



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2017/2018**

---

*PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Pablo Martínez Martínez

**TUTORAS/ES**

Vicente Díaz Casás

**FECHA**



**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2.016-2017*

**PROYECTO NÚMERO 17-12**

**TIPO DE BUQUE:** Petrolero Suezmax 148000 TPM

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** DNV, MARPOL, SOLAS, CONVENIO DE LINEAS DE CARGA TIER 3

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 148000 TPM. Transporte de petróleo CRUDOS Y DERIVADOS.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15,8 nudos con 85%MCR+ 15% margen de mar

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Bombas de carga y descarga en los tanques de carga. Calefacción en tanques de carga.

**PROPULSIÓN:** Motor diésel directamente acoplado.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 30 personas

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

Ferrol, 10 Setiembre 2016

ALUMNO/A: **D. PABLO MARTÍNEZ MARTÍNEZ**

**Fernando Junco Ocampo**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/2018**

---

*PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 12**

**EQUIPOS Y SERVICIOS**

## Contenido

1 INTRODUCCIÓN.....	6
2 AMARRE Y FONDEO.....	7
2.1 Número de equipo.....	7
2.2 Caja de cadenas.....	8
2.2.1 El volumen cónico de la zona superior se calcula del siguiente modo: .....	9
2.2.2 El volumen de la zona interior, en la que se puede considerar que la cadena ocupa ya todo el volumen de la caja se calcula de la siguiente manera:.....	10
2.2.3 La altura de la caja de cadenas se determina de la siguiente manera: .....	10
2.3 Molinete.....	10
2.4 Chain stopper.....	12
2.5 Dimensionamiento del equipo de amarre.....	12
3 SALVAMENTO.....	16
3.1 Dispositivos radioeléctricos de salvamento.....	16
3.2 Dispositivos de localización de búsqueda y salvamento.....	16
3.3 Bengalas para señales de socorro.....	16
3.4 Sistema de comunicaciones a bordo y sistema de alarma.....	17
3.5 Dispositivos individuales de salvamento.....	17
3.5.1 Aros salvavidas.....	17
3.5.2 Chalecos salvavidas.....	17
3.5.3 Trajes de inmersión y protección a la intemperie.....	17
3.6 Balsas salvavidas y su equipo.....	18
3.7 Botes salvavidas totalmente cerrados.....	18
3.8 Bote de rescate.....	18
4 CONTRAINCENDIOS.....	19
4.1 Sistema contraincendios por aspersión de agua a presión.....	24
4.1.1 Cálculo del caudal para el punto más desfavorable.....	24
4.1.2 Cálculo del caudal por SOLAS.....	24
4.1.3 Selección de la bomba.....	25
4.1.4 Cálculo del colector de CI.....	26
4.1.5 Cálculo del conducto de aspiración de la bomba.....	27
4.1.6 Pérdidas de carga en los puntos más desfavorables.....	27
4.2 Sistema contraincendios de agua nebulizada.....	28
4.2.1 Cálculo del caudal.....	28
4.3 Sistema de contraincendios a base de espuma.....	29

4.3.1 Cálculo del caudal. ....	29
4.3.2 Extintores portátiles. ....	30
5 SERVICIO DE LASTRE. ....	31
6 SERVICIO DE AGUA DULCE. ....	33
6.1 Consumo. ....	33
6.2 Cálculo. ....	33
6.2.1 Agua potable consumida. ....	33
6.2.2 Bombas y caudal de agua sanitaria fría. ....	34
6.2.3 Bombas y caudal de agua caliente. ....	35
6.2.4 Generador de agua dulce. ....	36
7 SERVICIO DE AGUAS GRISES Y NEGRAS. ....	37
8 VENTILACIÓN. ....	38
8.1 Ventilación de locales. ....	38
8.1.1 Ventilación de cámara de máquinas. ....	39
8.2 Ventilación de espacios de carga. ....	40
8.2.1 Ventilación tanques de carga. ....	40
9 SERVICIO DE CALEFACCIÓN. ....	41
9.1 Calefacción de los tanques de carga. ....	41
9.2 Calefacción para el lavado de tanques con agua caliente. ....	42
9.3 Calefacción de los tanques slop. ....	43
9.4 Mantenimiento de las temperaturas de los tanques de combustible en cámara de máquinas. ....	45
9.5 Calefacción de tanques de aceite en cámara de máquinas. ....	46
10 SERVICIO DE CARGA Y DESCARGA. ....	48
10.1 Bombas de carga. ....	48
10.2 Tiempo de descarga. ....	49
10.3 Bomba de carga de emergencia. ....	50
10.4 Agotamiento de la carga. ....	51
10.5 Sistemas de monitorización y control. ....	52

## 1 INTRODUCCIÓN.

Cota: el presente buque tiene un requerimiento de clase TIER III para emisiones de SOx y NOx. Este buque no lleva cámara de bombas, lleva bombas de pozo profundo para la carga y descarga del petróleo.

En este cuaderno se pretende obtener el diseño y características de los distintos equipos que forman parte del buque.

Para el cálculo de los equipos del buque se tendrán en cuenta las características específicas del buque y la reglamentación que será el convenio SOLAS y la sociedad de clasificación DNV.

Las características de este buque son las siguientes:

L total (m)	288,1
Lpp (m)	273,5
Manga (m)	45,3
Puntal (m)	24
Calado (m)	17,7
Cb	0,866
Cm	0,992
Cp	0,873
$\Delta$ (t)	195.606
TPM	148.000
BHP (kW)	25.270

## 2 AMARRE Y FONDEO.

### 2.1 Número de equipo.

El equipo de amarre y fondeo se calcula mediante el número de equipo, que está definido por el IACS y por las sociedades de clasificación, que en este caso es el DNV, como:

$$EN = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot h \cdot B + \frac{A}{10}$$

Dónde:

- $\Delta$  es el desplazamiento a la línea de carga de verano = 179.542 t.
- h es la altura de la línea de flotación de carga de verano a la parte superior de la caseta superior = 24 m
- B es la manga del buque = 45,3 m.
- A es el área del perfil del casco y la superestructura por encima de la flotación de la carga de verano, que estén dentro de la eslora del buque y con una manga superior a B/4 = 2644 m<sup>2</sup>.

$$EN = 179542^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot 24 \cdot \frac{2644}{10} = 3859$$

El número de equipo está dimensionado con los siguientes supuestos:

- Fondeo temporal, cuando el buque se encuentra en puerto o en un área protegida a la espera de atraque, marea ...
- Corriente de 2,5 m/s.
- Viento de 25 m/s.
- Longitud de cadena largada entre 6 y 10 veces la profundidad.

Mediante el número de equipo y la tabla que se encuentra en el **DNV-GL Pt. 3, Ch. 3 y Sect. 3**, se definirán los siguientes elementos reglamentarios:

- Peso y número de anclas.
- Longitud y diámetro de las cadenas (para grado 1, 2 y 3).
- Cable de remolque.
- Estachas de amarre.

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines <sup>1)</sup> (guidance)			
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
1390 to 1479	B	2	4320	550	66	58	50	200	836	4	180	324
1480 to 1569	C	2	4590	550	68	60	52	220	888	5	190	324
1570 to 1669	D	2	4890	550	70	62	54	220	941	5	190	333
1670 to 1789	E	2	5250	577.5	73	64	56	220	1024	5	190	353
1790 to 1929	F	2	5610	577.5	76	66	58	220	1109	5	190	378
1930 to 2079	G	2	6000	577.5	78	68	60	220	1168	5	190	402
2080 to 2229	H	2	6450	605	81	70	62	240	1259	5	200	422
2230 to 2379	I	2	6900	605	84	73	64	240	1356	5	200	451
2380 to 2529	J	2	7350	605	87	76	66	240	1453	5	200	480
2530 to 2699	K	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471	6	200	480
2700 to 2869	L	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471	6	200	490
2870 to 3039	M	2	8700	632.5	95	84	73	260	1471	6	200	500
3040 to 3209	N	2	9300	660	97	84	76	280	1471	6	200	520
3210 to 3399	O	2	9900	660	100	87	78	280	1471	6	200	554
3400 to 3599	P	2	10500	660	102	90	78	280	1471	6	200	588
3600 to 3799	Q	2	11100	687.5	105	92	81	300	1471	6	200	618
3800 to 3999	R	2	11700	687.5	107	95	84	300	1471	6	200	647
4000 to 4199	S	2	12300	687.5	111	97	87	300	1471	7	200	647

Con mi numeral de equipo determino los siguientes datos:

Letra de equipo	R
Nº de anclas	2
Masa de cada ancla (Kg)	11700
Longitud de cadena (m)	687,5
Diámetro de cadena (mm)	107
Minimum breaking strength (kN)	1471

## 2.2 Caja de cadenas.

Se dispondrán 2 cajas de cadenas en la zona de proa, simétricas respecto a crujía y con base prismática, cuyo volumen se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$V = 8,48 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-4}$$

Donde:



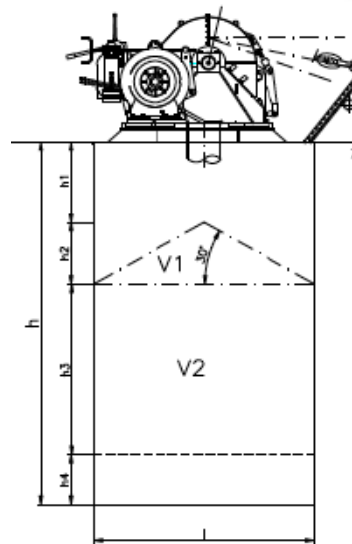
- $d$  es el diámetro de la cadena en mm = 107 mm.
- $L$  es la longitud de la cadena estibada en esa caja (m). Como la longitud de la cadena es de 687,5 metros y que cada largo es de 27,5 metros, la cadena tendrá un total de 25 largos. Por lo que en una caja habrá 13 largos y en la otra 12 largos, y estas cajas se calcularán como si las dos llevaran 13.

$$L = n^{\circ}largos \cdot L_{largos} = 13 \cdot 27,5 = 357,5 \text{ m}$$

El volumen de cada caja queda entonces:

$$V_{caja\ cadenas} = 8,48 \cdot 107^2 \cdot 357,5 \cdot 10^{-4} = 34,7 \sim 35 \text{ m}^3$$

El volumen se descompone en dos partes:  $V_1$  y  $V_2$  como se ve a continuación:



**2.2.1 El volumen cónico de la zona superior se calcula del siguiente modo:**

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

Donde:

- $V_1$  es el volumen cónico de la zona superior ( $\text{m}^3$ ).
- $l$  es el lado inferior o diámetro de la caja de cadenas (m). El lado de las cajas de cadenas prismáticas mínimo recomendado es:

$$l \geq 25 \cdot d \geq 25 \cdot 107 = 2675 \text{ mm}$$

Por razones de diseño se debe coger un valor superior:

$$l = 30 \cdot 107 = 3210 = \mathbf{3,21 \text{ m}}$$

- $h_2$  es la altura de la zona cónica de estiba (m).

$$h_2 = \frac{l}{2} \cdot \tan(30) = \frac{3,21}{2} \cdot \tan(30) = 0,93 \text{ m}$$

Por tanto el volumen de la zona superior queda:

$$V_1 = \frac{0,93}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{3,21}{2}\right)^2 = 2,5 \text{ m}^3$$

*2.2.2 El volumen de la zona interior, en la que se puede considerar que la cadena ocupa ya todo el volumen de la caja se calcula de la siguiente manera:*

$$V_2 = V - V_1 = 35 - 2,5 = 32,5 \text{ m}^3$$

*2.2.3 La altura de la caja de cadenas se determina de la siguiente manera:*

$$h_{\text{caja cadenas}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 1,5 \cdot 0,93 \cdot 1,47 \cdot 0,8 = 2,6 \text{ m}$$

## 2.3 Molinete.

Para el cálculo de la potencia de los molinetes se seguirá el artículo técnico de la revista **“Ingeniería Naval” de Mayo de 1999 “Normas prácticas para el diseño de molinetes de ancla”** publicado por D. Juan Carlos Carral Couce y D. Luis Carral Couce, además de las pautas aportadas en el DNVGL, Parte 3 – Capítulo 11 – Sección 1.

Se opta por instalar 2 molinetes monoancla de eje horizontal, ya que el artículo establece que ese tipo de molinetes se emplean para un diámetro de los eslabones de cadena superior a 40 mm.

El tiro normal del molinete (N) que ha de ser aplicable al menos 30 minutos se calcula:

$$F = k \cdot d_c$$

Dónde:

- K es el coeficiente que depende del material de la cadena. Para grado 3: **K = 47.5**, según el DNV-GL.
- d es el diámetro de la cadena (mm)=107mm

$$F = 47,5 \cdot 107^2 = 543827,5 \text{ N} = 55,5 \text{ ton.}$$

La potencia de los molinetes a instalar se estimara a partir de los siguientes cálculos:

La potencia de los molinetes a instalar se estimará a partir de los siguientes cálculos:

- Como primera estimación la potencia obtenida es la siguiente:

$$P_{\text{estimación}} = \frac{6,5 \cdot d_c^2 \cdot V_s \cdot K}{4500 \cdot \eta_m}$$

Donde:

- $D_c$  es el diametro de la cadena = 107 mm
- $V_s$  es la velocidad media de elevación, que según el DNV es de 9 m/s.
- $K=1$
- $\eta_m$  es el rendimiento mecanico: 0,6

$$P_{\text{estimación}} = \frac{6,5 \cdot 107^2 \cdot 9 \cdot 1}{4500 \cdot 0,6} = 248 \text{ CV} = 182 \text{ kW}$$

- La potencia necesaria para llevar el ancla es:

$$P_{\text{levar ancla}} = \frac{0,87 \cdot (P_{\text{ancla}} + 0,02 \cdot d_c^2 \cdot L) \cdot V_s}{4500 \cdot \eta_m \cdot \eta_e}$$

Donde:

- $d_c = 107 \text{ mm}$
- El peso del ancla es de 11700 kg (arriba especificado)
- $V_s$  es 9 m/s
- $L$  es la longitud de la cadena = 357,5 m
- $K=1$
- $\eta_m$  es el rendimiento mecanico: 0,6
- $\eta_e$  es el rend eléctrico = 0,75

$$P_{\text{levar ancla}} = \frac{0,87 \cdot (11700 + 0,02 \cdot 107^2 \cdot 357,5) \cdot 9}{4500 \cdot 0,6 \cdot 0,75} = 362 \text{ CV} = 266 \text{ kW}$$

- La potencia para zarpar el ancla es:

$$P_{zarpar\ ancla} = \frac{(2,1 \cdot P_{ancla} + 0,02 \cdot d_c^2 \cdot L) \cdot V_s}{4500 \cdot \eta_m \cdot \eta_e}$$

Los datos son los mismos que antes y la potencia queda:

$$P_{zarpar\ ancla} = 473\ CV = 348\ kW$$

A primera vista, la potencia a instalar parece ser la necesaria para zarpar el ancla, ya que es la más elevada de todas y se corresponde a la situación más desfavorable; sin embargo, la normativa establecida en el DNV-GL determina que los molinetes deben poder aguantar una sobrecarga del 50% de su fuerza de tiro normal durante 2 minutos, por lo que si cualquiera de las otras dos potencias sobredimensionadas un 50% igualan o superan la potencia necesaria para zappar el ancla, será ese el valor a escoger.

$$P_{estimación} \cdot 1,5 = 273,6\ kW$$

$$P_{levar\ ancla} \cdot 1,5 = 400\ kW$$

Como la potencia para llevar el ancla sobredimensionada un 50% es mayor se tomará esta potencia:

$$P_{levar\ ancla} \\ \mathbf{362\ CV = 266\ kW}$$

## 2.4 Chain stopper.

El chain stopper y sus accesorios deben ser capaces de soportar el 80% de la carga mínima de rotura (MBL) de la cadena sin ninguna deformación permanente de las partes sometidas al esfuerzo. En este caso, el chain stopper debe ser capaz de soportar:

$$0,8 \cdot MBL = 0,8 \cdot 1471 = \mathbf{1176,8\ KN}$$

## 2.5 Dimensionamiento del equipo de amarre.

Al igual que con los molinetes, a partir del numeral de equipo se podrá obtener los datos de las líneas de amarre necesarias, los cuales permitirán el dimensionamiento de los winches de amarre. Como se determinó al comienzo del apartado, el numeral de equipo es el siguiente:

$$EN = 179542^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot 24 \cdot \frac{2644}{10} = \mathbf{3859}$$

A partir de dicho numeral de equipo se obtienen las siguientes características de las líneas de amarre:

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines <sup>12</sup> (guidance)			
		Number	Mass per anchor kg	Total length m	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					VL K1 mm	VL K2 mm	VL K3 mm	Minimum length m	Minimum breaking strength kN	Number	Length of each m	Minimum breaking strength kN
1390 to 1479	B	2	4320	550	66	58	50	200	836	4	180	324
1480 to 1569	C	2	4590	550	68	60	52	220	888	5	190	324
1570 to 1669	D	2	4890	550	70	62	54	220	941	5	190	333
1670 to 1789	E	2	5250	577.5	73	64	56	220	1024	5	190	353
1790 to 1929	F	2	5610	577.5	76	66	58	220	1109	5	190	378
1930 to 2079	G	2	6000	577.5	78	68	60	220	1168	5	190	402
2080 to 2229	H	2	6450	605	81	70	62	240	1259	5	200	422
2230 to 2379	I	2	6900	605	84	73	64	240	1356	5	200	451
2380 to 2529	J	2	7350	605	87	76	66	240	1453	5	200	480
2530 to 2699	K	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471	6	200	480
2700 to 2869	L	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471	6	200	490
2870 to 3039	M	2	8700	632.5	95	84	73	260	1471	6	200	500
3040 to 3209	N	2	9300	660	97	84	76	280	1471	6	200	520
3210 to 3399	O	2	9900	660	100	87	78	280	1471	6	200	554
3400 to 3599	P	2	10500	660	102	90	78	280	1471	6	200	588
3600 to 3799	Q	2	11100	687.5	105	92	81	300	1471	6	200	618
3800 to 3999	R	2	11700	687.5	107	95	84	300	1471	6	200	647
4000 to 4199	S	2	12300	687.5	111	97	87	300	1471	7	200	647

Letra de equipo	R+
Nº de líneas	6
Lond de cada línea (m)	200
Minimum breaking strength (kN)	647

Para el dimensionamiento de los chigres de maniobra se seguirán las pautas presentadas en el artículo técnico de la revista **“Ingeniería Naval” de Junio de 1999 “Normas prácticas para el diseño de chigres de carga y maniobra”**, publicado por D. Juan Carlos Carral Couce y D. Luis Carral Couce. Las hipótesis de partida son las siguientes:

- Los elementos mecánicos de los chigres de carga y maniobra deberán resistir, de modo continuo y sin sobrepasar los límites de tensión admitidos en el diseño, una carga estática superior en un 50% a la carga nominal de trabajo.
- Sus elementos mecánicos deberán resistir durante 6000 horas, de un modo continuo y sin sobrepasar los límites de tensión admitidos en el diseño, una carga dinámica intermitente de las siguientes características:
  - 2 minutos al 120% de la carga nominal.
  - 1 minuto en reposo.

- El motor del chigre debe ser capaz de ejercer durante una hora en continuo la siguiente potencia:

$$P(CV) = \frac{0.23 \cdot T \cdot V_s}{\eta_t}$$

- Si el accionamiento es hidráulico la presión de trabajo del motor debe ser como máximo el 70% de la máxima admisible en continuo.
- La velocidad de izada debe estar entre 20 y 30 m/min.
- El diámetro del carretel será de al menos 15 veces el diámetro del cable.
- 

Para el dimensionado del carretel, se calcularán tanto un diámetro interno como uno externo mínimos que sirvan de orientación a la hora de escoger el modelo de winche adecuado de entre todos los modelos ofertados por los proveedores. El cálculo se realiza del siguiente modo:

$$\text{Diametro interior (mm)} = 17 \cdot \text{diam estacha} = 17 \cdot 32 = 544 \text{ mm}$$

$$\text{Diametro exterior (mm)} = 17 \cdot 544 = 1632 \text{ mm}$$

Con esto calculado, decido que el buque deberá llevar 6 maquinillas de amarre, cuyas características son las siguientes:

Hydraulic motor	HMB/C200
Design pull (kN)	200
Design pull (ton-f)	20.4
MBL (kN)	820
MBL (ton-f)	83.6
BHC (kN)	656
Design drum (mm)	580

Como se puede observar, la carga mínima de rotura (820 KN) es superior a la carga mínima de rotura de las estachas (715 KN), y el diámetro interno del carretel (580 mm) es superior al diámetro interno mínimo calculado previamente (544 mm). Aplicando la misma fórmula usada previamente, se considerará un diámetro externo de aproximadamente 1740 mm (3 veces el diámetro interno).

La tracción máxima que sufre el cable al arrollarse en la primera capa es inferior a la máxima admisible. Dicha tracción máxima experimentada por la estacha se calcula del siguiente modo:

$$T_{\max} = \frac{T \cdot (\text{Diám. ext.} + \text{Diám. int.})}{2 \cdot (\text{Diám. int.} + \text{Diám. estacha})}$$

Dónde:

- T es la tracción nominal en ton.  **$T = 20.4 \text{ ton}$**
- Diám. ext. es el diámetro externo del carretel en mm.  **$\text{Diám. ext.} = 1740 \text{ mm}$** .
- Diám. int. es el diámetro interno del carretel en mm.  **$\text{Diám. int.} = 580 \text{ mm}$** .

- Diám. estacha es el diámetro de la estacha de amarre en mm. **Diám. estacha = 32 mm.**

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{20.4 \cdot (1740 + 580)}{2 \cdot (580 + 32)} = \mathbf{38.7 \text{ ton} = 380 \text{ KN}}$$

Como se mencionó previamente entre las hipótesis de partida, el motor del chigre debe ser capaz de ejercer durante una hora en continuo la siguiente potencia:

$$P(CV) = \frac{0.23 \cdot T \cdot V_s}{\eta_t}$$

Dónde:

- $V_s$  es la velocidad de izada (entre 20 y 30 m/min).  $V_s = \mathbf{20 \text{ m/s}}$
- $T$  es la tracción (ton).  $T = \mathbf{20.4 \text{ ton}}$
- $\eta_t$  es el rendimiento de la transmisión (entre 80 y el 95%).  $\eta_t = \mathbf{0.8}$

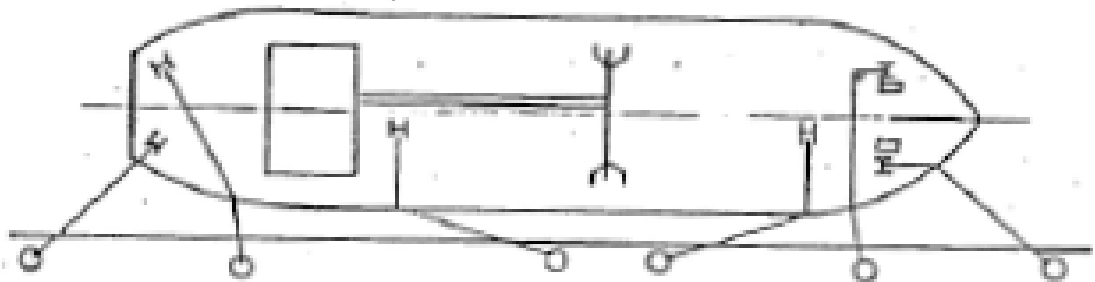
El DNV-GL establece que los winches de amarre han de contar con unos frenos de tambor con una fuerza capaz prevenir el desamarre de la línea cuando la tensión en la misma sea igual al 80% de la carga de rotura de la línea de amarre. En este caso el valor es el siguiente:

$$\mathbf{0.8 \cdot MBL = 0.8 \cdot 500 = 400 \text{ KN}}$$

Como figura en la tabla anterior, su capacidad de freno (BHC, Brake Holding Capacity) es de **656 KN**, de manera que cumple con el mínimo calculado de 400 KN.

Los demás elementos del sistema de amarre y fondeo como bitas, panamás etc se situarán de acuerdo con la siguiente disposición, la cual es compatible con:

- 2 x comb. Windlass (molinetes) / 20.4 ton single drum mooring winch (winche de amarre de un solo tambor).
- 4 x 20.4 ton single drum mooring winch (winche de amarre de un solo tambor).



## 3 SALVAMENTO.

Todos los elementos de salvamento están enumerados y reglados por el **SOLAS – Parte B – Capítulo III**. El equipo de salvamento debe constar de los siguientes elementos:

- Dispositivos radioeléctricos de salvamento.
- Dispositivos de localización de búsqueda y salvamento.
- Bengalas para señales de socorro.
- Sistema de comunicaciones a bordo y sistema de alarma.
- Dispositivos individuales de salvamento:
  - o Aros salvavidas.
  - o Chalecos salvavidas.
  - o Trajes de inmersión y trajes de protección contra la intemperie.
- Balsas salvavidas y su equipo.
- Lanchas de rescate y servicio (incluido el pescante para los mismos).
- Botes de caída libre.
- Otros.

Todos los equipos y dispositivos mencionados han de contar con la aprobación de la Administración y deberán cumplir con lo establecido en el SOLAS. En este apartado se ha de tener en cuenta que a bordo podrá llegar a haber un total de 36 personas (entre los 30 miembros de la tripulación, el armador, los operarios del Canal de Suez y las posibles visitas).

### 3.1 Dispositivos radioeléctricos de salvamento.

Se proveerán por lo menos tres aparatos radiotelefónicos bidireccionales de ondas métricas.

### 3.2 Dispositivos de localización de búsqueda y salvamento.

Dado que el buque presenta un arqueado bruto superior a 500 ha de llevar, como mínimo, un dispositivo de localización de búsqueda y salvamento a cada banda. Dichos dispositivos se estibarán en lugares desde los cuales puedan colocarse rápidamente en cualquier embarcación de supervivencia que no sea la balsa o las balsas salvavidas.

### 3.3 Bengalas para señales de socorro.

Se llevarán por lo menos 12 cohetes lanzabengalas con paracaídas estibados en el puente de navegación o cerca de éste.



### **3.4 Sistema de comunicaciones a bordo y sistema de alarma.**

El buque presentará un sistema de emergencia para comunicaciones bidireccionales entre puestos de control de emergencia, puestos de reunión y embarco, y puntos estratégicos a bordo; pudiendo estar constituido por un sistema fijo o portátil. El sistema de alarma general de emergencia será audible en todos los espacios de alojamiento y de trabajo de la tripulación.

### **3.5 Dispositivos individuales de salvamento.**

#### *3.5.1 Aros salvavidas.*

Al ser un buque de carga llevará al menos 10 aros salvavidas según la tabla de la Regla 32, [1].

Los aros salvavidas irán:

- distribuidos de modo que estén fácilmente disponibles a ambas bandas del buque, y, en la medida de lo posible, en todas las cubiertas expuestas que se extiendan hasta el costado del buque; habrá por lo menos uno en las proximidades de la popa; y
- estibados de modo que sea posible soltarlos rápidamente, y no estarán sujetos de ningún modo por elementos de fijación permanente.

A cada banda del buque habrá como mínimo un aro salvavidas provisto de una rabiza flotante de una longitud por lo menos igual al doble de la altura a la cual vaya estibado por encima de la flotación de navegación marítima con calado mínimo. Cada uno de los aros salvavidas estará provisto de luces de encendido automático;

#### *3.5.2 Chalecos salvavidas.*

Para cada una de las personas que vayan a bordo se proveerá un chaleco salvavidas.

Los chalecos salvavidas se colocarán de modo que sean fácilmente accesibles y su emplazamiento estará claramente indicado. Cada chaleco irá provisto de una luz para chaleco salvavidas.

#### *3.5.3 Trajes de inmersión y protección a la intemperie.*

Se proveerá un traje de inmersión de tamaño adecuado a cada persona a bordo del buque, el cual ha de cumplir con lo prescrito en la sección 2.3 del Código SOLAS.

### **3.6 Balsas salvavidas y su equipo.**

El buque llevará una o varias balsas salvavidas inflables o rígidas cuya masa sea inferior a 185 kg, estibadas en un emplazamiento que permita su fácil traslado de una banda a otra en el mismo nivel de la cubierta expuesta y cuya capacidad conjunta baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo. Se llevará una en popa y otra en proa.

La balsa salvavidas de popa será de la marca Viking, concretamente el modelo Overboard Liferaft Self-Righting Type DSK para 39 personas. Mientras que la de proa será de la marca Zodiac, el modelo Open Sea Iso 9650 para 10 personas.

### **3.7 Botes salvavidas totalmente cerrados.**

El buque va a llevar dos botes salvavidas, uno situado en el lado de babor y otro en el lado de estribor, ambos a la altura de la habilitación en la cubierta principal.

En este caso son de la marca Palfinger, concretamente el modelo LBF 850 T para 40 personas.

### **3.8 Bote de rescate.**

Se escoge un bote de rescate de la marca Palfinger, concretamente el modelo RSQ 450 con capacidad para 6 personas.

## 4 CONTRA INCENDIOS.

Para la correcta y eficaz aplicación de estas reglas se hace necesario definir los espacios del buque dónde se situarán los sistemas utilizados en el servicio contra incendios. Estos espacios serán:

- Espacios de carga: todos los tanques del buque.
- Espacios de alojamiento: los definidos en la habilitación.
- Espacios de servicio: cocinas, pañoles, talleres que no forman parte de máquinas, etc.
- Espacios de categoría A para máquinas: la cámara de máquinas.

El cuadro de control de alarmas contra incendios estará situado en el puente de navegación y en el puesto principal de control de la cámara de máquinas, además de en un local de contra incendios en la cubierta 1 de la habilitación.

En lo referente al servicio de contra incendios de buques tanque, el SOLAS especifica lo siguiente en el **“Capítulo II-2:Regla 10”**.

**“Regla 10: Lucha contra incendios.”**

**“2.- Sistemas de suministro de agua.”**

**“2.1.- Colectores y bocas contra incendios.”**

**“2.1.3.- Diámetro del colector contra incendios.”**

**“El diámetro del colector y de las tuberías contra incendios será suficiente para la distribución eficaz del caudal máximo de agua requerido para dos bombas contra incendios funcionando simultáneamente, salvo cuando se trate de buques de carga, distintos de los que se indican en el párrafo 7.3.2 en cuyo caso bastará con que el diámetro sea suficiente para un caudal de agua de 140 m<sup>3</sup>/h.”**

**“2.1.5.- Número y distribución de las bocas contra incendios.”**

**“El número y la distribución de las bocas contra incendios serán tales que por lo menos dos chorros de agua que no procedan de la misma boca contra incendios, uno de ellos lanzado por un manguera de una sola pieza, puedan alcanzar cualquier parte del buque normalmente accesible a los pasajeros o a la tripulación mientras el buque navega, y cualquier punto de cualquier espacio de carga cuando éste se encuentre vacío; en este último caso, los dos chorros alcanzarán cualquier punto del espacio, cada uno de ellos lanzado por una manguera de una sola pieza. Además estas bocas contra incendios estarán emplazadas cerca de los accesos a los espacios protegidos.”**

**“En los espacios de alojamiento, de servicio y de máquinas, el número y distribución de las bocas contra incendios serán tales que se pueda cumplir lo prescrito en el párrafo anterior.**

**Cuando haya acceso a un espacio de categoría A para máquinas, en su parte inferior, desde un túnel de eje adyacente, fuera de ese espacio, pero cerca de la entrada al mismo, habrá dos bocas contra incendios.”**

**“2.1.6.- Presión de las bocas contraincendios.”**

**“Cuando las dos bombas descarguen simultáneamente por las lanzas de manguera especificadas en el párrafo 2.3.3, y el caudal de agua especificado en el párrafo 2.1.3 descargue a través de cualquiera de las bocas contraincendios adyacentes, se mantendrán las siguientes presiones en todas las bocas contraincendios:”**

- **“Buques de carga de arqueo bruto igual o superior a 6000, 0.27 N/mm<sup>2</sup>.”**
- **“En ninguna de las bocas contraincendios la presión máxima excederá de aquella a la cual se pueda demostrar que la manguera contraincendios puede controlarse eficazmente.”**

**“2.2.- Bombas contraincendios.”**

**“2.2.2.- Número de bombas contraincendios.”**

**“Los buques irán provistos de la siguiente cantidad de bombas contraincendios de accionamiento independiente:**

**2.2.2.2.- buques de carga:**

- **de arqueo bruto igual o superior a 1000: al menos 2.”**

Por lo tanto, dado que el buque del presente proyecto presenta un arqueo bruto de 25203 (tal y como se ha calculado en el Cuaderno 9), llevará dos bombas contraincendios que funcionarán simultáneamente, y una tercera bomba que entrará en funcionamiento en caso de emergencia.

**“2.2.4.- Capacidad de las bombas contraincendios.”**

**“2.2.4.1.- Capacidad total de las bombas contraincendios prescritas.”**

**“Las bombas contraincendios prescritas deberán poder suministrar a la presión estipulada en el párrafo**

**2.1.6, el caudal de agua siguiente, para fines de extinción:**

**.2.- en los buques de carga, sin incluir las bombas de emergencia, el caudal de agua no será inferior a cuatro tercios del caudal que según la regla II-1/35-1 debiera evacuar cada una de las bombas de sentina independientes de un buque de pasaje de las mismas dimensiones caunde se la utilizara en operaciones de achique, aunque en ningún buque de carga distinto de los que se indican en el párrafo 7.3.2 será necesario que la capacidad total exigida de las bombas contraincendios sea superior a 180 m<sup>3</sup>/h.”**

El cálculo de dicha capacidad se realizará en el siguiente apartado.

**“2.2.4.2.- Capacidad de cada bomba contraincendios.”**

**“Cada una de las bombas contraincendios prescritas (aparte de las bombas de emergencia prescritas en el párrafo 2.2.3.1.2 para los buques de carga) tendrá una capacidad no inferior al 80% de la capacidad total exigida dividida por el número mínimo de bombas contraincendios prescritas, y nunca inferior a 25 m<sup>3</sup>/h; en todo caso, cada una de esas bombas podrá suministrar por lo menos los dos chorros de agua prescritos. Estas bombas contraincendios podrán alimentar el sistema del colector contraincendios en las condiciones estipuladas. Cuando el número de bombas instaladas sea superior al mínimo prescrito, las bombas adicionales tendrán una capacidad de por lo menos 25 m<sup>3</sup>/h, y podrán descargar, como mínimo, los dos chorros de agua prescritos en el párrafo**

**2.1.5.1.”**

**“2.3.- Mangueras contraincendios y lanzas.”**

**“2.3.1.- Especificaciones generales.”**

**[...] “Las mangueras contra incendios tendrán una longitud no inferior a 10 m, no superior a:**

- 15 m en los espacios de máquinas;
- 20 m en otros espacios y en las cubiertas expuestas; y
- 25 m en las cubiertas expuestas de los buques cuya manga sea superior a 30 m.”

**“2.3.2.- Número y diámetro de las mangueras contra incendios.”**

**“2.3.2.3.- En los buques de carga:**

**.1.- de arqueo bruto igual o superior a 1000 se proveerán mangueras contra incendios a razón de una por cada 30 m de eslora de buque y una de respeto, pero en ningún caso será su número inferior a cinco. Este número no incluye las mangueras prescritas para las cámaras de máquinas o de calderas.”**

**“2.3.3.- Tamaño y tipo de las lanzas.”**

**“2.3.3.1.- A los efectos del presente capítulo, los diámetros normales para las lanzas serán 12 mm,**

**16mm y 19 mm, o medidas tan próximas a éstas como resulte posible.”**

**“2.3.3.2.- En los espacios de alojamiento y espacios de servicio no será necesario que el diámetro de las lanzas exceda de 12 mm.”**

**“2.3.3.3.- En los espacios de máquinas y emplazamientos exteriores, el diámetro de las lanzas será el que dé el mayor caudal posible en dos chorros suministrados por la bomba más pequeña a la presión indicada en el párrafo 2.1.6, aunque no es necesario que ese diámetro exceda de 19 mm.”**

**“2.3.3.4.- Todas las lanzas serán de un tipo aprobado de doble efecto (es decir, de aspersión y chorro) y llevarán un dispositivo de cierre.”**

**“3.- Extintores portátiles.”**

**“3.1.- Tipo y proyecto.”**

**“Los extintores portátiles cumplirán lo prescrito en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.”**

**“3.2.- Distribución de los extintores.”**

**“3.2.1.- Los espacios de alojamiento y de servicio y los puestos de control estarán provistos de extintores portátiles de un tipo apropiado y en un número suficiente a juicio de la Administración. En los buques de arqueo bruto igual o superior a 1000, el número de extintores portátiles no será inferior a cinco.”**

**“4.- Sistemas fijos de extinción de incendios.”**

**4.1.- Tipos de sistemas fijos de extinción de incendios.”**

**4.1.1.- El sistema fijo de extinción de incendios prescrito en el párrafo 5 podrá ser uno cualquiera de los siguientes:**

**.1.- un sistema fijo de extinción de incendios por gas que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.**

**.2.- un sistema fijo de extinción de incendios a base de espuma de alta expansión que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.**

**.3.- un sistema fijo de extinción de incendios por aspersión e agua a presión que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.**

**“5.- Medios de extinción de incendios en los espacios de máquinas.”**

**5.2.- Espacios de máquinas con motores de combustión interna.”**

**“Los espacios de categoría A para máquinas que contengan motores de combustión interna estarán provistos de uno de los sistemas fijos de extinción de incendios indicados en el párrafo**

**4.1.”**

**“6.- Dispositivos de extinción de incendios en puestos de control, espacios de alojamiento y espacios de servicio.”**

**“6.2.- Sistemas de rociadores para buques de carga.”**

**“En los buques de carga para los que se adopte el método IIC especificado en la regla 9.2.3.1.1.2 se instalará un sistema automático de rociadores, de detección de incendios y de alarma contra incendios de conformidad con lo prescrito en la regla**

**7.5.5.2.”**

**“6.3.- Espacios que contengan líquidos inflamables.”**

**“6.3.1.- Los pañoles de pinturas estarán protegidos por:**

**.1.- un sistema de anhídrico carbónico proyectado para dar un volumen mínimo de gas libre igual al 40% del volumen bruto del espacio protegido;**

**.2.- un sistema de polvo seco con una capacidad mínima de 0,5 kg de polvo/m<sup>3</sup>.**

**.3.- un sistema de aspersión de agua o de rociadores con una capacidad de 5 l/m<sup>2</sup>.min. Los sistemas de aspersión de agua podrán estar conectados al**

**colector de contra incendios del buque; o**

**.4.- un sistema que ofrezca una protección equivalente, a juicio de la Administración.”**

**“8.- Protección de los tanques de carga.”**

**“8.1.- Sistemas fijos de extinción de incendios a base de espuma en cubierta.”**

**“8.1.1 Los buques tanque de peso muerto igual o superior a**

**20000 toneladas irán provistos de un sistema fijo de extinción de incendios a base de espuma en cubierta que cumpla lo prescrito en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.”**

Respecto a este tema, en la **“Resolución MSC.98(73) Fire Safety System Code – Capítulo 6: Sistemas fijos de incendios a base de espuma”**, se establece lo siguiente:

**“2.2.- Sistemas fijos de extinción de incendios a base de espuma de alta expansión.**

**“2.2.1.- Cantidad y eficacia de los concentrados de espuma.”**

**“2.2.1.1.- Los concentrados de espuma de los sistemas de extinción de incendios a base de espuma de alta expansión serán aprobados por la Administración teniendo en cuenta las directrices adoptadas por la Organización.”**

**“2.2.1.2.- Todo sistema fijo de extinción de incendios por espuma de alta expansión prescrito para los espacios de máquinas podrá descargar rápidamente, a través de orificios de descarga, una cantidad de espuma suficiente para llenar el mayor de los espacios protegidos a razón de 1 metros de espesor por minuto como mínimo. La cantidad de líquido espumógeno disponible será suficiente para producir un volumen de espuma cinco veces mayor que el volumen del mayor de los espacios protegidos. La relación de expansión de la espuma no excederá de 1000 a 1.”**

En el **“Capítulo 14: Sistemas fijos a base de espuma instalados en cubierta”:**

**“2.- Especificaciones técnicas.”**

**“2.1.- Generalidades:**

**“2.1.1.- Los dispositivos de producción de espuma podrán lanzar ésta sobre toda la superficie de la cubierta correspondiente a los tanques de carga, así como en el interior de cualquiera de los tanques correspondientes a la parte de cubierta que haya sufrido daños.”**

**“2.2.- Prescripciones relativas a los componentes.”**

**“2.2.1.- Soluciones espumosas y concentrados de espuma.”**

**“2.2.1.1.- El régimen de suministro de solución espumosa no será inferior al mayor de los valores siguientes:**

**.1.- 0,6 L/min por m<sup>2</sup> de la superficie de cubierta correspondiente a los tanques de carga, entendiéndose por superficie de cubierta correspondiente a los tanques de carga la manga máxima del buque multiplicada por la extensión longitudinal total de los espacios destinados a los tanques de carga.**

**.2.- 6 L/min por m<sup>2</sup> de la superficie horizontal del tanque que tenga la sección horizontal de mayor área; o**

**.3.- 3 L/min por m<sup>2</sup> de la superficie protegida por el mayor cañón lanzador, encontrándose toda esa superficie a proa de dicho cañón, y sin que la descarga pueda ser inferior a 12500 L/min.”**

**“2.2.1.2.- Se suministrará concentrado de espuma en cantidad suficiente para asegurar que, como mínimo, se produce espuma durante 20 min en buques tanque provistos de un sistema de gas inerte o durante 30 min en los buques tanque que no estén provistos de dicho sistema, cuando se utilice el mayor de los regímenes estipulados en el párrafo 2.2.1.”**

Por otro lado, también se establece lo siguiente en la **“Resolución MSC.98(73) Fire Safety System Code – Capítulo 7: Sistemas fijos de incendios por aspersión de agua a presión y por nebulización.”**:

**2.1.- Sistemas fijos de extinción de incendios por aspersión de agua a presión.**

**“2.1.1.- Boquillas y bombas.”**

**2.1.1.1.- Todo sistema fijo de extinción de incendios por aspersión de agua a presión prescrito para los espacios de máquinas estará provisto de boquillas aspersoras de un tipo aprobado.**

**2.1.1.2.- El número y disposición de las boquillas habrán de ser satisfactorios a juicio de la Administración y asegurarán que el promedio de la distribución eficaz de agua es de 5 l/m<sup>2</sup>/min como mínimo en los espacios protegidos. Si se considera necesario utilizar regímenes de aplicación mayores, éstos habrán de ser satisfactorios a juicio de la Administración.”**

## 4.1 Sistema contraincendios por aspersión de agua a presión.

### 4.1.1 Cálculo del caudal para el punto más desfavorable.

Para este cálculo del caudal se considerarán, por exigencias del SOLAS, dos chorros de agua no procedentes de la misma boca contraincendios.

Para considerar los puntos más desfavorables, las bocas contraincendios tenidas en cuenta serán las situadas en:

- La cubierta más elevada de la superestructura.
- El punto más alejado en la cubierta de carga.

Estos puntos son aquellos en los que resulta más difícil mantener la presión mínima exigida por el SOLAS (2.7 bar en boca de contraincendios). Pero, dado que la presión mínima exigida se considera demasiado baja, para los cálculos se incrementará hasta un valor mínimo de 6 bar.

$$P = P_{boca} + P_{CP} + P_{CubA} + P_{CubB} + P_{CubC} + P_{puente} + \text{perdidas de carga}$$

$$P = 6 + \left( \frac{h_{CP}}{10} + \frac{h_{CubA}}{10} + \frac{h_{CubB}}{10} + \frac{h_{CubC}}{10} \right) \cdot \rho_{as} + 3 = 12 \text{ bar}$$

El caudal de agua se estima de la siguiente forma:

$$Q = \sum K \cdot \sqrt{P}$$

$$Q = 83 \cdot \sqrt{6} + 83 \cdot \sqrt{6} = 406.62 \text{ l/min}$$

$$Q = 406.62 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 24.4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### 4.1.2 Cálculo del caudal por SOLAS.

Tal y como se ha citado previamente, el SOLAS establece que el sistema contará con dos bombas contraincendios que funcionarán simultáneamente, y una tercera bomba de respeto. Estas bombas serán bombas centrífugas

El SOLAS también exige que el caudal sea como mínimo el siguiente:

$$Q_T = \frac{4}{3} \cdot Q_{sentinas}$$

Donde:

- $Q_T$  es el caudal de contraincendios
- $Q_{SENTINAS}$  es el valor del caudal de sentinas = 173 m<sup>3</sup>/h.



$$Q_T = \frac{4}{3} \cdot 173 = 231 \frac{m^3}{h}$$

Como se ha citado previamente, el SOLAS establece que no es necesario que el caudal de contraincendios supere los 180 m<sup>3</sup>/h para una presión en las bocas contraincendios de 0.27N/mm<sup>2</sup> (2.7 bar), sin embargo se considerará el caudal calculado:

$$Q_{CI} = 231 \frac{m^3}{h}$$

SOLAS también dice como calcular el caudal mínimo de cada bomba:

$$Q_{min} = 0,8 \cdot \frac{Q_T}{N}$$

Donde:

- $Q_T$  es el caudal de CI antes indicado
- $N$  es el número de bombas funcionando simultáneamente que son 2.

$$Q_{bomba} = \frac{Q_T}{2} = \frac{231}{2}$$

$$Q_{por\ bomba} = 115.5 \frac{m^3}{h}$$

Por último, también se ha de establecer el caudal mínimo que ha de tener la bomba de emergencia o de respeto, para que cumpla con lo establecido en el SOLAS. El caudal de la bomba de contraincendios de emergencia no ha de ser menor que el 40 % del caudal de contraincendios total.

$$Q_{CI\ emerg} = 0.4 \cdot Q_{CI} = 0.4 \cdot 231$$

$$Q_{CI\ emerg} = 92.4 \frac{m^3}{h}$$

#### 4.1.3 Selección de la bomba.

Para la selección de la bomba se considerará el caudal determinado en función de las exigencias del SOLAS, ya que es el más elevado y por tanto el más desfavorable de los dos calculados; así como la presión más desfavorable, correspondiente a la cubierta más elevada de la superestructura.

$$Q_{TOTAL\ MÍNIMO} = 231 \frac{m^3}{h}$$

$$Q_{MÍNIMO\ POR\ BOMBA} = 115.5 \frac{m^3}{h}$$

$$P_{MÍNIMA\ POR\ BOMBA} = 12\ bar$$

Teniendo en cuenta estos valores, las características de la bomba son:

Modelo	BDV-75
Capacidad (m <sup>3</sup> /h)	125
Presión (mcl)	140
RPM	950-1450
KW	18
Diámetro brida succión (mm)	160
Diámetro brida descarga (mm)	125
Longitud (mm)	1315
Ancho (mm)	1470
Altura (mm)	1800
Peso (kg)	1800

#### 4.1.4 Cálculo del colector de Cl.

Como se ha citado previamente, el SOLAS establece que el colector de contraincendios ha de poder proporcionar como mínimo un caudal de 140 m<sup>3</sup>/h; sin embargo, dado que el caudal de contraincendios calculado es de 231 m<sup>3</sup>/h y que las dos bombas principales seleccionadas para aportarlo generan un caudal total de 250 m<sup>3</sup>/h, será este último valor el empleado en los cálculos del diámetro del colector de contraincendios.

Por tanto la sección de este colector para una velocidad de 6 m/s es de:

$$Seccion = \frac{Q_{colector}}{6 \cdot 3600} = \frac{250}{6 \cdot 3600} = 0,0116 \text{ m}^2$$

Con esto, el diámetro mínimo será de:

$$Sección = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; 0.0116 = \frac{\pi \cdot d^2}{4};$$

$$d = 0.122 \text{ m} = 122 \text{ mm.}$$

El diámetro de tubería normalizado que más se aproxima, por exceso, al resultado es el **DN125**, con lo cual el diámetro del colector será de:

$$d = 125 \text{ mm} = 0.125 \text{ m} = 5''$$

#### 4.1.5 Cálculo del conducto de aspiración de la bomba.

Para las bombas de un servicio distinto al de carga, el diámetro del conducto de aspiración debe ser igual o superior a 80 mm, y ser suficiente como para que no se supere una velocidad del flujo de 1.5 m/s con la bomba funcionando a su capacidad de demanda máxima.

$$Q = \text{Sección} \cdot V$$

$$250 = \text{Sección} \cdot 1.5 \cdot 3600$$

$$\text{Sección} = 0.046 \text{ m}^2$$

$$\text{Sección} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$
$$0.046 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\text{Diámetro aspiración} = 0.242 \text{ m} = 242 \text{ mm} > 80 \text{ mm}.$$

$$\text{Diámetro aspiración normalizado} = \text{DN } 250 = 250 \text{ mm} = 10''.$$

#### 4.1.6 Pérdidas de carga en los puntos más desfavorables.

El punto más desfavorable para este caso es el puente de gobierno, ya que la bomba tiene que aspirar el agua hasta una altura considerable.

Para este cálculo voy a considerar que la tubería tiene 6 codos. Mi habilitación tiene 5 cubiertas por tanto habrá 5 T's, habiendo un total de 14 válvulas a lo largo de la tubería.

Con estos datos calculo las pérdidas de carga por metro lineal de tubería debidas a la fricción del conducto y sus accesorios.

	Número	Metros lineales	Metros totales
CODOS	6	3.65	21,9
T's	5	7.35	36,75
VÁLVULAS	14	0,95	13,3
TOTAL			72

$$L_{\text{tubería total}} = L_{\text{acces.}} + L_{\text{tube}} = 72 + 30,5 = 102,5 \text{ m}$$

Para realizar los cálculos de la pérdida de carga por metro lineal de tubería se empleará la fórmula de Hazen-Williams, que es la siguiente:

$$S = 6.05 \cdot 10^5 \cdot \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \cdot d^{4.87}} \cdot L$$

Donde:

- Q es el caudal en l/min = 250 m<sup>3</sup>/h = 4166,7 l/min.
- C es un coeficiente que varía según el tipo de material. En este caso es acero al carbono que vale 120.
- d es el diámetro del tubo = 125 mm

$$S = 6.05 \cdot 10^5 \cdot \frac{4166.7^{1.85}}{120^{1.85} \cdot 125^{4.87}} \cdot 124.5$$

$$S = 3.3 \text{ bar}$$

Estas pérdidas de carga se añadirán a la estimación inicial de la presión necesaria, para así poder determinar cuál es la presión nominal de la bomba:

$$P_{nominal} = P_{inicial} + \text{Pérdidas de carga} = 11,3 \text{ bar}$$

## 4.2 Sistema contraincendios de agua nebulizada.

Este sistema se instalará en la cámara de máquinas y en la cocina.

### 4.2.1 Cálculo del caudal.

El caudal debe ser:

$$Q_{agua\ nebulizada} = \frac{60}{1000} \cdot R \cdot A$$

Donde:

- R es la capacidad específica que es 5 l/min·m<sup>2</sup>
- A es área de mayor compartimentado que en este caso es la cámara de máquinas = 600 m<sup>2</sup>.

$$Q_{agua\ nebulizada} = \frac{60}{1000} \cdot 5 \cdot 600 = 180 \frac{m^3}{h}$$

Este sistema serán un total de 3 bombas, que son 2 principales y 1 de emergencia. Sus características son las siguientes:

Modelo	HI – FOG EPU
Cantidad	3
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	41
Presión (bar)	110
Diámetro aspiración (mm)	100
Peso (kg)	900
kW	22.3
Longitud (mm)	500
Anchura (mm)	1400
Altura (mm)	1400

### 4.3 Sistema de contraincendios a base de espuma.

Este sistema se utilizará en toda la zona de carga del buque.

#### 4.3.1 Cálculo del caudal.

$$Q_{CI\ espuma} = \frac{60 \cdot V}{T} \cdot \frac{100 - Ex}{100}$$

Donde:

- V es el volumen que ha de cubrir la espuma de alta expansión para un espesor de 1 m.

$$V = (L_{tq\ slop} + L_{tq\ carga}) \cdot B \cdot Esp. = (2 \cdot 4 + 6 \cdot 34) \cdot 20,15 \cdot 1 = 4272\ m^3$$

- T es el tiempo que tarda la espuma en cubrir el volumen que en este caso será de 1 minuto.
- $\frac{100-Ex}{100}$  es la relación de expansión, y dado que se toma la relación de expansión máxima (1000:1), Ex=99,9.

$$Q_{CI\ espuma} = \frac{60 \cdot 4272}{1} \cdot \frac{100 - 99,9}{100} = 246\ \frac{m^3}{h}$$

El volumen del tanque de espuma será de :

$$V_{tanque\ espuma} = 5 \cdot V \cdot \frac{Ex}{100} = 5 \cdot 4272 \cdot \frac{0,1}{100} = 21,36\ m^3$$

$$P_{bomba} = 246 \cdot 1 \cdot 9,8 \cdot 21,36 = 82\ kW$$

El sistema contará con un total de 5 cañones contraincendios situados a proa de todos los tanques de carga.

Dado que el caudal total de las bombas contraincendios de Cámara de Máquinas es de 250 m<sup>3</sup>/h, es capaz de cubrir el caudal mínimo de 246 m<sup>3</sup>/h exigido para el sistema de espuma.

#### *4.3.2 Extintores portátiles.*

Siguiendo la normativa del SOLAS, se evitarán los extintores a base de anhídrido carbónico, y se proveerá al buque de extintores de polvo polivalente tanto en habitación como en los espacios de trabajo y carga, con la excepción de espacios en los que haya equipos caros o de gran importancia (como el puente, el local de control de carga, etc) en los cuales se instalarán extintores de CO<sub>2</sub> para evitar dañarlos. Y por supuesto, se superará el número mínimo de 5 extintores portátiles exigidos por el SOLAS.

## 5 SERVICIO DE LASTRE.

Tal y como indica el “**MARPOL 73/78/90**”, el buque del presente proyecto contará con tanques de lastre segregados por tener un peso muerto superior a las 30000 toneladas. Concretamente lo indica en el “**ANEXO 1: REGLAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS. – CAPÍTULO 4: PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS ZONAS DE CARGA DE PETROLEROS. – PARTE A: CONSTRUCCIÓN.**”

- “**REGLA 18: TANQUES DE LASTRE SEPARADO.**”

**“1.- Todo petrolero para crudos, de peso muerto igual o superior a 20000 toneladas, y todo petrolero para productos petrolíferos de peso muerto igual o superior a 30000 toneladas, entregados después del 1 de junio de 1982, tal como se definen éstos en la regla 1.28.4, irán provistos de tanques de lastre separado y cumplirán lo dispuesto en los párrafos 2, 3 y 4 o en el párrafo 5 de la presente regla, según corresponda.”**

Los tanques de lastre segregado con los que contará el buque del presente proyecto son los siguientes:

- Tanque de lastre segregado del pique de proa.
- Tanque de lastre segregado del pique de popa.
- Tanques de lastre segregado del doble fondo y doble casco que envuelven la zona de carga y los tanques de slops.
- 2 tanques de lastre segregado del doble casco que envuelven la cámara de máquinas.

El volumen de los tanques de lastre es el siguiente:

	masa total (T)	Volumen total (m3)
Lastre Pique Proa	5632,273	5494,901
Lastre1C BR	1535,509	1498,057
Lastre1C ER	1535,509	1498,057
Lastre1F BR	1733,502	1691,222
Lastre1F ER	1733,502	1691,222
Lastre2C BR	1751,264	1708,55
Lastre2C ER	1751,264	1708,55
Lastre2F BR	1835,676	1790,903
Lastre2F ER	1835,676	1790,903
Lastre3C BR	1740,27	1697,825
Lastre3C ER	1740,27	1697,825
Lastre3F BR	1829,624	1784,999
Lastre3F ER	1829,624	1784,999
Lastre4C BR	1758,299	1715,414
Lastre4C ER	1758,299	1715,414

Lastre4F BR	1837,105	1792,297
Lastre4F ER	1837,105	1792,297
Lastre5C BR	1757,36	1714,497
Lastre5C ER	1757,36	1714,497
Lastre5F BR	1813,338	1769,11
Lastre5F ER	1813,338	1769,11
Lastre6C BR	1730,714	1688,501
Lastre6C ER	1730,714	1688,501
Lastre6F BR	1559,047	1521,021
Lastre6F ER	1559,047	1521,021
Lastre7C BR	452,905	441,859
Lastre7C ER	452,905	441,859
Lastre 8 BR	577,069	577,069
Lastre 8 ER	577,069	577,069
Lastre9 BR	179,907	175,519
Lastre9 ER	179,907	175,519
Lastre10 BR	121,153	118,198
Lastre10 ER	121,153	118,198
<b>total</b>	<b>50057,754</b>	<b>48864,983</b>

El servicio de lastre llevará 2 bombas centrífugas de 3 bar de presión y su caudal será de:

$$Q_{lastre} = \frac{V}{T} \cdot \frac{1}{N}$$

Donde:

- V es el volumen de los tanques de lastre = 48865 m<sup>3</sup>
- T es el tiempo de deslastre que son 12 horas.
- N es número de bombas que trabajan simultáneamente (1 al 100%).

$$Q_{lastre} = \frac{48865}{12} \cdot \frac{1}{1} = 4072 \frac{m^3}{h}$$



## 6 SERVICIO DE AGUA DULCE.

El agua dulce es el agua destinada para el consumo humano (potable) y también con fines técnicos como refrigeración de motores, alimentación de las calderas, etc. Y por supuesto para necesidades higiénicas y sanitarias (duchas, aseos, cocina, lavandería...).

Para su cálculo se seguirán las normas UNE EN ISO 15748-1 y 15748-2.

**“El agua pura potable debe estar siempre disponible en cantidad suficiente en el buque. El sistema de suministro se debe dimensionar y diseñar en consecuencia.**

**Dependiendo de las necesidades, se debe disponer de tanques de almacenamiento de agua potable de tamaño suficiente y/o plantas para la conversión de agua de mar en agua potable.**

**Un sistema de suministro de agua potable incluye todas las instalaciones, tuberías, aparatos que sirvan para transferir, almacenar, tratar, transportar o dispensar el agua potable. También se incluyen en esta definición las instalaciones que sirven para producir agua potable, como por ejemplo los sistemas de destilación del agua de mar.”**

### 6.1 Consumo.

El consumo de agua potable depende del tipo de buque, de la duración del viaje, número de dispensadores de agua potable y puntos de suministro durante la navegación.

Para los cálculos preliminares de las necesidades diarias de agua potable se emplea la Tabla A.1 de la norma UNE EN ISO 15728-2.

La determinación del consumo de agua potable con respecto a los puntos de distribución proyectados/existentes se deberán basar en los valores guía de la Tabla A.2 para buques de carga.

### 6.2 Cálculo.

#### 6.2.1 Agua potable consumida.

Para el cálculo de la cantidad de agua consumida se empleará, como aproximación, el valor obtenido a partir de la Tabla A.1:

$$\text{Cantidad de agua} = \text{Tripulantes} \cdot \text{Días navegación} \cdot \frac{\text{Consumo agua}}{\text{tripulante} \cdot \text{día}}$$

Donde:

- Número de tripulantes más personal de Canal de Suez, armador y visitas = 36

- Número de días de navegación = 42 días (autonomía).
- Consumo de agua por tripulante y día para un buque de carga es de 175 litros

$$\text{Consumo de agua} = 36 \cdot 42 \cdot 175 = 264600 \text{ litros} \sim 265 \text{ ton.}$$

Se añadirá un 10% de margen:

$$\text{Consumo de agua} = 265 \cdot 1,10 = 291 \text{ ton}$$

$$\text{Consumo diario} = 12 \text{ ton}$$

### 6.2.2 Bombas y caudal de agua sanitaria fría.

Llevará una bomba de circulación centrífuga y 2 de suministro. El caudal mínimo de agua fría que ha de poder bombear cada bomba se calcula del siguiente modo:

$$Q_{\text{AGUA FRÍA SANITARIA}} = \frac{N \cdot C \cdot 3600 \cdot 10^{-3}}{B}$$

Donde:

- N es el número de posibles tripulantes a bordo = 36
- C es el pico de consumo de agua dulce que es 0,1 l/seg-persona
- B es el número de bombas funcionando = 2.

$$Q_{\text{AGUA FRÍA SANITARIA}} = \frac{36 \cdot 0,1 \cdot 3600 \cdot 10^{-3}}{2} = 6,48 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Estas bombas son bombas centrífugas.

#### 1.1.1. Tanque hidróforo de agua sanitaria fría.

Este tanque se encarga de suministrar agua a presión al circuito, evitando el continuo arranque y parada de las bombas de suministro

En mi buque se instalará un tanque que trabaja entre 4,5 y 6,5 bar.

El volumen de tanque se calcula de la siguiente forma:

$$V = \frac{1000}{60} \cdot t \cdot \frac{P_1}{P_1 - P_2} \cdot \left(1 + \frac{V_r}{100}\right)$$

Donde:

- $V_r$  es el volumen de decantación = 15%
- T es el tiempo de llenado del tanque = 3 min.

- $P_1$  es la presión de parada de la bomba = 5 bar.
- La diferencia entre  $P_1$  y  $P_2$  es de 1,3 bar.

$$V = \frac{1000}{60} \cdot 3 \cdot \frac{5}{1,3} \cdot \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 221 \text{ m}^3$$

Este tanque lleva los siguientes sistemas de control, mantenimiento y seguridad:

- Válvula de seguridad
- Nivel de agua
- Grifo de purga
- Conmutador de control de presión
- Manómetro de presión
- Accesos para registro y limpieza.

### 6.2.3 Bombas y caudal de agua caliente.

Llevará una bomba de circulación centrífuga y 2 de suministro.

Esta parte consta de un calentador cuyo volumen se calcula como:

$$V = \frac{C \cdot N \cdot (T_i - T_e)}{24 \cdot (T_i - T_m)}$$

Donde:

- N es número de posibles tripulantes = 36
- C es el pico de consumo de agua que es de 6 l/seg.persona
- $T_i$  es la temperatura inicial del agua = 60°C
- $T_e$  es la  $T^a$  de entrada en el calentador = 10°C
- $T_m$  es la  $T^a$  de la mezcla = 40°C

$$V = \frac{6 \cdot 36 \cdot (60 - 10)}{24 \cdot (60 - 40)} = 22,5 \text{ litros}$$

La potencia calorífica del calentador es de:

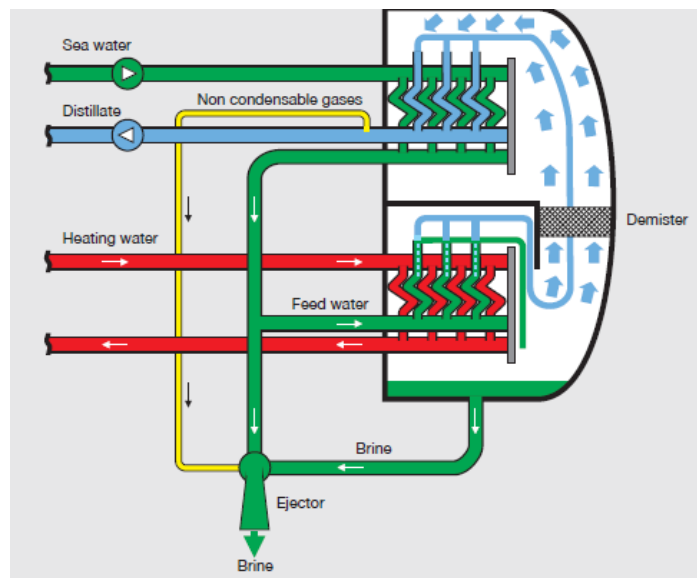
$$Q = \frac{C \cdot C_e \cdot (T_m - T_e)}{860} = \frac{6 \cdot 1 \cdot (40 - 10)}{860} = 7,53 \text{ kW}$$

### 6.2.4 Generador de agua dulce.

Teniendo en cuenta las características de los equipos ya seleccionados, se ha optado por instalar un generador de agua dulce Wärtsilä Single Stage Desalination.

Este generador sigue un proceso de destilación por vacío para eliminar la sal y otras impurezas del agua de mar, para así convertirla en agua consumible de alta calidad.

El proceso de destilación por vacío que emplea el sistema permite utilizar una baja temperatura para el calentamiento, además de aprovechar un 50% del calor disipado en la refrigeración del motor principal en el proceso de evaporación del agua de mar.



El generador que he elegido tiene una capacidad de generar 25 toneladas al día, por tanto la potencia eléctrica será de:

$$P(KW) = \frac{\text{ton/día}}{0.03 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \cdot KW}$$
$$P(KW) = \frac{25}{0.03} = 833 KW$$

## 7 SERVICIO DE AGUAS GRISES Y NEGRAS.

Las cantidades mínimas de aguas de deshecho se obtienen a partir de la Tabla 2 de la norma UNE EN ISO 15749-1.

Tipo de buque	Cantidad mínima de agua de desecho por persona y día en litros			
	Planta sin vacío		Planta con vacío	
	Aguas negras	Aguas negras y grises	Aguas negras	Aguas negras y grises
Buques de pasaje	70	230	25	185
Buques de alta mar exceptuando los de pasaje	70	180	25	135
Los buques costeros pueden conservar los valores recomendados por las autoridades responsables.				
NOTA - Estos valores son los recomendados. Hay que considerar las posibles variaciones debidas a los reglamentos nacionales o a las recomendaciones de las sociedades de clasificación.				

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

$$\text{Aguas negras} = \text{Tripulantes} \cdot \text{Días navegación} \cdot \frac{\text{Consumo aguas negras}}{\text{tripulante} \cdot \text{día}}$$

$$\text{Aguas negras} = 36 \cdot 42 \cdot 25 = 37800 \text{ l}$$

Según MARPOL Anexo IV se prohíbe la descarga al mar de estas aguas salvo:

- A más de 3 millas de tierra tras desmenuzar y desinfectarlas.
- A más de 12 millas si no se han desmenuzado ni desinfectado.
- Que se utilice una instalación de tratamiento.

$$\text{Aguas negrasgrises} = \text{Trip} \cdot \text{Días navegación} \cdot \frac{\text{Consumo aguas grises negras}}{\text{tripulante} \cdot \text{día}}$$

$$\text{Aguas negrasgrises} = 36 \cdot 42 \cdot 135 = 204120 \text{ l}$$

## 8 VENTILACIÓN.

La ventilación de los diferentes espacios del buque se verá regulada por la normativa establecida en el SOLAS, concretamente en su **“Capítulo II-2: Construcción – Prevención, detección y extinción de incendios. – Parte G: Prescripciones especiales. – Regla 20: Protección de los espacios para vehículos, espacios de categoría especial y espacios de carga rodada.”**

**“3.- Sistemas de ventilación.”**

**“3.1.1.- Capacidad de los sistemas de ventilación.”**

**“Se instalará un sistema eficaz de ventilación mecánica, suficiente para dar al menos las siguientes renovaciones de hora.”**

**“1.- Buques de pasaje:**

**- Espacios de categoría especial: 10 renovaciones de aire por hora.”**

[...]

**“2.- Buques de carga: 6 renovaciones de aire por hora.”**

### 8.1 Ventilación de locales.

El sistema de aire acondicionado y ventilación de los alojamientos han de cumplir las condiciones de diseño y bases de cálculo establecidas en la **Norma UNE-EN ISO 7547** del 2002, las cuales se citan a continuación:

**“6.- CÁLCULO DEL FLUJO DE AIRE.”**

**“6.1.- Volumen de los espacios.”**

**“Al calcular en volumen bruto de las cabinas y otros espacios no se debe deducir el volumen de los muebles, armarios, equipos fijos, etc.”**

**“6.2.- Flujo de aire a suministrar.”**

- **6.2.1.- Suministro de aire para el aire acondicionado.”**

**“El aire suministrado para cada espacio a acondicionar se debe calcular utilizando aquel criterio que nos dé el valor más alto. [...]”**

**“Suministro de aire del exterior no inferior a 0,008 m<sup>3</sup>/s por persona para el espacio para el que ha sido diseñado.”**

**“El suministro de aire a las cabinas con instalaciones sanitarias privadas (baño, ducha o retrete) debe ser como mínimo un 10% superior a la cantidad de aire extraída de las instalaciones sanitarias.”**

**“6.4.- Flujo de aire de extracción.”**

- **“6.4.1.- Volumen del flujo de aire.”**

**“El flujo del aire de extracción en salones, comedores de tripulación y pasaje y espacios comunes de día debe ser el mismo que el flujo del aire a suministrar.”**

**“El flujo del aire de extracción en los hospitales y gambuzas deber ser como mínimo un 20% superior al flujo del aire a suministrar.”**

**“El flujo del aire de extracción en los espacios sanitarios privados (baños, duchas o retretes) debe ser, bien de 0,02 m<sup>3</sup> o bien el correspondiente a un mínimo de 10 renovaciones de aire por hora, cualquiera que sea el mayor.”**

**“El flujo del aire de extracción en los espacios sanitarios comunes (baños, duchas, urinarios o retretes), lavanderías y salas de secado y planchado de ropa debe ser el necesario para efectuar un mínimo de 15 renovaciones de aire por hora, y en los vestuarios, lavabos y cuartos de almacenamiento de artículos de limpieza el necesario para efectuar 10 renovaciones de aire por hora.”**

**“Se debe prestar una atención particular a los aseos comunes de los buques de pasaje, incluyendo ferries. El flujo del aire de extracción debe ser, bien de 0,3 m<sup>3</sup>/s o bien el correspondiente a un mínimo de 15 renovaciones de aire por hora, cualquiera que sea el mayor.”**

Se va a instalar un ventilador axial por local, cuya presión será la presión estática más la dinámica:

$$P_T = P_E + P_D$$

Donde:

- $P_T$  es la presión total, entre 40 y 75 mm.ca = 75 mm.ca
- $P_E$  es la presión estática, de 0,85 a 1 mm.c.a/m de conducto = 40 mm.c.a
- $P_D$  es la presión dinámica para una velocidad de 20 a 25 m/s = 35 mm.c.a.

### 8.1.1 Ventilación de cámara de máquinas.

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

$$Q = R \cdot V$$

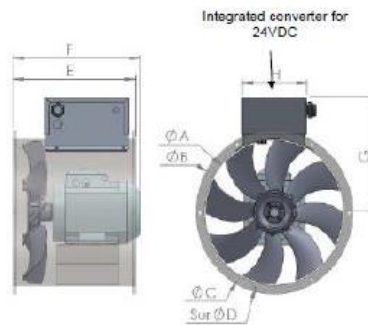
Donde:

- $V$  es el volumen de la cámara de máquinas = 27000 m<sup>3</sup>.
- $R$  son las renovaciones por hora, que en locales con equipos instalados son de 10 a 15 renovaciones/h = 12 renovaciones/h.

El caudal necesario para la ventilación de la cámara de máquinas será:

$$Q = 12 \cdot 27000 = 325080 \frac{m^3}{h}$$

Es un caudal considerable a desplazar por lo que en cámara de máquinas se instalarán 8 ventiladores axiales del tipo:



## 8.2 Ventilación de espacios de carga.

Para el cálculo de la ventilación se emplea el método de renovaciones hora, y se calculará para los tanques de carga donde va el crudo y los tanques slops.

$$Q = R \cdot V$$

Donde:

- R son las renovaciones hora que en buques de carga son 6.
- V es el volumen del espacio de carga.

### 1.1.2. Ventilación slops.

El volumen de un tanque es de  $1733 \text{ m}^3$ , luego en caudal será de:

$$Q = 6 \cdot 1733 = 10398 \text{ m}^3/h$$

Se instalarán dos ventiladores de tipo axial por tanque, como son 2 tanques slops se instalan 4 ventiladores.

### 8.2.1 Ventilación tanques de carga.

El volumen de un tanque de carga es de  $14730 \text{ m}^3$ , entonces el caudal es de:

$$Q = 6 \cdot 14730 = 88380 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Igual que antes, serán dos ventiladores axiales por tanque, son 6 tanques luego se instalarán 12 ventiladores.



## 9 SERVICIO DE CALEFACCIÓN.

De acuerdo con la especificación del buque, habrá diversas situaciones de calefacción:

- Calefacción en tanques de carga, con el fin de disminuir la densidad del crudo.
- Calefacción del agua bombeada por la bomba de contraincendios para el lavado de tanques.
- El calefactado de los tanques de slop para mantener la temperatura del agua de lavado caliente introducida en ellos, y para forzar la decantación de las lavazas.
- Mantenimiento de la temperatura en los tanques de almacén, de sedimentación y de uso diario de HFO en cámara de máquinas.
- Actividad de demás equipos calentadores.

### 9.1 Calefacción de los tanques de carga.

Este buque se encarga de transportar crudo, el cual tiene una densidad bastante alta. Es por esto que es conveniente mantener la carga de crudo caliente para que su manipulación sea más sencilla, ya que al tener menos densidad se necesitará menos potencia para su descarga en puerto.

Que estos tanques se mantengan calientes es trabajo de las calderas del buque, que se llevarán 2 como ya se especificó en el Cuaderno 4. La carga se debe mantener a unos 65 °C. A continuación se va a calcular la potencia calorífica necesaria para elevar la temperatura, la cual es la suma de la potencia de elevación de la temperatura y la potencia necesaria para mantener dicha temperatura.

$$P_{\text{elevación } T^a} = \frac{V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})}{3600 \cdot T}$$

Donde:

- V es el volumen del tanque de carga = 14730 m<sup>3</sup>.
- ρ es la densidad del crudo = 0,86 kg/m<sup>3</sup>.
- C<sub>p</sub> es el calor específico del crudo = 0,45 kJ/kg·°C
- T inicial = 44 °C
- T final = 65 °C
- T es el tiempo de calentamiento = 96 h

$$P_{\text{elevación } T^a} = \frac{14730 \cdot 0,86 \cdot 0,45 \cdot (65 - 44)}{3600 \cdot 96} = 860 \text{ kW}$$

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = K_V \cdot A \cdot (T_{\text{media}} - T_{\text{ext}}) =$$

Donde:

- $K_V$  es el coeficiente de transmisión de calor del tanque o espacio.
  - $K_V \text{ costado-mar} = 0,02 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
  - $K_V \text{ costado-atm} = 0,00465 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
  - $K_V \text{ esp.interno} = 0,00465 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
  - $K_V \text{ tanque vacío} = 0,00465 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
  - $K_V \text{ atm.} = 0,0054 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
  - $K_V \text{ fondo-mar} = 0,0028 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$
- A es el área del mamparo del tanque = 211 m<sup>2</sup>
- T media es la temperatura ala que se desea mantener el tanque = 65 °C
- T ext es la temperatura externa:
  - $T_{\text{ext-CM}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
  - $T_{\text{ext-mar/lastre}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$
  - $T_{\text{ext o tank vacío}} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = 0,00465 \cdot 211 \cdot (65 - 2) = 61,8 \text{ kW}$$

La potencia calorífica teniendo en cuenta que son 6 tanques de carga será de:

$$\triangleright P_{\text{calorífica}} = (P_{\text{elevación } T^a} + P_{\text{mantenimiento } T^a}) \cdot 6 = (860 + 61,8) \cdot 6 = 2450 \text{ kW}$$

## 9.2 Calefacción para el lavado de tanques con agua caliente.

El cálculo que se llevará a cabo permitirá obtener la potencia calorífica en KW necesaria para calentar hasta 80 °C un volumen de 125 m<sup>3</sup> de agua salada, en 1 hora. Será este el volumen considerado, ya que es el valor que se corresponde con la capacidad de la bomba de contraincendios que se empleará para suministrar el agua de lavado al Slop de babor (tal y como se puede observar en el apartado 6). El proceso seguido es el siguiente:

$$Pot. calorífica = \frac{V \cdot \rho \cdot C_P \cdot (T_{final} - T_{inicial})}{3600 \cdot T}$$

Dónde:

- V es el volumen de agua calentada.  $V = 125 \text{ m}^3$ .
- $\rho$  es el peso específico del agua salada.  $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$
- CP es el calor específico del agua salada.  $CP = 3.93 \text{ KJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
- Tfinal es la temperatura hasta la que se calentará el agua para realizar el lavado de los tanques.  $T_{final} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$
- Tinicial es la temperatura inicial del agua.  $T_{inicial} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- T es el tiempo en el cual se logrará que dicho volumen de agua alcance la temperatura propuesta. Y dado que ese volumen es desplazado por la bomba en 1 hora, ese será el tiempo considerado.  $T = 1 \text{ h}$ .

$$Pot. calorífica = \frac{125 \cdot 1025 \cdot 3.93 \cdot (80 - 5)}{3600 \cdot 1}$$

$$Pot. calorífica = 10490 \text{ KW} = 10.5 \text{ MW}$$

### 9.3 Calefacción de los tanques slop.

Como se ha explicado en el apartado correspondiente al lavado de tanques, la disposición de serpentines de calefacción en el fondo de los tanques de slop tiene como objetivo el forzar la decantación de los residuos oleosos de las aguas resultantes del lavado, en caso de que no se haya producido ya, gracias a la elevada temperatura del agua caliente empleada para el mismo.

Esta decantación permitirá la obtención de agua limpia (con un contenido en partículas oleosas inferior a 15 ppm) que se podrá verter al mar o emplearse para posteriores lavados de los tanques de carga.

Se considera que tanto la bomba de contraincendios como su calentador ya no están en funcionamiento, ya que se habría alcanzado el volumen de agua requerido.

El cálculo para la obtención de la potencia calorífica necesaria mantener la temperatura de las aguas con lavazas alojada en los slops (durante el lavado de tanques) en 80 °C es el siguiente:

$$Potencia calorífica = Pot. elevación + Pot. mantenimiento$$

El cálculo para la potencia calorífica necesaria para la elevación de la temperatura es el mismo que el realizado en el apartado 9.1.

$$P_{\text{elevación } T^a} = \frac{V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})}{3600 \cdot T}$$

Donde:

- $V$  es el volumen del tanque slop =  $1733 \text{ m}^3$ .
- $\rho$  es el peso específico del agua salada =  $1025 \text{ kg/m}^3$ .
- $C_p$  es el calor específico del crudo =  $3,93 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$
- $T_{\text{inicial}}$  es la temperatura inicial del agua. Se considera que el agua ya llega a una temperatura elevada, ya que es el agua resultante del lavado de tanques con agua caliente con lo que, a pesar de los intercambios de calor que sufre, se estima que la temperatura de la misma es de  $T_{\text{inicial}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{\text{final}}$  es la temperatura hasta la que se calentará el agua para realizar el lavado de los tanques.  $T_{\text{final}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T$  es el tiempo en el cual se logrará que dicho volumen de agua alcance la temperatura propuesta. Dado que la duración del lavado de los tanques alcanza las 4 horas y media, se estima que el calefactado de los slops puede tomar lo mismo.  $T = 4.5 \text{ h}$ .

$$P_{\text{elevación } T^a} = \frac{1733 \cdot 1025 \cdot 3,93 \cdot (80 - 40)}{3600 \cdot 4,5} = 17237 \text{ kW}$$

Además de la potencia calorífica necesaria para elevar la temperatura del agua de los tanques de slop, también hay que considerar la necesaria para compensar las pérdidas debidas a los intercambios de calor del agua de los slops con los espacios circundantes. El cálculo es el siguiente:

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = K_v \cdot A \cdot (T_{\text{media}} - T_{\text{ext}}) =$$

Donde:

- $K_v$  es el coeficiente de transmisión de calor del tanque o espacio.

- $K_V \text{ costado-mar} = 0.02 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$
- $K_V \text{ costado-atm} = 0.00465 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$
- $K_V \text{ esp.interno} = 0.00465 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$
- $K_V \text{ tanque vacío} = 0.00465 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$
- $K_V \text{ atm.} = 0.0054 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$
- $K_V \text{ fondo-mar} = 0.0028 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}}$

- A es el área del mamparo del tanque = 41 m<sup>2</sup>
- T media es la temperatura ala que se desea mantener el tanque = 80 °C
- T ext es la temperatura externa:

- $T_{\text{ext-CM}} = 30 \text{ °C}$
- $T_{\text{ext-mar/lastre}} = 5 \text{ °C}$
- $T_{\text{ext o tank vacío}} = 2 \text{ °C}$

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = 0,00465 \cdot 41 \cdot (80 - 2) = 14,8 \text{ kW}$$

La potencia calorífica total necesaria para esta condición de calefacción, teniendo en cuenta que hay dos tanques de slop, es la siguiente:

$$P_{\text{calorífica}} = (P_{\text{elevación } T^a} + P_{\text{mantenimiento } T^a}) \cdot 2 = 34504 \text{ kW}$$

#### 9.4 Mantenimiento de las temperaturas de los tanques de combustible en cámara de máquinas.

El motor principal de este buque funciona con HFO y este combustible que se almacena en la cámara de máquinas se encuentre a una temperatura elevada para disminuir su viscosidad y así facilitar su bombeo e inyección a los cilindros del motor.

Dado que cuando al buque se le proporciona el combustible éste ya se encuentra calefactado a la temperatura adecuada, en el siguiente cálculo solamente se considerarán las pérdidas ocasionadas por los intercambios de calor, ya que el objetivo es mantener la temperatura con la que es bombeado el combustible a bordo, no elevarla.

El cálculo a realizar es el mismo que en el cálculo de las pérdidas en el apartado anterior:

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = K_V \cdot A \cdot (T_{\text{media}} - T_{\text{ext}}) =$$

Donde:

- $K_V$  es el coeficiente de transmisión de calor del tanque o espacio:

- $K_V \text{ costado-mar} = 0.02 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $K_V \text{ costado-atm} = 0.00465 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $K_V \text{ esp.interno} = 0.00465 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $K_V \text{ tanque vacío} = 0.00465 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $K_V \text{ atm.} = 0.0054 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- $K_V \text{ fondo-mar} = 0.0028 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$

- A es el área del mamparo del tanque
- T media es la temperatura ala que se desea mantener el tanque:
  - $T_{\text{media T.ALMACÉN}} = 48 \text{ }^\circ C$
  - $T_{\text{media T.SEDIM}} = 75 \text{ }^\circ C$
  - $T_{\text{media T.USO DIARIO}} = T_{\text{inyección}} - 45 = 150 - 45 = 105 \text{ }^\circ C$
- T ext es la temperatura externa:
  - $T_{\text{ext-CM}} = 30 \text{ }^\circ C$
  - $T_{\text{ext-mar/lastre}} = 5 \text{ }^\circ C$
  - $T_{\text{ext o tank vacío}} = 2 \text{ }^\circ C$

➤ Tanques HFO almacén.

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = 0,00465 \cdot 87,71 \cdot (48 - 2) = 18,7 \text{ kW} \cdot 4 \text{ tanques} = 75,05 \text{ kW}$$

➤ Tanques HFO uso diario.

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = 0,00465 \cdot 15,75 \cdot (105 - 2) = 7,54 \text{ kW} \cdot 2 \text{ tanques} = 15,1 \text{ kW}$$

➤ Tanque sedimentación.

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = 0,00465 \cdot 35 \cdot (75 - 2) = 11,88 \text{ kW}$$

La potencia calorífica necesaria para calentar el combustible es de:

$$P_{\text{calorífica}} = 75,05 + 15,1 + 11,88 = 105 \text{ kW}$$

## 9.5 Calefacción de tanques de aceite en cámara de máquinas.

En este caso se considerará tanto la potencia calorífica necesaria para elevar la temperatura del aceite como para mantener la temperatura, empleando las mismas fórmulas que en los apartados anteriores:

$$P_{\text{elevación } T^a} = \frac{V \cdot \rho \cdot C_P \cdot (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}})}{3600 \cdot T}$$

	Volume n	P(kg/m <sup>3</sup> )	Cp	Tfinal	Tinicial	T (h)	kW
Aceite retorno carter	30,8	920	1,9	60	30	5	89,7
Aceite motor (x2)	23,25	920	1,9	35	30	4	28,2
Aceite Cilindros (x2)	12,7	920	1,9	35	30	4	15,4
Auxiliar (x3)	0,161	920	1,9	60	30	4	1,75
<b>TOTAL</b>							<b>132,2</b>

$$P_{\text{mantenimiento } T^a} = K_V \cdot A \cdot (T_{\text{media}} - T_{\text{ext}})$$

	Kv	A (m <sup>2</sup> )	Tfinal	Tinicial	kW
Aceite retorno carter	0,00465	25,5	60	30	3,56
Aceite motor (x2)	0,00465	15,75	35	30	0,73
Aceite Cilindros (x2)	0,00465	9,8	35	30	0,45
Auxiliar (x3)	0,00465	2,8	60	30	1,17
<b>TOTAL</b>					<b>6 kW</b>

$$P_{\text{calorífica}} = 132,2 + 6 = \mathbf{141 \text{ kW}}$$

## 10 SERVICIO DE CARGA Y DESCARGA.

Es el sistema que constituye el servicio básico de un buque petrolero el cual permite la carga, transporte, descarga, trasiego, agotamiento y drenaje del crudo. Así mismo, deberá estar dotado de:

- Un sistema de monitorización de los parámetros (llenado de los tanques, temperatura de la carga, presión en tanques y tuberías de descarga, etc), calados del buque a proa, popa y centro babor y estribor, escora, alarma de alto nivel en tanques.
- Un sistema de accionamiento y control de los equipos de bombeo y válvulas de sistema de carga/descarga.

El volumen de los tanques de carga es el siguiente:

	% llenado	Volumen (m3)
Carga1 BR	98%	13513,888
Carga1 ER	98%	13513,888
Carga2 BR	98%	13515,141
Carga2 ER	98%	13515,141
Carga3 BR	98%	13515,141
Carga3 ER	98%	13515,141
Carga4 BR	98%	13515,141
Carga4 ER	98%	13515,141
Carga5 BR	98%	13515,141
Carga5 ER	98%	13515,141
Carga6 BR	98%	13502,494
Carga6 ER	98%	13502,494
SLOP BR	98%	1568,068
SLOP ER	98%	1568,068
<b>total</b>	<b>98%</b>	<b>165290,03</b>

### 10.1 Bombas de carga.

Para cumplir con la RPA del buque, el servicio de carga estará constituido por 14 bombas sumergidas (también denominadas bombas de pozo profundo), es decir, una por tanque. Se trata de bombas centrífugas verticales de una sola etapa, accionadas por un motor hidráulico y su material es de acero inoxidable.

Consultando diversas pólizas de fletamento time charter de buques petroleros destinados al transporte de productos refinados, se ha llegado a la conclusión de que el tiempo de plancha más habitual es de 24 h más un extra de 3 horas para el



agotamiento y drenaje de tanques, con lo cual se pretende obtener un tiempo de descarga inferior a ese, aproximadamente de 18 horas

Con lo que para cálculo del caudal de estas bombas tendré en cuenta el total de carga que el buque va a descargar en esas 18 horas:

$$Q_{bomba\ pozo\ profundo} = \frac{Volumen_{carga} (m^3)}{tiempo\ descarga\ (h)} = \frac{165290}{18} = 9183\ m^3/h$$

$$Q_{bomba\ pozo\ profundo} = \frac{9183\ \frac{m^3}{h}}{14\ bombas} = 656\ \frac{m^3}{h}$$

Cada bomba tendrá un caudal de 656 m<sup>3</sup>/h y para determinar la potencia de la bomba necesaria se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_{bomba\ pozo\ profundo} = \frac{Q \cdot H_{mcl} \cdot \rho}{3,67 \cdot \eta}$$

Donde:

- Q es el caudal de la bomba antes calculado.
- H<sub>mcl</sub> es la presión del tanque en metros de columna de agua:

$$H_{mcl} = \rho_{crudo} \cdot altura\ del\ tanque = 0,86 \cdot 21,5 = 18,5mcl$$

- H es el rendimiento de la bomba que será del 80%.

$$P_{bomba\ pozo\ profundo} = \frac{656 \cdot 18,5 \cdot 0,86}{0,78 \cdot 80} = \mathbf{168\ kW}$$

Para estas bombas se estima una pérdida de carga de 3 bar.

## 10.2 Tiempo de descarga.

Para la descarga se utilizarán un máximo de 8 bombas funcionando simultáneamente, por lo que no se pueden descargar todos los tanques a la vez. El sistema de selección de tanques a descargar a la vez se ha hecho siguiendo un orden alterno para evitar que el buque empiece a trimar y a escorar lo que conllevaría problemas técnicos.

En la siguiente tabla se ve un esquema de cómo se descargan los tanques en dos turnos distintos:

	<b>TURNO 1</b>			<b>TURNO 2</b>	
Tanque	Volumen (m3)	Capacidad bomba	Tanque	Volumen (m3)	Capacidad bomba
<b>CARGA 1 BR</b>	13513,888	656	<b>CARGA 2 BR</b>	13515,141	656
<b>CARGA 1 ER</b>	13513,888	656	<b>CARGA 2 ER</b>	13515,141	656
<b>CARGA 3 BR</b>	13515,141	656	<b>CARGA 4 BR</b>	13515,141	656
<b>CARGA 3 ER</b>	13515,141	656	<b>CARGA 4 ER</b>	13515,141	656
<b>CARGA 5 BR</b>	13515,141	656	<b>CARGA 6 BR</b>	13502,494	656
<b>CARGA 5 ER</b>	13515,141	656	<b>CARGA 6 ER</b>	13502,494	656
			<b>SLOP BR</b>	1568,068	656
			<b>SLOP ER</b>	1568,068	656
<b>total</b>	81088,34	3936	<b>total</b>	84201,688	5248
<b>tiempo descarga (h)</b>		10,3	<b>Tiempo final</b>	<b>18,3</b>	8,02

Tras realizar los cálculos sale un valor de tiempo de descarga de 18,3 horas que es muy aproximado al valor inicial que había estimado (18 horas).

### 10.3 Bomba de carga de emergencia.

Al sistema se le incorporará una bomba adicional por si acaso una de las bombas se avería en el momento de la carga.

Esta bomba estará dotada de la misma capacidad (656 m<sup>3</sup>/h) y potencia (337,5 kW).

## 10.4 Agotamiento de la carga.

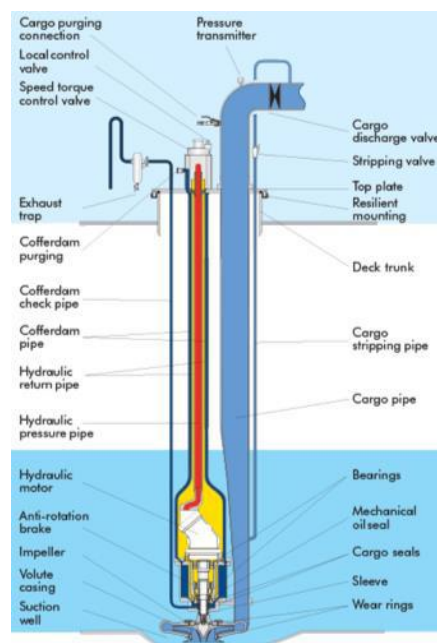
El MARPOL en la **"Regla 30: Instalación de bombas, tuberías y dispositivos de descarga a bordo de los petroleros"** establece lo siguiente:

**"4) Todo petrolero nuevo que deba ir provisto de tanques de lastre separado o en el que deba instalarse un sistema de lavado con crudos cumplirá con las prescripciones siguientes:"**

**"4.1.- Estará equipado con tuberías para hidrocarburos proyectadas e instaladas de tal manera que la retención de hidrocarburos en los conductos quede reducida al mínimo."**

**"4.2.- Llevará medios para drenar todas las bombas de carga y todos los conductos de hidrocarburos al terminar el desembarque del cargamento, si fuera necesario mediante conexión a un dispositivo de agotamiento. Será posible descargar en tierra o en un tanque de carga o de decantación los residuos procedentes de los conductos y de las bombas."**

No se requiere de medios adicionales para el agotamiento de la carga ("stripping") puesto que esta operación se realiza mediante un dispositivo que incorporan las propias bombas de carga tal y como se describe a continuación:



Esta operación se realizará en dos etapas, siempre considerando si se está tratando con cargas segregadas u homogéneas. Las etapas son las siguientes:

- Stripping de la carga.

El reachique o stripping de la carga es una operación que se realizará una vez finalizado el proceso de descarga del tanque simétrico de la banda contraria.

- Drenaje de las bombas y líneas de carga.

Esta operación consiste en la evacuación de la carga remanente en líneas y bombas directamente hacia el colector de tierra, cuando se trata de cargas segregadas, **o hacia el Slop de Er en una primera etapa para posteriormente ser bombeada al citado colector**, en el supuesto caso de cargas homogéneas, como es el caso de este buque.

## 10.5 Sistemas de monitorización y control.

Este sistema cuenta con su propio sistema de control mediante el cual se controla y registra los siguientes datos:

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

Todos estos datos almacenados en este sistema no solo se mostrarán aquí sino que el oficial de carga y el capitán en su oficina dispondrán de ellos por medio de PC.

