m/min.
- K para molinetes biancla es 1
- El rendimiento del molinete y del escoben estarán entre 0,5 y 0,7.

Resultando,

$$P1 = \frac{6,5 \times K \times d_c^2 \times V_s}{4500 \times \eta_m} = 250,47CV = 186,8 \text{ kW}$$

A continuación, se define la potencia continua necesaria para elevar ancla:

$$P_2 = \frac{0,87 \times (Pancla + 0,02 \times L(Cadena) \times d_c^2) \times V_S}{4500 \times \eta_m \times \eta_e} = \frac{0,87 \times (13500 + 0,02 \times (715/2) \times 102^2) \times 10}{4500 \times 0,6 \times 0,6} = 472 \text{ CV} = 352 \text{ kW}$$

La potencia para zarpar el ancla durante un tiempo limitado de dos minutos se define con la siguiente expresión:

$$P_3 = \frac{(2,1 \times Pancla + 0,02 \times dc^2 \times L(cadena)) \times V_S}{4500 \times \eta_m \times \eta_e} = \frac{(2,1 \times 13500 + 0,02 \times (715/2) \times 102^2) \times 10}{4500 \times 0,6 \times 0,6} = 634,2 \text{ CV} = 473 \text{ kW}$$

A partir de las tres potencias calculadas previamente, la instalada a bordo ha de ser la mayor de éstas, ya que es la situación más desfavorable. En este caso, la mayor potencia es la necesaria para zarpar el ancla que es 473 kW.

Será tenido en cuenta también que en las potencias estimadas restantes han de ser capaces de soportar una sobrecarga del 50%:

$$P_1' = 1,5 \times P_1 = 1,5 \times 186,8 = 280,2 \text{ kW}$$

$$P_2' = 1,5 \times P_2 = 1,5 \times 352 = 528 \text{ kW}$$

Por tanto, la potencia necesaria del molinete es la potencia de elevación sobredimensionada (P2'):

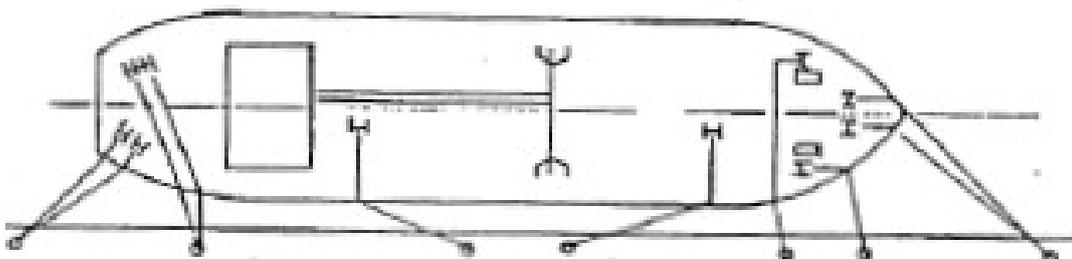
$$P(\text{molinete}) = 528 \text{ kW}$$

## 1.8 Disposición del amarre

La disposición de los equipos será muy importante para la facilidad y seguridad de la maniobra de amarre. Para conseguirlo serán importantes los siguientes principios:

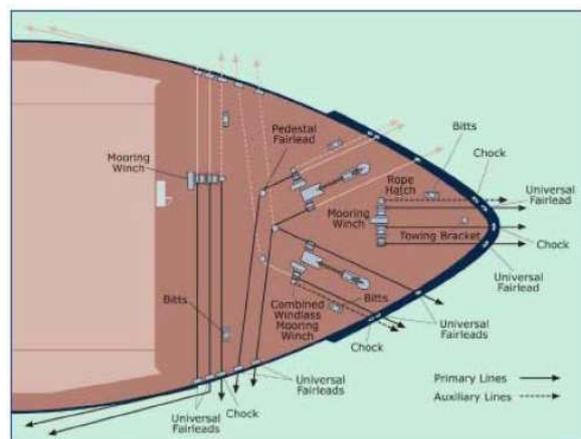
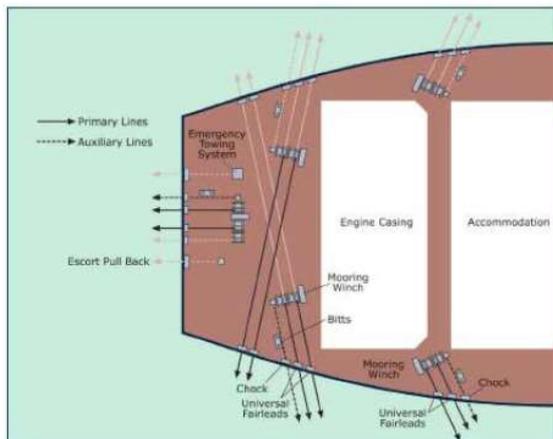
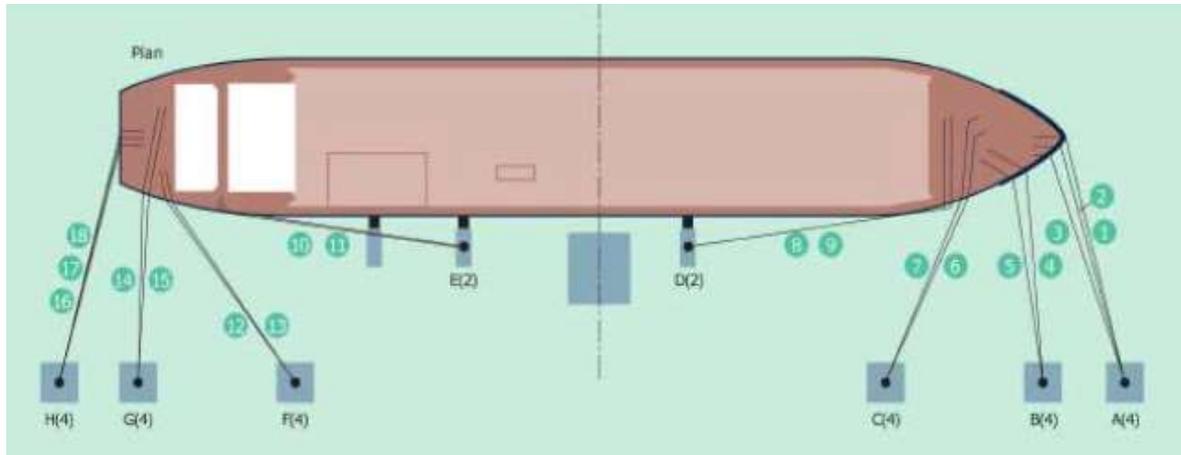
- Mantener las áreas de amarre tan libres como sea posible
- Situar las operaciones de amarre en proa y popa, es decir, alejado de la sección media y lo más bajo que el buque lo permita
- Correcta alineación de los elementos
- Visibilidad de toda la operación de amarre
- Líneas de amarre de la misma longitud y además deben poder funcionar en ambos costados del buque.

Para definir la disposición del amarre se tendrá en cuenta el tipo de buque y el tamaño de éste:



Winch specifications

- 2 x comb. windlass/20 t mooring winch  
with single drum
- 3 x 20 t mooring winch  
with two drums
- 2 x 20 t mooring winch  
with single drum



## 2. EQUIPOS DE SALVAMENTO

Los equipos y dispositivos necesarios para realizar el salvamento vienen fijados en el SOLAS, Capítulo III, Parte B. Los elementos que debe disponer el buque proyectado serán:

- Aparatos radioeléctricos
- Sistemas de localización y búsqueda
- Bengalas
- Sistemas de comunicación
- Embarcaciones de supervivencia: Bote y balsa salvavidas y bote de rescate.
- Dispositivos individuales de salvamento: Aros y chalecos salvavidas y trajes de inmersión.

Concretamente, las reglas que son de aplicación son:

- Regla 6: Comunicaciones
- Regla 7: Dispositivos individuales de salvamento
- Regla 31: Embarcaciones de supervivencia y rescate
- Regla 32: Dispositivos individuales en buques de carga

A continuación, se describirán cada uno de los equipos, se detallará también el número de equipos a bordo y su situación en el buque. El buque tendrá 28 tripulantes, se tomarán 32 tripulantes contando con posibles emergencias.

### 2.1 Sistemas individuales de salvamento

#### 2.1.1 Aros salvavidas

Se dispondrán en los laterales del buque en todas las cubiertas expuestas que se extiendan hasta el costado del buque, repartidos igualmente. Habrá por lo menos uno en las proximidades de la popa. De fácil adquisición ya que estarán estibados de forma que sean movibles, no con elementos de fijación permanentes.

Al menos la mitad deberán tener luces de encendido automático y, de éstos, dos tendrán una señal fumígena. Habrá uno a cada banda con rabiza, y esto serán distintos a los luminosos o con señal de humo. El número de aros salvavidas será en función de la eslora del buque:

Eslora del buque (m)	Número mínimo de aros salvavidas
$L < 100$	8
$100 < L < 150$	10
$150 < L < 200$	12
$L > 200$	14

Debido a la eslora del buque, el número mínimo de aros salvavidas sería 22. Se distribuirán de la siguiente forma:

- Aros salvavidas normales: 4 a cada banda
- Aros con rabiza: 1 a cada banda
- Aros con luz: 4 a cada banda
- Con luz y humo: 2 a cada banda



### 2.1.2 Chalecos salvavidas

Se deberá llevar a bordo un chaleco salvavidas de tipo aprobado por cada persona que este navegando en el buque más el 5%. Los chalecos irán provistos de luz y estibados en el lugar adecuado sobre cubierta. un número suficiente de chalecos salvavidas para las personas encargadas de la guardia y para utilizarlos en los puestos de embarcaciones de supervivencia alejados. Los chalecos destinados a las personas encargadas de la guardia se estibarán en el puente, la cámara de control de máquinas y cualquier otro puesto que tenga dotación de guardia



Por tanto, a bordo estarán disponibles 29 chalecos salvavidas. Además, se llevarán 10 chalecos de respeto. Es decir, se contará con 39 chalecos salvavidas a bordo.

### 2.1.3 Trajes de inmersión

Se dotará a cada tripulante de un traje de supervivencia, de una talla adecuada, que deberá almacenar en su camarote. Por lo tanto, se dispondrá de, al menos, un total de 28 trajes supervivencia.



## 2.2 Otros aparatos

Se sigue la regla SOLAS, Capítulo III, parte B, regla 6.

### 2.2.1 Sistemas radioeléctricos

Al menos, se tendrán a bordo 3 3 aparatos radioeléctricos bidireccionales de ondas métricas. Se instalarán dispositivos del tipo VHF portátil de la compañía Navicom.



### 2.2.2 Dispositivos de localización y búsqueda

Dos respondedores de radar, uno a cada banda. Que deberán estar colocados en lugares donde se pueda colocar rápidamente en cualquier embarcación de supervivencia.

Se muestra los respondedores de la marca Jotron "Tron AIS-SART":



### 2.2.3 Bengalas

Se dispondrán 25 cohetes lanza bengalas con paracaídas de socorro instalados en una caja de acero situada en el puente de navegación o cerca de este.

Se dispondrá de un aparato lanzacabos, de un alcance de 230 m. Marca EMS Ship Supply Spain SA:



### 2.2.4 Sistemas de comunicación y alarmas

Se contará con un equipo de emergencia fijo o móvil para permitir la comunicación entre puestos de control y puntos a bordo del buque.

Además, el sistema de alarma que servirá de aviso a la tripulación deberá contar también con altavoces.

Se muestra el sistema de alarmas del modelo Jotron Tron AIS-TR 800 y MPA 1600:



## 2.3 Embarcaciones salvavidas

Cumpliendo con el reglamento SOLAS, capítulo III sección 3, regla 31. Además, se seguirá también el Código Internacional del gasero, regla 4 y 5.

### 2.3.1 Bote caída libre

Estos botes irán estibados en un pescante que será el que los ponga a flote cuando sea necesario. Existirá uno. Tendrá una capacidad para evacuar a todos los tripulantes del buque, por tanto, tendrá una capacidad para 28 (32) personas. Tendrá un servicio autónomo de abastecimiento de aire cumpliendo así con la sección 4.8 del código. Además, el bote deberá tener protección contra incendios, tal como indica la sección 4.9 del código, debido a que el flash point de la carga menos de 60 grados centígrados.

Para buques de carga de más de 120 metros de eslora como es el caso del buque proyectado, este bote debe localizarse como mínimo a 1,5L a proa de la hélice.



### 2.3.2 Balsas salvavidas auto inflables

Estas balsas han de tener capacidad para todas las personas del buque. Situadas lo más a proa posible, a popa del mamparo de colisión. Su instalación es obligatoria cuando la distancia horizontal desde el extremo de la roda hasta el extremo más próximo de la embarcación de supervivencia más cercana sea superior 100m.

Se instalarán, 3 balsas salvavidas con capacidad para el 100% de la tripulación, se colocará una proa y dos en popa siempre ya que no estarán distanciadas más de 200 metros, serán estibadas de tal forma que puedan moverse de banda a banda de la cubierta expuesta. Tendrán capacidad para toda la tripulación, es decir, para los 28 tripulantes a bordo del buque. Deben localizarse tan cerca del agua como sea posible, mínimo de 2 metros a la flotación de plena carga incluyendo un asiento de 10° y una escora de 20°, limitados por la inmersión de la cubierta de intemperie. Tampoco se localizarán sobre tanques con productos explosivos o tóxicos, ni sobre aletas estabilizadoras.

Tendrá un servicio autónomo de abastecimiento de aire cumpliendo así con la sección 4.8 del código. Además, el bote deberá tener protección contra incendios, tal como indica la sección 4.9 del código, debido a que el flash point de la carga menos de 60 grados centígrados.



### 2.3.3 Bote de rescate

Se instalará en el buque una lancha semirrígida rápida de plástico reforzado con fibra de vidrio, con una capacidad de 6 personas y propulsada con motor fueraborda y colocada en el lado de babor.

Debido a que es un buque gasero y que su carga presenta algunas características desfavorables, en lugar de llevar botes salvavidas totalmente cerrados, según indica la norma 4.9 del CIG, llevarán botes provistos de un sistema autónomo de abastecimiento de aire, también deberán ser botes salvavidas protegidos contra incendios debido a que el punto de inflamación de la carga es bajo.



Además, la embarcación salvavidas llevará los siguientes pertrechos destinados al mantenimiento y flotación de la balsa, de atenciones médicas y a localización y recursos de supervivencia de náufragos:

- Una guía flotante de 30 m como mínimo, que llevara un aro flotante en el extremo

- Las balsas para doce o menos personas llevaran un cuchillo, lo que transporten más de doce personas dos cuchillos y dos achicadores.
- Dos esponjas
- Dos anclas flotantes

### 3. SERVICIO DE SENTINAS

El servicio de sentinas se encarga del achique debido a filtraciones a cualquier espacio estanco, a excepción de los tanques que tienen sus propios medios de descarga, está compuesto por los siguientes elementos:

- Bombas de sentinas. Se instalarán tres bombas, una de ellas será de emergencia.
- Separador de sentinas.
- Pozos de sentinas.

Los espacios del buque en los que debe haber sistema de achique son los siguientes:

- Caja de cadenas
- Cámara de bombas
- Cofferdams

EL convenio SOLAS indica que el buque dispondrá de un sistema efectivo que permita bombear y agotar, cualquier compartimiento estanco distinto de lo que son tanques estructurales del buque. Las bombas de sentinas aspirarán el agua de todos los pozos de sentinas y espacios vacíos al tanque de lodos.

El separador de sentinas lleva un medidor de contenido de aceite con alarma. El objetivo de este equipo es separar el aceite del agua de sentinas dejando una proporción de aceite en el agua inferior a 15 ppm antes de descargar el agua al mar.

#### 3.1 Bomba de sentinas

El reglamento SOLAS indica que se instalaran mínimo dos bombas centrífugas autocebadas conectadas al colector de achique del buque, siendo este un buque de carga.

La capacidad dependerá de la velocidad de bombeo de agua al colector, esta velocidad no será inferior a 2 m/s y generalmente trabajan a presiones de 2-3 bares.

La sección de la tubería se calcula a partir del diámetro del colector que lo define la siguiente expresión indicada en el reglamento SOLAS:

$$d(\text{colector}) = 25 + 1,68 \times \sqrt{L \times (B + D)} = 25 + 1,68 \times \sqrt{255,105 \times (41,972 + 30)} = 252,5\text{mm}$$

A partir de este valor de diámetro del colector mínimo, se escoge un diámetro comercial mayor que el calculado, se muestra a continuación el diámetro comercial del colector elegido para el caso del buque proyectado:

#### Nominal Bore 12 inch (DN 300 mm), Outside Diameter 323.9 mm

Schedule	Sch. 5s	Sch. 5	Sch. 10	Sch. 20	Sch. 30	Sch. 40s	Sch. 40
Wall thickness (mm)	4.0	4.2	4.6	6.4	8.4	9.5	10.3
Internal Diameter (mm)	315.9	315.5	314.7	311.1	307.1	304.9	303.3
Schedule	Sch. 60	Sch. 80	Sch. 100	Sch. 120	Sch. 140	Sch. 160	
Wall Thickness (mm)	14.3	17.5	21.4	25.4	28.6	33.3	
Internal Diameter (mm)	295.3	228.9	281.1	273.1	266.7	257.3	

El caudal de la bomba se define de la siguiente forma:

$$Q = \pi \times \left(\frac{300}{2000}\right)^2 \times 2 \times 3600 = 508.9 \text{ m}^3/h$$

Por tanto, el caudal resulta:  $Q = 508.9 \text{ m}^3/h$

La potencia necesaria de la bomba será:

$$P = \frac{Q \times 9.81 \times \rho \times Presion}{3600 \times 10^{-3} \times \eta(mec)} = \frac{508.9 \times 9.81 \times 1025 \times 4}{3600 \times 10^{-3} \times 0,7} = 80 \text{ Kw}$$

La presión de 4,5 Bares se estima a partir de las pérdidas de carga en los metros de tubería y los accesorios a lo largo del circuito, se utiliza el plano del buque de referencia que se puede ver en el anexo del documento.

## 4. SISTEMA DE LASTRE

El sistema de lastre se utiliza cuando es necesaria una mayor estabilidad del buque en situaciones en las que el mar o la carga generen asiento. El funcionamiento de los sistemas de lastrado es que mediante el llenado y vaciado de estos tanques de lastre, el asiento del buque quede compensado.

En este apartado es muy necesaria la normativa MARPOL para respetar el medioambiente en estas operaciones.

En el cuaderno 4 se obtuvo la capacidad de lastre que tenía el buque, siendo este valor 53152,6 metros cúbicos. En el anexo 1 se puede observar la disposición preliminar de los tanques de lastre, entre otros.

### 4.1 Tiempo y caudal de deslastrado

En estos buques lo normal son 3 bombas de lastre, centrifugas y autocebadas, una de ellas será común al servicio de sentinas, trabajarán a una presión entre 2 – 3 Bares. Se considera tal y como se indica en el buque referencia, que el buque tarda 8 horas en lastrarse o deslastrarse completamente:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = 6644,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como hay 3 bombas, el caudal por bomba resulta,

$$Q = 2214,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 4.2 Dimensionamiento

A partir del caudal se obtiene el diámetro de la tubería considerando una velocidad de 2m/s:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}} = 625,8 \text{ mm}$$

Observando los diámetros comerciales de tubería, se escoge para el buque proyectado el diámetro de 650 milímetros.

La presión de salida de la bomba es 3 bares, pero habrá que tener en cuenta las pérdidas de carga, por tanto, finalmente la potencia resulta:

$$P = \frac{Q \times 9.81 \times \rho \times \text{Presion}}{3600 \times 10^{-3} \times \eta(\text{mec})} = \frac{2214,7 \times 9.81 \times 1025 \times 3.7}{3600 \times 10^{-3} \times 0,8} = 286,1 \text{ kW}$$

La presión de se estima a partir de las pérdidas de carga en los metros de tubería y los accesorios a lo largo del circuito, se utiliza el plano del buque de referencia que se puede ver en el anexo del documento.

## 5. SERVICIO SANITARIO

El agua dulce se destinará al consumo humano, por tanto, ha de ser potable, también tiene fines como la refrigeración, sanitaria, lavanderías, cocina, etc. Se considera la normativa UNE-EN ISO 15478 para el diseño de estos sistemas.

Además de la generación de agua dulce, se tratará el tratamiento de aguas residuales, para el diseño de esta planta se tendrá en cuenta el reglamento MARPOL.

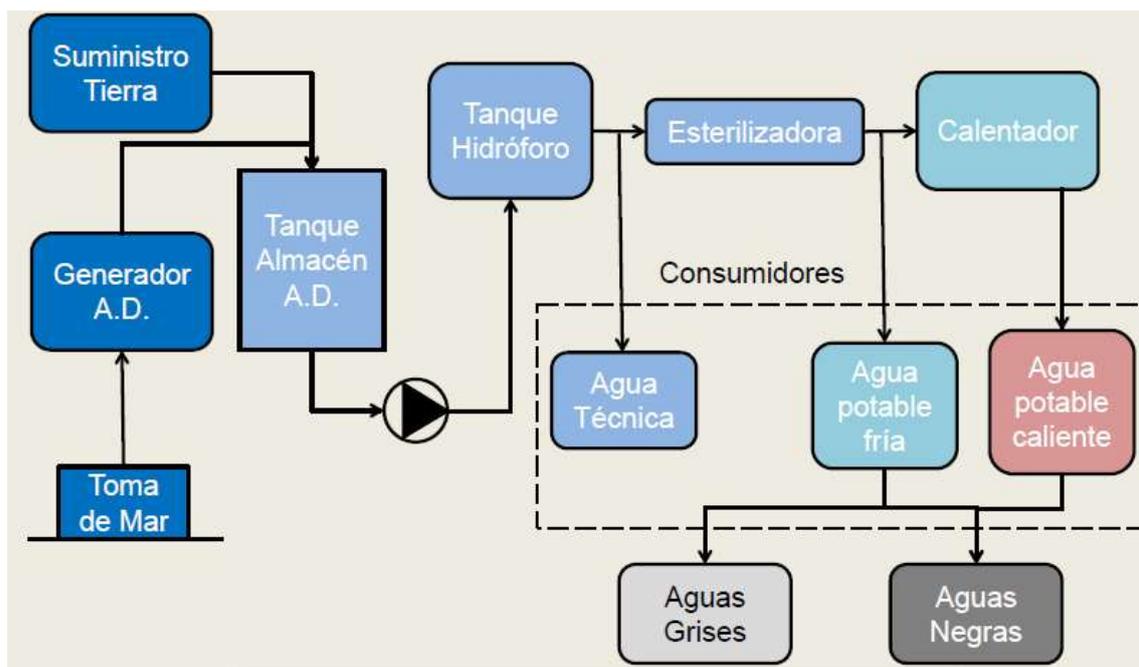
Los sistemas que se contemplan para el funcionamiento del servicio sanitario son los siguientes:

- Generadores de agua dulce
- Tanques almacén
- Bombas de suministro
- Bombas de circulación
- Tanques hidróforos
- Potabilizadoras o esterilizadoras
- Calentadores
- Planta de tratamiento de aguas residuales

### 5.1 Funcionamiento

El suministro de agua potable se configura de forma que por la toma de mar se introduce el agua salada en el sistema y se dirige al generador de agua potable. Una vez el agua ha sido tratada se almacena en un tanque. El agua de este tanque circula hacia el tanque de presión que aumenta la presión en función de los requisitos del sistema. Se lleva a cabo también un proceso de esterilización y de aquí puede pasar el agua fría hacia el lugar de su uso (Duchas, aseos, fuentes, etc) o hacia un calentador de agua y después hacia el lugar de uso del agua caliente.

En el siguiente esquema se muestra un esquema general de suministro de agua dulce:



## 5.2 Necesidades del servicio sanitario

Los consumidores de esta agua provienen básicamente de dos ámbitos:

- Tripulación: Baños, aseos, cocinas, lavanderías, climatización, baños, etc.
- Técnicos: Calderas y turbinas, refrigeración, etc.

### 5.2.1 Consumos

El consumo de agua potable por persona y día del buque proyectado se estima a partir del número de tripulantes:

Tipo de buque	Grupo de personas embarcado	Consumo de agua cuando esté equipado con		
		sistema de aseos de gravedad	sistema de aseos de vacío	
Buque de alta mar	Carguero	Tripulante/cama	220 l	175 l
	Buque de pasaje	Pasajero/cama	270 l	225 l
	Crucero de lujo	Pasajero/cama	–	275 l
	Trasbordador con cabinas	Pasajero/cama	205 l <sup>a</sup>	160 l <sup>a</sup>
		Pasajero sin cama	100 l	55 l
	Trasbordador sin cabinas	Pasajero sin cama	150 l	105 l
		Tripulante sin cama	100 l	55 l
Embarcación de navegación interior	Carguero	Tripulante/cama	mínimo 150 l	
	Buque de pasaje con cabinas	Pasajero/tripulante/cama	220 l	175 l
	Buque de pasaje sin cabinas	Tripulante/pasajero	100 l	
Buques especiales	Buque de investigación	por cama	220 l	175 l
	Buque auxiliar de las fuerzas armadas y mayores	Tripulante/cama	160 l	110 l
	Buque de las fuerzas armadas menor que un auxiliar	Tripulante/cama	100 l	55 l
Pesquero	Tripulante/cama	mínimo 150 l		
Plataforma "offshore"	Tripulante/cama	350 l		

<sup>a</sup> Sin lavandería a bordo.

Por tanto, teniendo en cuenta los 28 tripulantes, en una primera aproximación:

$$\text{Consumo Agua} = 28 \times 175 \times 24.225 \cong 120 \text{ Ton}$$

De una forma más exacta se calcula:

Puntos de servicio	Consumo (l/día*persona)		
	agua total	agua fria	agua caliente
Lavabo de pared	12	5	7
Plato de ducha	120	50	70
Retrete de vacio	8	8	
Zona de cocina	20	8	12
Lavandería	38	15	23
Limpieza	5	2	3
<b>TOTAL</b>	<b>203</b>	<b>88</b>	<b>115</b>
Autonomía	24,225	días	
Personas a bordo	28	Personas	
	<b>agua total</b>	<b>agua fria</b>	<b>agua caliente</b>
<b>Consumo medio diario (l/dia)</b>	5684	2464	3220
<b>TOTAL (litros)</b>	137694,9	59690,4	78004,5

### 5.3 Tanques almacén

Existirá un tanques de agua dulce localizado cerca de los sistemas de generación de agua dulce que se sitúan en la tercera cubierta de la cámara de máquinas, se muestra en el anexo 1 el compartimentado preliminar del buque proyectado.

Estos tanques serán estructurales y sin mamparos comunes a otros tanques, estarán recubiertos (pintura o galvanizado) para protegerlos contra la corrosión. En el exterior han de estar reforzados

### 5.4 Generación de agua dulce

El agua dulce no se puede llevar a bordo ya que la autonomía del buque es de 24 días, por tanto, será necesario un sistema de desalinice el agua de mar. El agua dulce obtenido con el sistema instalado debe tener una pureza de 5 ppm a partir de un intercambiador de calor que evapora el agua de mar y después lo condensa, de esta forma por el eyector sale agua al mar con mayor salinidad.

El calor utilizado para el proceso se aprovechará de la refrigeración del motor principal, lo que hace que el proceso respete el medio ambiente ya que demandará poca energía eléctrica.

Se escoge un generador de agua dulce que nos cubra la demanda de 4900 litros de agua dulce diaria a bordo definida previamente:

Wärtsilä Single Stage Desalination Systems.

Con este sistema la calidad del agua obtenida cumple con los requisitos. La capacidad del equipo elegido cumple con la demanda del buque proyectado.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas:



System	Capacity (tons/day)	Thermal power (kWh/t)	Electrical power (kWh/t) <sup>1</sup>	Dry weight (kg)	L x W x H (mm)	Footprint (m <sup>2</sup> )	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

## 5.5 Cálculos caudales nominales

### 5.5.1 Tipos

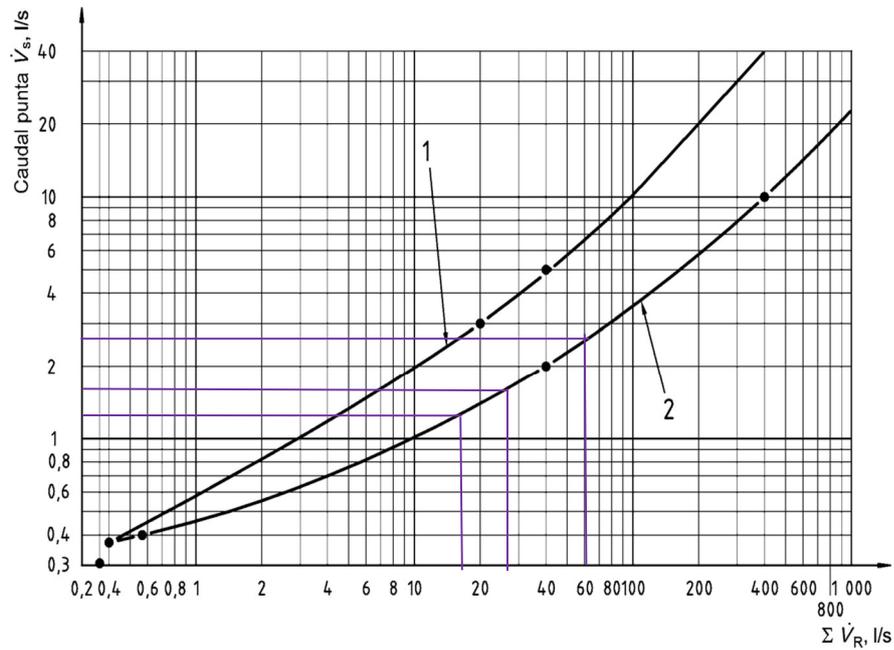
EQUIPAMIENTO	PUNTOS DE SERVICIO	PRESION DE FLUJO MINIMO (bar)	CAUDAL TOTAL (l/s)	CAUDAL FRIA (l/s)	CAUDAL CALIENTE (l/s)
Aseo completo	llave mezcladora de lavabo	1	0,14	0,07	0,07
	llave mezcladora de ducha	1	0,3	0,15	0,15
	retrete de gravedad	1,5	0,3	0,3	
	<b>TOTAL</b>		<b>0,74</b>	<b>0,52</b>	<b>0,22</b>
Aseo simple	llave mezcladora de lavabo	1	0,14	0,07	0,07
	retrete de gravedad	1,5	0,3	0,3	
	<b>TOTAL</b>		<b>0,44</b>	<b>0,37</b>	<b>0,07</b>
Lavanderia	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	
	<b>TOTAL</b>		<b>0,78</b>	<b>0,64</b>	<b>0,14</b>

### 5.5.2 Caudales por cubierta

A partir de los planos del buque de referencia se calcula el caudal total necesario:

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)
<b>CUBIERTA PUENTE</b>	ASEO SIMPLE	6	2,22	0,42	2,22	0,42	2,22	0,42
<b>4º CUBIERTA SUPERESTRUCTURA</b>	ASEO COMPLETO	7	5,72	2,42	7,94	2,84	10,16	3,26
	ASEO SIMPLE	6	2,22	0,42				
<b>3º CUBIERTA SUPERESTRUCTURA</b>	ASEO COMPLETO	23	3,12	1,32	4,23	1,53	14,39	4,79
	ASEO SIMPLE	6	1,11	0,21				
<b>2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA</b>	ASEO SIMPLE	6	0,74	0,14	5,42	2,12	19,81	6,91
	ASEO COMPLETO	6	4,68	1,98				
<b>1ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA</b>	ASEO COMPLETO	13	3,64	1,54	3,64	1,54	23,45	8,45
<b>CUBIERTA PRINCIPAL</b>	ASEO COMPLETO	6	1,04	0,44	2,67	0,72	26,12	9,17
	ASEO SIMPLE	2	0,74	0,14				
	COCINA	1	0,64	0,14				
	LAVADERÍA	1	0,25	0				
					<b>CAUDAL TOTAL</b>		<b>61,26</b>	

Habiendo aproximado estos valores, se calcula el caudal punta haciendo uso de la siguiente gráfica:



Leyenda  
1 Buque de pasaje  
2 Buque de carga

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

Obteniendo los siguientes resultados:

	Caudal Total	Caudal Punta
Agua fría	26.12	1,5
Agua caliente	17	1.2
<b>Total</b>	<b>61.26</b>	<b>2.5</b>

El diámetro nominal del colector se estima con la siguiente tabla:

Caudales punta, anchuras nominales y presiones diferenciales para tuberías de cobre y acero inoxidable

Caudal punta $\dot{V}_S$ l/s	Velocidad del flujo v m/s							
	1		1,4		2		2,5	
	Anchura nominal DN	Presión diferencial R mbar/m	Anchura nominal DN	Presión diferencial R mbar/m	Anchura nominal DN	Presión diferencial R mbar/m	Anchura nominal DN	Presión diferencial R mbar/m
0,2	15	20,0	12	50	10	125	10	220
0,3	20	14,0	15	36	12	95	12	170
0,45	25	11,0	20	27	15	70	15	130
0,7	32	8,0	25	20	20	52	20	95
1,0	40	6,0	32	15	25	40	25	75
1,5	40/50	4,8	40	11,5	32	30	32	55
2,25	50	3,5	50	8,6	40	23	32	42
3,5	65	2,6	65	6,5	50	16,5	40	30
5,25	80	1,9	65	4,7	65	12	50	23
8,0	100	1,5	80	3,7	65	9,5	65	17

NOTA – Las presiones diferenciales mencionadas incluyen las pérdidas debidas a los codos, ramales, válvulas, etc. La presiones diferenciales debidas al rozamiento en las tuberías son muy pequeñas para una temperatura del orden de hasta 60 °C; por lo tanto se considera despreciable este diferencial de presión.

## 5.6 Bombas agua dulce

### 5.6.1 Bomba de suministro

#### 5.6.1.1 Pérdidas de carga

Se dispondrá de dos bombas de suministro, una para agua fría y otra caliente. En primer lugar, cálculo de las pérdidas de carga:

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	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	2,22	0,58	1,4	25	20	60
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	10,16	1	1,4	32	15	45
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	14,39	1,1	1,4	40	11,5	34,5
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	19,81	1,4	2	32	30	90
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1º CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	23,45	1,5	2	32	30	120
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	26,12	1,6	2	40	23	197,8
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	10,16	1	1,4	32	15	78
							<b>TOTAL (bar)</b>	<b>0,6253</b>

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	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	0,42	0,38	1,4	20	27	81
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	3,26	0,65	1,4	25	30	90
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	4,79	0,78	1,4	32	15	45
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	6,91	0,85	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1º CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	8,45	0,9	2	25	40	160
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	9,17	1	2	25	40	344
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	3,26	0,7	1,4	25	20	104
							<b>TOTAL (bar)</b>	<b>0,863</b>



### 5.6.1.3 Dimensionamiento de bomba

El cálculo de la bomba de suministro se diseña para el caudal total y las presiones calculadas en las tablas anteriores.

Teniendo en cuenta un caudal punta total de 2.5 l/s, que equivale a 90 m<sup>3</sup>/h y las pérdidas de carga máximas de 7.26 que aplicando un margen de 2 Bar, resulta 9.26 Bar.

La potencia de la bomba será:

Dimensionamiento de la bomba	
Caudal	90 m <sup>3</sup> /h
Presion	9,26 bar
Densidad	1025 kg/m <sup>3</sup>
Rendimiento	0,6 -
Potencia absorbida	38 kW
Potencia eléctrica	42 kW

### 5.6.2 Bomba de circulación

Existen dos bombas de circulación, una de agua fría y una de agua caliente, éstas mantienen la circulación en circuitos, esterilizador y calentador. Este sistema evita problemas de contaminación y calidad de agua. En primer lugar, se debe determinar el volumen de agua en tuberías, y después aplicar 3 renovaciones por hora.

### 5.6.2.1 Pérdidas de carga

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	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	2,22	0,58	1,4	25	20	60
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	10,16	1	1,4	32	15	45
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	14,39	1,1	1,4	40	11,5	34,5
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	19,81	1,4	2	32	30	90
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	23,45	1,5	2	32	30	120
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	26,12	1,6	2	40	23	197,8
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	10,16	1	1,4	32	15	78
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	10,16	1	1,4	32	15	78
TRONCO	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	2,22	0,58	1,4	25	20	60
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	10,16	1	1,4	32	15	45
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	14,39	1,1	1,4	40	11,5	34,5
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	19,81	1,4	2	32	30	90
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	23,45	1,5	2	32	30	120
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	26,12	1,6	2	40	23	197,8
<b>TOTAL (Bar)</b>								<b>1,2506</b>

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	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	0,42	0,38	1,4	20	27	81
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	3,26	0,65	1,4	25	30	90
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	4,79	0,78	1,4	32	15	45
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	6,91	0,85	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	8,45	0,9	2	25	40	160
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	9,17	1	2	25	40	344
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	3,26	0,7	1,4	25	20	104
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	3,26	0,7	1,4	25	20	104
TRONCO	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	0,42	0,38	1,4	20	27	81
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	3,26	0,65	1,4	25	30	90
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	4,79	0,78	1,4	32	15	45
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	6,91	0,85	2	25	40	120
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	8,45	0,9	2	25	40	160
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	9,17	1	2	25	40	344
<b>TOTAL (Bar)</b>								<b>1,888</b>

### 5.6.2.2 Altura de bombeo

ALTURA DE BOMBEO RECIRCULACION AGUA FRIA	
	bar
PÉRDIDAS DE CARGA	1,25
VALVULAS Y ACCESORIOS	1,88
MARGEN 40%	1,25
<b>TOTAL (bar)</b>	<b>4,38</b>

ALTURA DE BOMBEO RECIRCULACION AGUA CALIENTE	
	bar
PÉRDIDAS DE CARGA	1,89
VALVULAS Y ACCESORIOS	2,83
MARGEN 40%	1,89
<b>TOTAL (bar)</b>	<b>6,61</b>

### 5.6.2.3 Volumen de agua en tuberías

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	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	25	0,581	1,7
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	32	1,012	3,0
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	40	1,372	4,1
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	32	1,012	3,0
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1º CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	32	1,012	4,0
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	40	1,372	11,8
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	20	0,366	1,9
RAMAL	4º CUBIERTA	23	20	0,366	8,4
RAMAL	3º CUBIERTA	23	20	0,366	8,4
RAMAL	2º CUBIERTA	22	20	0,366	8,1
RAMAL	1º CUBIERTA	22	20	0,366	8,1
RAMAL	CUBIERTA PRINCIPAL	22	20	0,366	8,1
*	*	0	0	0	0,0
*	*	0	0	0	0,0
				<b>Total (l)</b>	<b>70,7</b>

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	4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - CUBIERTA DE PUENTE DE GOBIERNO	3	20	0,366	1,1
TRONCO	3ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 4ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	25	0,581	1,7
TRONCO	2ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA - 3ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	32	1,012	3,0
TRONCO	1ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA - 2ª CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA	3	25	0,581	1,7
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA SUPERESTRUCTURA	4	25	0,581	2,3
TRONCO	TANQUE-CUBIERTA PRINCIPAL	8,6	25	0,581	5,0
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	5,2	25	0,581	3,0
RAMAL	4ª CUBIERTA	23	15	0,201	4,6
RAMAL	3ª CUBIERTA	23	15	0,201	4,6
RAMAL	2ª CUBIERTA	22	15	0,201	4,4
RAMAL	1ª CUBIERTA	22	15	0,201	4,4
RAMAL	CUBIERTA PRINCIPAL	22	15	0,201	4,4
*	*	0	0	0	0,0
*	*	0	0	0	0,0
				<b>Total (l)</b>	<b>40,5</b>

### 5.6.2.4 Dimensionamiento de la bomba

Existen dos bombas de circulación, una dedicada al agua caliente y otra al agua fría. El caudal de las bombas ha de ser el adecuado para que se produzcan 3 renovaciones por hora en cada caso, además, hay que tener en cuenta que en cada caso existe un ramal de subida y otro de bajada, por tanto:

$$Q_{CirculaciónA.Fr\acute{a}a} = 70.7 * 3 \frac{Renovaciones}{h} * 2 = 424.2 \text{ l/h}$$

$$Q_{CirculaciónA.Caliente} = 40.5 * 3 \frac{Renovaciones}{h} * 2 = 243 \text{ l/h}$$

Bomba circulación de agua fría:

Dimensionamiento de la bomba	
Caudal	4,242 m3/h
Presion	4,38 bar
Densidad	1025 kg/m3
Rendimiento	0,6 -
Potencia absorbida	1 kW
Potencia eléctrica	1 kW

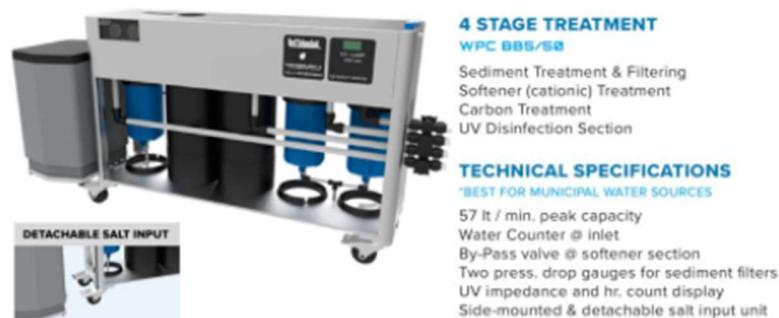
Bomba circulación agua caliente:

Dimensionamiento de la bomba	
Caudal	2,43 m3/h
Presion	6,61 bar
Densidad	1025 kg/m3
Rendimiento	0,6 -
Potencia absorbida	1 kW
Potencia eléctrica	1 kW

## 5.7 Potabilización / Esterilización

El agua potable ha de ser apta para el consumo humano, además con la esterilización se garantiza que el agua esté libre de gérmenes.

Para potabilizar el agua del buque proyectado se dispone de filtros de carbón activo y de esterilizadores ultravioletas, estos aparatos mejoran notablemente la calidad del agua. Se elige un sistema del catálogo de Nestek "Waterplant Compact, BB5/50", a continuación, se muestran sus especificaciones señaladas en el catálogo:

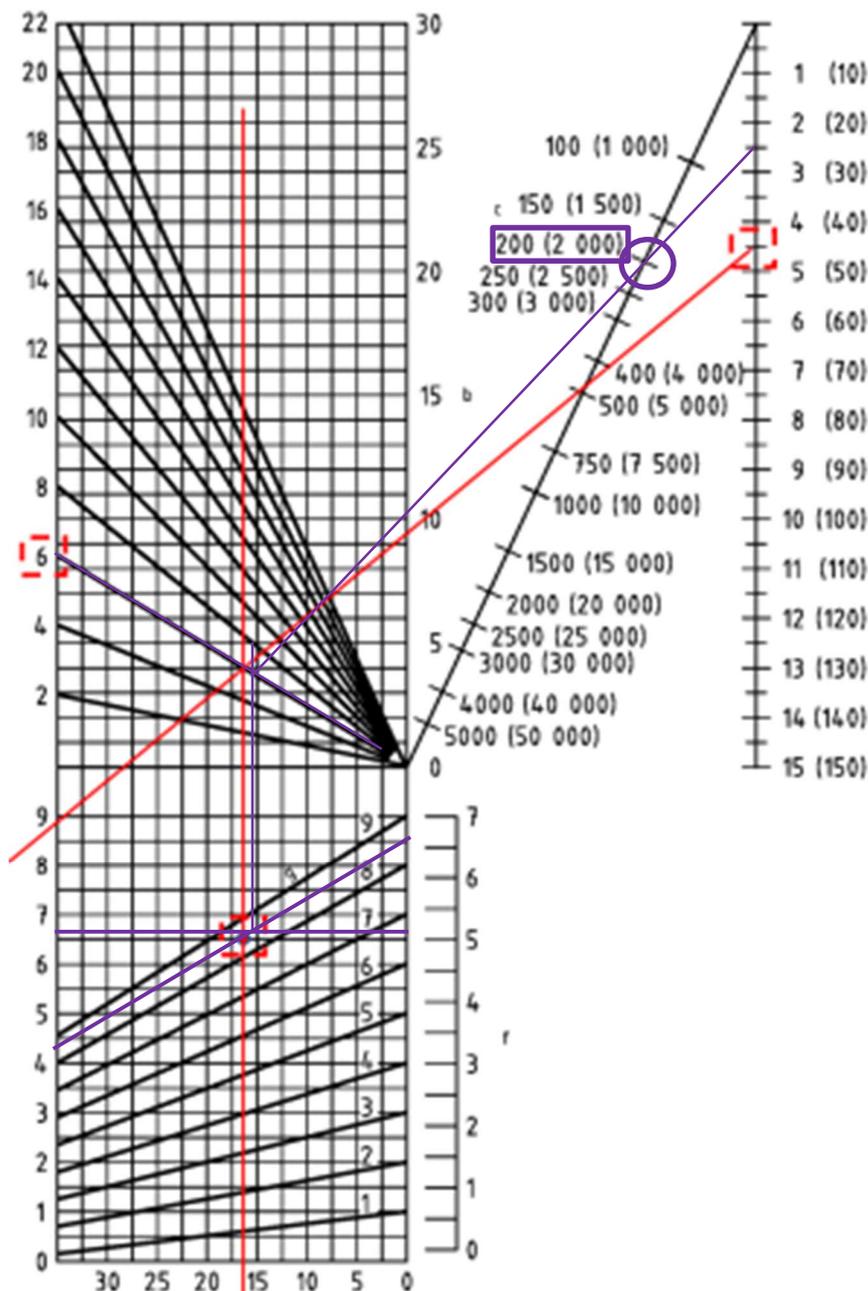


## 5.8 Tanque hidróforo

Este tanque suministra agua a presión al circuito para evitar el continuo arranque y frenado de las bombas de suministro. Su funcionamiento se basa en la compresibilidad del aire que contienen. La presión de trabajo es la misma que la de las bombas de suministro.

Estos tanques deben tener sistemas de seguridad y para su mantenimiento como por ejemplo grifo de purga, manómetro, válvulas de seguridad, control de presión, accesos para limpieza y registro, niveles de agua y conmutadores de control de presión.

La presión de apertura de la bomba será de 6.61 Bar (Calculada del suministro) y de corte 8.6 Bar (6,61+2). Se dimensiona para entre 6 y 8 funcionamientos por hora. El caudal a suministrar es el caudal de la bomba ya calculado, 2.5 l/s, es decir 90 m<sup>3</sup>/h.



Por tanto, se muestra el resultado obtenido de la anterior gráfica en la cual se entra con los resultados mencionados al principio del apartado:

$$V_{\text{Depósito}} = 200 \text{ litros}$$

El 20% del volumen es utilizable, por tanto:

$$V_{\text{Agua}} = 40 \text{ litros}$$

## 5.9 Calentador de agua

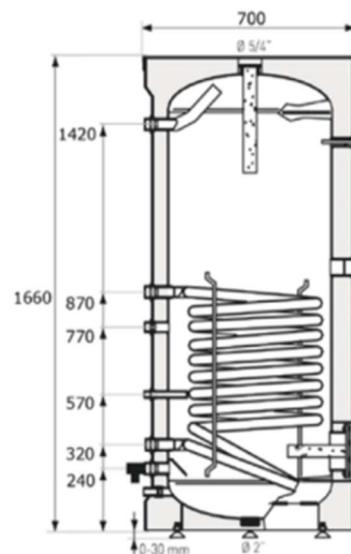
La normativa indica que los calentadores de almacenamiento deben poder calentar el volumen de agua consumido en la hora punta en dos horas. Además, no se debe calentar a una temperatura inferior de 60 grados para prevenir depósitos y legionela. Se utiliza la siguiente tabla para la estimación de la potencia de dicho calentador:

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

Para 28 tripulantes, el calentador de agua tendrá una potencia de 25 kW, de esta forma produce un volumen de agua de 922,22 litros y se produce una cantidad de agua a 40°C en una hora de 1955,6 litros.

Se escoge de catálogo Aparici: 5 interacumuladores aparici ACS 400.

Medidas y Conexiones del Interacumulador APARICI ACS 400:



## 5.10 Planta de tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales se dividen en el reglamento MARPOL Anexo IV en dos, por una parte, las aguas negras que provienen de desagües de inodoros, lavabos, lavaderos y urinarios, y, por otro lado, las aguas grises que son las restantes.

Se elige para el buque proyectado un sistema de tratamiento de aguas residuales que consta de una planta de tratamiento, tal y como indica el reglamento MARPOL, este equipo permite su descarga en cualquier momento, a diferencia de las opciones restantes.

Para el diseño del sistema se recurre a la normativa UNE – EN ISO 15749. Se utiliza el catálogo de la empresa Detegasa, se elige el modelo “Delta STPN Series, Model 630”, seleccionado a partir del número de tripulantes.

## SEWAGE TREATMENT PLANTS

### DELTA *STPN* SERIES

STPN MODEL	CREW	L/DAY	KG BOD/DAY
210	10	2100	0,60
420	20	4200	1,20
630	30	6300	1,80
840	40	8400	2,40
1260	60	12600	3,60
1680	80	16800	4,80
2100	100	21000	6,00
2590	123	25900	7,40
2940	140	29400	8,40
3375	161	33750	9,64
4050	180	40500	10,80
4305	205	43050	12,30
4830	230	48300	13,80
5400	257	54000	15,43
5985	285	59850	17,10
6615	315	66150	18,90
7245	345	72450	20,70
7875	375	78750	22,50
8400	400	84000	24,00

### Black and Grey Water

#### STPN MODELS

Specially designed to reduce the footprint while treating black & grey water through the whole process according to IMO MEPC 227(64)

COMPATIBLE WITH ALL VACUUM SYSTEMS IN THE MARKET

LOW MAINTENANCE REQUIRED

COMPLIANT WITH IMO MEPC 159(55) & IMO MEPC 227 (64)

ABS AND RMRS TYPE APPROVED.

MODULAR SOLUTIONS AVAILABLE

POSSIBILITY TO INSTALL IN CONTAINERS FOR IN-LAND OPERATION

### DELTA *PRBN* SERIES

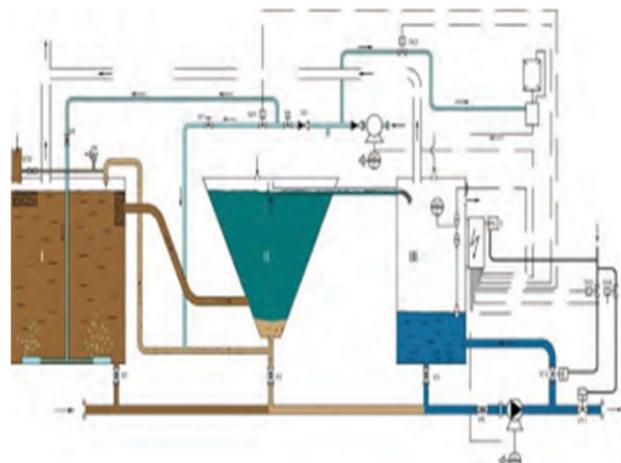
PRBN-MODEL	CREW	L/DAY	KG BOD/DAY
70	10	700	0,50
105	15	1050	0,75
140	20	1400	1,00
175	25	1750	1,25
210	30	2100	1,50
280	40	2800	2,00
350	50	3500	2,50
420	60	4200	3,00
490	70	4900	3,50
560	80	5600	4,00
630	90	6300	4,50
735	105	7350	5,25
875	125	8750	6,25
1200	171	11998	8,57
1400	200	14000	10,00
1575	225	15750	11,25
1750	250	17500	12,50
1925	275	19250	13,75
2100	300	21000	15,00
2380	340	23800	17,00



### Sewage Treatment Plants

IMO MEPC 159(55) & MEPC 227(64)  
MED Type Approved

BIOLOGICAL



## 6. SISTEMAS CONTRA INCENDIOS

Debido a las características de la carga que se transporta a bordo del buque del proyecto estos sistemas son de gran importancia, debido al riesgo de atmosferas explosivas y volatilidad de la carga. El objetivo de las siguientes normas es garantizar que se dispongan los sistemas adecuados para la protección del buque y de su tripulación contra incendios en la zona de carga.

El reglamento SOLAS, capítulo II, sección II, regla 10, establece las normas sobre el equipamiento contraincendios que debe estar disponible a bordo. Además, se utilizará el Código internacional de Gaseros y la normativa UNE.

Existen dos tipologías de protección contraincendios:

1. Medios de protección activa: Actúan directamente sobre uno o varios de los tres factores que generan el incendio, se componen por: Sistema de detección y alarma, Instalación de extinción y auxiliares (puertas cortafuegos, por ejemplo)
2. Medios de protección pasiva: Mobiliario con una determinada reacción al fuego, salidas de evacuación, señalización e iluminación en caso de incendios, abastecimiento de agua, etc.

### 6.1 Número de extintores

El reglamento SOLAS establece un mínimo de 5 extintores para buques de carga con arqueo bruto igual o superior a 1000.

En las zonas de alojamiento se instalarán extintores de polvo seco o de espuma por motivos de seguridad. Los extintores de polvo seco o anhídrido carbónico tendrán una capacidad mínima de 5 kilogramos y los de espuma de 9 litros. El peso de los extintores no supera los 23 kilogramos (Si no deberían contar con un carro para su transporte). Los extintores de polvo polivalente ABC de 12 kilogramos se utilizarán en las zonas de habilitación y de tipo polvo normal AB de 12 kilogramos para la cámara de máquinas.

Por tanto, en el buque se instalarán los siguientes extintores:

#### 6.1.1 Zona de habilitación

En esta área se colocarán 21 extintores, distribuidos entre las distintas cubiertas de dicho espacio de habilitación.

#### 6.1.2 Zona de cámara de máquinas

En esta área se colocarán 16 extintores, dispuesto uno a proa y otro a popa y dos situados a cada costado en cada una de las plataformas.



### 6.2 Mangueras, hidratantes, colectores.

#### 6.2.1 Colectores

Se utilizan para evitar el congelamiento de las tuberías. El diámetro del colector suficiente para dos bombas CI a la vez al máximo, pero no más de 140 m<sup>3</sup>/s. Máxima velocidad en tubería 4 m/s.

El caudal necesario se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = k \times \sqrt{P}$$

Siendo,

- K el coeficiente de la manguera. Indicado en el reglamento UNE – EN 671 – 2:

Lanza-boquilla o diámetro equivalente mm	Caudal mínimo Q l/min			Coeficiente K <sup>a</sup>
	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

<sup>a</sup> 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.

Teniendo en cuenta que el diámetro de la lanza boquilla es mayor de 12 mm, se toma un coeficiente K=85

- P la presión de la manguera, la mínima recomendada por el SOLAS es de 2.7 Bares. Teniendo en cuenta las pérdidas de carga y que en el caso proyectado será un poco superior, se establece 5 Bares.

Resultando,

$$Q = 190 \text{ l/min}$$

En otro apartado del documento, se indica que se tendrán dos mangueras para asegurar que cualquier punto del buque está cubierto, por tanto:

$$Q = 380 \text{ l/min}$$

### 6.2.2 Hidratantes

Dos jets de diferentes hidrantes, uno de ellos con una longitud simple de manguera, puedan alcanzar cualquier parte del buque normalmente accesible durante la navegación. Dos jets de diferentes hidrantes, ambos con una longitud simple de manguera, puedan alcanzar cualquier parte de los espacios de carga vacíos. Estos hidrantes deben estar situados cerca de los accesos a los espacios.



La presión de dichos hidratantes, para un buque de carga de más de 6000GT se establecen 2.7 Bares como presión aproximada.

### 6.2.3 Mangueras

En buques de carga de arque bruto igual o superior de 1000 nunca habrá menos de 5 mangueras, habiendo una por cada 30 metros de eslora más una de respeto. Ecuación 14:

$$n^{\circ} \text{manguera} = \frac{L}{30} + 1 = \frac{255,105}{30} + 1 = 9,5 \rightarrow 10 \text{ mangueras}$$

Además, debido a la peligrosidad de la carga, se deben añadir 3 mangueras a mayores. Estas son las mangueras sin contar con las de la cámara de máquinas y habilitación. En la

cámara de máquinas se instala para cada cubierta dos mangueras, el número de mangueras será 8. En la zona de habilitación se dispondrá de 5 mangueras por cubierta.

La forma de distribuirla será la siguiente: En cámara de máquinas habrán 8, una en proa y otra en popa de cada cubierta. En la zona de habilitación están las restantes.

Cuadro resumen:

MANGUERAS CI					
ESPACIOS DE CARGA		CÁMARA DE MÁQUINAS		HABILITACIÓN	
NºMangueras	13	NºMangueras	8	NºMangueras	20
Longitud (m)	20	Longitud (m)	15	Longitud (m)	20
Localización		Localización	2 por cada cubierta, en proa y en popa	Localización	5 por cubierta

### 6.2.4 Conexión a tierra normalizada

Por una parte, el reglamento SOLAS obliga a situar una toma a casa costado del buque ya que buque tiene más de 500GT. Por otro lado, el Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios indica las dimensiones exigidas de la conexión a tierra del buque que se indicaran a continuación:

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
Diámetro exterior	178 mm
Diámetro interior	64 mm
Diámetro del círculo de pernos	132 mm
Ranuras en las bridas	4 agujeros 19 mm diámetro distanciados equidistantemente en el círculo de pernos
Espesor de las bridas	14,5 mm mínimo
Pernos y tuercas	4 juegos 16 mm diámetro y 50 mm longitud

### 6.3 Número de equipos para bomberos

El Código internacional de gaseros indica que:

CAPACIDAD TOTAL DE CARGA	NÚMERO DE EQUIPOS
Igual o inferior a 5000 m3	4
Superior a 5000 m3	5

El buque dispondrá de 5 equipos para bomberos con respiradores autónomos con capacidad de 1200 litros de aire.

## 6.4 Sistemas fijos de extinción de incendios

### 6.4.1 Zona de carga

En el FSS Code se indica que el buque debe llevar en la cubierta de la zona de carga un sistema fijo de extinción de incendios de espuma. Este sistema tendrá la capacidad de sofocar el fuego que se produzca en cualquier lugar de la cubierta y en cualquier tanque de carga cuando la cubierta haya sufrido daños. La solución espumosa no debe tener un caudal menor de los siguientes:

1. Siendo  $B$  la manga y  $L_c$  la eslora de la zona de carga.
  - $C1 = 0,6 \times B \times L_c = 0,6 \times 41,972 \times 170 = 4281,144 \text{ l/min}$
2. Siendo  $A$  la sección horizontal del tanque de mayor sección.
  - $C2 = 6 \times A = 6 \times 1987 = 11922 \text{ l/min}$
3. Siendo  $E$  la superficie protegida por el mayor cañón lanzador. puede estimar sabiendo que la distancia del cañón al extremo de la zona protegida a proa de él no debe ser superior al 75% del alcance del cañón, y que este se puede estimar en 36 m dado los datos de la siguiente tabla:

Monitor type	Pressure loss at 1000 l/min	Typical nozzle throw
Single waterway fabricated stainless steel	0.2 bar (3.0 psi)	38 m
Single waterway cast bronze	0.3 bar (4.5 psi)	37 m
Dual path waterway cast aluminium	1.0 bar (15 psi)	33 m

$$\text{dimensión longitudinal} \rightarrow \sqrt{(0,75 \times 36)^2 - \left(\frac{41,972}{2}\right)^2} = 16,9 \text{ m}$$

Entonces  $E = 16,9 \times 41,972 = 713 \text{ m}^2$

- $C3 = 3 \times E = 3 \times 713 = 2139 \text{ l/min}$

Por tanto, finalmente el caudal de salida de la espuma es  $C = 11922 \text{ L/min}$

Se suministrará concentrado de espuma en cantidad suficiente para asegurar que se produce espuma durante 20 minutos en los buques tanque provistos de un sistema de gas inerte, como es el caso. La relación de expansión de la espuma (es decir, la relación entre el volumen de espuma producida y el volumen de la mezcla de agua y concentrado espumógeno suministrado) no excederá de 12 a 1. Según lo indicado, la capacidad del tanque de espumógeno será la siguiente:

$$V_{esp} = 7445 \text{ L} = 8 \text{ m}^3$$

La eslora protegida por cada cañón será de 12,5 m, considerando un alcance de estos de 36 m. Teniendo en cuenta que la eslora de la zona de carga es 170 m:

$$n^{\circ}\text{cañones} = 170/12,5 = 13,6 \rightarrow 14 \text{ cañones}$$

El caudal mínimo de cada cañón será el mayor caudal obtenido en:

- $C3 = 3 \cdot E = 2139 \text{ L/min}$

- 50% de la solución espumosa máxima  $\rightarrow 5961 \text{ L/min}$

Por tanto, el caudal que entregarán los cañones será de:  $5961 \text{ L/min} = 357,66 \text{ m}^3/\text{h}$

Por otra parte, los lanza espuma deberán disponerse de forma que “aseguren flexibilidad de operación en la extinción de incendios y cubran las zonas que los cañones no puedan alcanzar porque estén interceptadas”.

El número mínimo, según reglamento, es de 4 lanza-espumas con un alcance mínimo de 15 m. y una capacidad superior a los 400 L/min.

El Código internacional de gaseros establece que el buque dispondrá de un sistema de aspersión por agua en cubierta, destinado a la refrigeración de esta. Con esto se conseguirá reducir la tasa de evaporación del gas durante el transporte. Deberá cubrir la cubierta y zonas de carga con una aspersión mínima de agua uniformemente distribuida de 10 L/m<sup>2</sup> por minuto para superficies de proyección horizontal y de 4 L/m<sup>2</sup> por minuto para las superficies verticales.

#### 6.4.2 Zona de cámara de máquinas

En la cámara de máquinas el sistema de contraincendios estará formado por agua nebulizada, extintores de espuma y sistemas de aplicación local.

Se ha decidido no instalar un sistema de CO<sub>2</sub> debido al alto coste y al peligro para la tripulación. Actualmente, los buques han dejado de utilizar ese sistema. Presenta las siguientes características: Lavado y decantado de los humos y los gases tóxicos (seguridad humana), mantenimiento del nivel de oxígeno, economía, coste mínimo del agente extintor, no conduce la electricidad, muy eficaz en fuegos de líquidos inflamables, daños por el agua muy reducidos, reducción de la temperatura del recinto, agente extintor ecológico y económico, eficacia extintora por varios principios físicos.

Los sistemas utilizados por el agua nebulizada constan de los siguientes elementos:

- Cabezales atomizadores: son válvulas de agua que pueden estar siempre abiertas, en caso de sistemas de inundación total, o cerradas mediante un bulbo térmico en caso de sistemas de tubería húmeda.
- Sistema de abastecimiento de agua: es el conjunto de fuentes de agua, equipos de impulsión y red general destinados a asegurar el caudal y la presión de agua necesarios durante el tiempo de autonomía.
- Red de distribución: son las conducciones del agua del sistema, que discurren desde el sistema de abastecimiento hasta las cabezas atomizadoras distribuidas a lo largo del buque.
- Válvulas direccionales: son las válvulas que permiten dirigir la descarga al riesgo seleccionado.

Se emplearán sistemas de espuma de alta expansión (2 partes de espumógeno y 98 de agua). Ha de ser capaz de formar una cama de 1 metros de espesor por minuto. Se sigue el siguiente procedimiento para su cálculo:

$$Q_{\text{Agua}} = Q_{\text{Espumogeno}} * \frac{1 - \text{Mezcla}}{1 - \text{Mezcla} * (1 - \text{RatioExpansión})}$$

Siendo,

$$Q_{\text{Espuma}} = \frac{V_{\text{Espuma}}}{t}$$

$$V = L_{CM} * B * 1m = 83 * 41.9 * 1 = 3477.7 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta que no puede tardar más de 5 minutos:

$$q_{\text{Espuma}} = \frac{3477.7}{5 * 60} = 11.6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{Agua}} = 11.6 * \frac{1 - 0.02}{1 - 0.02 * (1 - 1000)} = 0.54 \frac{m^3}{s} = 30.5 m^3/min$$

$$Q_{\text{Espumogeno}} = 11.6 * \frac{0.02}{1 - 0.02 * (1 - 1000)} = 0.66 m^3/min$$

$$V_{\text{Espumogeno}} = 3477.7 * \frac{0.02}{1 - 0.02 * (1 - 1000)} = 3.32 m^3$$

### 6.4.3 Zona de habilitación

El buque contará con extintores en la zona de habilitación, se define el número de esto equipos en el apartado correspondiente. Adicionalmente, se instalará un sistema de rociadores automáticos.

El sistema de será del tipo “tubería llena” y estará siempre llena de agua dulce y mantenida a presión. Instalaremos una bomba centrífuga independiente del resto de bombas contraincendios, destinada a mantener automáticamente la descarga continua de agua en los rociadores a la presión requerida, de modo que aseguro un suministro capaz de cubrir el área estipulada a un régimen de aplicación de 5 L/min·m<sup>2</sup>.

## 6.5 Bombas contra incendios

### 6.5.1 Dimensionamiento bombas contraincendios

El reglamento SOLAS indica que debe de haber como mínimo 2 bombas contraincendios y por otro lado la bomba de emergencia. Una de las bombas puede ser común a otro servicio del buque.

Las tomas de agua de mar y las bombas de impulsión de los sistemas contraincendios se encuentran en la cámara de máquinas. La línea principal distribuirá el flujo hacia la zona de la habilitación y hacia la zona de carga.

El reglamento SOLAS establece el caudal total que deben ofrecer las bombas y será no inferior a 4/3 del caudal de la bomba de sentinas. Son dos bombas de caudal 183,8 m<sup>3</sup>/h cada una, en total 367,6 m<sup>3</sup>/h. Resultando el caudal de la bomba contraincendios:

$$Q(\text{total}) = \frac{4}{3} \times 367,6 = 490,13 m^3/h$$

El SOLAS establece que la capacidad máxima de cada bomba será de 490.13 m<sup>3</sup>/h. En este buque se instalarán 3 bombas contra incendios cumpliendo así el flujo necesario y dejando cierto margen.

Para el cálculo de la sección de la línea contraincendios principal se tendrá en cuenta la velocidad del fluido que se considerará a 4 m/s.

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{490,13}{4 \times 3600} = 0.034 \text{ metros cuadrados}$$

El diámetro del tubo se escogerá de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 0,0.208 m$$

Se escogería un tubo comercial de 210 mm de diámetro.

Ahora va a calcularse el caudal necesario en la línea de aspiración de la bomba. Para fijar la velocidad debemos tener en cuenta la cavitación que sería posible y muy perjudicial para las bombas. Por ello se decide escoger una velocidad de aspiración de 1,8 m/s. Definida la velocidad, calculamos la sección del conducto:

$$S = \frac{490,13}{1,8 \times 3600} = 0,07564 \text{ metros cuadrados}$$

Calculando el diámetro estaríamos en disposición de escoger de un catálogo comercial el que mejor se adaptase.

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,07564}{\pi}} = 0,31 \text{ m}$$

Este valor no lo habrá en un catálogo, por tanto, nos adaptaríamos al valor más cercano superior y recalculáramos la velocidad de entrada para comprobar si es satisfactoria.

### PÉRDIDAS DE CARGA

Se tienen en cuenta tanto las pérdidas de carga manométrica, debidas a la altura que alcanza el fluido, como las pérdidas de carga por fricción. Las pérdidas de carga manométrica se definen como la densidad multiplicado por la gravedad y por la altura.

EL cálculo de las pérdidas de carga por fricción en elementos de la línea se hará mediante la ecuación de Hazen Williams:

$$P = \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot d^{4,87}} \cdot 6,05 \cdot 10^5 \cdot L$$

C dependerá del tipo de material, observando la siguiente tabla:

COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Piomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lota	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

El cálculo del diámetro se calculará mediante una aproximación:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

El caudal se mantiene 490,13 m<sup>3</sup>/h y la velocidad depende del tramo:

- Velocidad aspiración es 1,8 m/s y el diámetro resultaría: d = 0,31m
- Velocidad en cámara de máquinas es 2,5 m/s y el diámetro resultaría: d = 0,263m
- Velocidad conducto es de 6 m/s y el diámetro resultaría: d = 0,17m

Como los resultados son casi iguales que los del buque de referencia, se tomaran las pérdidas de carga indicadas en éste. P = 17,7 bar.

La potencia de cada bomba contra incendios se define de la siguiente forma:

$$P = \frac{Q \times H \times \gamma}{3600 \times 75 \times \eta(\text{mec})} = \frac{163,8 \times 177 \times 1025}{3600 \times 75 \times 0,85} = 129,5 \text{ kW}$$

### 6.5.2 Bomba de emergencia

Los buques de carga deben estar provistos de un dispositivo auxiliar para el caso de que un incendio inutilizara todas las bombas del sistema contra incendios. Este dispositivo ha de ser una bomba fija de emergencia, de accionamiento independiente, con capacidad para suministrar los chorros de agua que se consideren suficientes, situada en una zona no susceptible de incendios, normalmente en la zona de proa, y en situación de tener presión positiva suficiente para su accionamiento.

La capacidad de esta bomba no será inferior al 80% de la capacidad total por bomba contra incendios y, en ningún caso inferior a 25 m<sup>3</sup>/h:

$$Q = 0,8 \times 163,8 = 131,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

La presión será la misma que la anterior, por tanto, la potencia resultará:

$$P = \frac{Q \times H \times \gamma}{3600 \times 75 \times \eta(\text{mec})} = \frac{131,04 \times 177 \times 1025}{3600 \times 75 \times 0,85} = 103,6 \text{ kW}$$

## 7. VENTILACIÓN

Los ventiladores serán necesarios en distintos espacios del buque para renovar el aire. En general, se colocará un ventilador de tipo axial en cada local.

Para definir este equipo se utiliza la normativa UNE – EN ISO 8861.

### 7.1 Ventilación cámara de máquinas

La cámara de máquinas debe estar ventilada para que llegue el aire suficiente para que a pesar del calor que desprenden las máquinas y las condiciones meteorológicas que se presenten, los trabajadores trabajen en seguridad y con la mayor comodidad posible, esto está señalado en SOLAS, capítulo II, cuando se establece este espacio como categoría A.

El aire deberá aportar el oxígeno para la combustión de los motores y rebajar la temperatura de la cámara de máquinas.

El flujo de aire necesario según la normativa UNE debe ser el mayor de:

- $Q = Q(dg) + Q(h)$
- $Q = 1,5 \times Q(dg)$

Siendo  $Q(dg)$  el caudal de aire necesario para los generadores Diesel y  $Q(h)$  el caudal necesario para evacuar el calor.

El flujo para los motores se estima en 33,8kg/s. Se consideran tres motores que suelen funcionar simultáneamente Considerando la densidad del aire 1,13kg/m<sup>3</sup>, el caudal resulta:

$$Q(dg) = \frac{3 \times 33,8}{1,13} = 89,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

El flujo para evacuar calor generado en los sistemas se calculará de la siguiente forma:

$$Qh = \frac{\Phi(dg) + \Phi(g) + \Phi(o)}{\rho \times c \times \Delta T}$$

Siendo,

- $\Phi(dg)$  Emisión de calor de los generadores (kW)
- $\Phi(g)$  Emisión de calor del generador eléctrico (kW)
- $\Phi(o)$  Emisión de calor de otros componentes (kW), al no conocerse no se tendrán en cuenta
- $\rho$  Densidad del aire 1,13 kg/m<sup>3</sup>
- $c$  Calor específico del aire 1,01 kJ/kgK
- $\Delta T$  Incremento de T<sup>a</sup> en la cámara de máquinas (K), se considerará 10 K

$$\Phi(dg) = 0,396 \times P^{0,7} = 686,04 \text{ kW}$$

Siendo P la potencia de los generadores que se calcula en el cuaderno 10, se utilizara una estimación del proyecto de referencia → 42330Kw

$$\Phi g = P_g \times \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) = 2539,80 \text{ KW}$$

Finalmente,  $Q(h) = 246,77 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Recuperando las dos primeras ecuaciones del epígrafe:

- $Q = 89,7 + 246,77 = 336,47 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q = 1,5 \times 89,7 = 134,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Escogiendo el mayor, se obtiene que el caudal de aire necesario en la cámara de máquinas es:

$$Q = 336,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando que trabaja a una presión de 60 mmCA, la potencia se estima:

$$P = \frac{Q \times H}{75 \times \eta} = 448,6 \text{ kW}$$

## 7.2 Ventilación espacios de habitación

Para llevar a cabo la ventilación de locales se colocará en cada espacio un ventilador de tipo axial. La presión será la suma entre la dinámica y la estática y suele estar entre 40 y 75 m.c.a.

$$P_T = P_E + P_D$$

La presión estática, por su parte aporta entre 0.85 y 1 m.c.a. por metro de conducto. La presión dinámica es la presión para una velocidad de 20 o 25 m/s.

El caudal se puede determinar con el método del calor a eliminar o el método de las renovaciones por hora. Se desarrolla a continuación el segundo procedimiento mencionado:

$$q = R * V$$

Siendo,

- “q” el caudal de aire necesario para la ventilación del local
- “V” el volumen del local
- “R” las renovaciones por hora, que en locales sin equipos instalados es entre 5-10 renovaciones/h, mientras que en espacios con equipos instalados es de 10-15 renovaciones/h.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo para cada caso:

Local	Área	Alto	Volumen	Renovaciones hora	Caudal
	m2	m	m3	ren/h	m3/h
Local aire acondicionado	30	4	120	10	1200
Pañol estachas	25,6	4	102,4	5	512
Almacén CI	41,3	4	165,2	5	826
Almacén basuras	20,4	4	81,6	5	408
Tratamiento de residuos	40,8	4	163,2	10	1632
Taller 1	24	4	96	5	480
Tratamiento aguas residuales	79,9	4	319,6	10	3196
Control S.Eléctricos	83	4	332	5	1660
Pañol 1	6	4	24	5	120
Pañol 2	6	4	24	5	120
Vestuarios y aseos femeninos	34,5	4	138	5	690
Vestuarios y aseos masculinos	34,4	4	137,6	5	688
Taller 2	37,4	4	149,6	5	748
Taller maquinas	16,1	4	64,4	5	322
Pañol 3	20,9	4	83,6	5	418
Local CO2	52,6	4	210,4	10	2104
Cocina	53	3	159	5	795
Grupo emergencia	66,9	3	200,7	10	2007

Lavanderia	89,2	3	267,6	5	1338
------------	------	---	-------	---	------

El caudal resulta:

$$Q = 19264 \frac{m^3}{h} = 5.4 \frac{m^3}{s}$$

Considerando que trabaja a una presión de 60 mmCA, la potencia se estima:

$$P = \frac{Q \times H}{75 \times \eta} = 6 \text{ kW}$$

### 7.2.1 Selección de ventiladores

A continuación, se presenta la selección de ventiladores para el buque, para ello, se utiliza el catálogo proporcionado por la empresa "FNP GROUP", utilizando la gama "Piros Box Winder F3"



#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Peso</b>	442 kg
<b>FAMILIA</b>	PIROS BOX WINDER (F300)
<b>TIPOLOGIA</b>	EXTRACCIÓN DE HUMO
<b>Montaje</b>	CONDUCTO RECTANGULAR
<b>Diámetro</b>	900mm
<b>Alimentación</b>	~III/60Hz
<b>Potencia</b>	11.000 W

## 8. EQUIPOS DE CARGA Y DESCARGA

La carga y descarga de un buque gasero son muy complejas debido a las condiciones que se necesitan por las características de la carga. El gas natural licuado tiene un punto de ebullición en torno a  $-160^{\circ}\text{C}$  y ha de estar a una presión muy alta, estas son las características más desfavorables del producto, además es inflamable, tóxico, corrosivo y reactivo.

Las tuberías de los sistemas de líquido y de vapor están diseñadas para que la contracción y expansión no las estropee. En todas las líneas de líquido existirán muchas válvulas de seguridad de distintos tipos para así poder dejar el líquido atrapado entre dos válvulas cerradas evitando peligros. En los párrafos siguientes se detallarán las características y equipos necesarios.

### PROCESO DE CARGA:

El buque conectado a la terminal mediante mangueras para carga líquida y líneas de vapor. El líquido se vaporiza por la superficie de contacto. Después se utiliza la línea cool-down para enfriar el vapor y que se condense. Se utilizan bombas de pozo profundo, dichas bombas se sitúan en el fondo de los tanques y se unen mediante un eje al motor situado sobre el domo. Los tanques han de estar inertizados, con sensores de temperatura y dispositivos anti-balance, anti-colisión y anti-elevación.

La carga del buque es semirefrigerada, teniendo este dato en cuenta los sistemas a bordo serán los que se detallarán a continuación y el proceso el siguiente:

### PROCESO DE DESCARGA:

La cámara de bombas está situada sobre la cubierta y actúan como impulsión. Por la presión en el interior de los tanques, el líquido fluye a la aspiración de las bombas y el líquido es impulsado a la terminal. El proceso final de aspiración del tanque es complicado debido a la posible cavitación. El buque se encuentra único a la terminal mediante la línea de líquido y la de vapor, retornando en el proceso de descarga del gas desde al termina.

### 8.1 Línea de carga líquida

La línea de líquido consiste en una tubería criogénica de acero inoxidable con un diámetro entre 400 y 600 milímetros. Esta línea se conectará a cada uno de los tanques de carga a través de una línea común.

Cada domo de líquido se conecta con la línea de descarga desde las bombas a ambos costados del buque, con la línea de carga, con la bomba de emergencia y con la línea de spray. A lo largo de la línea de líquido existen salidas para poder tomar muestras del líquido.

Las partes de esta línea que no estén dentro de los tanques de carga deben ser aislados con espuma de poliuretano rígido. También han de tenerse en cuenta las juntas para evitar fracturas por dilatación y contracción.

La potencia de la bomba para esta línea se define con la siguiente ecuación:

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

La altura es de 75 m.c.a, estimada teniendo en cuenta que hay que superar el puntal del buque, las pérdidas de carga y además obtener la presión de salida que se demanda. El peso específico del gas es de  $450 \text{ kg/m}^3$  y el rendimiento de las bombas suelen ser 0,8-0,9, tomaremos 0,8 por ser la situación más desfavorable.

El buque tendrá 2 bombas sumergidas y tendrán la capacidad de cargar y descargar el buque en 12 horas. Recuperando los cálculos de los volúmenes de cada tanque de carga realizados en el cuaderno 4:

	Volumen	Caudal	Potencia
TANQUE DE CARGA 1A Y 1B	2*19082,6	2*1590,2	2*248,6 kW
TANQUE DE CARGA 2A Y 2B	2*18232,7	2*1519,4	2*237,4 kW
TANQUE DE CARGA 3A Y 3B	2*18232,7	2*1519,4	2*237,4 kW
TANQUE DE CARGA 4A Y 4B	2*18232,7	2*1519,4	2*237,4 kW

Debido a que todas las bombas demandan potencias parecidas, se escogerán las ocho bombas (Dos por tanque) iguales.

## 8.2 Línea de vapor

La línea de vapor será también una tubería criogénica de acero inoxidable con un diámetro entre 400 y 600 milímetros, conectado a los tanques de carga a través de una línea común a los manifolds, al cuarto de compresores y al palo de venteo. La línea al cuarto de compresores permite que el vapor sea utilizado para las siguientes funciones:

- Durante la carga, envía a tierra, por medio de los compresores high duty el vapor, controlando así las sobrepresiones en estas operaciones. Esta será la función más importante.
- Durante el viaje cargado o descargado enviar el BOG a la máquina, esta vez por medio de los compresores low duty y previamente pasado por calentador/enfriador antes de usarse como combustible en los motores o para quemar en la GCU (Unidad de combustión de gas) para disminuir la presión en los tanques.
- La línea de vapor que va hacia el palo de proa actúa como válvula de seguridad para todos los tanques y se utiliza para controlar la presión de los tanques durante las operaciones.

Se usará de nuevo la ecuación para definir la potencia que demanda la bomba, el caudal se estima según el caudal de esta línea de buques semejantes:

$$Q = \frac{7000 \text{ kg/h}}{450 \text{ kg/m}^3} = 15,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

La presión será baja, de modo que la presión a considerar para el cálculo de la potencia se considera 1163 mbar.

$$P = \frac{15,6 \times 450 \times 11,63}{3600 \times 75 \times 0,8} = 0,378 \text{ kW}$$

## 8.3 Línea de spray

Esta línea será también una tubería de acero criogénico, pero en esta ocasión el diámetro estará comprendido entre 20 y 70 milímetros. Estas tuberías conectan las bombas de spray de los tanques con las líneas de spray.

Esta línea se utilizará cuando se necesite enfriar los tanques antes de cargarlos, para enfriar las líneas principales en las operaciones de carga y descarga, cebar las líneas de descarga evitando la sobrepresión en el arranque de bombas y volver a formar el gas licuado para poderlo mandar a las máquinas.

Tomando este dato de los buques de referencia, el caudal que demanda esta bomba será:

$$Q = \frac{2950 \text{ kg/h}}{450 \text{ kg/m}^3} = 6,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se vuelve a utilizar la ecuación para definir la potencia demandada a la bomba, considerando una presión nuevamente de 1163 mbar.

$$P = \frac{6,6 \times 450 \times 1163}{3600 \times 75 \times 0,8} = 16 \text{ kW}$$

## 8.4 Línea de venteo

Durante las operaciones normales, la presión en los tanques es controlada quemando el BOG en los motores o por medio de la GCU, aunque en caso de sobrepresiones que ni los motores ni la GCU pudieran controlar se enviaría a través de la línea de vapor al palo de proa. Cada tanque de carga tiene medios independientes de venteo que salen del tanque hacia su propia válvula de seguridad. Desde ahí el gas pasa por el palo de venteo donde es expulsado a la atmósfera. Todos los palos de venteo están protegidos con un sistema de purga de nitrógeno para sofocar un posible incendio

## 8.5 Línea de inertización

Esta línea se utiliza para eliminar el posible oxígeno en los tanques suministrando gas inerte seco al resto de las líneas a los tanques de carga. La composición de este gas es:

Delivery pressure:	25kPa
Inert gas/dry air dew point:	-45°C
Inert gas composition (% vol)O <sub>2</sub> :	0.5
Inert gas composition CO <sub>2</sub> :	14%
Inert gas composition CO (max):	100ppm
Inert gas composition NO <sub>x</sub> (max):	65ppm
Inert gas composition SO <sub>x</sub> (max):	2ppm

Existen dos posibilidades: Cargar el gas inerte desde tierra y almacenarlo en un tanque o llevar a bordo una planta generadora.

En este buque se elige la segunda opción, el generador tendrá una capacidad de 15000 Nm<sup>3</sup>/h, la presión de trabajo será de 250mbar más la presión atmosférica y el peso específico del gas inerte es de 1,14 kg por metro cúbico. Aplicando la ecuación otra vez:

$$P = \frac{15000 \times 1,14 \times 12,63}{3600 \times 75 \times 0,8} = 1,14 \text{ kW}$$

## 8.6 Línea de nitrógeno

Se utiliza para inertizar espacios cerrados como barreras, la separación de los mamparos o para apagar cualquier fuego en los palos de venteo.

Teniendo en cuenta buques de referencia, se estima un caudal para esta línea de 120 Nm<sup>3</sup>/h. La presión de trabajo será de 8 bares. La potencia se define de nuevo con la ecuación:

$$P = \frac{120 \times 1,25 \times 80}{3600 \times 75 \times 0,8} = 0,06 \text{ kW}$$

## 8.7 Compresores

La función de los compresores es controlar la presión y gestionar el BOG. Existe la necesidad de regular la temperatura del vapor de gas ya que se usa como combustible para los motores generadores. Existen dos tipos de compresores:

- Dos compresores “High duty”: para comprimir el vapor de LNG para su retorno a tierra durante las operaciones de carga y purgado de los tanques. A la salida de estos compresores se encuentran los “gas heater” que controlarán la temperatura

deseada en la operación. A partir de buques similares se estima una potencia de 1020 kW cada uno.

- Dos compresores “Low Duty”: para comprimir el vapor de LNG, producido de forma natural (BOG) o por la vaporización forzada, a una suficiente presión, para ser utilizada por los motores como combustible. A la salida de estos compresores se encuentran los cooler/heater cuya misión será la de modificar la presión del gas para así variar su temperatura hasta adaptarla a la necesidad que tengamos los motores. Se considerará que exigen una potencia de 600 kW.

La diferencia entre estos compresores está en que los HD son de 1 etapa los LD son de doble etapa; por lo que comprimen el gas 2 veces, permitiendo temperaturas de salida mucho mayores. Estas temperaturas son necesarias para poder utilizar el gas como combustible.

### **8.7.1 Cuarto de compresores**

Está localizado en la cubierta en el costado de estribor y a proa de la habilitación. Este lugar es considerado zona de riesgo de explosiones, por esta razón, los motores eléctricos que accionan estos compresores se encontrarán separados por un mamparo de dichos compresores, evitando que las posibles pérdidas generadas en los compresores puedan estar en contacto con los motores eléctricos, el mamparo será atravesado por el eje que une los motores eléctricos con los compresores.

Además, se disminuirá ligeramente la presión del cuarto de los compresores y aumentando la de la zona de los motores, de esta forma se controla la entrada y salida de aire contaminado con las fugas de gas.

## **8.8 Vaporizer**

Se estiman dos vaporizadores en este buque:

- Forcing vaporizer:

Vaporiza de forma forzada el LNG líquido para de esta forma crear más BOG para alimentar los motores en caso de que el producido naturalmente no sea suficiente. Se considera una demanda de potencia de 500 kW.

- LNG vaporizer:

Evapora LNG líquido para volver a introducir el vapor generado en los tanques para aumentar la presión en caso de que la terminal de descarga no proporcionase gas durante la operación. Se estima una demanda de potencia de 200 kW.

## **8.9 Domos de los tanques**

La entrada y salida de las líneas en los tanques se encuentran en los domos. Cada tanque tiene un domo de vapor y otro de líquido. El domo de vapor es por donde se aspira el boil-off (mediante los compresores) y se introduce en forma de spray el LNG para aumentar la presión del tanque. Por aquí también se expulsa LNG en forma de vapor en caso de que se produjera un aumento de presión dentro del tanque no prevista. Por el domo de líquido se accede al interior del tanque y por donde entra el gas en estado líquido.

## **8.10 Descripción manifolds**

Las operaciones de carga y descarga se realiza a través de ellos, situados en la zona central del buque y cada lado. Existen 5 conexiones a cada lado, 4 para la carga y descarga del gas licuado y 1 para la salida y entrada de LNG en forma de vapor. La tubería dedicada al paso del vapor estará conectada a tierra y recibirá o expulsará el gas en estado vapor que se genere en el proceso de descarga o carga respectivamente.

Desde los manifolds las líneas recorren la cubierta superior hasta cada tanque, donde se introduce por el domo de líquido de cada tanque.

La línea de vapor, como ya se ha mencionado, es la encargada de controlar la presión mediante la adición o extracción de gas en los tanques durante las operaciones de carga y descarga; y también será la encargada de expulsar a la atmósfera el exceso de boil-off generado dentro de un tanque, de manera natural.

Está localizado en la cubierta en el costado de estribor y a proa de la habilitación.

## **8.11 Válvulas de seguridad**

El CIG (Código internacional de gaseros) exige que cada tanque ha de tener dos válvulas de seguridad para evitar excesos de presión y aumento de vacío. Las barreras también tienen válvulas de seguridad.

Las válvulas en los tanques se encuentran en los domos de vapor y van directos al palo de venteo de cada tanque. Se activan si hay exceso de presión o depresión en el tanque.

## 9. EQUIPO DE FONDA Y HOTEL

### 9.1 Cocina

Los elementos que componen la cocina se definen según el número de personas a bordo del buque, en el caso proyectado se han de tener en cuenta 28 tripulantes, por tanto, se estima una cocina compuesta por:

- Cocina
- Horno
- Freidora
- Cafetera
- Frigorífico
- Gamuzas: El tamaño de las distintas gamuzas se estima a partir del buque de referencia. Serán todas del mismo tamaño, 25 m de largo y 25 m de ancho.
  - Gamuza refrigerada a 12°C
  - Gamuza de pescado a -20°C
  - Gamuza de carne a -20°C

### 9.2 Lavandería

De la misma forma que con el equipamiento de cocina, se establecerán los componentes de la lavandería.

- Lavadoras
- Planchas
- Secadoras
- Almacén de ropa limpia y sucia

## 10. AIRE ACONDICIONADO

El sistema de aire acondicionado, ventilación y calefacción se localiza en espacios de habitación y en los puestos de mando, ya que son relativos al confort.

Para su diseño se seguirá la norma UNE – EN – ISO, la cual indica:

- Las condiciones de temperatura y humedad de verano en exterior son +35°C y 70% y de interior +27°C y 50%.
- Las condiciones de temperatura en exterior son -20°C y en interior +22°C.
- Además, la cantidad mínima de aire suministrado desde el exterior no debe ser inferior al 40% del aire total suministrado al espacio en cuestión.

Ha de tenerse en cuenta también la ocupación de los espacios, indicando:

- Cabinas: Máximo número para el que han sido diseñadas
- Espacios públicos:
  - o Salones: 2 m<sup>2</sup> por persona
  - o Comedores: 1,5 m<sup>2</sup> por persona
  - o Zonas de recreo: 5m<sup>2</sup> por persona
- Despachos: En el del capitán y jefe de máquinas para cuatro personas. Otros despachos para tres personas
- Hospital: Número de camas más dos
- Gimnasio: Cuatro personas
- Oficinas: Dos personas

Con todas las indicaciones enumeradas se procede con el cálculo de las ganancias y pérdidas de calor con la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = \Delta T * (k_v * A_v + k_g * A_g)$$

Siendo,

- La diferencia de temperatura la cual se estima mediante la siguiente tabla:

**Tabla 1**  
**Diferencias de temperatura entre espacios interiores contiguos**

Cubierta o mamparo	$\Delta T, K$	
	Verano	Invierno
Cubierta contigua a un tanque con calefacción	43	17
Cubierta con un mamparo contiguo a una cámara de calderas	28	
Cubierta y mamparo contiguos a una sala de máquinas y a una galería sin aire acondicionado	18	
Cubierta y mamparo contiguos a tanques sin calefacción, espacios de carga y equivalentes	13	42
Cubierta y mamparo contiguos a una lavandería	11	17
Cubierta y mamparo contiguos a locales sanitarios públicos	6	0
Cubierta y mamparo contiguos a locales sanitarios privados		
a) con alguna parte contigua a superficies exteriores expuestas	2	0
b) no expuestas	1	0
c) con alguna parte contigua a una cámara de máquinas/calderas	6	0
Mamparo contiguo a un pasillo	2	5

NOTA – Se entiende que existen sistemas de calefacción en los espacios sanitarios expuestos.

- “Kv” el coeficiente de transmisión térmica de una división

- “AV” el área de la división
- “Kg” el coeficiente de transmisión térmica de una división
- “Ag” el área de la división

**Tabla 2**  
**Coeficiente de transmisión total de calor**

Superficies	Coeficiente de transmisión total de calor, $W/(m^2 \cdot K)$
Cubierta de intemperie no expuesta a la radiación solar, costado del buque y mamparos exteriores	0,9
Cubierta y mamparos contiguos a la sala de máquinas, espacios de carga u otros espacios sin aire acondicionado	0,8
Cubierta y mamparos contiguos a la cámara de calderas o a una caldera en la sala de máquinas	0,7
Cubierta contigua al exterior o a otra cubierta de intemperie expuesta a la radiación solar y cubierta contigua a tanques calientes	0,6
Portillos laterales y ventanas rectangulares, con cristal simple	6,5
Portillos laterales y ventanas rectangulares, con cristal doble	3,5
Mamparo contiguo a un pasillo, sin insonorizar	2,5
Mamparo contiguo a un pasillo, insonorizado	0,9

El cálculo se realizará solo para una cubierta y será aplicado para las cubiertas restantes. Se realizará para la cubierta de camarotes de la tripulación, se dividirá en tres zonas, ya que son los grupos de camarotes que hay en la cubierta divididos por pasillos.

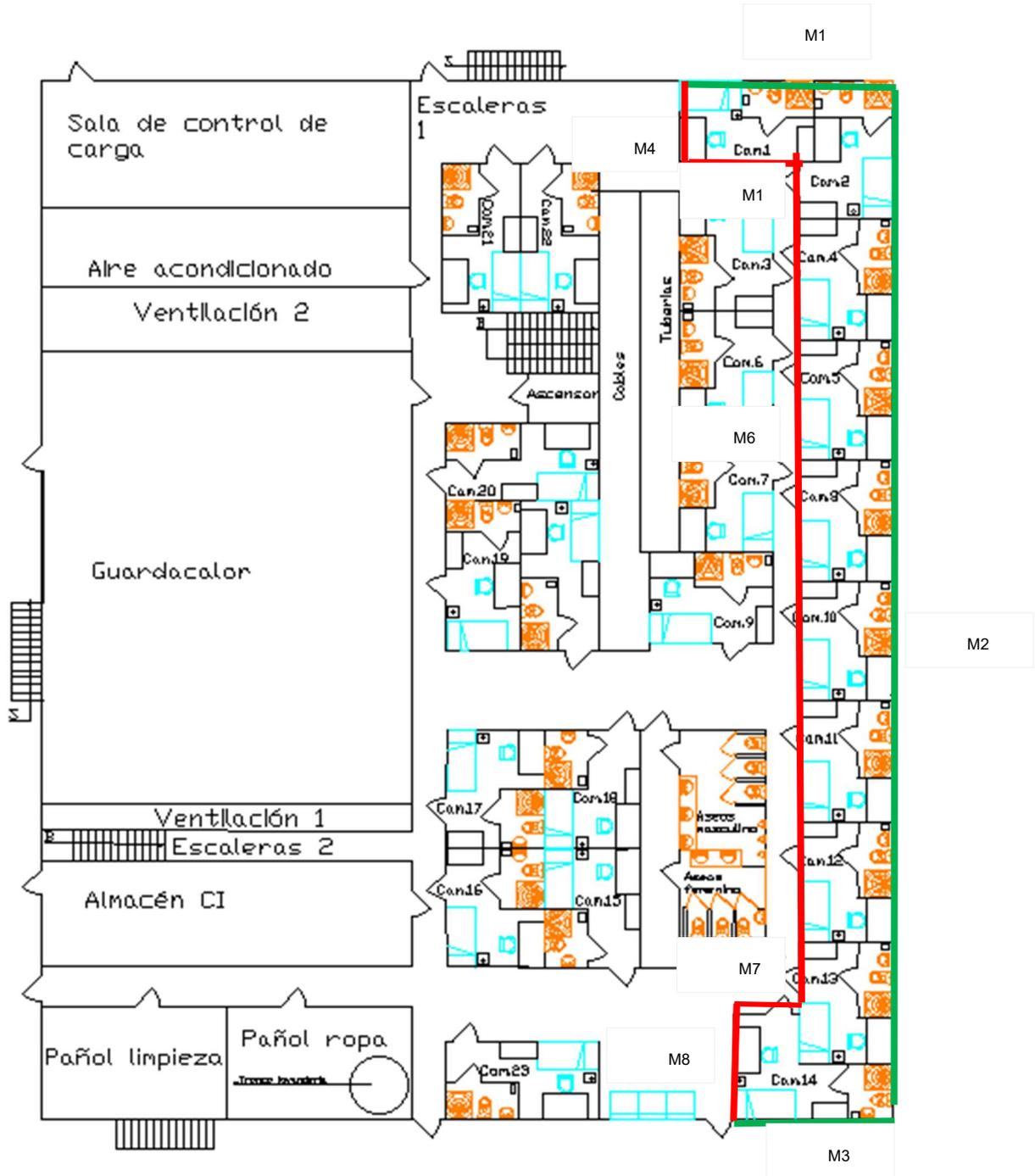
En primer lugar, se muestra en el plano de la cubierta anteriormente nombrada, mostrando en cada caso la zona delimitada, y en segundo lugar, se mostrarán los resultados y cálculos realizados para cada zona.

Se repite el cálculo para el puente de gobierno, ya que es el que más difiere y los resultados no serían del todo correctos si lo dimensionamos como el resto de las cubiertas.

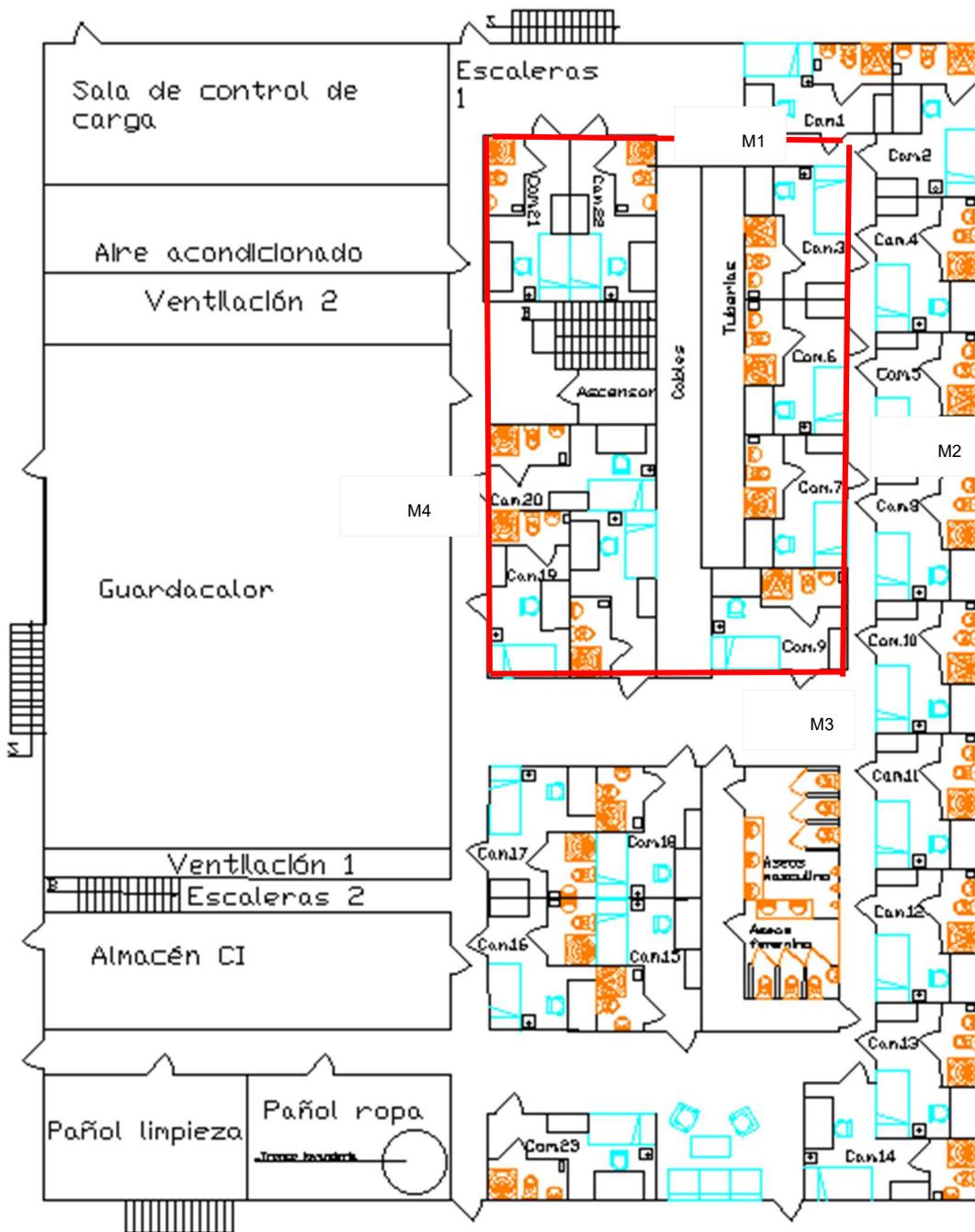
Nota: En verde se muestran los mamparos exteriores y en rojo los mamparos interiores que delimitan la zona a calcular.

## 10.1 Zonas

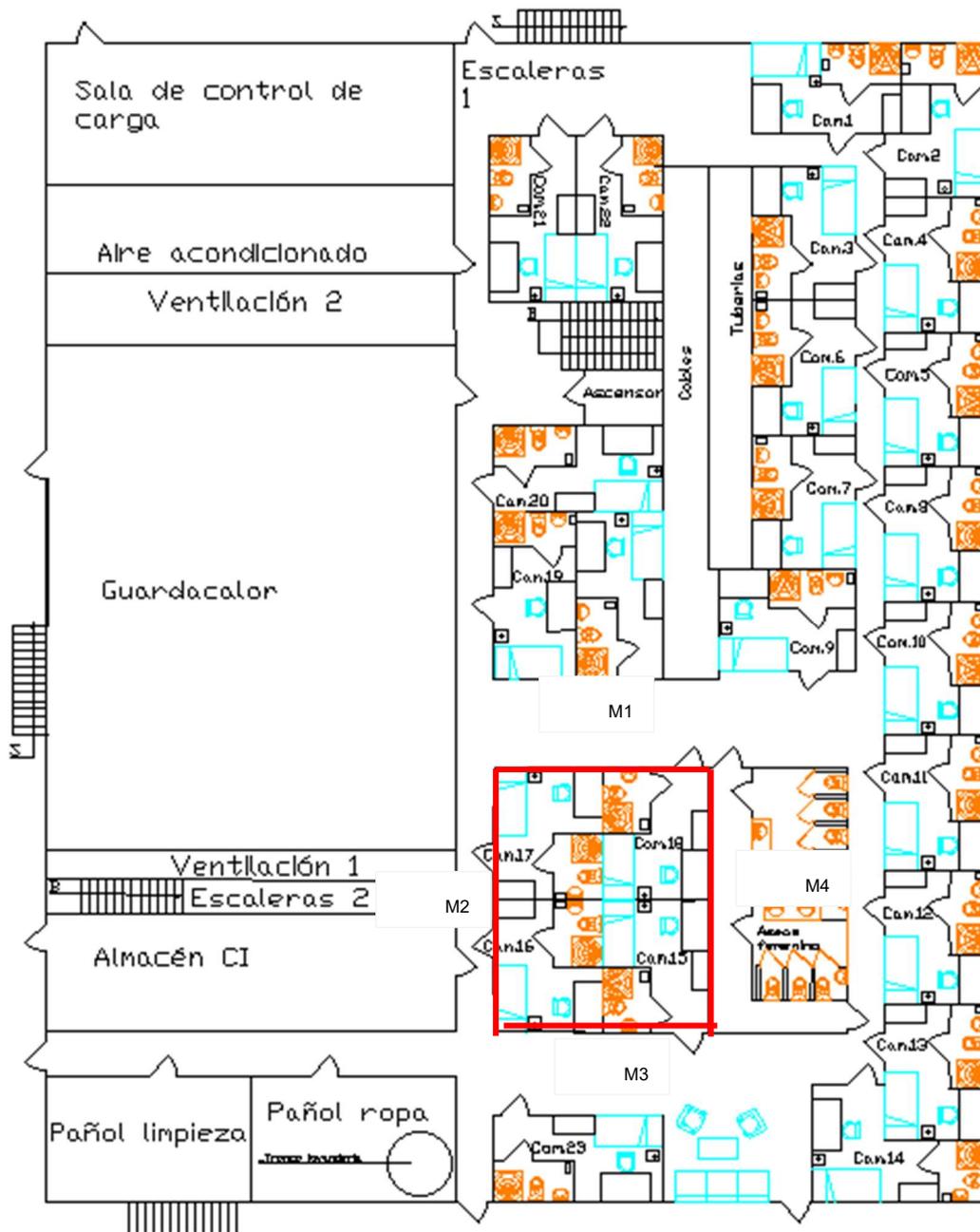
### 10.1.1 Zona 1 de la cubierta camarotes de tripulación



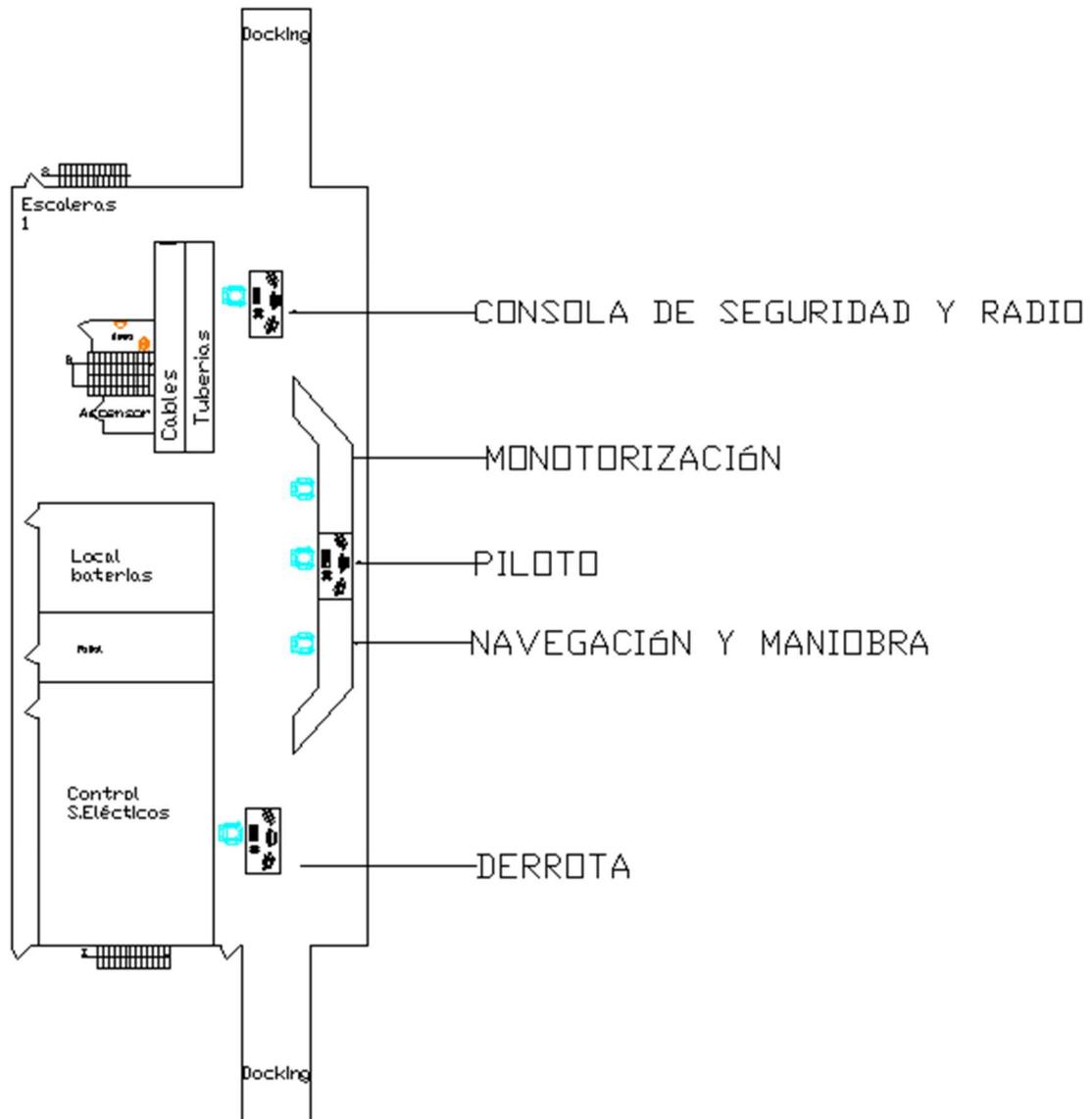
### 10.1.2 Zona 2 de la cubierta de camarotes de tripulación



### 10.1.3 Zona 3 de la cubierta camarotes de tripulación



### 10.1.4 Puente de gobierno



## 10.2 Condición de verano

Condición: VERANO		Superficie	121,5	m <sup>2</sup>	Tª Interior	27	°C					
Cubierta camarotes tripulación - Zona 1		Alto	3	m	Tª Exterior	35	°C					
				<b>Transmision</b>					<b>Radiacion Solar</b>			
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ	ΔTr	Gs	Φs	
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W	K	W/m <sup>2</sup>	W	
M.1 (exterior)	6,9	20,7	8	20,3	0,9	0,4	3,5	157,4	12	240	315,2	
M.2 (exterior)	34,4	103,2	8	102	0,9	1,2	3,5	768,0	12	240	1389,6	
M.3 (Exterior)	5,2	15,6	8	15,2	0,9	0,4	3,5	120,6	12	240	260,2	
M.4 (Interior)	2,7	8,1	2	8,1	2,5	0	0	40,5	0	0	0,0	
M.5 (Interior)	3,9	11,7	2	11,7	2,5	0	0	58,5	0	0	0,0	
M.6 (Interior)	28,2	84,6	2	84,6	2,5	0	0	423,0	0	0	0,0	
M.7 (interior)	2,2	6,6	2	6,6	2,5	0	0	33,0	0	0	0,0	
M.8 (interior)	3,45	10,35	2	10,35	2,5	0	0	51,8	0	0	0,0	
Cubierta (CCMM inferior)		121,5	18	121,5	0,8			1749,6				
Techo (Habilitacion)		121,5	0	121,5	0			0,0	0	0	0,0	
								<b>Total Tra</b>	<b>3402,4</b>	<b>Total Rad</b>	<b>1965,0</b>	
		Person.	W/Pers.	W								
Calor por personas		28	120	3360								
Calor Aire renovacion				2150	<b>Calor total del espacio (Aire acondicionado)</b>		<b>12123</b>	<b>W</b>				
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W								
Calor por iluminacion		121,5	10	1215	<i>Se puede despreciar si hay iluminacion natural</i>							
Calor por otros equipos				30								
Condición: VERANO		Superficie	160,95	m <sup>2</sup>	Tª Interior	27	°C					
Cubierta camarotes tripulación - Zona 2		Alto	3	m	Tª Exterior	35	°C					
				<b>Transmision</b>					<b>Radiacion Solar</b>			
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ	ΔTr	Gs	Φs	
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W	K	W/m <sup>2</sup>	W	
M.1 (interior)	10,6	31,8	2	31,4	2,5	0,4	0	157,0	0	0	0,0	
M.2 (interior)	15	45	2	43,8	2,5	1,2	0	219,0	0	0	0,0	
M.3 (interior)	10,6	31,8	2	31,4	2,5	0,4	0	157,0	0	0	0,0	
M.4 (Interior)	15	45	2	43,8	2,5	1,2	0	219,0	0	0	0,0	
Cubierta (CCMM inferior)		160,95	18	160,95	0,8			2317,7				
Techo (Habilitacion)		160,95	0	160,95	0			0,0	0	0	0,0	
								<b>Total Tra</b>	<b>3069,7</b>	<b>Total Rad</b>	<b>0,0</b>	
		Person.	W/Pers.	W								
Calor por personas		28	120	3360								
Calor Aire renovacion				2150	<b>Calor total del espacio (Aire acondicionado)</b>		<b>10220</b>	<b>W</b>				
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W								
Calor por iluminacion		160,95	10	1609,5	<i>Se puede despreciar si hay iluminacion natural</i>							
Calor por otros equipos				30								
Condición: VERANO		Superficie	49,5	m <sup>2</sup>	Tª Interior	27	°C					
Cubierta camarotes tripulación - Zona 3		Alto	3	m	Tª Exterior	35	°C					
				<b>Transmision</b>					<b>Radiacion Solar</b>			
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ	ΔTr	Gs	Φs	
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W	K	W/m <sup>2</sup>	W	
M.1 (interior)	6,32	18,96	2	18,56	2,5	0,4	0	92,8	0	0	0,0	
M.2 (interior)	7,9	23,7	2	22,5	2,5	1,2	0	112,5	0	0	0,0	
M.3 (interior)	6,32	18,96	2	18,56	2,5	0,4	0	92,8	0	0	0,0	
M.4 (Interior)	7,9	23,7	6	22,5	2,5	1,2	0	337,5	0	0	0,0	
Cubierta (CCMM inferior)		49,5	18	49,5	0,8			712,8				
Techo (Habilitacion)		49,5	0	49,5	0			0,0	0	0	0,0	
								<b>Total Tra</b>	<b>1348,4</b>	<b>Total Rad</b>	<b>0,0</b>	
		Person.	W/Pers.	W								
Calor por personas		28	120	3360								
Calor Aire renovacion				2150	<b>Calor total del espacio (Aire acondicionado)</b>		<b>7384</b>	<b>W</b>				
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W								
Calor por iluminacion		49,5	10	495	<i>Se puede despreciar si hay iluminacion natural</i>							
Calor por otros equipos				30								

Cuaderno 12: Equipos y servicios  
Marina de la Peña Herrero

<b>Condición: VERANO</b>		Superficie	504	m <sup>2</sup>	Tª Interior	27	°C				
<b>Puente de gobierno</b>		Alto	4	m	Tª Exterior	35	°C				
<b>Transmision</b>											
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ	ΔTr	Gs	Φs
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W	K	W/m <sup>2</sup>	W
M.1 (exterior)	15,95	63,8	8	63,4	0,9	0,4	3,5	467,7	12	240	780,7
M.2 (exterior)	34,4	137,6	8	136,4	0,9	1,2	3,5	1015,7	12	240	1761,1
M.3 (exterior)	15,95	63,8	8	63,4	0,9	0,4	3,5	467,7	12	240	780,7
M.4 (exterior)	34,4	137,6	8	136,4	0,9	1,2	3,5	1015,7	12	240	1761,1
Cubierta (CCMM inferior)		504	18	504	0,8			7257,6			
Techo (Habilitacion)		504	0	504	0			0,0	0	0	0,0
								<b>Total Tra</b>	<b>10224,3</b>	<b>Total Rad</b>	<b>5083,7</b>
		<b>Person.</b>	<b>W/Pers.</b>	<b>W</b>							
Calor por personas		28	120	3360							
Calor Aire renovacion				2150	<b>Calor total del espacio (Aire acondicionado)</b>		25888	<b>W</b>			
		<b>m<sup>2</sup></b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>	<b>W</b>							
Calor por iluminacion		504	10	5040	<i>Se puede despreciar si hay iluminacion natural</i>						
Calor por otros equipos				30							

### 10.3 Condición invierno

<b>Condición: INVIERNO</b>		Superficie	121,5	m <sup>2</sup>	Tª Interior	22	°C				
<b>Cubierta camarotes tripulación - Zona 1</b>		Alto	3	m	Tª Exterior	-20	°C				
<b>Transmision</b>											
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ			
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W			
M.1 (exterior)	6,9	20,7	42	20,3	0,9	0,4	3,5	826,1			
M.2 (exterior)	34,4	103,2	42	102	0,9	1,2	3,5	4032,0			
M.3 (Exterior)	5,2	15,6	42	15,2	0,9	0,4	3,5	633,4			
M.4 (Interior)	2,7	8,1	5	8,1	2,5	0	0	101,3			
M.5 (Interior)	3,9	11,7	5	11,7	2,5	0	0	146,3			
M.6 (Interior)	28,2	84,6	5	84,6	2,5	0	0	1057,5			
M.7 (interior)	2,2	10,35	5	10,35	2,5	0	0	129,4			
M.8 (interior)	3,45	10,35	5	10,35	2,5	0	0	129,4			
Cubierta (CCMM inferior)		121,5	17	121,5	0,8			1652,4			
Techo (Habilitacion)		121,5	0	121,5	0			0,0			
								<b>Total Tra</b>	<b>8707,7</b>		
		<b>Person.</b>	<b>W</b>								
Calor Aire renovacion		28	11290								
<b>Calor total del espacio (Calefacción) [W]</b>									<b>19997</b>		
<b>Condición: INVIERNO</b>		Superficie	160,95	m <sup>2</sup>	Tª Interior	22	°C				
<b>Cubierta camarotes tripulación - Zona 2</b>		Alto	3	m	Tª Exterior	-20	°C				
<b>Transmision</b>											
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ			
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W			
M.1 (interior)	10,6	31,8	5	31,8	2,5	0	0	397,5			
M.2 (interior)	15	45	5	45	2,5	0	0	562,5			
M.3 (interior)	10,6	31,8	5	31,8	2,5	0	0	397,5			
M.4 (Interior)	15	45	5	45	2,5	0	0	562,5			
Cubierta (CCMM inferior)		0	17	0	0,9	0	0	0,0			
Techo (Habilitacion)		0	0	0	0	0	0	0,0			
								<b>Total Tra</b>	<b>1920,0</b>		
		<b>Person.</b>	<b>W</b>								
Calor Aire renovacion		28	11290								
<b>Calor total del espacio (Calefacción) [W]</b>									<b>13210</b>		

<b>Condición: INVIERNO</b>		Superficie	49,5	m <sup>2</sup>	Tª Interior	22	°C	
<b>Cubierta camarotes tripulación - Zona 3</b>		Alto	3	m	Tª Exterior	-20	°C	
<b>Transmision</b>								
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W
M.1 (interior)	6,32	18,96	5	18,96	2,5	0	0	237,0
M.2 (interior)	7,9	23,7	5	23,7	2,5	0	0	296,3
M.3 (interior)	6,32	18,96	5	18,96	2,5	0	0	237,0
M.4 (Interior)	7,9	23,7	0	23,7	2,5	0	0	0,0
Cubierta (CCMM inferior)		0	17	0	0,9	0	0	0,0
Techo (Habilitacion)		0	0	0	0	0	0	0,0
							<b>Total Tra</b>	<b>770,3</b>
		<b>Person.</b>	<b>W</b>					
Calor Aire renovacion		28	11290					
							<b>Calor total del espacio (Calefacción) [W]</b>	<b>12060</b>

<b>Condición: INVIERNO</b>		Superficie	504	m <sup>2</sup>	Tª Interior	22	°C	
<b>Puente de gobierno</b>		Alto	4	m	Tª Exterior	-20	°C	
<b>Transmision</b>								
Division	Largo	Area tot.	ΔT	Av	Kv	Ag	Kg	Φ
	m	m <sup>2</sup>	K	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> *K)	W
M.1 (exterior)	15,95	63,8	42	63,4	0,9	0,4	3,5	2455,3
M.2 (exterior)	34,4	137,6	42	136,4	0,9	1,2	3,5	5332,3
M.3 (exterior)	15,95	63,8	42	63,4	0,9	0,4	3,5	2455,3
M.4 (exterior)	34,4	137,6	42	136,4	0,9	1,2	3,5	5332,3
Cubierta (CCMM inferior)		0	17	0	0,9	0	0	0,0
Techo (Habilitacion)		0	0	0	0	0	0	0,0
							<b>Total Tra</b>	<b>15575,3</b>
		<b>Person.</b>	<b>W</b>					
Calor Aire renovacion		28	11290					
							<b>Calor total del espacio (Calefacción) [W]</b>	<b>26865</b>

## 10.4 Resultados totales y dimensionamiento de la planta

Sumando los resultados obtenidos para cada zona y multiplicándolos por el número de cubiertas, y añadiendo a ese resultado el calor necesario del puente de gobierno en sus respectivas condiciones, se obtienen los siguientes totales que son los que se utilizan para dimensionar la planta de aire acondicionado.

<b>Dimensionamiento Compresores</b>		
Calor refrigeración (verano)	144,72	kW
Calor calefacción (invierno)	208,06	kW
COP estimado	4,5	-
Potencia compresores	63,34	kW

Se selecciona de un catálogo de compresores de la empresa Sitas el modelo VEGA 10010, que es el único que cumple con el mínimo requerido.

Cuaderno 12: Equipos y servicios  
Marina de la Peña Herrero

<b>Prestaciones</b>										
Nombre	Código	Potencia hp/kw	Caldera litros	Aire real lts/min.	Volt/hz.	Presión max. bar	Dimensiones l x h x a	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

## 11. NAVEGACIÓN Y COMUNICACIÓN

Siguiendo el SOLAS Capítulo IV, Parte C, los requisitos para comunicaciones por radio son la inexistencia de interferencias, disponibilidad continua, comunicación por los canales VHF requeridos y comunicación desde los alerones del puente (VHF portátil).

El buque proyectado ha de contar con los equipos que se mostrarán a continuación. Los requisitos generales para comunicaciones por radio:

- No interferencias
- Disponibilidad continua
- Comunicación por los canales VHF requeridos y comunicación desde los alerones del puente (VHF portátil)

Como todos los buques, debe tener instalado a bordo, además, los siguientes equipos:

- Compás magnético independiente de fuentes de energía (Bitácora)
- Compás de demarcaciones independiente de fuentes de energía
- Cartas náuticas (ECDIS aceptable)
- Receptor GPS ó radionavegación terrestre
- Reflector radar (9 y 3 GHz)
- Micrófono en puentes cerrados
- Teléfono autogenerado para comunicarse con el local del servo de emergencia
- Juego de código de señales

Dependiente al arqueo bruto del buque, se definen los siguientes sistemas que debe poseer. Dicho arqueo bruto se obtiene del buque de referencia, en torno a 115000 GT.

- Ecosonda
- 9GHz radar
- Plotter electrónico con marcación de otros buques para evitar colisión
- Corredera
- Transmisor del rumbo para usar junto a la corredera
- Sistema AIS
- Girocompas con repetidor en el manual Steering
- Repetidor de timón, hélice, empuje, paso, rpm, etc desde el puesto de mando (conning)
- Medios automáticos para evitar colisiones con otros buques u objetivos
- Dispositivos secundario automático para evitar colisiones
- Dispositivo para indicar la ratio de giro
- medición a distancia y velocidad sobre el fondo
- Voyage data recorder (caja negra)

Fdo: Marina de la Peña Herrero



Ferrol, 15 de Septiembre de 2022

**ANEXO I: PLANOS BUQUE DE REFERENCIA**

# BRITISH PARTNER

