



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2021/22

BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 m
MAR AURORA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

David Martín Argibay

TUTOR

Fernando Lago

FECHA

Septiembre 2022

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.021-2.022

PROYECTO NÚMERO 2022-GENO-14

TIPO DE BUQUE: Buque oceanográfico con capacidad polar para operar en zonas árticas y antárticas. 55 m de eslora entre perpendiculares

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNVGL, SOLAS + MARPOL+ exigibles en este tipo de buques. POLAR CODE TIPO B ICE CLAS I-B SPS. CLEAN DESIGN. NAUT O EQUIVALENTE

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 300 m² de capacidad para laboratorios de investigación. 100 m² de superficie libre en cubierta

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: velocidad máxima de 14 nudos y velocidad de crucero de 12 nudos con una autonomía de 40 días

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: 2 grúas de carga, 1 a cada costado del buque.

PROPULSIÓN: propulsión eléctrica mediante 2 motores eléctricos, mas 4 generadores diésel de diferentes potencias, más el generador de emergencia. Navegación en zona ECA con LNG.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: capacidad para 20 científicos más 8-12 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: laboratorio en frío (-25 ° C), nivel mínimo de vibraciones y ruidos transmitidos a la mar, robot submarino a bordo además de embarcaciones menores tales como 2 Zodiacs a disposición del personal. Helipuerto.

ALUMNO: **D. David Martín Argibay**

RESUMEN BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 M MAR AURORA

Castellano

A lo largo del presente Trabajo Fin de Grado se realizará el anteproyecto de un buque oceanográfico de 55 metros de eslora. Se trata de un buque que podrá navegar en aguas polares a 12 nudos con propulsión diésel-eléctrica, 40 días de autonomía, capacidad de navegación con LNG en zona ECA y que poseerá 300 m² de laboratorios mas 100 m² de superficie libre en cubierta para el estudio llevado a cabo por los 20 científicos que podrán ir a bordo del mismo.

El proyecto consta de un estudio preliminar de oceanográficos semejantes para, posteriormente, desarrollar las formas del buque, estudiar su flotabilidad y estabilidad en distintas condiciones, la potencia necesaria a bordo, la disposición general, el cálculo estructural de la cuaderna maestra, así como el estudio del francobordo, cámara de máquinas, planta eléctrica y equipos y servicios necesarios a bordo para concluir con el estudio del presupuesto y viabilidad de construcción del buque.

Galego

Ao longo deste Traballo Fin de Grao realizarase o anteproxecto dun buque oceanográfico de 55 metros de eslora. Trátase dun buque que poderá navegar en augas polares a 12 nudos con propulsión diésel-eléctrica, 40 días de autonomía, capacidade de navegación con LNG na zona ECA e que contará con 300 m² de laboratorios máis 100 m² de superficie libre na cuberta para o estudo realizado polos 20 científicos que poderán subir a bordo.

O proxecto consiste nun estudo preliminar de oceanográficos similares para posteriormente desenvolver as formas do buque, estudar a súa flotabilidade e estabilidade en diferentes condicións, a potencia necesaria a bordo, a disposición xeral, o cálculo estrutural da cuaderna maestra, así como o estudo do francobordo, cámara de máquinas, planta eléctrica e equipos e servizos necesarios a bordo para concluír co estudo do orzamento e viabilidade de construción do buque.

English

Throughout this Final Degree Project, the preliminary design of a research vessel of 55 meters in length will be carried out. It is a ship that will be able to navigate in polar waters at 12 knots with diesel-electric propulsion, 40 days of autonomy, navigation capacity with LNG in ECA zone and that will have 300 m² of laboratories plus 100 m² of free surface on deck for the study carried out by the 20 scientists that will be able to go on board.

The project consists of a preliminary study of similar research vessels and then, develop the vessel's forme, study its buoyancy and stability in different conditions, the power required on board, the general layout, the structural calculation of the master frame, as well as the study of the freeboard, engine room, electrical plant and equipment and services required on board to conclude with the study of the budget and viability of building the vessel.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2021/22

BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 m
MAR AURORA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 12

EQUIPOS Y SERVICIOS

ÍNDICE

Resumen Buque Oceanográfico 55 m Mar Aurora	3
1. Introducción.....	8
2. Equipos de amarre y fondeo	9
2.1. Numeral de equipo.....	9
2.2. Equipo de amarre y fondeo seleccionado.....	10
2.3. Caja de cadenas. Volumen y diseño.	12
2.4. Diámetro del escoben	15
2.5. Molinetes.....	15
3. Dispositivos y medios de salvamento.....	16
3.1. Normativa aplicable.....	16
3.2. Embarcaciones de supervivencia.....	17
3.2.1. Balsa salvavidas.	17
3.2.2. Botes de rescate	19
3.3. Aros salvavidas	19
3.4. Trajes de inmersión.....	21
3.5. Chalecos salvavidas.....	21
4. Servicio de sentinas	22
4.1. Dimensionamiento de la bomba de achique de sentinas.....	23
4.1.1. Diámetro del colector	23
4.1.2. Caudal y presión de la bomba.....	24
4.1.3. Rendimiento y potencia de la bomba	26
5. Servicio de lastre.....	27
5.1. Caudal de la bomba de lastre.....	27
5.2. Presión de la bomba del servicio de lastre	27
5.3. Dimensionamiento de la bomba de servicio de lastre.....	29
6. Servicio sanitario.....	30
6.1. Cálculo de las necesidades del servicio sanitario.....	32
6.2. Generador de agua dulce por ósmosis inversa	34
6.3. Cálculo de caudales.....	35
6.3.1. Caudales por cubierta	37
6.4. Presiones de suministro. Pérdidas de carga.	38
6.4.1. Altura de bombeo agua fría y agua caliente	40
6.5. Dimensionamiento de las bombas de suministro.....	40
6.6. Volumen, caudal, pérdidas de carga y presión de recirculación	41
6.6.1. Volumen en el sistema de recirculación	41
6.6.2. Pérdidas de carga de recirculación agua fría y caliente.....	43
6.6.3. Presiones totales de recirculación.....	44

6.7.	Dimensionamiento de las bombas de recirculación	44
6.8.	Dimensionamiento del tanque hidróforo	45
6.9.	Potabilización y esterilización	47
6.10.	Dimensionamiento de los calentadores	47
6.11.	Planta de tratamiento de aguas residuales (TAR).....	49
6.11.1.	Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	50
7.	Servicio de contra incendios.....	51
7.1.	Bombas CI, colectores, hidrantes y mangueras	51
7.1.1.	Colectores.....	51
7.1.2.	Hidrantes y mangueras	51
7.1.3.	Bombas CI	52
7.2.	Protección pasiva CI	52
7.3.	Extintores portátiles.....	53
7.4.	Instalaciones fijas CI de cámara de máquinas.....	56
7.4.1.	Dimensionamiento de la instalación fija CI de CCMM	58
7.4.2.	Dimensionamiento de las bombas CI de CCMM	59
7.5.	Equipo contraincendios en el pañol de pinturas	60
7.6.	Instalaciones CI específicas del helipuerto.....	60
7.6.1.	Estructura de la helicubierta.....	60
7.6.2.	Dispositivos de lucha contra incendios de la helicubierta	60
7.6.3.	Dimensionamiento de las bombas CI de la helicubierta	62
7.6.4.	Equipos CI disponibles en la helicubierta	63
8.	Ventilación de espacios.....	64
9.	Elevación y mantenimiento.....	66
9.1.	Grúa de cámara de máquinas	66
10.	Sistema de carga y descarga.....	67
10.1.	Grúas de la cubierta principal	67
11.	Hélice de maniobra de proa	69
12.	Equipo de fonda y hotel	71
13.	Navegación y comunicaciones.....	72
14.	Aire acondicionado	73
14.1.	Ganancias y pérdidas de calor.....	74
14.1.1.	Calor por transmisión.....	75
14.1.2.	Calor por radiación solar.....	76
14.1.3.	Calor aportado por las personas.....	77
14.1.4.	Calor por iluminación y otras fuentes.....	77
14.2.	Flujo de aire.....	78
14.3.	Condición de verano e invierno por cubiertas	78
14.3.1.	Entrepunte.....	79

14.3.2.	Cubierta principal.....	83
14.3.3.	1º cubierta de habilitación.....	88
14.3.4.	2º cubierta de habilitación: puente	90
14.4.	Resultados generales y dimensionamiento de la planta de A/C.....	93
15.	Otros equipos disonibles a bordo.....	94
15.1.	ROVs.....	94
15.1.1.	ROV Argus Mini.....	94
15.1.2.	Argus Mariner XL.....	95
15.2.	Incinerador.....	96
16.	Bibliografía.....	97
	Anexo I: planta de ósmosis inversa	98
	Anexo II: planta de tratamiento de aguas residuales	100
	Anexo III: incinerador	102
	Anexo IV: ROVs	105

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuaderno, correspondiente a los equipos y servicios que debe llevar a bordo el buque. Dichos equipos serán:

- Equipo de amarre y fondeo
- Dispositivos y medios de salvamento
- Servicio de sentinas
- Servicio de lastre (si fuera necesario)
- Servicio sanitario
- Servicio de conrincendios
- Sistema de ventilación de la cámara de máquinas
- Equipos de elevación y mantenimiento
- Equipo de fonda y hotel
- Equipos de navegación y comunicaciones
- Sistema de aire acondicionado
- Otros equipos a bordo: ROVs, congelador -25°C e incinerador

Todos estos equipos y sistemas que tiene que llevar a bordo el buque serán calculados en las siguientes páginas en base a las medidas correspondientes:

Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	Fn
55	11,50	7,80	4,80	0,2657

En todos los cálculos de dimensionamiento de los equipos vamos a seguir las reglas que establece la sociedad de clasificación, en nuestro caso Det Norske Veritas (DNV) atendiendo además al SPS Code (Special Purpose Ship) y aplicando el convenio SOLAS.

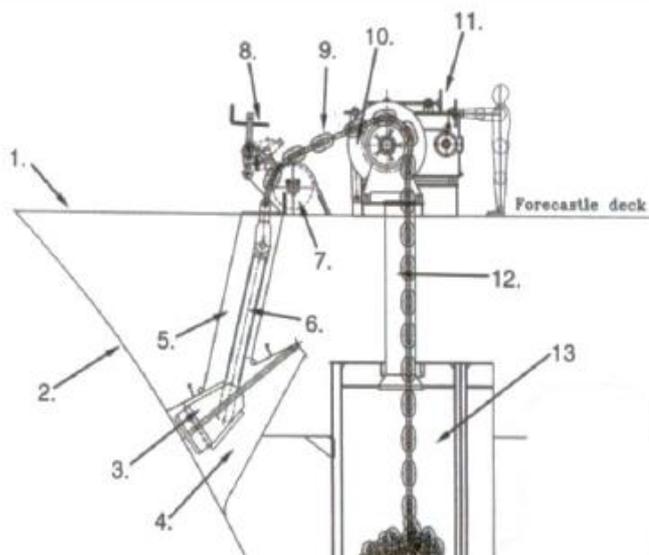
2. EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO

En este primer apartado calcularemos todos los equipos destinados al amarre y fondeo del buque.

- Ancla
- Caja de cadenas
- Molinetes

La disposición del equipo de fondeo a bordo típica es la siguiente:

1. Cubierta
2. Roda
3. **Ancla**
4. Estiba del ancla
5. Escoben
6. Caña del ancla
7. Estopor
8. Boza
9. **Cadena**
10. **Molinete**
11. Mandos del molinete
12. Gatera
13. **Caja de cadenas**



2.1. Numeral de equipo

Calculamos el numeral de equipo que nos permitirá obtener las anclas que deberá llevar a bordo el buque con sus características principales.

El cálculo lo realizamos a partir del DNV Pt.3 Ch.11 Sect.1. Está dimensionado para:

- Fondeo temporal, cuando el buque se encuentra en puerto o en un área protegida a la espera de atraque o marea.
- Corriente no mayor a 2,5 m/s.
- Viento no mayor a 25 m/s o 90 km/h
- Para una longitud de cadena largada entre 6 y 10 veces la profundidad en la zona de fondeo, ya que, si es menor a esa cifra y se larga poca cadena, el ancla garrea y no se anclará al fondo.

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

Siendo:

- Δ , el desplazamiento al calado de verano (ton)
- B, la manga de trazado (m)
- h, la altura efectiva desde la línea de flotación de carga de verano a la parte superior de la caseta superior, que se medirá de la siguiente manera:

$$h = a + \sum h_i$$

- a, distancia de la línea de flotación de carga de verano en la cuaderna maestra a la cubierta superior medida en el costado (m)

- h_i , altura a la línea central de cada nivel de las casetas con una manga mayor que $B/4$. Para el nivel más bajo, la altura se medirá desde la línea central de a cubierta superior, o desde la línea de cubierta ficticia donde haya discontinuidad local en la cubierta superior (m)
- A, el área del perfil del casco, las superestructuras y las casetas por encima de la línea de flotación de carga de verano, que estén dentro de la L del buque y con una manga superior a $B/4$ (m^2)

Con todo esto, y para un desplazamiento de 1855 tn, una manga de 11,5 m, hallamos 'h' y 'A' obtenidos de los planos del buque de AutoCAD:

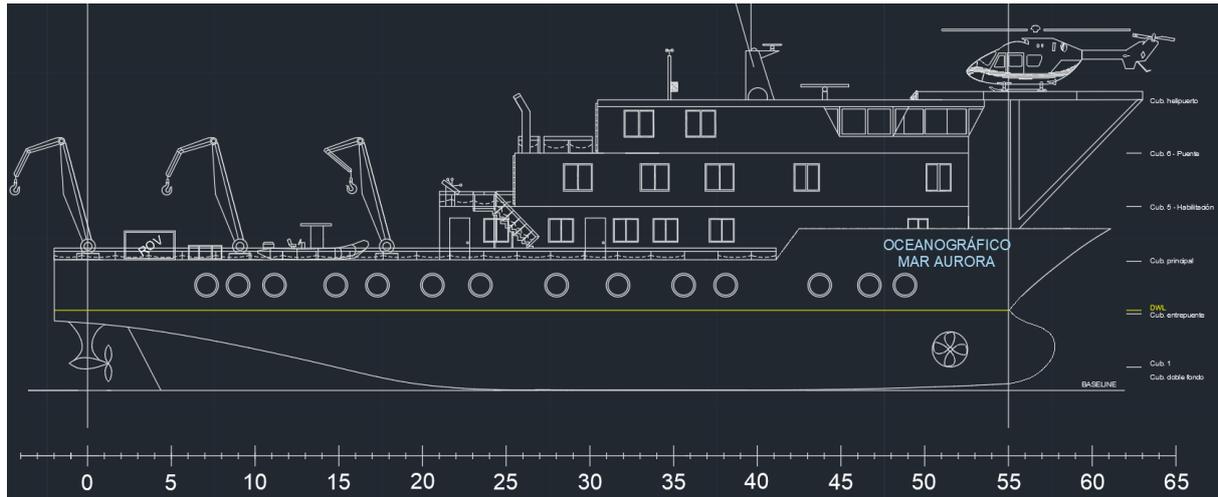


Ilustración 1: perfil oceanográfico

$$h = 12,63 \text{ m}$$

$$A = 431,42 \text{ m}^2$$

Obtenemos un numeral de equipo de:

$$NE = 485$$

2.2. Equipo de amarre y fondeo seleccionado

Una vez obtenido el numeral de equipo, nos metemos en la tabla siguiente del DNV para hallar el equipo necesario para el fondeo del buque:

Equipment number	Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud-link chain cables			Towline (guidance)		Mooring lines ¹⁾²⁾³⁾⁴⁾			
		Number	Mass per anchor [kg]	Total length [m]	Diameter and steel grade			Steel or fibre ropes		Steel or fibre ropes		
					NV K1 [mm]	NV K2 [mm]	NV K3 [mm]	Minimum length [m]	Minimum breaking strength [kN]	Number (guidance)	Length of each [m]	Ship design minimum breaking load [kN]
30 to 49	a ₀	2	120	192.5	12.5			170	88.5	2	80	35
50 to 69	a	2	180	220	14	12.5		180	98	3	80	37
70 to 89	b	2	240	220	16	14		180	98	3	100	40
90 to 109	c	2	300	247.5	17.5	16		180	98	3	110	42
110 to 129	d	2	360	247.5	19	17.5		180	98	3	110	48
130 to 149	e	2	420	275	20.5	17.5		180	98	3	120	53
150 to 174	f	2	480	275	22	19		180	98	3	120	59
175 to 204	g	2	570	302.5	24	20.5		180	112	3	120	64
205 to 239	h	2	660	302.5	26	22	20.5	180	129	4	120	69
240 to 279	i	2	780	330	28	24	22	180	150	4	120	75
280 to 319	j	2	900	357.5	30	26	24	180	174	4	140	80
320 to 359	k	2	1020	357.5	32	28	24	180	207	4	140	85
360 to 399	l	2	1140	385	34	30	26	180	224	4	140	96
400 to 449	m	2	1290	385	36	32	28	180	250	4	140	107
450 to 499	n	2	1440	412.5	38	34	30	180	277	4	140	117
500 to 549	o	2	1590	412.5	40	34	30	190	306	4	160	134
550 to 599	p	2	1740	440	42	36	32	190	338	4	160	143
600 to 659	q	2	1920	440	44	38	34	190	370	4	160	160
660 to 719	r	2	2100	440	46	40	36	190	406	4	160	171

Ilustración 2: tabla DNV

Entramos en la tabla con el valor hallado anteriormente de 485 y obtenemos:

- ✓ Letra del equipo: n
- ✓ Número de anclas: 2
- ✓ Masa por ancla: 1440 kg
- ✓ Longitud total de la cadena: 412,5 m
- ✓ Diámetro y calidad del acero; buscaremos un acero NV K2 como selección intermedia entre los dos: 34 mm
- ✓ Longitud mínima del cable de remolque: 180 m
- ✓ Carga mínima de rotura del cable de remolque: 277 kN
- ✓ Número de líneas de amarre de acero o fibra sintética: 4
- ✓ Longitud por cada línea de amarre: 140 m
- ✓ Carga mínima de rotura de las líneas de amarre: 117 kN

Puesto que la cadena se comercializa por largos, y un largo equivale a 27,5 m, al llevar un ancla por costado con una longitud de cadena 206,25 m, es decir 207 m, obtenemos los largos de cadena a cada banda del buque:

$$\text{Largos de cadena por banda} = 207 / 27,5$$

$$\text{Largos de cadena por banda} = 8 \text{ largos}$$

$$\text{Longitud de cada cadena} = 220 \text{ m}$$

2.3. Caja de cadenas. Volumen y diseño.

La caja de cadenas es el lugar de estiba de la cadena del ancla. Su volumen se calcula de la siguiente manera en base a las dimensiones de la cadena y el ancla calculada anteriormente:

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

Whereby:

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

Table 3: Polynomial function coefficients

	c4	c3	c2	c1	b
Polynomial function	2.55346E-09	-7.38665E-07	0.001039204	-0.002422335	0.025432392

Ilustración 3: volumen caja cadenas. Apuntes PBAMIII

Obtenemos el volumen total de la caja de cadenas por cada 100 m de cadena a través de la fórmula arriba expuesta donde introducimos el diámetro de 34 mm calculado anteriormente:

$$V = 2,5 \text{ m}^3$$

El lado de la caja de cadenas mínimo tiene que ser 25 veces el diámetro, y lo normal comprende entre 30 y 35 veces el diámetro, por lo tanto, para un valor de 32 veces el diámetro, el lado de la caja de cuadernas será:

$$l = 1,088 \text{ m}$$

Con unos valores mínimos y máximos del lado de la caja de cuadernas cuadrada comprendidos entre 0.85 m y 1,36 metros, lo ideal sería hacer coincidir las cuadernas y los longitudinales con el principio y el fin de la caja de cadenas por ser un espacio estructural. Por lo tanto, si la separación entre cuadernas es de 600 mm y entre los longitudinales de 700 mm, la caja de cadenas ocupará 2 claras de cuadernas y al no ser posible coincidir un longitudinal en los extremos de la caja, el ancho de la caja será de 1 m.

Las dimensiones de la caja de cadenas serán:

- Eslora: 1,2 m (coincide con dos cuadernas)
- Manga: 1 m

A continuación, hallamos el volumen de la caja de cadenas en función de los datos recién obtenidos:

Este volumen se descompone en dos partes:

Volumen cónico de la zona superior:

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

Donde:

V_1 = Volumen cónico de zona superior (m^3)

h_2 = Altura de la zona cónica de estiba (m)

l = Lado inferior o diámetro de la caja de cadenas (m)

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

$$V_2 = V - V_1$$

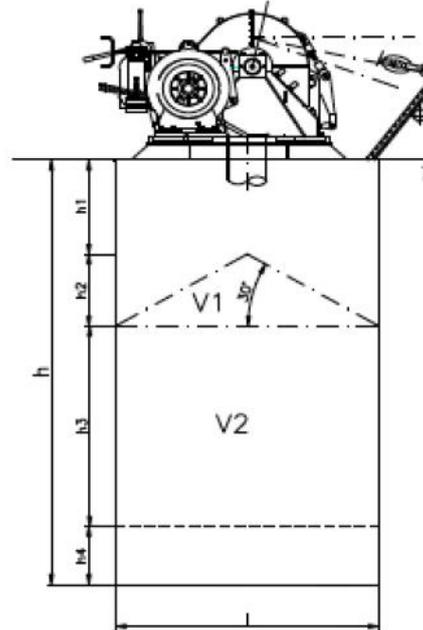


Ilustración 4: volúmenes caja de cadenas. Apuntes PBAMII

Primeramente, obtenemos h_2 :

$$h_2 = \tan 30^\circ \times \frac{l}{2}$$

Siendo 'l' igual a 1,2 m:

$$h_2 = 0,346 \text{ m}$$

Por lo que el volumen será:

$$V_1 = 0,13 \text{ m}^3$$

Por lo que V_2 será:

$$V_2 = 2,33 \text{ m}^3$$

Por último, hallamos la altura de la caja de cadenas, en base a los datos obtenidos anteriormente:

La altura de la caja de cadenas se determina:

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

Donde:

h = Altura de la caja de cadenas (m)

h_1 = Altura para caída de la cadena y acceso ($1,5 \leq h_1 \leq 2,8$ m)

$$h_2 = \frac{l}{2} \tan 30^\circ$$

h_3 = Para las cajas cilíndricas:

$$h_3 = \frac{V_2}{\pi \cdot (l/2)^2}$$

Para las cajas prismáticas:

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

Donde l_1 y l_2 son los lados de la base de la caja de cadenas (m)

h_4 = Altura para drenaje de la cadena ($0,6 \leq h_4 \leq 0,8$ m)

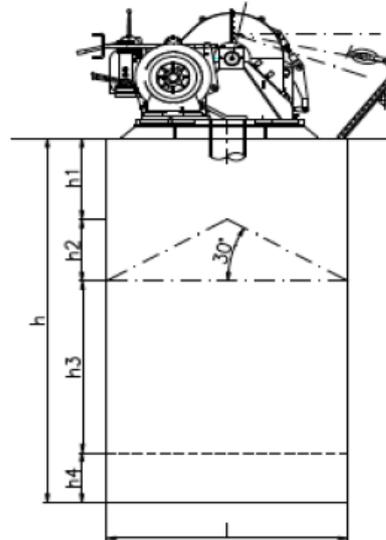


Ilustración 5: altura caja de cadenas. Apuntes PBAMIII

Obtenemos primeramente h_3 conociendo los lados de la caja y el V_2 :

$$h_3 = 1,942 \text{ m}$$

Seguidamente obtenemos tanto h_4 , que es la altura que debe quedar por debajo de la caja de cadenas y se utiliza como un depósito de lodos, como h_1 , que es el margen por arriba para que la cadena caiga correctamente dentro de la caja de cadenas:

$$h_1 = 1,8 \text{ m}$$

$$h_4 = 0,6 \text{ m}$$

Por lo tanto, la altura total de la caja de cadenas es la suma de las alturas anteriores y será de:

$$H_{total} = 4,68 \text{ m}$$

2.4. Diámetro del escoben

El cálculo del diámetro del escoben viene determinado por la siguiente expresión:

$$D = [(100 - d_c) \times 0,03867 + 7,5] \times d_c$$

Y para un diámetro de la cadena de 34 mm:

$$D = 340 \text{ mm}$$

2.5. Molinetes

Para calcular la potencia de los molinetes, acudimos a la siguiente expresión:

$$P_{molinete} \text{ (kW)} = \frac{0,87 \cdot (P_a + 0,02 \cdot d_c^2 \cdot L) \cdot V_s}{4500 \cdot \eta_m \cdot \eta_c} \cdot 0,7457$$

Donde:

- P_a , es el peso del ancla, igual a 1440 kg
- d_c , el diámetro de la cadena, igual a 34 mm
- L , la longitud de la cadena, igual a 220 m
- V_s , la velocidad de izada de la cadena, igual a 10 m/min
- η_m , el rendimiento del molinete (entre 0,4 y 0,8), igual a 0,6
- η_c , el rendimiento del escoben (entre 0,5 y 0,7), igual a 0,6

Esta potencia es la que debería suministrar como mínimo el molinete de forma continua durante 30 minutos, y será la potencia media de izada:

$$P_{molinete} = 26,14 \text{ kW}$$

No obstante, hay que tener en cuenta la potencia necesaria para zarpar el ancla (separar las uñas del ancla del fondo marino) que la calcularemos siguiendo la siguiente expresión y que será mayor, ya que deberá suministrar más potencia para llevar a cabo dicha labor:

$$P_{molinete} \text{ (kW)} = \frac{(2,1 \cdot P_a + 0,02 \cdot d_c^2 \cdot L) \cdot V_s}{4500 \cdot \eta_m \cdot \eta_c} \cdot 0,7457$$

Por lo tanto, la potencia que deberá suministrar instantáneamente el molinete, para los mismos valores introducidos en la ecuación anteriormente expuestos, deberá ser:

$$P_{inst.molinete} = 37,33 \text{ kW}$$

3. DISPOSITIVOS Y MEDIOS DE SALVAMENTO

3.1. Normativa aplicable

Para calcular los requisitos y los dispositivos y medios de salvamento que debe llevar a bordo el oceanográfico, recurrimos al *SPS Code*, que hace referencia a la clasificación y los requisitos en cuanto a seguridad de las personas a bordo que tendrá que llevar a bordo un buque de propósito especial, como es el caso de un oceanográfico, y que generalmente, serán ligeramente más flexibles que las exigencias del SOLAS, al que también acudiremos para obtener los medios de salvamento.

8 - Life-saving appliances

8.1 The requirements of chapter III of SOLAS should be applied with the specifications given hereunder.

8.2 A special purpose ship carrying more than 60 persons on board should comply with the requirements contained in chapter III of SOLAS for passenger ships engaged in international voyages which are not short international voyages.

8.3 Notwithstanding the provisions of 8.2, a sail training ship carrying more than 60 persons on board may in lieu of meeting the requirements of regulations 21.1.1 of chapter III of SOLAS comply with the requirements of regulation 21.1.5 of chapter III of SOLAS, including the provision of at least two rescue boat(s) in accordance with regulation 21.2.1 of chapter III.

8.4 A special purpose ship carrying not more than 60 persons on board should comply with the requirements contained in chapter III of SOLAS for cargo ships other than tankers. Such ships may, however, carry life-saving appliances in accordance with 8.2, if they comply with the subdivision requirements for ships carrying more than 60 persons.

8.5 Regulations 2, 19.2.3, 21.1.2, 21.1.3, 31.1.6 and 31.1.7 of chapter III of SOLAS and the requirements of paragraphs 4.8 and 4.9 of the LSA Code are not applicable to special purpose ships.

8.6 Where in chapter III of SOLAS the term “passenger” is used, it should be read to mean “special personnel” for the purpose of this Code.

Ilustración 6: SPS Code. Life-saving appliances

Según el SPS Code, y al llevar el buque menos de 60 a bordo, el oceanográfico deberá cumplir las prescripciones del capítulo III del SOLAS para los buques de carga que no sean petroleros.

3.2. Embarcaciones de supervivencia.

3.2.1. Balsa salvavidas.

El buque oceanográfico, al llevar 29 personas a bordo, y no superar las 60 como hemos mencionado anteriormente, será considerado como buque de carga a los efectos de aplicación del capítulo III del SOLAS.

En la Sección III correspondiente a buques de carga, regla 31, menciona lo siguiente:

SECCIÓN III - BUQUES DE CARGA (PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS)

Regla 31

Embarcaciones de supervivencia y botes de rescate

1 Embarcaciones de supervivencia

1.1. Los buques de carga llevarán:

.1 uno o varios botes salvavidas totalmente cerrados que cumplan lo prescrito en la sección 4.6 del Código y cuya capacidad conjunta en cada banda baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo;

y

.2 además, una o varias balsas salvavidas inflables o rígidas que cumplan lo prescrito en las secciones 4.2 ó 4.3 del Código, 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. Si la balsa o las balsas salvavidas no están estibadas en un emplazamiento que permita su fácil traslado de una banda a otra en el mismo nivel de la cubierta expuesta, la capacidad total disponible en cada banda bastará para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo.

1.2 En lugar de cumplir lo prescrito en el párrafo 1.1, los buques de carga podrán llevar:

.1 uno o varios botes salvavidas de caída libre que cumplan lo prescrito en la sección 4.7 del Código, que puedan ponerse a flote por caída libre por la popa del buque y cuya capacidad conjunta baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo; y

.2 además, una o varias balsas salvavidas inflables o rígidas que cumplan lo prescrito en las secciones 4.2 ó 4.3 del Código y cuya capacidad conjunta en cada banda baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo. Las balsas salvavidas, por lo menos a una banda del buque, dispondrán de dispositivos de puesta a flote.

1.3 En lugar de cumplir lo prescrito en los párrafos 1.1 ó 1.2, los buques de carga de eslora inferior a 85 m que no sean petroleros, buques tanque quimiqueros o buques gaseros, podrán cumplir las siguientes prescripciones:

.1 llevarán a cada banda una o varias balsas salvavidas inflables o rígidas que cumplan lo prescrito en las secciones 4.2 ó 4.3 del Código y cuya capacidad conjunta baste para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo;

.2 a menos que las balsas salvavidas prescritas en el párrafo 1.3.1 vayan estibadas en un emplazamiento que permita su fácil traslado de una banda a otra en el mismo nivel de la cubierta expuesta, se proveerán balsas salvavidas adicionales de modo que la capacidad total disponible en cada banda baste para dar cabida al 150% del número total de personas que vayan a bordo;

.3 si el bote de rescate prescrito en el párrafo 2 es también un bote salvavidas totalmente cerrado que cumple lo prescrito en la sección 4.6 del Código, podrá quedar incluido en la capacidad conjunta prescrita en el párrafo 1.3.1, a condición de que la capacidad total disponible en cada banda sea suficiente al menos para el 150% del número total de personas que vayan a bordo; y

.4 en caso de que una cualquiera de las embarcaciones de supervivencia se pierda o vuelva inservible, habrá suficientes embarcaciones de supervivencia en cada banda, incluidas las estibadas en un emplazamiento que permita su fácil traslado de una banda a otra en el mismo nivel de la cubierta expuesta, para dar cabida al número total de personas que vayan a bordo.

En base a lo descrito en SOLAS, el buque cumplirá con el párrafo 1.3 de la Regla 31 – *Embarcaciones de supervivencia y botes de rescate*.

De esta manera, el buque llevará **2 balsas salvavidas** (una a cada banda) estibada en la cubierta principal con capacidad de 30 personas cada una para cubrir el 100% del número de personas a bordo a babor y estribor, de manera que, si una balsa falla o se vuelve inservible, haya otra en el otro costado que pueda desplazarse de banda a banda con facilidad.

Balsas Duarry Lanzables

Duarry Throw Overboard Liferafts

Una extensa gama de balsas de 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 y 35 plazas.

An extensive range of liferafts

6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30 and 35 prs.



SOLAS A - PACK A			SOLAS B - PACK B		
Capacidad	Medidas (cm)	Peso (kg)	Capacidad	Medidas (cm)	Peso (kg)
Capacity	Dimensions (cm)	Weight (kg)	Capacity	Dimensions (cm)	Weight (kg)
6	110x62x52	78	6	110x62x52	68
8	110x62x52	90	8	110x62x52	70
10	125x64x55	102	10	125x64x55	82
12	125x64x55	120	12	125x64x55	91
16	129x66x57	140	16	129x66x57	110
20	136x70x61	160	20	136x70x61	120
25	149x76x67	185	25	149x76x67	140
30	170x76x68	205	30	170x76x68	151
35	170x76x68	230	35	170x76x68	167
6 RECT	100x57x39	78	6 RECT	100x57x39	68
8 RECT	100x57x39	90	8 RECT	100x57x39	70
10 RECT	104x66x41	102	10 RECT	104x66x41	82
12 RECT	104x66x41	120	12 RECT	104x66x41	91
			16 RECT	104x70x46	105

Ilustración 7: balsa salvavidas

En esta imagen podemos apreciar la balsa salvavidas escogida. Será el modelo SOLAS B-Pack B, de la marca Ausmar, con un peso de 151 kg, lanzable al mar y con una capacidad de 30 personas como hemos dicho anteriormente.

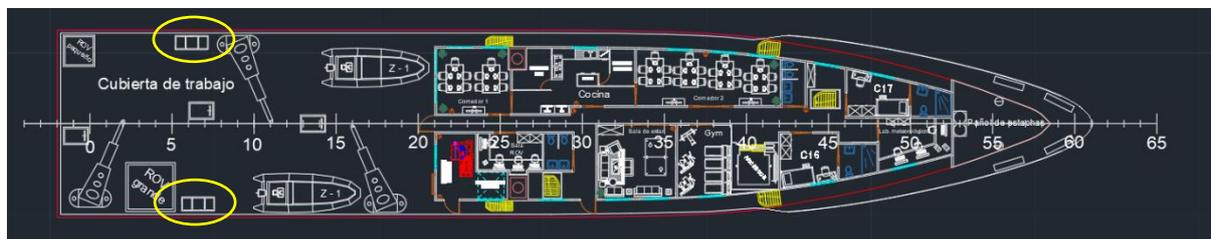


Ilustración 8: localización balsas salvavidas

En el plano de la cubierta principal mostrado en la imagen anterior, podemos observar donde van a ser estibadas las balsas salvavidas.

3.2.2. Botes de rescate

Atendiendo a la Regla 31 - *Embarcaciones de supervivencia y botes de rescate*:

2 Botes de rescate

Los buques de carga llevarán al menos un bote de rescate que cumpla lo prescrito en la sección 5.1 del Código. Podrá aceptarse un bote salvavidas como bote de rescate a condición de que cumpla también lo prescrito para un bote de rescate.

Por lo tanto, el buque llevará un bote de rescate a bordo que corresponderá a una de las Zodiacs previstas para el embarque de científicos y que tendrá las características que deben cumplir estos botes.

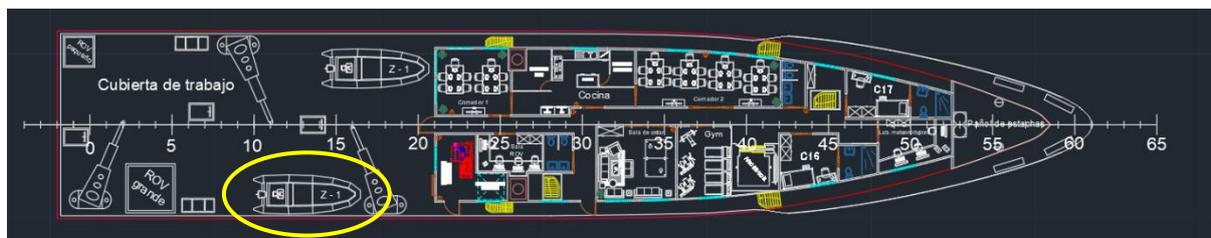


Ilustración 9: localización bote de rescate

3.3. Aros salvavidas

En cuanto a los aros salvavidas, recurriremos al SOLAS, primeramente, a la Regla 7 – *Dispositivos individuales de salvamento*:

1 Aros salvavidas

1.1 Los aros salvavidas, que cumplirán lo prescrito en el párrafo 2.1.1 del Código, irán:

- .1 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
- .2 estibados de modo que sea posible soltarlos rápidamente y no estarán sujetos de ningún modo por elementos de fijación permanente.

1.2 A cada banda del buque habrá como mínimo un aro salvavidas provisto de una rabiza flotante que cumpla lo prescrito en el párrafo 2.1.4 del Código, de una longitud igual por lo menos al doble de la altura a la cual vaya estibado por encima de la flotación de navegación marítima con calado mínimo, o a 30 m, si este valor es superior.

1.3 La mitad al menos del número total de aros salvavidas estarán provistos de luces de encendido automático que cumplan lo prescrito en el párrafo 2.1.2 del Código; al menos dos de estos aros llevarán también señales fumígenas de funcionamiento automático que cumplan lo prescrito en el párrafo 2.1.3 del Código y se podrán soltar rápidamente desde el puente de navegación; los aros salvavidas provistos de luces y los provistos de luces y de señales fumígenas irán distribuidos por igual a ambas bandas del buque y no serán aquellos que estén provistos de rabiza de conformidad con lo prescrito en el párrafo 1.2.

1.4 En cada aro salvavidas se marcará con letras mayúsculas del alfabeto romano el nombre del buque que lo lleve y su puerto de matrícula.

Además de cumplir con la Regla 7 del SOLAS, que hace referencia principalmente a la cómo y dónde deben de ir estibados los aros salvavidas, y las características mínimas de éstos, cumplirá también la Regla 32 – *Dispositivos individuales de salvamento* para buques de carga:

1 Aros salvavidas

1.1 Los buques de carga llevarán al menos el número de aros salvavidas conformes con lo prescrito en la regla 7.1 y en la sección 2.1 del Código que se indica en el cuadro siguiente:

Eslora del buque en metros	Número mínimo de aros salvavidas
Menos de 100	8
De 100 a menos de 150	10
De 150 a menos de 200	12
200 o más	14

Ilustración 10: número aros salvavidas buques de carga SOLAS

Con todas las reglas anteriormente expuestas, el oceanográfico llevará a bordo **8 aros salvavidas** con las siguientes características:

- ✓ 2 aros salvavidas (1 a cada banda) normales
- ✓ 2 aros salvavidas (1 a cada banda) con rabiza flotante a popa
- ✓ 2 aros salvavidas (1 a cada banda) con luz
- ✓ 2 aros salvavidas (1 a cada banda) con luz, humo y 'quick release' desde el puente

3.4. Trajes de inmersión

Según lo descrito en SOLAS, en el apartado 3, correspondiente a *Trajes de inmersión*, de la Regla 32 - *Dispositivos individuales de salvamento*:

3.3 Los buques de carga que cumplan lo prescrito en la regla 31.1.3 llevarán trajes de inmersión que cumplan lo prescrito en la sección 2.3 del Código para todas las personas que vayan a bordo a menos que el buque:

- .1 lleve balsas salvavidas de pescante; o
- .2 lleve balsas salvavidas que dispongan de dispositivos equivalentes aprobados que puedan utilizarse a ambas bandas del buque y que permitan embarcar en ellas sin meterse en el agua; o
- .3 esté destinado continuamente a efectuar viajes en zonas de clima cálido en las que a juicio de la Administración no sean necesarios los trajes de inmersión.

Ya que las balsas salvavidas disponibles no son de pescante, sino lanzables, el buque llevará trajes de inmersión para todas las personas que vayan a bordo, es decir, **29 trajes de inmersión**.

3.5. Chalecos salvavidas

Según lo prescrito en el SOLAS capítulo III, regla 7 – Dispositivos individuales de salvamento:

2 Chalecos salvavidas

2.1 Para cada una de las personas que vayan a bordo se proveerá un chaleco salvavidas que cumpla lo prescrito en los párrafos 2.2.1 ó 2.2.2 del Código y, además:

- .1 un número de chalecos salvavidas apropiados para niños igual por lo menos al 10% del total de pasajeros que vayan a bordo, o un número mayor si es necesario, de modo que haya un chaleco salvavidas para cada niño; y
- .2 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 salvavidas 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.

2.2 Los chalecos salvavidas se colocarán de modo que sean fácilmente accesibles y su emplazamiento estará claramente indicado. Cuando a causa de la disposición especial del buque los chalecos salvavidas provistos de conformidad con lo prescrito en el párrafo 2.1 resulten inaccesibles, se tomarán otras medidas que la Administración juzgue satisfactorias, como por ejemplo un aumento del número de chalecos salvavidas que se han de llevar.

Por lo tanto, y en base a lo descrito anteriormente, para las 30 personas a bordo, se proveerán **29 chalecos salvavidas**.

4. SERVICIO DE SENTINAS

El servicio de sentinas a bordo de los buques debe tener la capacidad de achique de cualquier espacio estanco del barco (por debajo de la cubierta de compartimentado) a excepción de los tanques, que tienen su medio propio de descarga.

Por lo general, como mínimo debemos llevar 2 bombas de achique de sentinas en diferentes compartimentos, y su distribución idónea sería por un lado una en la CCMM de popa y la otra en proa en un local cercano a las hélices de proa. Se distribuye de esta manera por si surge una inundación repentina de algún espacio del buque en el que esté una de las bombas, y si ésta queda inutilizada, haya otra disponible para el achique lo suficientemente lejos para que la avería no le afecte y pueda achicar la inundación.

Dimensionaremos, a continuación, el equipo de servicio de sentinas que llevará a bordo el buque cumpliendo con el SPS Code y de acuerdo con el SOLAS II-1 como si fuera un buque de pasaje.

Según lo prescrito en SOLAS II-1 Regla 21 - *Disposición del circuito de achique:*

2 Buques de pasaje

2.1 El sistema de achique prescrito en el párrafo 1.1 podrá funcionar en todas las situaciones que se den en la práctica después de sufrido un accidente, ya se halle el buque adrizado o escorado. A este fin se instalarán generalmente conductos laterales de aspiración, salvo en compartimentos estrechos situados en los extremos del buque, en los que cabrá considerar que basta con un solo conducto de aspiración. En compartimentos de configuración poco corriente podrán ser necesarios conductos de aspiración suplementarios. Se tomarán las medidas oportunas para que en el compartimento de que se trate el agua pueda llegar a las tuberías de aspiración. Si la Administración estima que la provisión de medios de agotamiento en determinados compartimentos puede resultar contraproducente, podrá permitir que no se efectúe tal provisión, siempre que los cálculos realizados de acuerdo con las condiciones estipuladas en los párrafos 2.1 a 2.3 de la Regla 8, demuestren que la aptitud del buque para conservar la flotabilidad no disminuirá.

2.2 Se instalarán como mínimo tres bombas motorizadas conectadas al colector de achique; una de ellas podrá ir accionada por las máquinas propulsoras. Cuando el coeficiente de criterio sea igual o superior a 30, se instalará además una bomba motorizada independiente.

2.3 Siempre que sea posible, las bombas de sentina motorizadas irán en distintos compartimentos estancos, dispuestos o situados de modo que una misma avería no pueda ocasionar la inundación de todos ellos. Si las máquinas propulsoras principales, las máquinas auxiliares y las calderas se hallan en dos o más compartimentos estancos, las bombas disponibles para el servicio de achique quedarán repartidas, dentro de lo posible, entre dichos compartimentos.

De esta manera el buque dispondrá de **4 bombas de sentinas**, distribuidas de la siguiente manera:

- ✓ 2 bombas en cámara de máquinas de popa
- ✓ 1 bomba en el espacio estanco entre la CCMM de popa y de proa
- ✓ 1 bomba en la CCMM de proa

Serán 4 bombas ya que, como veremos a continuación, al hacer el numeral de sentinas y obtener un valor mayor o igual a 30 la normativa nos exige llevar una bomba más de las 3 mencionadas en el reglamento.

Estas 4 bombas de achique de sentinas en realidad serán 8 bombas ya que deberán ser redundantes e ir por duplicado cada una de ellas por seguridad, aunque a efectos de cálculo de potencia, calcularemos la potencia sólo de una de ellas ya que en caso de achique sólo trabajará una de ellas y no las dos a la vez.

4.1. Dimensionamiento de la bomba de achique de sentinas

Para dimensionar la bomba de achique de sentinas para un buque de pasaje, calcularemos primeramente el numeral de la bomba de achique:

$$\text{Bilge pump numeral} = 72 \times \left(\frac{M + 2P}{V} \right)$$

Donde:

- M, es el volumen del espacio de máquinas en m³ por debajo de la cubierta estanca de cierre sumando el volumen de los depósitos permanentes de combustible que puedan estar situados por encima del doble fondo y a proa o a popa del espacio de máquinas. En nuestro caso 1171,65 m³
- P, el volumen del espacio destinado a pasajeros o tripulación en m³ por debajo de la cubierta estanca de cierre provistos para la acomodación y uso de éstos sin incluir espacios de equipaje, de almacenaje y de correo. En nuestro caso al no llevar acomodación por debajo de la cubierta estanca, 0 m³
- V, el volumen total del buque por debajo de la cubierta estanca del cierre en m³. En nuestro caso 1810,16 m³ sacado por hidrostáticas

Por lo tanto, sustituyendo en la fórmula:

$$\text{Bilge pump numeral} = 46,60$$

De esta manera, y como hemos mencionado anteriormente se deberá instalar 1 bomba más de las 3 necesarias por reglamento, por lo que serán 4 bombas de achique de sentinas en total las que llevará a bordo el buque.

4.1.1. Diámetro del colector

Calculamos a continuación el diámetro que debe tener el colector de sentinas que no debe ser inferior a:

$$d = 25 + 1,68\sqrt{L(B + D)}$$

Siendo:

- d, el diámetro de la tubería (mm)
- L, la eslora del buque (m)
- B, la manga de trazado (m)
- D, el puntal de trazado (m)

Así, sustituyendo los valores en la fórmula:

$$d = 79,73 \text{ mm}$$

Introduciéndonos en las medidas de tuberías de acero comerciales:

Calidad S-195 T

EN 10255

Designación rosca/pulgada	Diametro	Diametro	Espesor	Peso kg/m	Peso kg/m
	interior mm	exterior mm	mm	Tubo	Tubo sin
1/8	6,00	10,20	2,00	0,40	0,41
1/4	8,00	13,50	2,30	0,64	0,65
3/8	10,00	17,20	2,30	0,84	0,85
1/2	15,00	21,30	2,60	1,21	1,22
3/4	20,00	26,90	2,60	1,56	1,57
1	25,00	33,70	3,20	2,41	2,43
1 ¼	32,00	42,40	3,20	3,10	3,13
1 ½	40,00	48,30	3,20	3,56	3,60
2	50,00	60,30	3,60	5,03	5,10
2 ½	65,00	76,10	3,60	6,42	6,54
3	80,00	88,90	4,00	8,36	8,53
4	100,00	114,30	4,50	12,20	12,50
5	125,00	139,70	5,00	16,60	17,10
6	150,00	165,10	5,00	19,80	20,40

Ilustración 11: diámetros de tubería de acero comercial

Se escogerá por tanto una tubería comercial de acero DIN 2440 de la compañía CDL de diámetro:

$$d = 80 \text{ mm}$$

4.1.2. Caudal y presión de la bomba

Una vez obtenido el diámetro, y sabiendo que cualquiera de las bombas de achique debe ser capaces de bombear el agua a través del colector de sentinas a una velocidad de 2 m/s, obtenemos el caudal de la bomba que será de:

$$Q = 36,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

A continuación, calculamos la presión que debe dar la bomba, que será la suma de a presión requerida en el sistema, más la altura que debe salvar la bomba más las pérdidas de carga en los conductos.

$$P_{bomba} = P_{requerida} + P_{altura} + P_{pérdidas \text{ de carga}}$$

Donde:

- Presión requerida en el extremo será de 1,5 bar
- La presión debido a la altura que debe salvar la bomba será de 0,7 bares para salvar una altura de 6,4 metros incluyendo en sí las pérdidas de carga calculadas mediante la fórmula de Hazen-Williams, para un coeficiente de rugosidad de 145 debido al acero comercial empleado

$$\Delta_f = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,86})] \cdot L$$

En donde:

- Δ_f : pérdida de carga o de energía (m)
- C: coeficiente de rugosidad (adimensional)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- Q: caudal (m³/s)
- L: longitud de la tubería (m)

Ilustración 12: fórmula de Hazen-Williams

- Las pérdidas de carga estimadas a lo largo de la tubería que conecta la bomba de achique con la descarga serán calculadas con la fórmula de Hazen-Williams teniendo en cuenta las longitudes equivalentes de los diferentes accesorios determinadas por la siguiente tabla:

Fittings	Rigid PVC/HDPE e = 0.005 mm	GRP/FRP e = 0.02 mm	Commercial Steel e = 0.05 mm	Spiral Weld Steel e = 0.1 mm
Threaded bends				
90° elbow, r/d=1	37	34	30	26
45° elbow, r/d=1	20	18	16	14
Welded bends				
90° elbow, sharp bend	69	63	55	49
90° elbow, r/d=1	23	21	19	16
90° elbow, r/d=1.5	17	15	13	12
90° elbow, r/d=2	14	13	11	10
45° elbow, sharp bend	22	20	18	16
45° elbow, r/d=1	17	16	14	12
45° elbow, r/d=1.5	12	11	9.4	8.3
Threaded tees				
Tee, straight through	25	23	20	18
Tee, through branch	75	68	60	53
Welded tees				
Tee, square, straight through	0	0	0	0
Tee, square, through branch	87	79	70	61
Tee, radiused, straight through	13	12	10	9
Tee, radiused, through branch	72	65	57	50
Valves / Strainers				
Globe valve, full open	400	370	320	280
Gate valve, full open	9	8.5	7.5	6.6
Ball valve, full bore	3.3	3.0	2.6	2.3
Ball valve, reduced bore	31	28	25	22
Plug valve, 2-way	21	19	17	15
Plug valve, 3-way, straight through	36	32	29	25
Plug valve, 3-way, through branch	100	95	84	74
Diaphragm valve, weir type	200	190	160	140
Butterfly valve	46	42	37	32
Lift check valve	700	640	560	490
Swing check valve	120	110	95	85
Wafer disk check valve	530	480	420	370
Y-strainer, clean	300	280	250	220

Ilustración 13: tabla longitudes equivalentes accesorios de tubería

Para cada componente calculamos su pérdida de carga:

Elemento	Material (C)	diam	Le/D	Long. EQ	Caudal	Dif altura	Nº de componentes	Pérdida
		mm		m	m ³ /h	m		bar
Tubo Conexión	145	80		1,5	36,2	0	1	0,0068
Te roscada	145	80	20	1,6	36,2	0	1	0,0073
Tubo recto	145	80		6,0	36,2	0	1	0,0274
Codo 90º	145	80	19	1,5	36,2	0	2	0,0139
Válvula retención	145	80	95	7,6	36,2	0	1	0,0347
Válvula de mariposa	145	80	37	3,0	36,2	0	1	0,0135
Tubo recto impulsión	145	80		1,0	36,2	1	1	0,1027

Ilustración 14: pérdidas de carga tubería servicio de sentinas

Por lo tanto, la suma de las pérdidas de carga en la tubería debida a los accesorios asciende a 0,2 bares.

Por lo tanto, la suma de la presión que debe dar la bomba será de:

$$P_{bomba} = 2,41 \text{ bares}$$

4.1.3. Rendimiento y potencia de la bomba

Por último, una vez obtenidos el caudal y la potencia que debe dar la bomba, estamos en disposición de calcular, en función a un rendimiento, la potencia de la bomba.

Primeramente, calculamos la potencia absorbida por la bomba:

$$P_{abs} = \frac{9,81}{3600 \times 10^3} \times Q \times \rho \times P_{bomba} \times \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{abs} , la potencia absorbida por la bomba (kW)
- Q , caudal de la bomba (m³/h)
- ρ , la densidad del fluido (1025 kg/m³)
- P_{bomba} , presión que debe dar la bomba (bar)
- η , el rendimiento de la bomba (0,60)

Rendimiento Bombas Centrífugas

η	Q (m ³ /h)
0,60	50
0,62	100
0,65	200
0,70	400
0,75	800
0,80	1.000
0,82	3.000

Ilustración 15: tabla de rendimientos con relación al caudal de la bomba

Así, la potencia absorbida por la bomba es:

$$P_{abs} = 3,98 \text{ kW}$$

Y aplicando un margen de seguridad del 10% para el motor eléctrico, la potencia final que tendrán las 4 bombas de sentinas del buque:

$$P_{bomba \text{ sentinas}} = 4,38 \text{ kW}$$

5. SERVICIO DE LASTRE

5.1. Caudal de la bomba de lastre

En cuanto al servicio de lastre, el buque llevará a bordo 4 tanques de lastre repartidos a lo largo de la eslora del mismo:

- ✓ Un tanque de lastre a popa
- ✓ Dos tanques de lastre a cada costado (uno a babor y otro a estribor) en la sección media
- ✓ Un tanque de lastre a proa

Entre los 4 tanques el volumen total de los tanques de lastre será de 105,4 m³, por tanto, para un tiempo de lastrado y deslastrado de 6 horas, el caudal que deberá entregar la bomba será:

$$Q = \frac{V}{T} \times \frac{1}{N}$$

Donde:

- V, es el volumen de lastre, 105,4 m³
- T, es el tiempo de lastrado o deslastrado, 6 horas
- N, es el número de bombas que trabajarán simultáneamente, en nuestro caso 1

Por lo tanto:

$$Q_{lastre} = 26,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.2. Presión de la bomba del servicio de lastre

A continuación, calculamos la presión que debe dar la bomba, que será la suma de a presión requerida en el sistema, más la altura que debe salvar la bomba más las pérdidas de carga en los conductos.

$$P_{bomba} = P_{requerida} + P_{altura} + P_{pérdidas\ de\ carga}$$

Donde:

- Presión requerida en el extremo será de 1,5 bar
- La presión debido a la altura que debe salvar la bomba será el punto más elevado al que haya que transportar el agua de lastre desde la cubierta de CCMM. Será el correspondiente al tanque de lastre del pique de proa que estará por encima de la cubierta de CCMM 6,4 m, por tanto, la presión debida a la altura será de 0,67 bares, incluyendo las pérdidas de carga calculadas mediante la fórmula de Hazen-Williams, para un coeficiente de rugosidad de 145 debido al acero comercial empleado.

$$\Delta_f = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,86})] \cdot L$$

En donde:

- Δ_f : pérdida de carga o de energía (m)
- C: coeficiente de rugosidad (adimensional)
- D: diámetro interno de la tubería (m)
- Q: caudal (m³/s)
- L: longitud de la tubería (m)

Ilustración 16: fórmula de Hazen-Williams

- Las pérdidas de carga estimadas a lo largo de la tubería que conecta la bomba de lastre con el tanque de lastre serán calculadas con la fórmula de Hazen-Williams teniendo en cuenta las longitudes equivalentes de los diferentes accesorios determinadas por la siguiente tabla:

Fittings	Rigid PVC/HDPE e = 0.005 mm	GRP/FRP e = 0.02 mm	Commercial Steel e = 0.05 mm	Spiral Weld Steel e = 0.1 mm
Threaded bends				
90° elbow, r/d=1	37	34	30	26
45° elbow, r/d=1	20	18	16	14
Welded bends				
90° elbow, sharp bend	69	63	55	49
90° elbow, r/d=1	23	21	19	16
90° elbow, r/d=1.5	17	15	13	12
90° elbow, r/d=2	14	13	11	10
45° elbow, sharp bend	22	20	18	16
45° elbow, r/d=1	17	16	14	12
45° elbow, r/d=1.5	12	11	9.4	8.3
Threaded tees				
Tee, straight through	25	23	20	18
Tee, through branch	75	68	60	53
Welded tees				
Tee, square, straight through	0	0	0	0
Tee, square, through branch	87	79	70	61
Tee, radiused, straight through	13	12	10	9
Tee, radiused, through branch	72	65	57	50
Valves / Strainers				
Globe valve, full open	400	370	320	280
Gate valve, full open	9	8.5	7.5	6.6
Ball valve, full bore	3.3	3.0	2.6	2.3
Ball valve, reduced bore	31	28	25	22
Plug valve, 2-way	21	19	17	15
Plug valve, 3-way, straight through	36	32	29	25
Plug valve, 3-way, through branch	100	95	84	74
Diaphragm valve, weir type	200	190	160	140
Butterfly valve	46	42	37	32
Lift check valve	700	640	560	490
Swing check valve	120	110	95	85
Wafer disk check valve	530	480	420	370
Y-strainer, clean	300	280	250	220

Ilustración 17: tabla longitudes equivalentes accesorios de tubería

Para cada componente calculamos su pérdida de carga:

Elemento	Material (c)	diam	Le/D	Long. EQ	Caudal	Dif altura	Nº de componentes	Pérdida
		mm		m	m ³ /h	m		bar
Presión requerida en el extremo								1,5
Tubo Conexión	145	80		2,0	36,2	0	1	0,0091
Te roscada	145	80	20	1,6	36,2	0	2	0,0146
Tubo recto	145	80		28,0	36,2	0	1	0,1279
Codo 90º	145	80	13	1,0	36,2	0	3	0,0142
Tubo recto	145	80		9,0	36,2	6,4	1	0,6689
Válvula retención	145	80	95	7,6	36,2	0	1	0,0347
Válvula de compuerta	145	80	37	3,0	36,2	0	1	0,0135
Tubo recto impulsión	145	80		1,0	36,2	1	1	0,1027

Ilustración 18: pérdidas de carga en la tubería en el servicio de lastre

Por lo tanto, la suma de las pérdidas de carga en la tubería debida a los accesorios asciende a 0,2 bares.

Por lo tanto, la suma de la presión que debe dar la bomba será de:

$$P_{bomba\ lastre} = 2,5\ bares$$

5.3. Dimensionamiento de la bomba de servicio de lastre

Por último, una vez obtenidos el caudal y la potencia que debe dar la bomba, estamos en disposición de calcular, en función a un rendimiento, la potencia de la bomba.

Primeramente, calculamos la potencia absorbida por la bomba:

$$P_{abs} = \frac{9,81}{3600 \times 10^3} \times Q \times \rho \times P_{bomba} \times \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{abs} , la potencia absorbida por la bomba (kW)
- Q, caudal de la bomba (m³/h)
- ρ , la densidad del fluido (1025 kg/m³)
- P_{bomba} , presión que debe dar la bomba (bar)
- η , el rendimiento de la bomba (0,70)

Rendimiento Bombas Centrífugas

η	Q (m ³ /h)
0,60	50
0,62	100
0,65	200
0,70	400
0,75	800
0,80	1.000
0,82	3.000

Ilustración 19: tabla de rendimientos con relación al caudal de la bomba

Así, la potencia absorbida por la bomba es:

$$P_{abs} = 2,62\ kW$$

Y aplicando un margen de seguridad del 10% para el motor eléctrico, la potencia final que tendrán las 4 bombas de sentías del buque:

$$P_{bomba\ lastre} = 2,88\ kW$$

6. SERVICIO SANITARIO

En este apartado, detallaremos el sistema sanitario del buque (agua dulce) que incluirá el agua potable para el consumo y el agua técnica para los diferentes equipos a bordo:

- Consumo humano
- Servicios de habilitación y hotel
 - Duchas y aseos
 - Humidificación A/C
 - Lavanderías, cocinas, etc.
- Servicios técnicos
 - Refrigeración de motores
 - Alimentación de calderas
 - Otros

Para su dimensionamiento y cálculo acudiremos a la norma UNE-EN ISO 15748-2, así como al convenio MARPOL – Anexo IV, que detalla qué se debe hacer con el agua dulce una vez utilizada y convertida en aguas negras. Según el MARPOL:

- Se prohíbe la descarga al mar salvo:
 - A más de 3 millas de tierra tras desmenuzar y desinfectar
 - A más de 12 millas si no se han desmenuzado ni desinfectado
 - Que se utilice una instalación de tratamiento
 - Excepciones con el buque en riesgo o con averías
- Estandarización de las bridas de conexión a tierra:
 - Buques nuevos de más de 400 GT
 - Buques nuevos menores de 400 GT de más de 15 pasajeros
- Tratamiento
 - Instalación de tratamiento.
 - Sistema para desmenuzar y desinfectar.
 - Sistema de almacenaje (no se puede descargar instantáneamente).

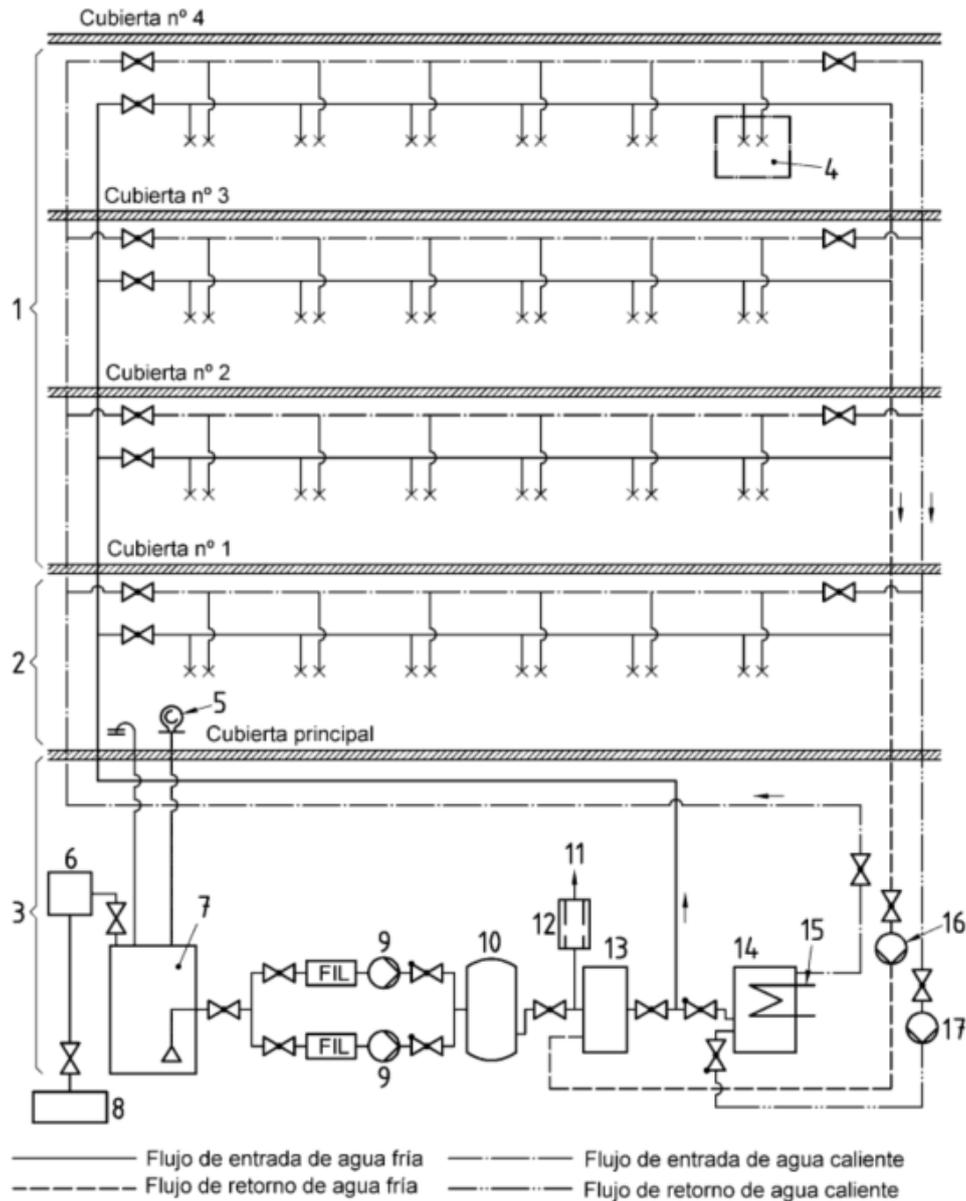
El sistema sanitario de agua dulce tendrá un tanque de almacenamiento de agua dulce previamente cargado en puerto y que, a su vez, a lo largo de la travesía, irá llenando un generador de agua dulce por ósmosis inversa.

Esa agua es bombeada hacia un tanque hidróforo cuya misión es mantener la presión constante a lo largo de todo el sistema.

Posteriormente, del tanque hidróforo partirá hacia dos consumidores diferentes:

- El agua técnica dedicada a la refrigeración de los distintos equipos que lo requieran
- El agua dulce que suministrará a la tripulación y científicos, previo paso por un sistema de esterilización y tratamiento para su consumo, antes de que se caracterice como agua potable fría y como agua potable caliente, pasando primero por un calentador

Además, el sistema tendrá una recirculación de caudal de agua fría y agua caliente mediante un sistema en anillos por cubiertas.



Leyenda

- | | |
|--|--|
| 1 Área habitable con duchas/WC | 9 Bomba de suministro de agua potable |
| 2 Área de servicios de abastecimiento | 10 Tanque de presión |
| 3 Sala de máquinas | 11 Carga técnica |
| 4 Ducha/WC | 12 Desconectador de tubería |
| 5 Conexión de alimentación a los tanques de agua potable (véase la Norma ISO 5620-1) | 13 Esterilización |
| 6 Generador de agua potable | 14 Calentador de agua |
| 7 Tanque de agua potable | 15 Elemento calentador |
| 8 Caja de mar | 16 Bomba de circulación de agua fría |
| | 17 Bomba de circulación de agua caliente |

Ilustración 20: esquema del sistema sanitario típico a bordo

Por último, una vez utilizada, el agua potable se convertirá en aguas grises, si proceden de lavabos y duchas, o en aguas negras, si proceden de inodoros, que serán almacenadas en sendos tanques de almacén.

Del tanque de almacén, dependiendo si son aguas grises o aguas negras:

- Aguas grises: serán descargadas al mar previo tratamiento con cloro
- Aguas negras: serán enviadas a una planta de tratamiento de aguas residuales (TAR) que las purificará para su posterior descarga

Con todo ello, los componentes del sistema sanitario serán:

- ✓ Generador de agua dulce por ósmosis inversa
- ✓ Tanque de almacenamiento
- ✓ Bombas de suministro y circulación
- ✓ Tanques hidróforos
- ✓ Esterilizadores
- ✓ Calentadores
- ✓ Consumidores
- ✓ Planta de tratamiento de aguas residuales (TAR)

6.1. Cálculo de las necesidades del servicio sanitario

Una vez detallado el funcionamiento del sistema, qué normas lo rigen y cuales son sus componentes principales procedemos a establecer las necesidades del servicio sanitario de nuestro buque. Para ello, vamos a seguir la norma UNE-EN ISO 15748-2, a partir de las siguientes tablas:

Tabla A.1
Valores guía para el consumo de agua potable en litros por persona/cama y día

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 ^a	160 l ^a
		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	
^a Sin lavandería a bordo.				

Ilustración 21: tabla valores orientativos de consumo UNE-EN ISO 15748-2

Con un sistema de aseos de vacío el consumo de agua al día deberá estar alrededor de 175 L de agua por persona y por día.

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

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

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

Ilustración 22: tabla guía 1 UNE-EN ISO 15748-2

Tabla A.3
Valores guía del consumo de agua en diferentes puntos de servicio por persona y día para buques de pasajeros

Punto de servicio	Consumo por cada utilización	Frecuencia de uso por día	Consumo		
			Cantidad total de agua l/día	Agua fría l/día	Agua caliente ^a l/día
Lavabo de pared o pedestal	2,5	8 ×	20	8	12
Plato de ducha ^d	60	2 ×	120	50	70
Bañera	150	1 ×	150	60	90
Retrete de gravedad ^b	10	6 ×	60	60	–
Retrete de vacío ^b	1,2	6 ×	8	8	–
Urinario ^b	3	5 ×	15 ^c	15 ^c	–
Cocina de comedores	–	–	25	10	15
Lavandería ^b	–	–	75 a 100	30 a 40	45 a 60
Limpieza	–	–	20	8	12
Duchas y piscina	–	–	10 ^e	–	–
Agua dulce para la piscina	–	–	10 ^e	–	–
Jacuzzi	–	–	60 ^e	–	–
Sauna	60	1 ×	60	–	–

^a Temperatura de 60 °C en la admisión de agua caliente.
^b Si se utiliza agua no potable se reduce el consumo de agua potable proporcionalmente.
^c El uso de urinarios reduce la utilización de retretes.
^d Si se instalan bañeras y duchas, se debe prever un uso por día.
^e Cantidad de agua adicional por usuario y día.

Ilustración 19: tabla guía 2 UNE-EN ISO 15748-2

En nuestro caso, para una autonomía de 40 días y 30 personas a bordo, y teniendo en cuenta que el consumo del oceanográfico estará en valores intermedios de un buque de carga y de pasaje:

EQUIPAMIENTO	PUNTOS DE SERVICIO	CONSUMO POR UTILIZACIÓN	FRECUENCIA DE USO	PERSONAS	CONSUMO			AUTONOMÍA	CANTIDAD TOTAL DE AGUA (L)
					CANTIDAD DE AGUA AL DÍA	AGUA FRÍA L/DÍA	AGUA CALIENTE L/DÍA		
ASEO COMPETO	Lavabo de pared	2	8	30	480	288	192	40	19200
	Plato de ducha	60	2	30	3600	1500	2100	40	144000
	Retrete de vacío	1,2	6	30	216	216	0	40	8640
LAVANDERÍA	Lavandería	-	-	30	1200	480	720	40	48000
COCINA	Zona de cocina	-	-	30	600	240	360	40	24000
LIMPIEZA	Limpieza	-	-	30	240	96	144	40	9600

Ilustración 23: tabla consumos

Haciendo la suma total de todos estos consumos:

$$\text{Consumo A. D. al día} = 6.336 \text{ L}$$

$$\text{Consumo A. D. total} = 253.440 \text{ L}$$

Una vez calculada la cantidad de agua dulce que necesitamos al día y la cantidad total de agua dulce a lo largo de toda la autonomía del buque, procedemos a calcular de forma detallada las características que debe tener cada componente del sistema.

6.2. Generador de agua dulce por ósmosis inversa

A continuación, vamos a calcular la capacidad de producción que debe tener el generador de agua dulce que llevaremos y que, en nuestro caso, será por ósmosis inversa.

El generador de agua dulce por ósmosis inversa es un equipo auxiliar de generación de agua dulce al margen de los tanques de agua dulce que se cargan primeramente en puerto. Éstos se cargarán para 3 días, y el generador trabajará continuamente para dotar al buque de agua dulce e ir rellenando los tanques de agua dulce para que posteriormente sea utilizada bien por los equipos de máquinas a bordo (agua técnica) o bien por la tripulación (agua potable).

La ósmosis es un principio básico en la búsqueda del equilibrio salino, es decir, si tenemos dos fluidos de distintas concentraciones separados por una membrana semipermeable, el fluido de menor concentración salina atravesará dicha membrana hacia el fluido de mayor concentración manifestando una diferencia de altura llamada presión osmótica.



Ilustración 24: proceso de ósmosis

La ósmosis inversa consiste en realizar el camino en sentido contrario, es decir, empleando una presión superior a la presión osmótica, podemos hacer que el sentido del equilibrio se invierta. El fluido de mayor concentración se desplazará hacia el fluido de menor concentración.

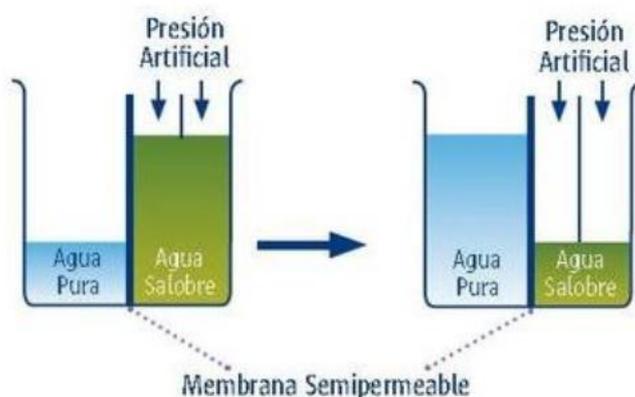


Ilustración 25: proceso de ósmosis inversa

Teniendo en cuenta que el consumo de agua dulce al día rondará los 6,3 m³ o 264 L/h, elegimos la siguiente planta desalinizadora por ósmosis inversa:

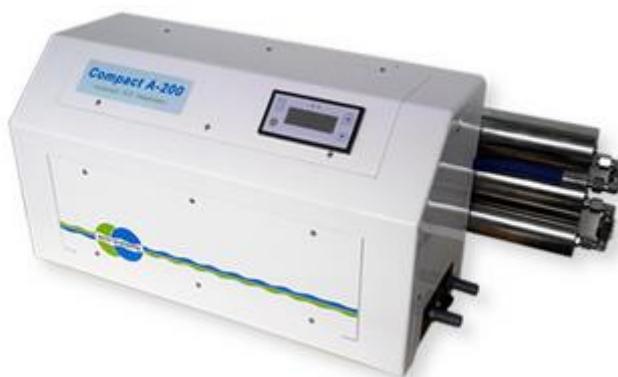


Ilustración 26: EFFICIENT A-300, ECO-SYSTEMS WATERMAKERS S.L.

Esta potabilizadora, que puede verse más extensamente en el anexo, es capaz de producir hasta 300 L/hora por lo que es idónea para nuestro buque.

6.3. Cálculo de caudales

A continuación, vamos a calcular el caudal a lo largo de todo el sistema, y en diferentes cubiertas y puntos del mismo, en base a lo establecido por la norma UNE-EN ISO 15748-2:

Tabla A.12
Valores guía para las presiones de flujo mínimo y caudal de cálculo de agua potable en los puntos de servicio estándar

Presión de flujo mínimo $P_{\min F1}$ bar	Tipo de punto de servicio de agua potable	Caudal de cálculo para el consumo de		
		Agua mezclada ^a		Agua potable fría o caliente solamente
		\dot{V}_R fría l/s	\dot{V}_R caliente l/s	\dot{V}_R l/s
0,5	Válvulas de salida sin globo ^b DN 15	–	–	0,30
0,5 DN 20	–	–	0,50
0,5 DN 25	–	–	1,00
1,0	con globo DN 10	–	–	0,15
1,0 DN 15	–	–	0,15
1,0	Boquillas de ducha para limpieza DN 15	0,10	0,10	0,20
1,2	Válvula para baldeo del retrete DN 15	–	–	0,70
1,2	Válvula para baldeo del retrete DN 20	–	–	1,00
0,4	Válvula para baldeo del retrete DN 25	–	–	1,00
1,0	Válvula para urinarios DN 15	–	–	0,30
1,0	Lavavajillas doméstico DN 15	–	–	0,15
1,0	Lavadora doméstica DN 15	–	–	0,25
–	Máquinas y aparatos de la zona de abastecimiento (datos de acuerdo con el fabricante) DN...	–	–	–
1,0	Llaves mezcladoras			
1,0	Platos de ducha DN 15	0,15	0,15	–
1,0	Bañeras DN 15	0,15	0,15	–
1,0	Fregaderos de cocina DN 15	0,07	0,07	–
1,0	Lavabos de pedestal DN 15	0,07	0,07	–
1,0	Bidets DN 15	0,07	0,07	–
1,0	Lavapiés DN 15	0,07	0,07	–
1,0	Llaves mezcladoras DN 20	0,30	0,30	–
0,5	Tanques para el baldeo de retretes DN 15	–	–	0,13
1,5	Aseo de vacío DN 15	–	–	0,30
1,0	Caldera eléctrica de agua DN 15	–	–	0,10

NOTA – Para los puntos de suministro y aparatos no incluidos en esta lista y que sean del mismo tipo de los que figuran pero con mayores flujos o presiones de flujo mínimo que los que se dan aquí, se deben tener en cuenta los datos suministrados por el fabricante al determinar el diámetro requerido de tuberías.

^a Los caudales de cálculo para la salida de agua mezclada están basados en 15° C para el agua potable fría y en 60 °C para la caliente.

^b Para las válvulas de salida sin globo y con mangueras y dispositivos conectados, se ha incluido en la presión de flujo mínimo un valor estándar de la pérdida de presión en la línea de mangueras (hasta 10 m) y en los aparatos conectados (por ejemplo un limpiador de alta presión). En este caso, se incrementa la presión de flujo mínimo entre 1 bar y 1,5 bar.

Ilustración 27: tabla guía de presiones y caudal en los consumidores del sistema

Teniendo en cuenta esta tabla guía, y la disposición del buque que contará a bordo con aseos completos, aseos simples, cocina, lavandería y laboratorios:

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	1	0,14	0,07	0,07
	Llave mezcladora	1	0,3	0,15	0,15
	Retrete de vacío	1,5	0,3	0,3	
	TOTAL		0,74	0,52	0,22
ASEO SIMPLE	Llave mezcladora	1	0,14	0,07	0,07
	Retrete de vacío	1,5	0,3	0,3	
	TOTAL		0,44	0,37	0,07
LAVANDERÍA	Lavadora	1	0,25	0,25	
LABORATORIO	Fregadero	1	0,14	0,07	0,07
COCINA	Cafetera	1	0,15	0,15	
	Fregadero	1	0,14	0,07	0,07
	Lavavajillas	1	0,15	0,15	
	Fuente de agua	1	0,07	0,07	
	Pelapatatas	1	0,13	0,13	
	TOTAL		0,64	0,57	0,07

Ilustración 28: tabla presiones de flujo mínimas y caudales de los consumidores a bordo

6.3.1. Caudales por cubierta

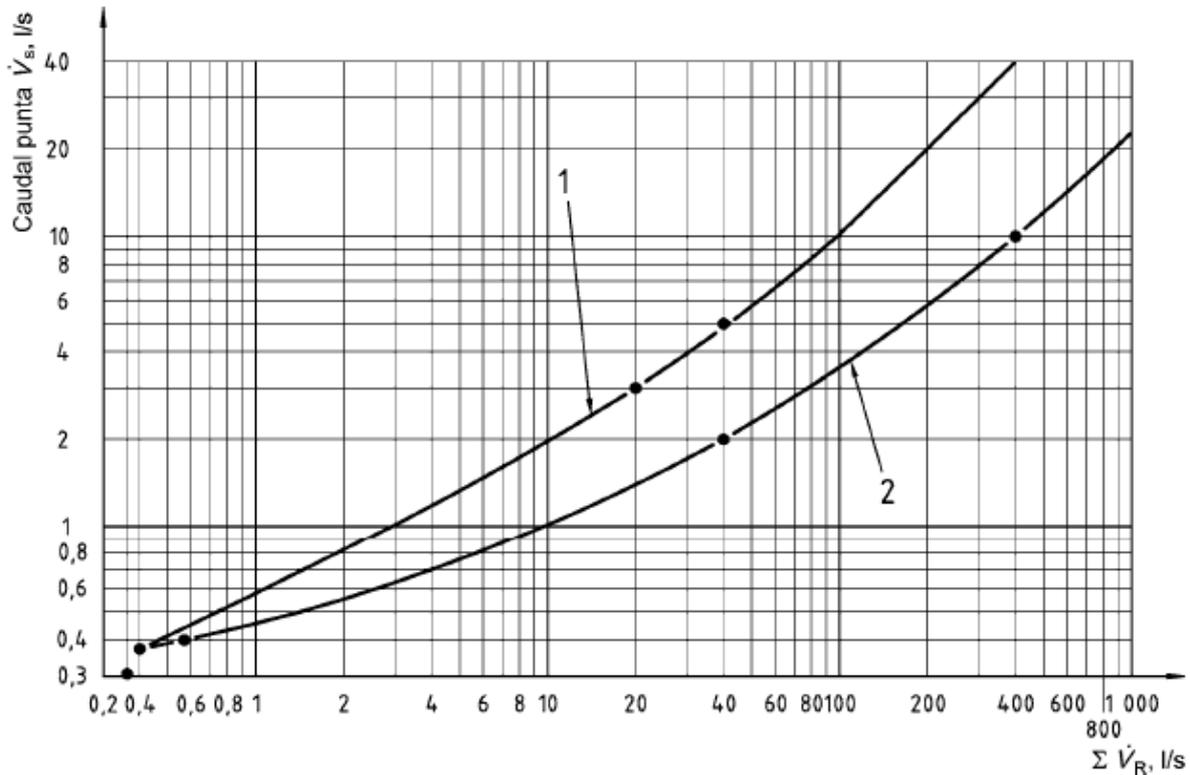
Una vez determinados tanto las presiones del flujo como el caudal en los consumidores, detallamos por cubiertas qué consumidores va a haber y su número:

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)
2º CUBIERTA: PUENTE	ASEO SIMPLE	1	0,37	0,07	0,37	0,07	2,97	1,17
	ASEO COMPLETO	5	2,6	1,1	2,6	1,1		
1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	ASEO COMPLETO	10	5,2	2,2	5,2	2,2	8,17	3,37
CUBIERTA PRINCIPAL	ASEO COMPLETO	2	1,04	0,44	3,09	0,79	11,26	4,16
	ASEO SIMPLE	4	1,48	0,28				
	COCINA	1	0,57	0,07				
ENTREPUEnte	ASEO SIMPLE	6	2,22	0,42	3,8	0,68	15,06	4,84
	ASEO COMPLETO	1	0,52	0,22				
	LABORATORIO	8	0,56	0,0392				
	LAVANDERÍA	2	0,5	0				
CAUDAL TOTAL							19,90	

Ilustración 29: caudales por cubierta y caudales troncales totales

Como podemos observar en la Ilustración 25, el caudal total será de 19,90 L/s. Sin embargo, no todos los consumidores van a estar abiertos al mismo tiempo, por lo que calculamos los caudales punta de agua fría y caliente para determinar el caudal que va a ir por las tuberías.

Para ello, utilizamos la gráfica de los caudales punta introduciendo el valor anteriormente obtenido:



Leyenda

- 1 Buque de pasaje
- 2 Buque de carga

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

Ilustración 30: gráfica caudales punta en función de la suma de caudales

Así, introduciendo los 19,90 L/s hallados anteriormente, como suma del caudal de agua fría de 15,06 L/s y del caudal de agua caliente de 4,84 L/s, en la función referente al buque de pasaje:

$$\text{Caudal punta de agua fría} = 2,4 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal punta de agua caliente} = 1,2 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal punta total de agua} = 3,0 \text{ l/s}$$

6.4. Presiones de suministro. Pérdidas de carga.

Una vez determinados los caudales punta, calculamos a continuación las presiones a lo largo de todo el sistema y las pérdidas de carga de este tanto para agua caliente como para agua fría.

Para ello debemos tener en cuenta la velocidad que debe llevar el agua a lo largo de los distintos espacios:

- 2,5 m/s en la sala de máquinas y tronco de máquinas
- 2,0 m/s en los espacios públicos
- 1,4 m/s en la cubierta de alojamientos
- 1,0 m/s en el hospital y sus cercanías
- 1,0 m/s en las líneas de aspiración de las bombas
- 0,5 m/s en las líneas de aspiración

Los valores arriba descritos tienen un significado en cuanto a confort para las tuberías en la zona de habitabilidad ya que a mayor velocidad de flujo en la tubería mayores ruidos hay, por lo que debemos evitar que la velocidad del agua en esos tramos sea elevada. Esta velocidad debe ser aún menor en la zona del hospital y cercanías para un correcto descanso y recuperación de las personas que puedan estar ahí.

Y en cuanto a la velocidad de la línea de aspiración no debe ser mayor a 1 m/s ya que sino la bomba no trabajaría correctamente.

Considerando los caudales punta y teniendo en cuenta que nuestra tubería será de acero inoxidable, trabajamos con la siguiente tabla:

Tabla A.11
Caudales punta, anchuras nominales y presiones diferenciales para tuberías de cobre y acero inoxidable

Caudal punta \dot{V}_s 1/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.

Ilustración 31: caudales punta referenciados a anchuras nominales y presiones en tuberías de acero inoxidable

Calculamos las pérdidas de carga para agua fría y caliente en función del caudal punta y de la velocidad de flujo en las diferentes cubiertas que nos da el diámetro de la tubería de la siguiente manera:

PERDIDA DE CARGA AL CONSUMIDOR MAS DESFAVORABLE (SUMINISTRO DE AGUA FRÍA)								
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO (M)	CAUDAL FRÍA (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA FRÍA (l/s)	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA FRÍA	DIFERENCIA DE PRESION AGUA FRÍA (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA FRÍA (mbar)
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	11	2,97	1	1,4	32	15	165
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	2,97	1	1,4	32	15	48
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	8,17	1,8	1,4	50	8,6	27,52
TRONCO	ENTREPUNTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	11,26	2,1	1,4	50	8,6	27,52
TRONCO	TANQUE - ENTREPUNTE	8,4	15,06	2,3	2	50	16,5	138,6
							TOTAL (bar)	0,24

Ilustración 32: pérdidas de carga de agua fría para el consumidor más desfavorable

PERDIDA DE CARGA AL COSUMIDOR MÁS DESFAVORABLE (SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE)								
NOMENCLATURA		LONGITUD TRAMO (m)	CAUDAL CALIENTE (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA CALIENTE (l/s)	VELOCIDAD MÁXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA CALIENTE	DIFERENCIA DE PRESION AGUA CALIENTE (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA CALIENTE (mbar)
RAMAL	CUBIERTA PUENTE	11	1,17	0,62	1,4	25	20	220
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	1,17	0,62	1,4	25	20	64
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	3,37	1,05	1,4	40	11,5	36,8
TRONCO	ENTREPUENTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	4,16	1,15	1,4	40	11,5	36,8
TRONCO	TANQUE - ENTREPUENTE	8,4	4,84	1,2	2	40	23	193,2
TOTAL (bar)								0,33

Ilustración 33: pérdidas de carga de agua caliente para el consumidor más desfavorable

6.4.1. Altura de bombeo agua fría y agua caliente

Una vez calculadas las pérdidas de carga, para calcular la altura de la bomba, incluimos en el cálculo de presiones la diferencia de altura entre el bombeo y el consumidor más desfavorable:

ALTURA DE BOMBEO SUMINISTRO AGUA FRÍA		
	Diferencia de altura	Bar
GEOMÉTRICA	13,6	1,33
PÉRDIDAS DE CARGA		0,24
VALVULAS Y ACCESORIOS		0,36
PRESIÓN MÍNIMA (mínimo 1,5 bar)		1,50
MARGEN 10%		0,34
TOTAL (bar)		3,78

Ilustración 34: altura de bombeo de agua fría para el consumidor más desfavorable

ALTURA DE BOMBEO SUMINISTRO AGUA CALIENTE		
	Diferencia de altura	bar
GEOMÉTRICA	13,6	1,33
PÉRDIDAS DE CARGA		0,33
VALVULAS Y ACCESORIOS		0,50
PRESIÓN MÍNIMA (mínimo 1,5 bar)		1,50
MARGEN 10%		0,37
TOTAL (bar)		4,03

Ilustración 35: altura de bombeo de agua caliente para el consumidor más desfavorable

En las dos tablas anteriores podemos observar el valor de la presión que debe dar la bomba tanto para agua fría como para agua caliente. Podemos ver la altura geométrica que debe salvar la bomba entre el tanque y el consumidor más desfavorable, las pérdidas de carga calculadas anteriormente, las pérdidas de carga de los accesorios y válvulas (1,5 veces las pérdidas de carga), la presión mínima que debe tener de 1,5 bares y, por último, el margen del 10%.

6.5. Dimensionamiento de las bombas de suministro

Conocidos los caudales punta y las presiones que debe tener el sistema y dar la bomba, ya estamos en disposición de obtener el dimensionamiento de las bombas de suministro de agua dulce.

El caudal de la bomba será el caudal punta total con un margen del 10%:

$$Q_{bomba\ A.D.} = 3\ l/s$$

$$Q_{bomba\ A.D.} = 10,8\ m^3/h$$

La presión será la calculada anteriormente más un margen de 2 bares para el tanque hidróforo:

$$P_{bomba A.D.} = 6 \text{ bares}$$

Con estos valores, calculamos la potencia que debe dar la bomba como:

$$P_{abs} = \frac{9,81}{3600 \times 10^3} \times Q \times \rho \times P_{bomba} \times \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{abs} , la potencia absorbida por la bomba (kW)
- Q , caudal de la bomba (m³/h)
- ρ , la densidad del fluido (1025 kg/m³)
- P_{bomba} , presión que debe dar la bomba (bar)
- η , el rendimiento de la bomba (0,60)

Rendimiento Bombas Centrífugas

η	Q (m ³ /h)
0,60	50
0,62	100
0,65	200
0,70	400
0,75	800
0,80	1.000
0,82	3.000

Ilustración 32: tabla de rendimientos con relación al caudal de la bomba

Así, la potencia absorbida por la bomba es:

$$P_{abs} = 2,96 \text{ kW}$$

Y aplicando un margen de seguridad del 10% para el motor eléctrico, la potencia final que tendrá la bomba será de:

$$P_{bomba A.D.} = 3,26 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se instalarán **dos bombas** (una de respeto) que den una potencia no inferior a **3,26 kW**.

6.6. Volumen, caudal, pérdidas de carga y presión de recirculación

6.6.1. Volumen en el sistema de recirculación

Una vez calculadas las características principales de la bomba de suministro de agua dulce y el caudal que circulará a través de las tuberías del sistema, procedemos a calcular las características del sistema y de las bombas de recirculación.

Para ello, primeramente, determinamos el volumen que hay de agua en las tuberías aplicando 3 renovaciones completas por hora. Así, aplicando la norma UNE-EN ISO 15748-2:

Tabla A.8
 Volumen de agua en las tuberías de acero

Anchura nominal	Volumen de agua en l/m en				
	Tuberías de acero sin alear de acuerdo con la Norma				Tuberías de acero inoxidable de acuerdo con la Norma ISO 1127
	ISO 65		ISO 4200		
DN	Series medias	Series pesadas	Sin soldadura	Soldadas	
6	0,030	0,019	–	–	–
8	0,061	0,047	–	–	–
10	0,123	0,102	0,145	0,145	0,154
12	–	–	–	–	–
15	0,201	0,172	0,235	0,235	0,257
20	0,366	0,327	0,391	0,412	0,441
25	0,581	0,515	0,638	0,693	0,731
32	1,012	0,924	1,087	1,122	1,207
40	1,372	1,269	1,459	1,500	1,598
50	2,206	2,067	2,333	2,437	2,561
65	3,718	3,536	3,882	3,948	4,015
80	5,128	4,927	5,346	5,434	5,581
100	8,709	8,413	9,009	9,144	9,348

Ilustración 33: volumen de agua en tuberías de acero. UNE-EN ISO 15748-2

Teniendo en cuenta los distintos ramales por cubiertas, el tronco principal de la tubería y el diámetro de ellos obtenemos el volumen dentro de la tubería tanto para el suministro de agua fría como para la caliente:

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)
RAMAL	2ª CUBIERTA: PUENTE	11	32	1,012	11,1
RAMAL	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	21,8	40	1,372	29,9
RAMAL	CUBIERTA PRINCIPAL	21,8	32	1,012	22,1
RAMAL	ENTREPUEENTE	25,5	32	1,012	25,8
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	32	1,012	3,2
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	50	2,206	7,1
TRONCO	ENTREPUEENTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	50	2,206	7,1
TRONCO	TANQUE - ENTREPUEENTE	8,4	50	2,206	18,5
				Total (l)	124,8

Ilustración 34: volumen de recirculación del suministro de agua fría

El volumen total dentro de las tuberías de agua fría y por tanto de recirculación es dos veces el volumen calculado de 124,8 L. Por lo tanto:

$$V_{\text{recirc. agua fría}} = 249,6 \text{ L}$$

Por lo tanto, ya que se estima que se renueve el caudal 3 veces a la hora, el caudal de recirculación será:

$$Q_{recirc. \text{ agua fría}} = 0,75 \text{ m}^3/h$$

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)
RAMAL	2ª CUBIERTA: PUENTE	11	25	0,581	6,4
RAMAL	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	21,8	32	1,012	22,1
RAMAL	CUBIERTA PRINCIPAL	21,8	25	0,581	12,7
RAMAL	ENTREPUEENTE	25,5	25	0,581	14,8
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	25	0,581	1,9
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	40	1,372	4,4
TRONCO	ENTREPUEENTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	40	1,372	4,4
TRONCO	TANQUE - ENTREPUEENTE	8,4	40	1,372	11,5
Total (l)					78,1

Ilustración 35: volumen de recirculación del suministro de agua caliente

El volumen total dentro de las tuberías de agua caliente y por tanto de recirculación es dos veces el volumen calculado de 78,1 L. Por lo tanto:

$$V_{recirc. \text{ agua caliente}} = 156,2 \text{ L}$$

De la misma manera que antes, calculamos el caudal de recirculación de agua caliente que debe dar la bomba:

$$Q_{recirc. \text{ agua caliente}} = 0,47 \text{ m}^3/h$$

6.6.2. Pérdidas de carga de recirculación agua fría y caliente

A continuación, calculamos las pérdidas de carga de la recirculación de agua fría para la ruta más larga. Las pérdidas de carga en este caso no incluirán la altura geométrica que hay entre la bomba y los consumidores ya que son tuberías horizontales con un origen y fin en común:

PERDIDA DE CARGA RUTA MAS LARGA CIRCUITO RECIRCULACION (AGUA FRÍA)								
NOMENCLATURA	LONGITUD TRAMO	CAUDAL FRÍA (l/s)	CAUDAL PUNTA AGUA FRÍA (l/s)	VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE (m/s)	DN TUBERÍA AGUA FRÍA	DIFERENCIA DE PRESION AGUA FRÍA (mbar/m)	PERDIDAS DE CARGA AGUA FRÍA (mbar)	
RAMAL	2ª CUBIERTA: PUENTE	11	0	1	1,4	32	15	165
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	0	1	1,4	32	15	48
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	0	1,8	1,4	50	8,6	27,52
TRONCO	ENTREPUEENTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	0	2,1	1,4	50	8,6	27,52
TRONCO	TANQUE - ENTREPUEENTE	8,4	0	2,3	2	50	16,5	138,6
TRONCO	TANQUE - ENTREPUEENTE	8,4	0	2,3	2	50	16,5	138,6
TRONCO	ENTREPUEENTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	0	2,1	1,4	50	8,6	27,52
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	0	1,8	1,4	50	8,6	27,52
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	0	1	1,4	32	15	48
RAMAL	2ª CUBIERTA: PUENTE	11	0	1	1,4	32	15	165
TOTAL (bar)								1,06

Ilustración 36: pérdidas de carga ruta más larga del circuito de recirculación de agua fría

De la misma manera, calculamos las pérdidas de carga para la ruta más larga del circuito de recirculación de agua caliente:

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)
RAMAL	2ª CUBIERTA: PUENTE	11	0	0,62	1,4	25	20	220
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	0	0,62	1,4	25	20	64
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	0	1,05	1,4	40	11,5	36,8
TRONCO	ENTREPUNTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	0	1,15	1,4	40	11,5	36,8
TRONCO	TANQUE - ENTREPUNTE	8,4	0	1,2	2	40	23	193,2
TRONCO	TANQUE - ENTREPUNTE	8,4	0	1,2	2	40	23	193,2
TRONCO	ENTREPUNTE - CUBIERTA PRINCIPAL	3,2	0	1,15	1,4	40	11,5	36,8
TRONCO	CUBIERTA PRINCIPAL - 1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN	3,2	0	1,05	1,4	40	11,5	36,8
TRONCO	1ª CUBIERTA: HABILITACIÓN - 2ª CUBIERTA: PUENTE	3,2	0	0,62	1,4	25	20	64
RAMAL	2ª CUBIERTA: PUENTE	11	0	0,62	1,4	25	20	220
TOTAL (bar)								1,10

Ilustración 37: pérdidas de carga ruta más larga del circuito de recirculación de agua caliente

6.6.3. Presiones totales de recirculación

Una vez calculadas las pérdidas de carga en la recirculación, calculamos a presión total del sistema de recirculación y por tanto la presión total que debe dar la bomba de recirculación de agua fría y caliente:

BOMBEO RECIRCULACION AGUA FRIA	
	bar
PÉRDIDAS DE CARGA	1,06
VALVULAS Y ACCESORIOS	1,59
MARGEN 40%	1,06
TOTAL (bar)	3,71

Ilustración 38: presiones recirculación agua fría

Podemos ver en la tabla de arriba la presión total de recirculación compuesta por las pérdidas de carga calculadas anteriormente, las pérdidas de carga causadas por las válvulas y accesorios estimadas en 1,5 veces las pérdidas de carga de la tubería, y, el margen del 40% aplicado.

De la misma manera calculamos la pérdida de carga en la recirculación del agua caliente:

BOMBEO RECIRCULACION AGUA FRIA	
	bar
PÉRDIDAS DE CARGA	1,10
VALVULAS Y ACCESORIOS	1,65
MARGEN 40%	1,10
TOTAL (bar)	3,86

Ilustración 39: presiones recirculación agua caliente

6.7. Dimensionamiento de las bombas de recirculación

Obtenido el caudal de recirculación, y la presión a la que debe estar el sistema y, por tanto, que debe suministrar la bomba, calculamos las características y potencia de la bomba de recirculación de agua fría y de agua caliente:

$$P_{abs} = \frac{9,81}{3600 \times 10^3} \times Q \times \rho \times P_{bomba} \times \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{abs} , la potencia absorbida por la bomba (kW)

- Q , caudal de la bomba (m^3/h)
- ρ , la densidad del fluido ($1025 \text{ kg}/m^3$)
- P_{bomba} , presión que debe dar la bomba (bar)
- η , el rendimiento de la bomba (0,60)

Así, la potencia absorbida por la bomba de recirculación de agua fría será:

$$P_{abs} = 0,13 \text{ kW}$$

Aplicando un margen de seguridad del 10% para el motor eléctrico, la potencia final será de:

$$P_{\text{bomba recirc. agua fría}} = 0,14 \text{ kW}$$

De la misma manera calculamos la potencia de la bomba de recirculación de agua caliente:

$$P_{abs} = 0,08 \text{ kW}$$

Aplicando también el margen del 10% en seguridad para el motor eléctrico, la potencia final será de:

$$P_{\text{bomba recirc. agua caliente}} = 0,09 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se instalarán **dos bombas de recirculación**, una para el circuito de **agua fría** y otra para el circuito de **agua caliente**.

6.8. Dimensionamiento del tanque hidróforo

Calculamos ahora las características del tanque hidróforo. El tanque hidróforo es un tanque que se sitúa aguas debajo de la bomba de circulación de agua dulce y que suministra agua a presión al circuito.

Además, evitan el continuo arranque y parada de las bombas de suministro. Su funcionamiento se basa en la compresibilidad del gas contenido en su interior con una membrana, y su presión de trabajo, la misma que la de las bombas de suministro.



Ilustración 40: tanques hidróforos semejantes a los que se llevará a bordo el buque

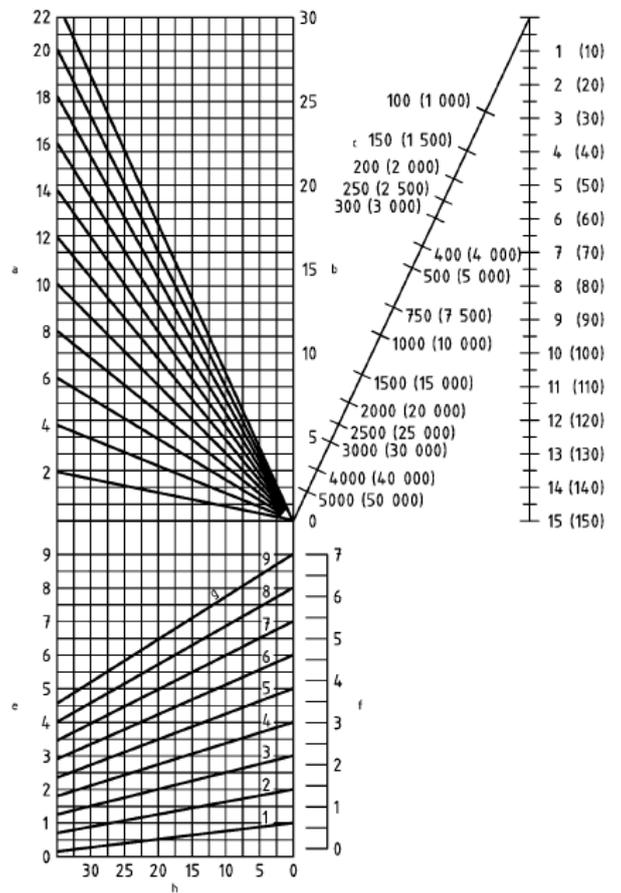
El tanque hidróforo al ser un recipiente bajo presión debe cumplir unas prescripciones de seguridad estrictas. Llevan además equipados:

- Válvulas de seguridad
- Sensores de nivel de agua
- Grifo de purga
- Conmutador de control de presión
- Manómetros
- Accesos para registro y limpieza

Para su dimensionamiento, tendremos en cuenta el caudal que da la bomba de suministro, la presión de apertura de la bomba y la presión de corte, que será 2 bares mayor, y por último, los accionamientos por hora:

- Caudal de la bomba de suministro: 3 l/s o, 10,8 m³/h
- Presión de apertura de la bomba de suministro: 4 bar
- Presión de corte de la bomba de suministro: 6 bar
- Accionamientos por hora: 6 accionamientos/h

A continuación, calculamos las características del tanque utilizando el diagrama de abajo:



- a** Frecuencia de accionamientos por h S
- b** Caudal a la salida de la bomba $\frac{V_p}{V_D} \times \frac{V_p}{h} \times \frac{m^3}{m^3}$
- c** Volumen del depósito V_D l
- d** Caudal a la salida de la bomba $V_p = V_{pmin}$ en m³/h
- e** Presión de corte p_k de la bomba en bar
- f** Presión previa p_v en bar; para el aire comprimido en el depósito de agua
- e** Presión de corte p_k en bar
- b** Volumen utilizable del depósito de agua V_{eff} en %
 $V_{eff} = \frac{V_S}{V_D} \times 100$

Fig. A.4 – Diagrama funcional para determinar el tamaño de los depósitos de agua

Ilustración 41: diagrama tanque hidróforo

Entrando en el diagrama con los valores anteriormente expuestos:

$$\text{Volumen del tanque hidróforo} = 2000 \text{ l}$$

$$\% \text{ tanque hidróforo utilizable} = 22,5 \%$$

$$\text{Volumen de agua} = 450 \text{ l}$$

6.9. Potabilización y esterilización

El agua dulce además de tener que llevarla a los consumidores como hemos calculado anteriormente, debe ser potable para su consumo. Para ello, una vez que es bombeada hacia su destino, previamente el agua destilada para por una esterilización que garantiza que el agua dulce está libre de gérmenes antes de su consumo.



Ilustración 42: esterilizadora de agua dulce

En la imagen podemos ver un punto de esterilización del sistema en el que el agua es tratada mediante:

- ✓ Filtrado
- ✓ Radiación ultravioleta
- ✓ Germicidas químicos

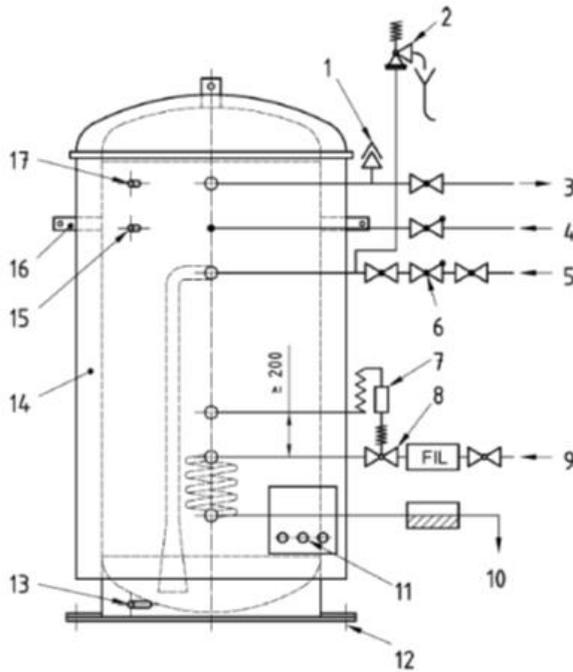
Posteriormente, además, debe ser mineralizada, así, el agua dulce, pasa a ser agua potable apta para el consumo humano.

El agua sin mineralizar es la utilizada con fines técnicos de refrigeración de máquinas ya que su no contenido en minerales es apropiado para evitar una mayor corrosión.

6.10. Dimensionamiento de los calentadores

A continuación, vamos a proceder con el dimensionamiento de los calentadores para que el agua potable se transforme en agua caliente para sus consumidores, por un lado, duchas y lavabos, y por otro lado los fregaderos.

El servicio de calentadores será de suministro central de flujo continuo cerrado. Un calentador que eleve la temperatura del agua a lo largo de todo el sistema, y que recoja la recirculación del caudal de agua caliente para que la vuelva a calentar hasta la temperatura óptima antes de que vuelva a los consumidores.



Leyenda

- 1 Válvula de ventilación
- 2 Válvula de seguridad de presión
- 3 Salida del agua caliente
- 4 Línea de circulación
- 5 Entrada del agua fría
- 6 Válvula antirretorno
- 7 Termostato
- 8 Válvula
- 9 Calentador de vapor del agua caliente
- 10 Descarga del condensado
- 11 Calentador eléctrico
- 12 Sujeción a la cubierta
- 13 Desagüe DN 25
- 14 Aislamiento con carcasa
- 15 Termómetro
- 16 Sujeción al mamparo
- 17 Válvula de seguridad de presión y temperatura (opcional)

Ilustración 43: calentador de agua y equipos asociados

Las características del calentador deben ser las siguientes:

- Calentar el agua hasta un mínimo de 60°C para prevenir depósitos y legionela
- Presión nominal máxima de 6 bares
- Válvula antirretorno en la alimentación de agua fría
- Acumuladores a un máximo de 1 m de la vertical y 2 m en la horizontal de la salida

Dimensionamos el calentador en base a lo establecido en la norma UNE-EN ISO 15748-2 en la que encontramos la siguiente tabla:

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

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

NOTA 1 - Por regla general, no se utilizan calentadores individuales de agua de más de 3 000 l de capacidad. Para demandas superiores de agua se deben instalar dos o más calentadores de agua de un tamaño apropiado, o calentadores de flujo continuo.

NOTA 2 - Para cada número de personas se indican dos posibilidades de volumen de agua.

NOTA 3 - La columna "Potencia de calentamiento adicional" tiene en cuenta el suministro de agua potable que hay que asegurar en puerto (véase el apartado 11.1).

Ilustración 44: valores guía de los calentadores de agua y su potencia

Entrando en la tabla con el número de personas que lleva a bordo el buque, 30, obtenemos el volumen del calentador de agua y su potencia necesaria:

$$\text{Volumen calentador} = 650 \text{ L}$$

$$\text{Potencia del calentador} = 40 \text{ kW}$$

6.11. Planta de tratamiento de aguas residuales (TAR)

Una vez que el agua ha pasado por los consumidores y es desechada, bien por el lavabo, lavadoras, urinarios u hospital médico, antes de ser expulsada al mar, en lugar de ser almacenada, va a ser tratada y va a pasar a través de una planta de tratamiento de aguas residuales o TAR que va a tratarla eliminando los residuos e impurezas para su posterior evacuación al mar.

Todas las aguas sucias, incluidas aguas grises y negras provenientes de todos los consumidores sin excepción, van a ser tratadas como agua residual y pasará a través de la TAR antes de su expulsión.

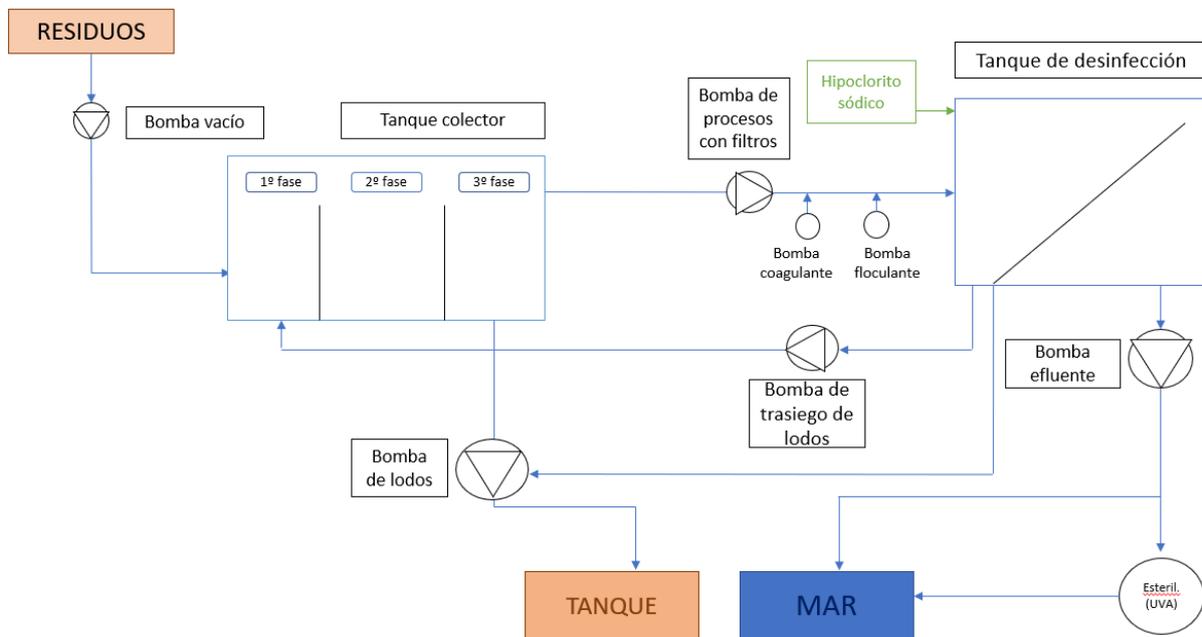


Ilustración 45: esquema de funcionamiento de la planta TAR

Como podemos ver en la ilustración 45, mostramos como trabaja y el sistema de funcionamiento de la planta TAR internamente. El agua residual sucia y negra es llevada a un tanque colector donde mediante 3 fases, separadas por membranas que no llegan al techo del tanque, el agua sucia se separa de los residuos más importantes que se quedan al fondo de éste y que mediante una bomba de lodos son llevados al tanque de lodos.

Posteriormente el agua sucia pasa por una bomba de procesos con filtros, que trabajan de forma alternada para evitar su obstrucción, es llevada a un tanque de desinfección en el que se le añade hipoclorito sódico. Previamente, y aguas debajo de la bomba, en el agua se inyecta coagulante y floculante, a través de sendas bombas, para que, en el tanque, con una membrana oblicua, se decante y queden los residuos solidificados en la primera zona del tanque, y el agua que avanza a la segunda zona pase limpia libre de residuos sólidos.

De la primera zona del tanque de desinfección, salen dos conductos que llevan, por un lado, el agua sucia del tanque de nuevo a la primera fase del tanque colector para ser tratada de nuevo, y por otro lado, un segundo conducto que sale del fondo del tanque con los residuos sólido que se envía al tanque de lodos mediante la bomba de lodos.

Por último, el agua que sale de la segunda zona del tanque de desinfección y libre de residuos sólidos es enviada al mar si cumple con la normativa en cuanto a partículas por millón (ppm), previo paso por un esterilizador de rayos UV.

6.11.1. Dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Después de describir el proceso que sucede con el agua sucia antes de ser evacuada al mar limpia libre de residuos, vamos a proceder al dimensionamiento de la planta TAR en base a lo descrito en la norma UNE-EN ISO 15749-1.

Para ello seguimos la siguiente tabla:

Cantidad mínima de agua de desecho

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

Ilustración 46: tabla cantidad mínimo de agua de deshecho por persona y día

Como podemos observar, en una planta de vacío como llevaremos a bordo, la cantidad de agua sucia, sumando negra y gris, que genera una persona al día será de 185 L para buques de pasaje, aunque como nuestro buque es un buque de investigación estaremos que cada persona al día producirá una cantidad de 160 L de agua negra y sucia para dimensionar la planta TAR.

Por lo tanto, al llevar 30 personas a bordo:

$$\text{Volumen de agua residual} = 4.800 \text{ L}$$

Una vez que sabemos que la planta TAR deberá tratar como mínimo 4.800 L de aguas residuales grises y negras, acudimos a un catálogo de plantas TAR para seleccionar la que llevará a bordo el buque. Podemos consultar el catálogo en el Anexo.

Escogeremos el **STPN Model 630** apta para **30 personas** y que es capaz de tratar **6.300 L** de agua residual por día.

7. SERVICIO DE CONTRA INCENDIOS

A lo largo de este apartado, vamos a calcular las capacidades y las características que deben tener los sistemas y equipos dedicados a la lucha contra incendios a bordo.

Para su dimensionamiento, acudiremos a la Capítulo II-2 del SOLAS, y como nuestro buque es de propósito especial, también al SPS Code.

El SPS Code nos dice en su capítulo 6 que para buques que transporten menos de 60 personas, se apliquen las reglas del capítulo II-2 del SOLAS como si se tratara de un buque de carga.

Atendiendo a la Regla 7 – *Detección y Alarma* - del SOLAS:

- ✓ El buque dispondrá de un sistema de alarma fijo de detección de incendios que avise si se detecta un incendio en un local a bordo para que se inicie la evacuación y la correspondiente lucha contra el fuego.

En cuanto a la contención del incendio para que este no se propague, aplicamos la Regla 9 – *Contención del Incendio* – del SOLAS:

- ✓ El buque estará subdividido mediante mamparos límite térmicos y estructurales.
- ✓ El aislamiento térmico de los mamparos será tal que proteja debidamente del riesgo de incendio que ofrecen ese espacio y los espacios adyacentes.
- ✓ Se mantendrá la integridad al fuego de las divisiones en las aberturas y penetraciones.

Además, aplicaremos la Regla 10 – *Lucha contra incendios* – del SOLAS, cuya finalidad es la supresión y rápida extinción de un incendio en el espacio de origen instalando:

- ✓ Sistemas fijos de extinción de incendios teniendo debidamente en cuenta el potencial de propagación del incendio en los espacios protegidos, tales como mangueras, extintores portátiles y sistemas fijos de lucha contra incendio de espuma.

7.1. Bombas CI, colectores, hidrantes y mangueras

Según lo descrito en la Regla 10 – *Lucha contra incendios* – del SOLAS, detallamos a continuación los equipos y sistemas que llevará a bordo el buque y sus características.

7.1.1. Colectores

El buque contará a bordo con un colector contra incendios para evitar el congelamiento de las tuberías.

El diámetro del colector deberá ser suficiente para que dos bombas CI que calcularemos más adelante trabajen a la vez al máximo, pero el caudal no debe ser mayor a 140 m³/h. La velocidad máxima dentro de la tubería será de 4 m/s.

7.1.2. Hidrantes y mangueras

El buque llevará a bordo dos jets de diferentes hidrantes en el que uno de ellos debe tener una longitud simple de manguera y que puedan alcanzar cualquier parte del buque normalmente accesible durante la navegación.

Estos hidrantes, para buques de carga menores a 6000 GT, deberán tener una **presión de servicio en la boca del hidrante** de 0,25 N/mm², o lo que es lo mismo, **2,5 bares**.

Además, deberá llevar a **ambos costados** una **conexión a tierra**.

En cuanto a las mangueras, lo establecido para buques de carga, deberá haber una manguera con su correspondiente BIE (boca de incendio equipada) por cada 30 m de eslora más una de respeto, con un mínimo de 5 mangueras en total para buques con un arqueo de más 1000 GT. Todo ello, además de las mangueras que lleve la cámara de máquinas.

La longitud de estas mangueras, estibadas en su correspondiente BIE, tendrán una longitud de 15 m en la CCMM y 20 m en los demás espacios y cubiertas.

7.1.3. Bombas CI

En cuanto a las bombas contra incendios en un buque de carga, el SOLAS en su Capítulo 2-II, establece que dichos buques deberán ir equipados con un mínimo de 2 bombas CI. De esta manera el buque llevará **2 bombas CI más una bomba de emergencia** de unas determinadas características que detallaremos más adelante.

El caudal de dichas bombas individualmente nunca será menor de 25 m³/h, y el caudal total de las dos, excluyendo la de emergencia, nunca será mayor de 180 m³/h.

7.2. Protección pasiva CI

La protección pasiva contra incendios consiste en retener el incendio en el espacio en el que se origina sin que éste se traslade a otro espacio contiguo debido a las temperaturas que alcanzan en el lugar del fuego mamparos o cubiertas.

De esta manera, se trata de evitar que debido a la acción del calor generado por el incendio y/o las llamas de éste, origine un daño o destrucción de los mamparos y cubiertas del espacio donde se produce el incendio.

Así, dependiendo del material del que esté formado el mamparo, que puede ser acero o de una mezcla de materiales por capas, y del tiempo que aguante la contención del incendio y temperaturas que alcance como máximo el mamparo en cuestión se distingue:

- *Divisiones de Clase A*

Son de acero o material equivalente.

Tienen un reforzado adecuado y están aisladas con material no combustible de modo que no se eleve más de un promedio un promedio de 140°C al otro lado o que en ningún punto se eleve más de 180°C durante el tiempo:

- Clase A-60: 60 min
- Clase A-30: 30 min
- Clase A-15: 15 min
- Clase A-0: 0 min

Además, ninguno de ellos permite pasar el humo ni las llamas durante 1 hora.

- *Divisiones de clase B*

Son de material no combustible pero no de acero.

Están aisladas con material no combustible de modo que no se eleve más de un promedio de 140°C al otro lado o que en ningún punto se eleve más de 225°C, durante el tiempo:

- Clase B-15: 15 min
 - Clase B-0: 0 min
- Además, ninguno de ellos debe dejar pasar el humo ni las llamas durante 30 minutos.

- *Divisiones de clase C*

Son de material no combustible pero no tienen ninguna característica adicional en la lucha contra el fuego ni en cuanto a calor ni tiempo.

De esta manera, detallamos en la tabla que se puede ver a continuación, las características de los mamparos utilizados en cada cubierta para la protección contra el fuego:

Cubierta	Clase
Cámara de máquinas	A-60
Entrepunte	A-15
Cubierta principal	B-15
1º Cubierta: habilitación	B-0
2º Cubierta: puente	B-0

Ilustración 47: tipos de mamparo según cubiertas

7.3. Extintores portátiles

Siguiendo la Regla 10 – *Lucha contra incendios* – del SOLAS:

- 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 que sean satisfactorios a juicio de la Administración. En buques de arqueo bruto igual o superior a 1 000 toneladas el número de extintores portátiles no será inferior a cinco.
- Uno de los extintores portátiles destinados a ser utilizados en un espacio determinado estará situado cerca de la entrada a dicho espacio.
- No habrá extintores de incendio a base de anhídrido carbónico en los espacios de alojamiento. En los puestos de control y demás espacios que contengan equipo eléctrico o electrónico o dispositivos necesarios para la seguridad del buque, se proveerán extintores cuyo agente extintor no sea conductor de la electricidad ni pueda dañar el equipo y los dispositivos.
- Los extintores de incendio estarán listos para su utilización y situados en un lugar visible que pueda alcanzarse rápida y fácilmente en todo momento en caso de incendio, y de modo que su utilidad no se vea afectada por las condiciones meteorológicas, las vibraciones o factores externos. Los extintores portátiles dispondrán de dispositivos que indiquen si se han utilizado.

Además, en cuanto a los extintores, el SOLAS establece lo siguiente:

- Se proveerán cargas de respeto para el 100% de los 10 primeros extintores y para el 50% del resto de los extintores que se puedan recargar a bordo. No se necesitan más de 60 cargas de respeto. Las instrucciones para recargarlos se llevarán a bordo.
- En el caso de extintores que no se pueden recargar a bordo, en lugar de cargas de respeto se proveerá la misma cantidad de extintores portátiles adicionales del mismo tipo y capacidad.

Además de lo dispuesto en el SOLAS, siguiendo las siguientes tablas, establecemos el número de extintores por cubiertas y su localización:

Table – Minimum numbers and distribution of portable fire extinguishers in the various types of spaces on board ships

Table – Minimum numbers and distribution of portable fire extinguishers in the various types of spaces on board ships			Type of spaces	Minimum number of extinguishers	Class(es) of extinguisher(s)
Accommodation spaces	Public spaces	1 per 250 m ² of deck area or fraction thereof	Service spaces Lockers and store rooms (deck area is less than 4 m ²)	0	
	Corridors	Travel distance to extinguishers should not exceed 25 m within each deck and main vertical zone	Other spaces in which flammable liquids are stowed	In accordance with SOLAS regulation II-2/10.6.3	
	Stairway	0	Control stations (other than wheelhouse)	1	A or C
	Lavatories, cabins, offices, pantries containing no cooking appliances	0	Wheelhouse	2, if the wheelhouse is less than 50 m ² only 1 extinguisher is required ³	A or C
	Hospital	1	Central control station for propulsion machinery	1, and 1 additional extinguisher suitable for electrical fires when main switchboards are arranged in central control station	A and/or C
	Laundry drying rooms, pantries containing cooking appliances	1 ²	Vicinity of the main switchboards	2	C
Service spaces	Lockers and store rooms (having a deck area of 4 m ² or more), mail and baggage rooms, specie rooms, workshops (not part of machinery spaces, galleys)	1 ²	Workshops	1	A or B
	Galleys	1 class B and 1 additional class F or K for galleys with deep fat fryers	Enclosed space with oil-fired inert gas generators, incinerators and waste disposal units	2	B
			Separately enclosed room with fuel oil purifiers	0	
			Periodically unattended Machinery spaces of category A	1 at each entrance ¹	B
			Workshops forming part of machinery spaces and other machinery spaces (auxiliary spaces, electrical equipment spaces, auto – telephone exchange rooms, air conditioning spaces and other similar spaces)	1	B or C
			Weather deck	0 ⁴	B

Type of spaces	Minimum number of extinguishers	Class(es) of extinguisher(s)
Ro-ro spaces and vehicle spaces	No point if space is more than 20 m walking distance from an extinguisher at each deck level ^{4,5}	B
Cargo spaces	0 ⁴	B
Cargo pump-room	2	B
Helidecks	In accordance with SOLAS regulation II-2/18.5.1	B

NOTES:

- ¹ A portable fire extinguisher required for a small space may be located outside and near the entrance to that space.
- ² For service spaces, a portable fire extinguisher required for that small space placed outside or near the entrance to that space may also be considered as part of the requirement for the space in which it is located.
- ³ If the wheelhouse is adjacent with the chartroom and has a door giving direct access to chartroom, no additional fire extinguisher is required in the chart room. The same applies to safety centres if they are within the boundaries of the wheelhouse in passenger ships.
- ⁴ Two portable fire extinguishers, each having a capacity of not less than 6 kg of dry powder or equivalent, should be provided when dangerous goods are carried on the weather deck, in open ro-ro spaces and vehicle spaces, and in cargo spaces as appropriate. Two portable fire extinguishers, each having a suitable capacity, should be provided on weather deck for tankers.
- ⁵ No portable fire extinguisher needs to be provided in cargo holds of containerships if motor vehicles with fuel in their tank for their own propulsion are carried in open or closed containers.

Ilustración 47: número mínimo y distribución de extintores portátiles en los diferentes espacios a bordo

En lo referente a los espacios de máquinas que contengan motores de combustión interna, el SOLAS en su Capítulo II-2, Regla 10.5.2., establece:

- En cada uno de estos espacios habrá extintores de espuma de tipo aprobado, de 45 l de capacidad como mínimo, o modelos equivalentes, en número suficiente para que la espuma o el producto equivalente puedan alcanzar cualquier parte de los sistemas de combustible y de aceite de lubricación a presión, engranajes y otras partes que presenten riesgo de incendio. Habrá además un número suficiente de extintores portátiles de espuma o de dispositivos equivalentes situados de modo que no sea necesario andar desde ningún punto del espacio de que se trate más de 10 m para llegar a ellos, debiendo haber por lo menos dos de estos extintores en cada uno de tales espacios. Respecto de los espacios de menores dimensiones de buques de carga la Administración podrá considerar la conveniencia de atenuar esta prescripción.

Por otro lado, teniendo en cuenta la cubierta par el aterrizaje de helicópteros que tiene el buque encima del puente, el SOLAS en la Regla 18 - Instalaciones para helicópteros - establece una serie de criterios para las instalaciones contra incendios en dicho espacio:

- En las inmediaciones de la helicubierta se proveerán y situarán cerca de los medios de acceso a la misma:
 - dos extintores como mínimo de polvo seco con una capacidad total no inferior a 45 kg;
 - extintores de anhídrido carbónico con una capacidad total no inferior a 18 kg, o una capacidad equivalente.

Por último, los laboratorios llevarán el número de extintores adecuados con respecto a la tarea que se va a realizar en ellos.

A partir de lo descrito anteriormente, mostramos cuántos extintores debe llevar a bordo el buque y en qué espacios:

Espacios	Extintores (número)	Tipo de extintor
Puente	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
Espacio públicos	3	Polvo seco (Clase A, B, C)
Pañol de pinturas	1	Pórtatil de CO2
Cocina	1	Polvo seco (Clase A, B, C)
Local generador de emergencia	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
Laboratorios	4	Polvo seco (Clase A, B, C)
Pasillos	8	Polvo seco (Clase A, B, C)
Hospital	1	Polvo seco (Clase A, B, C)
Lavandería	1	Polvo seco (Clase A, B, C)
CCMM 1 (equipos auxiliares)	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
CCMM 2 (generadores)	2	Portátil de espuma
	4	Espuma de 45 L
CCMM 3 (equipos auxiliares)	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
CCMM 4 (equipos auxiliares)	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
Local del incinerador	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
Local hélices azimutales de popa	4	Polvo seco (Clase A, B, C)
Helpuerto	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
	2	Dióxido de carbono

Ilustración 48: tabla extintores según espacio

En su mayoría serán extintores de polvo seco ya que son muy polivalentes sofocando prácticamente cualquier tipo de incendio o conato de incendio, salvo donde el SOLAS especifique que tipos de extintor debe llevar un espacio en concreto, como es el caso de la CCMM para los motores de combustión interna o el helipuerto.

Además, mostramos en la tabla de a continuación el número de extintores por cubierta disponibles a bordo:

Cubierta	Extintores (número)	Tipo de extintor
CMM	14	Polvo seco (Clase A, B, C)
Entrepunte	14	Polvo seco (Clase A, B, C)
Cubierta principal	8	Polvo seco (Clase A, B, C)
1º Cubierta: habilitación	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
2º Cubierta: puente	3	Polvo seco (Clase A, B, C)
3º Cubierta: helipuerto	2	Polvo seco (Clase A, B, C)
	2	Dióxido de carbono

Ilustración 49: tabla extintores por cubierta

Por último, determinamos el número de extintores de repuesto que tenemos que llevar a bordo y que según lo descrito en el SOLAS anteriormente será de:

Extintores de repuesto	28
-------------------------------	----

Ilustración 50: extintores de repuesto

7.4. Instalaciones fijas CI de cámara de máquinas

En lo que se refiere a las instalaciones fijas contra incendios, el buque llevará a bordo un sistema contra incendios a base de espuma en la cubierta de cámara de máquinas.

Esta espuma es la mezcla de espumógeno concentrado y agua, que forma una solución de espuma, mezclado con aire posteriormente produciendo la mezcla de espuma contra incendios característica como podemos apreciar en la imagen de abajo.



Ilustración 51: solución de espuma

Las ventajas de utilizar espuma como método contra incendios son:

- ✓ Evita que se propague por el aire los vapores inflamables provenientes del incendio.
- ✓ Separa las llamas de la superficie del fuel para que no siga ardiendo.
- ✓ Evita el contacto del oxígeno con la superficie del fuel y las llamas para que se agote el comburente y no se pueda seguir produciendo la combustión y así extinguir el fuego.

Este sistema contra incendios a base de espuma se llevará a cabo de la siguiente manera explicada en este gráfico:

Basic line diagram of Fixed foam system for cargo area

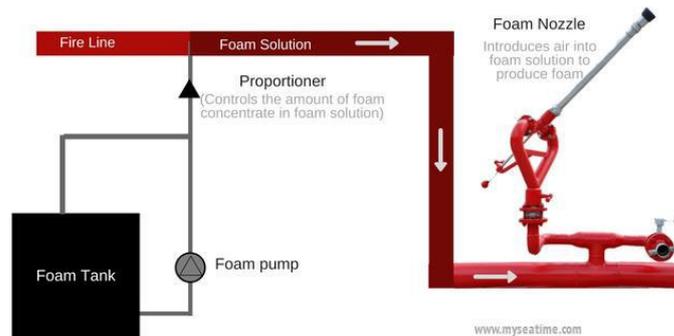


Ilustración 52: sistema contra incendios a base de espuma

El espumógeno, almacenado en el tanque de espumógeno concentrado, es impulsado a través de la bomba de espumógeno hacia la tubería contra incendios por la que discurre agua y se mezcla con esta. Una vez mezclada, es llevada a la boca o lanza contra incendios que consta de una tobera cuya misión es introducir aire en esa mezcla de espumógeno y agua para que salga disparada la solución de espuma que lucha contra el fuego.

El buque contará con un sistema fijo contra incendios a base de espuma de alta expansión con un ratio de 1:1000, es decir, que por cada litro de espumógeno, produce 1000 L de espuma.



Ilustración 53: espuma de alta expansión

Este tipo de espuma es la idónea para la cámara de máquinas más que otras de menor ratio de expansión, más acordes para espacios públicos o de acomodación.

Además, el ratio de mezcla de este tipo de espuma será del 2 %.

7.4.1. Dimensionamiento de la instalación fija CI de CCMM

A continuación, calcularemos las características de la instalación contra incendios a base de espuma que contará a bordo nuestro buque.

Para la cámara de máquinas, el caudal de espuma que debe suministrar el sistema contra incendios será el necesario para cubrir 1 m de espesor de espuma en 1 minuto a lo largo de todo el espacio.

La mayor área que proteger de la cámara de máquinas será la CCMM destinada a los motores generadores con un área de 142,5 m², por lo tanto, aplicando el requerimiento anteriormente expuesto, el caudal de espuma será de:

$$Q_{espuma} = 142,5 \text{ m}^3/\text{min}$$

O lo que es lo mismo:

$$Q_{espuma} = 8.550 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo tanto, siguiendo la siguiente fórmula, calculamos el caudal de agua necesario:

$$Q_{agua} = Q_{espuma} \times \left(\frac{1 - mezcla}{ratio} \right)$$

Siendo:

- Mezcla del 2%, por lo tanto, 0,02
- Ratio 1:1000, por lo tanto, 1000

$$Q_{agua} = 8,38 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculamos también el caudal de la solución de espuma antes de ser aireada (espumógeno concentrado y agua):

$$Q_{sol.espumosa} = Q_{espuma} \times \left(\frac{1}{ratio} \right)$$

$$Q_{sol.espumosa} = 8,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

Y por último calculamos el caudal de espumógeno concentrado que saldrá del tanque de espumógeno antes de mezclarse con el agua:

$$Q_{espumógeno concentrado} = Q_{sol.espumosa} - Q_{agua}$$

$$Q_{espumógeno concentrado} = 0,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

A continuación de los caudales, calculamos el volumen de espumógeno concentrado que necesitamos a bordo para llenar una vez el mayor espacio de máquinas:

$$V_{espumógeno conc.} = V_{espuma} \times \left(\frac{1}{ratio} \right) \times mezcla$$

Sustituyendo el volumen de espuma, que será el volumen del mayor espacio de máquinas, e igual a 456 m³:

$$V_{\text{espumógeno conc.}} = 0,0091 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, siguiendo las reglas del SOLAS:

$$V_{\text{tanque espumógeno conc.}} = 0,046 \text{ m}^3$$

7.4.2. Dimensionamiento de las bombas CI de CCM

Una vez determinado el caudal de espuma, y por tanto de agua que deberá salir para la lucha contra el fuego, determinamos las características que debe tener la bomba CI para dicha labor.

Según SOLAS, debemos llevar a bordo al menos dos bombas CI para un buque de nuestras características, además de una de respeto, pudiendo ser una de ellas utilizada en otro sistema como es el sistema de lastre calculado anteriormente.

La presión a la que debe estar el sistema contra incendios y, por tanto, a la que debe trabajar la bomba también está estipulado en el SOLAS y debe ser la misma que debe haber en las BIE. Considerando el SPS Code, para un buque de carga de arqueo bruto menor a 6.000 toneladas:

$$P_{\text{sist.CI}} = 2,5 \text{ bar}$$

De esta manera, calculamos la potencia absorbida por la bomba en estas condiciones:

$$P_{\text{abs}} = \frac{9,81}{3600 \times 10^3} \times Q \times \rho \times P_{\text{bomba}} \times \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{abs} , la potencia absorbida por la bomba (kW)
- Q , caudal de la bomba (m³/h) calculado anteriormente
- ρ , la densidad del fluido (1025 kg/m³)
- P_{bomba} , presión que debe dar la bomba (bar) calculada anteriormente
- η , el rendimiento de la bomba (0,60)

$$P_{\text{abs}} = 0,96 \text{ kW}$$

Aplicando un margen de seguridad del 10% para el motor eléctrico, la potencia final será de:

$$P_{\text{bomba CI}} = 1,05 \text{ kW}$$

7.5. Equipo contraincendios en el pañol de pinturas

En la cubierta de entrepuente dedicaremos un espacio a albergar los líquidos inflamables a bordo en el pañol de pinturas.

Debido a las características de los objetos guardados en él, debe tener especial atención en cuanto a la lucha contra el fuego se refiere.

Según indica el SOLAS, y al tener el pañol de pinturas un área de 4 m² y no tener acceso a espacios de acomodación, dentro deberá llevar:

- ✓ Extintor portátil de CO₂ para el 40 % del volumen en su interior

Por lo tanto:

Espacios	Extintores (número)	Tipo de extintor	Capacidad (m ³)
Pañol de pinturas	1	Pórtatil de CO ₂	5,12

Ilustración 36: extintor pañol de pinturas

7.6. Instalaciones CI específicas del helipuerto

Siguiendo la Regla 18 - *Instalaciones para helicópteros* – del SOLAS, y cuya finalidad es facilitar medidas adicionales para lograr los objetivos de seguridad contraincendios del presente capítulo en los buques que disponen de instalaciones especiales para helicópteros. Las prescripciones funcionales para esto serán:

- La estructura de la helicubierta tiene que ser adecuada para proteger al buque de los riesgos de incendio relacionados con las operaciones con helicópteros.
- Se proporcionarán dispositivos de lucha contra incendios para proteger de manera adecuada al buque de los riesgos de incendio relacionados con las operaciones con helicópteros.

7.6.1. Estructura de la helicubierta

En lo referente a la estructura de la helicubierta, ésta deberá ser de acero según lo descrito en el SOLAS de calidad A-60.

Cubierta	Clase
3º Cubierta: helipuerto	A-60

Ilustración 54: clase cubierta helipuerto

7.6.2. Dispositivos de lucha contra incendios de la helicubierta

Además de los extintores contra incendios mostrados anteriormente en la tabla de extintores a bordo, el buque deberá contar con un sistema contra incendios fijo en la helicubierta a base de espuma constituido por cañones o ramales de tuberías capaces de suministrar espuma a todas las partes de la helicubierta en cualquier condición meteorológica en que puedan operar

los helicópteros. El caudal de descarga de espuma deberá ser el adecuado en base a la siguiente tabla:

Categoría	Longitud total del helicóptero	Caudal de descarga de la solución de espuma (l/min)
H1	hasta 15 m exclusive	250
H2	de 15 m a 24 m exclusive	500
H3	de 24 m a 35 m exclusive	800

Ilustración 55: tabla caudal espuma helicubierta

Como podrán aterrizar en la helicubierta helicópteros de tamaño medio tales como el Airbus H-225, con una longitud de 20 metros, el sistema se dimensionará para tales medidas, y, siguiendo la tabla, corresponde con la **categoría H2** con una longitud total del **helicóptero de entre 15 y 24 metros** y un caudal de descarga de solución de espuma de:

$$Q_{\text{espuma}} = 500 \text{ l/min}$$

Por lo tanto, el caudal de espuma será:

$$Q_{\text{espuma}} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

De igual forma que hemos calculado las características del sistema CI de CCMM, hacemos lo mismo con el sistema propio de la helicubierta. De esta manera, calculamos el caudal de agua que se debe suministrar al sistema para dicho caudal de espuma con las mismas características de ratio de expansión y de mezcla, 1:1000 y 2% respectivamente:

$$Q_{\text{agua}} = 0,029 \text{ m}^3/\text{h}$$

De manera análoga, calculamos el caudal de la solución de espuma antes de ser aireada (espumógeno concentrado y agua):

$$Q_{\text{sol.espumosa}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculamos el caudal de espumógeno concentrado que saldrá del tanque de espumógeno antes de mezclarse con el agua, que será la resta de estos dos caudales calculados anteriormente:

$$Q_{\text{espumógeno concentrado}} = 0,6 \text{ l/h}$$

El flujo de espumógeno concentrado será muy pequeño al tener un ratio de expansión muy elevado, 1:1000, y un porcentaje de mezcla del 2%.

Y, por último, calculamos el volumen de espumógeno. En este caso el SOLAS nos exige que el sistema sea capaz de mantener durante 5 minutos al menos el caudal de 500 l/min a través de las bocas CI y mangueras del helipuerto. Por lo tanto, si el caudal de espumógeno concentrado es de 0,6 l/h:

$$V_{\text{espumógeno concentrado}} = 0,6 \frac{\text{l}}{\text{h}} \times \frac{5 \text{ min}}{60 \text{ min/h}}$$

$$V_{\text{espumógeno concentrado}} = 5 \text{ cl}$$

Al haber una demanda pequeña de espumógeno concentrado por las razones que hemos explicado anteriormente, el volumen mínimo que se necesita de espumógeno concentrado para cubrir las necesidades del sistema CI de la helicubierta es de 5 cl.

7.6.3. Dimensionamiento de las bombas CI de la helicubierta

El buque contará con una bomba CI dedicada exclusivamente a las tareas CI de la helicubierta más una de respeto.

La presión que debe entregar el sistema contra incendios de la helicubierta en su boca y, por tanto, a la que debe trabajar la bomba también, es la misma que la del sistema CI de CCMM:

$$P_{\text{helicubierta}} = 2,5 \text{ bar}$$

Así, calculando las pérdidas de carga en la tubería, que estimaremos en un 20 % la presión a lo largo de toda la tubería, y la presión necesaria para elevar el fluido desde cámara de máquinas hasta la helicubierta:

$$P_{\text{sist. CI helicubierta}} = 5 \text{ bar}$$

De esta manera, calculamos la potencia absorbida por la bomba en estas condiciones:

$$P_{\text{abs}} = \frac{9,81}{3600 \times 10^3} \times Q \times \rho \times P_{\text{bomba}} \times \frac{1}{\eta}$$

Siendo:

- P_{abs} , la potencia absorbida por la bomba (kW)
- Q , caudal de la bomba (m^3/h) calculado anteriormente
- ρ , la densidad del fluido ($1025 \text{ kg}/\text{m}^3$)
- P_{bomba} , presión que debe dar la bomba (bar) calculada anteriormente
- η , el rendimiento de la bomba (0,60)

$$P_{\text{abs}} = 6,6 \text{ W}$$

Aplicando un margen de seguridad del 10% para el motor eléctrico, la potencia final será de:

$$P_{bomba\ CI\ helicubierta} = 7,3\ W$$

7.6.4. Equipos CI disponibles en la helicubierta

Además de los sistemas CI indicados anteriormente, la helicubierta portará dos lanzas, como mínimo, de doble efecto (chorro/aspersión) de tipo aprobado y suficientes mangueras para alcanzar cualquier parte de la helicubierta y dos equipos de bombero.

Por otro lado, deberá llevar almacenado de manera que pueda utilizarse de inmediato y esté protegido contra los elementos lo siguiente:

- ✓ Llave inglesa.
- ✓ Manta piroresistente.
- ✓ Cortapernos de 60 cm.
- ✓ Gancho, estrobo o gancho de salvamento.
- ✓ Sierra resistente para metales con seis hojas de repuesto.
- ✓ Escala.
- ✓ Cabo salvavidas de 5 mm de diámetro y 15 m de largo.
- ✓ Alicates de corte lateral.
- ✓ Juego de destornilladores variados.
- ✓ Cuchillo con funda y correa.

Por último, la helicubierta, llevará **instalaciones de drenaje** de acero, que descargarán directamente al mar independientes de cualquier otro sistema y proyectadas de manera que los líquidos drenados no caigan en ningún lugar del buque.

8. VENTILACIÓN DE ESPACIOS

En este apartado calculamos los requerimientos de ventilación que deben tener cada uno de los espacios a bordo para que el aire dentro de los mismos se renueve periódicamente.

En la siguiente tabla podemos ver tanto el volumen de cada espacio a bordo y el número de renovaciones por hora de cada uno, entre 5 y 10 renovaciones por hora en locales sin equipos instalados y entre 10 y 15 en locales con equipos instalados dentro en ellos:

Cubierta	Local	Área	Alto	Volumen	Renovaciones hora	Caudal	
		m ²	m	m ³	ren/h	m ³ /h	
Cubierta CCMM	CCMM 1 (equipos auxiliares)	84,3	3,2	269,76	10	2697,6	
	CCMM 2 (generadores)	142,5	3,2	456	10	4560	
	CCMM 3 (equipos auxiliares)	98,1	3,2	313,92	10	3139,2	
	CCMM 3 (equipos auxiliares)	32,9	3,2	105,28	10	1052,8	
	Local incinerador	11,2	3,2	35,84	10	358,4	
Cubierta Entrepuente	Local Azipods	66,2	3,2	211,84	10	2118,4	
	Aseo entrepuente 1	6,5	3,2	20,8	5	104	
	Aseo entrepuente 2	6,5	3,2	20,8	5	104	
	Pañol	4	3,2	12,8	5	64	
	Lab. oceanografía II	25,5	3,2	81,6	5	408	
	Lab. oceanografía I	28,2	3,2	90,24	5	451,2	
	Lab. húmedo	23,5	3,2	75,2	5	376	
	Lab. hidrografía	35,1	3,2	112,32	5	561,6	
	Lab. seco	24,4	3,2	78,08	5	390,4	
	Lab. biológico	43,6	3,2	139,52	5	697,6	
	Sala Ecosonda	11,4	3,2	36,48	5	182,4	
	Sala SONAR	22,5	3,2	72	5	360	
	Lab. química II	21,7	3,2	69,44	10	694,4	
	Lab. química I	17,4	3,2	55,68	10	556,8	
	Lavandería	10,5	3,2	33,6	5	168	
Lab. en frío	28,9	3,2	92,48	5	462,4		
Hospital	25,6	3,2	81,92	10	819,2		
Cubierta principal	Lab. meteorológico	12,3	3,2	39,36	5	196,8	
	Sala ROV	9,3	3,2	29,76	5	148,8	
	Comedor 1	20,0	3,2	64	5	320	
	Comedor 2	28,4	3,2	90,88	5	454,4	
	Gambuza húmeda	4,2	3,2	13,44	5	67,2	
	Gambuza seca	4,1	3,2	13,12	5	65,6	
	Cocina	18,4	3,2	58,88	10	588,8	
	Sala de estar	21,3	3,2	68,16	5	340,8	
	Gym	14,1	3,2	45,12	10	451,2	
	Camarote 1	15,5	3,2	49,6	5	248	
	Camarote 2	13,8	3,2	44,16	5	220,8	
	Local del generador de emergencia	13,0	3,2	41,6	10	416	
	Aseo cubierta principal 1	4,0	3,2	12,8	5	64	
Aseo cubierta principal 2	3,9	3,2	12,48	5	62,4		
1ª Cubierta: Habilitación	Camarote 3	17,6	3,2	56,32	5	281,6	
	Camarote 4	16,4	3,2	52,48	5	262,4	
	Camarote 5	16,7	3,2	53,44	5	267,2	
	Camarote 6	15,9	3,2	50,88	5	254,4	
	Camarote 7	13,7	3,2	43,84	5	219,2	
	Camarote 8	16,5	3,2	52,8	5	264	
	Camarote 9	12,7	3,2	40,64	5	203,2	
	Camarote 10	16,0	3,2	51,2	5	256	
	Camarote 11	16,2	3,2	51,84	5	259,2	
	Camarote 12	18,0	3,2	57,6	5	288	
	2ª Cubierta: Puente	Camarote 13	13,8	3,2	44,16	5	220,8
		Camarote 14	14,2	3,2	45,44	5	227,2
Camarote 15		11,3	3,2	36,16	5	180,8	
Camarote 16		15,8	3,2	50,56	5	252,8	
Camarote 17		17,9	3,2	57,28	5	286,4	
Aseo puente		4,8	3,2	15,36	5	76,8	
Puente de gobierno		101,8	3,2	325,76	5	1628,8	

Ilustración 54: tabla ventilación de espacios

9. ELEVACIÓN Y MANTENIMIENTO

9.1. Grúa de cámara de máquinas

Se instalará una grúa-rail instalada en la parte superior de la cámara de máquinas, encima del motor principal, para realizar las diferentes labores de mantenimiento del mismo.

Además, se le dotará con capacidad suficiente para elevar el elemento más pesado del motor principal por si se produce una avería en travesía proceder al cambio, o en su regreso a puerto, poder cambiarlo con facilidad.

Cogiendo la guía del motor escogido, Wärtsilä 8L20DF, los elementos susceptibles de cambio por avería mecánica más pesado que monta serán los cilindros, pistones o vieas. En dicha guía no se establece el peso de cada uno de estos componentes del motor por separado, pero sí del peso de todo el motor:

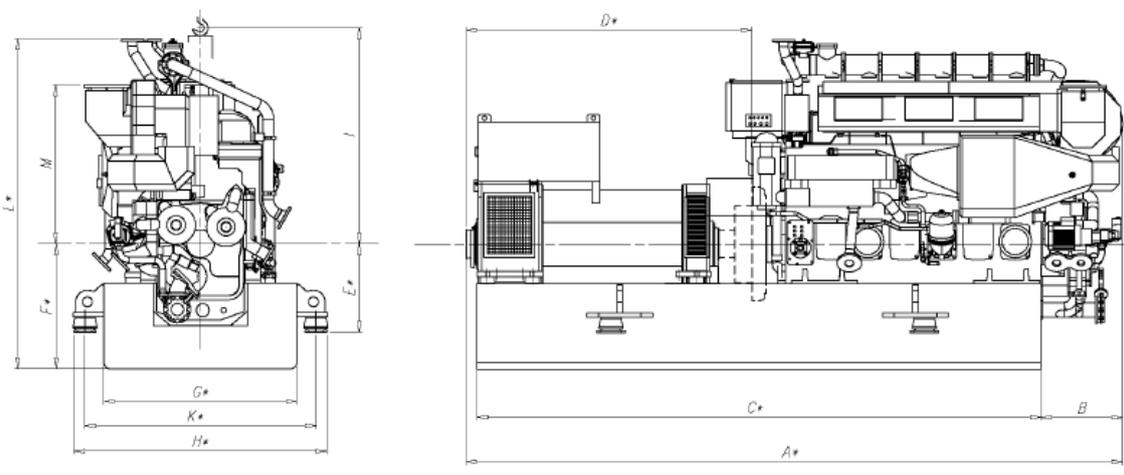


Fig 1-3 Generating sets (DAAF014947A)

Engine type	A*	B	C*	D*	E*	F*	G*	H*	I	K*	L*	M*	Weight*
W 6L20DF	5325	663	4575	2300	725	895	1270	1770	1800	1580	2605	1299	16.9
						975	1420	1920		1730	2681		
						1025	1570	2070		1880	2731		
W 8L20DF	6030	731	5100	2310	725	1025	1420	1920	1800	1730	2731	1390	20.8
						1075	1570	2070		1880	2781		
W 9L20DF	6535	731	5400	2580	725	1075	1570	2070	1800	1880	2781	1390	23.9
						1125	1800	2300		2110	2831		

Ilustración 37: dimensiones y peso del diésel-generador Wärtsilä 8L20DF

Así, podemos observar que todo el conjunto pensará 20,8 t, por o tanto, haciendo una estimación, si el motor es de 8 cilindros, de qué capacidad deberá tener la grúa de cámara de máquinas:

$$\text{Grúa CCMM} = 2,5 t$$

10. SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA

10.1. Grúas de la cubierta principal

Se instalarán a bordo, de acuerdo con las RPAs, grúas en la cubierta principal del buque para la elevación de los diferentes equipos tales como el ROV o las 2 Zodiacs disponibles para el personal a bordo.

Serán un total de 3 grúas y no 4, 2 grúas a babor y 1 a estribor cuyo brazo abarque toda la superficie libre disponible en la cubierta principal a popa de la superestructura tal y como se muestra en las siguientes imágenes:

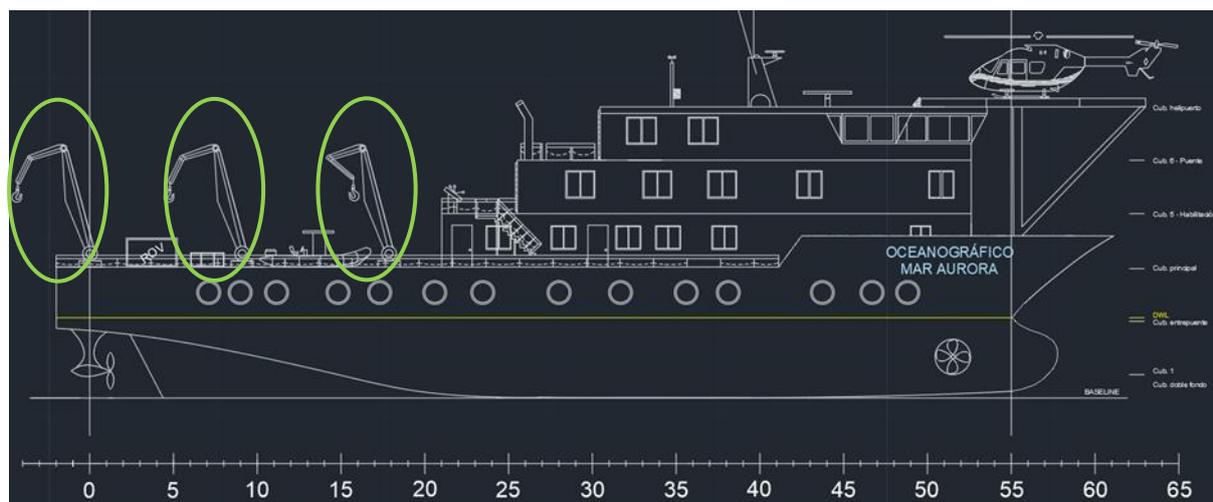


Ilustración 55: grúas del buque en perfil



Ilustración 56: grúas del buque en planta

Estas grúas tendrán la capacidad suficiente de izado y de carga máxima con el brazo extendido para llevar a cabo su misión.

Introduciéndonos en el distribuidor de grúas Palfinger Marine, escogemos de la siguiente tabla, la grúa que más se adapte a nuestro buque:

Foldable Knuckle Boom Cranes

Crane Type	Outreach (m)	Lifting Capacity (kg)	Lifting Moment (kNm)	Total Moment (kNm)	Pedestal Outer Diameter (mm)	Slewing Angle (°)	Operating Pressure (bar)	Dead Weight (kg)
PC 2700	1.5-5	1745-500	25.6-25	27.2		325	200	230-260
PK 4501 M	3.4-11	1180-230	38.9-24.2	44.9	450	400	300	560-760
PK 6500 M	3.5-9.2	1600-480	55.7-43.8	58.7	450	400	315	530-670
PK 8500 TM	2.5-10.6	3450-620	85-65.5	93.7	450	400	300	700-1060
PK 8501 M	3.5-13.8	2100-250	72-33.8	79.3	450	400	310	810-1230
PK 11001 M	3.7-14	2550-390	93.4-54	104.8	450	400	310	820-1270
PK 12000 M	4-14.3	2850-470	113-64.3	116.6	596	420	300	1080-1520
PK 15500 M	4-14.3	3600-600	140.2-84	144.1	596	420	300	1190-1710
PK 18500 M	4.1-14.3	4350-940	174.1-131.3	196.8	620	400	300	1700-2070
PK 23500 M	4.1-16.4	5400-900	217-144.2	235.9	620	400	300	1820-2400
PK 29002 M	4.1-21.1	6200-560	245.4-115.5	282.9	620	400	300	2190-3230
PK 32080 M	4-13.7	7700-1900	299.6-255.5	340	620	400	300	2360-2890
PK 33002 M	4.1-20.8	7480-715	302-145	355	709	endless	300	3170-4430
PK 41002 M	4.1-20.8	9160-1015	370.2-207.7	431	709	endless	300	3720-5110
PK 50002 M	4-20.3	11900-1460	469.9-290.9	542.7	834	endless	300	3770-5370
PK 65002 M	4-20.3	15100-2100	600-415.9	684.3	834	endless	300	4220-5960
PK 90002 M	4.1-21.9	18000-2500	715.1-440	855	917	endless	300	6490-8590
PK 150002 M	3.8-21.2	26400-3500	992.7-730.5	1176.4	990	endless	300	8090-10560

Ilustración 38: grúas Palfinger Marine

De esta manera, escogemos la grúa con brazos articulados PK 11001 con las siguientes características:

Capacidad de izado = 2,5 t

Alcance = 3,7 – 14 m

11. HÉLICE DE MANIOBRA DE PROA

El buque contará con una hélice de proa de un diámetro de 1,7 metros que ayudará al buque en las tareas de maniobra, tanto para el atraque y desatraque de puerto, como para las misiones que realizará mar abierto que exigen una alta precisión de maniobra.

Siguiendo el siguiente gráfico, dimensionamos el empuje que dará la hélice, así como la potencia demandada por el sistema:

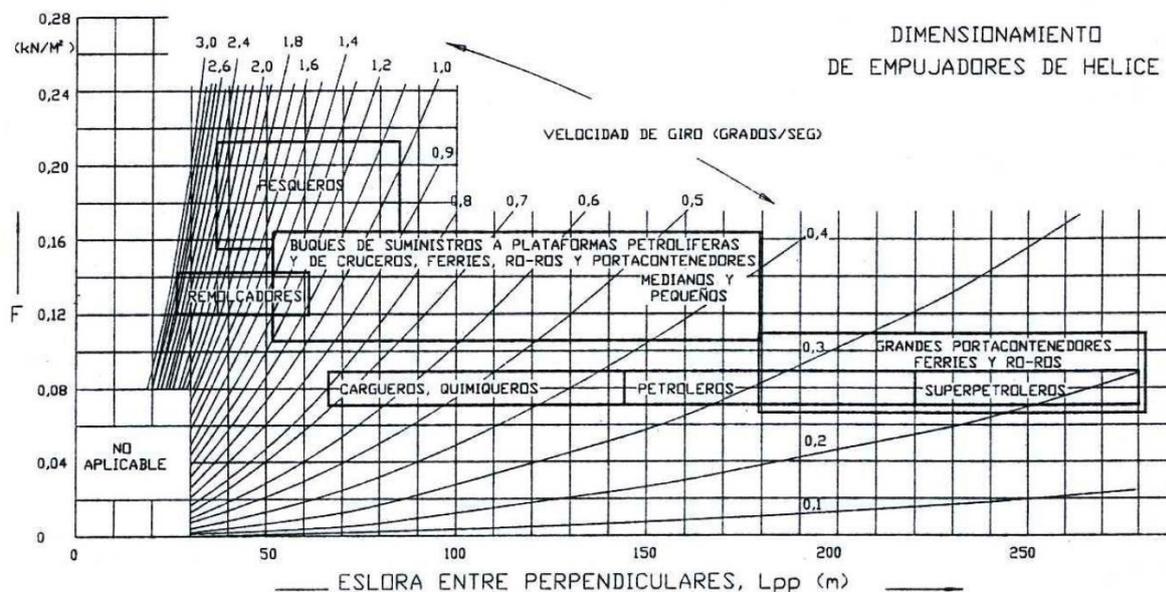


Figura 3.6.2.- Dimensionamiento de empujadores transversales.

Ilustración 57: gráfica dimensionamiento hélice transversal

Obtenemos F , fuerza por metro cuadrado de obra viva proyectada, en función de la eslora entre perpendiculares del buque, 55 metros, y de la velocidad de giro en grados/s, que la estimaremos en 1,3 grados/s que es la zona que muestra el gráfico que trabaja la hélice para tipos de buques parecidos a nuestro oceanográfico. Así, la fuerza por metro cuadrado de obra viva es:

$$F = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

Así, multiplicando por la eslora entre perpendiculares, 55 m, y el calado del buque, 4,8 m, obtenemos el empuje que dará nuestra hélice transversal de maniobra:

$$E = F \times L_{pp} \times T$$

$$E = 37 \text{ kN}$$

Y por tanto, el empuje en kg que da la hélice transversal es de:

$$E = 3.773 \text{ kg}$$

La potencia entregada al propulsor por tanto es, siguiendo la relación de que, por cada kW, el empujador de proa genera 15 kg de fuerza o empuje:

$$P = 251,5 \text{ kW}$$

12. EQUIPO DE FONDA Y HOTEL

En la cocina dispondremos de los siguientes equipos:

- ✓ Cocina
- ✓ Horno
- ✓ Freidora
- ✓ Mesa Caliente
- ✓ Cafetera
- ✓ Peladora
- ✓ Frigorífico
- ✓ Máquina de hielo
- ✓ Lavavajillas
- ✓ Congelador de carne y pescado
- ✓ Gambuza húmeda
- ✓ Gambuza seca

En la lavandería dispondremos de:

- ✓ 3 lavadoras
- ✓ 3 secadoras
- ✓ 2 tablas de planchar
- ✓ 2 planchas
- ✓ 1 máquina de planchado
- ✓ Almacén de ropa sucia

13. NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

En cuanto a los sistemas de navegación y comunicaciones que debe llevar a bordo el buque, siguiendo el SOLAS Capítulo IV parte C, el Mar Aurora llevará consigo los siguientes equipos:

- ✓ Compás magnético independiente de fuentes de energía (Bitácora)
- ✓ Compás de demarcaciones independiente de fuentes de energía
- ✓ Cartas náuticas ECDIS
- ✓ Receptor GPS
- ✓ Micrófono en puentes cerrados
- ✓ Teléfono autogenerado para comunicarse con el local del servo en emergencia
- ✓ Juego de código de señales
- ✓ Ecosonda multihaz
- ✓ SONAR
- ✓ 9GHz radar
- ✓ Plotter electrónico con marcación de otros buques para evitar colisión
- ✓ Corredera
- ✓ Transmisor del rumbo del buque, para usar en conjunto con la corredera
- ✓ Sistema AIS
- ✓ Girocompás, con repetidor en el manual steering
- ✓ Conning
- ✓ Medios automáticos para evitar colisiones con otros buques u objetivos
- ✓ Voyage Data Recorder (caja negra)
- ✓ NAVTEX
- ✓ EPIRB

14. AIRE ACONDICIONADO

En cuanto al equipo de aire acondicionado que montará el buque, será un sistema de bomba de calor o A/C para mantener unas condiciones óptimas de temperatura y habitabilidad en todos los espacios de trabajo (laboratorios) y de habilitación (zonas comunes, camarotes y puente de gobierno).

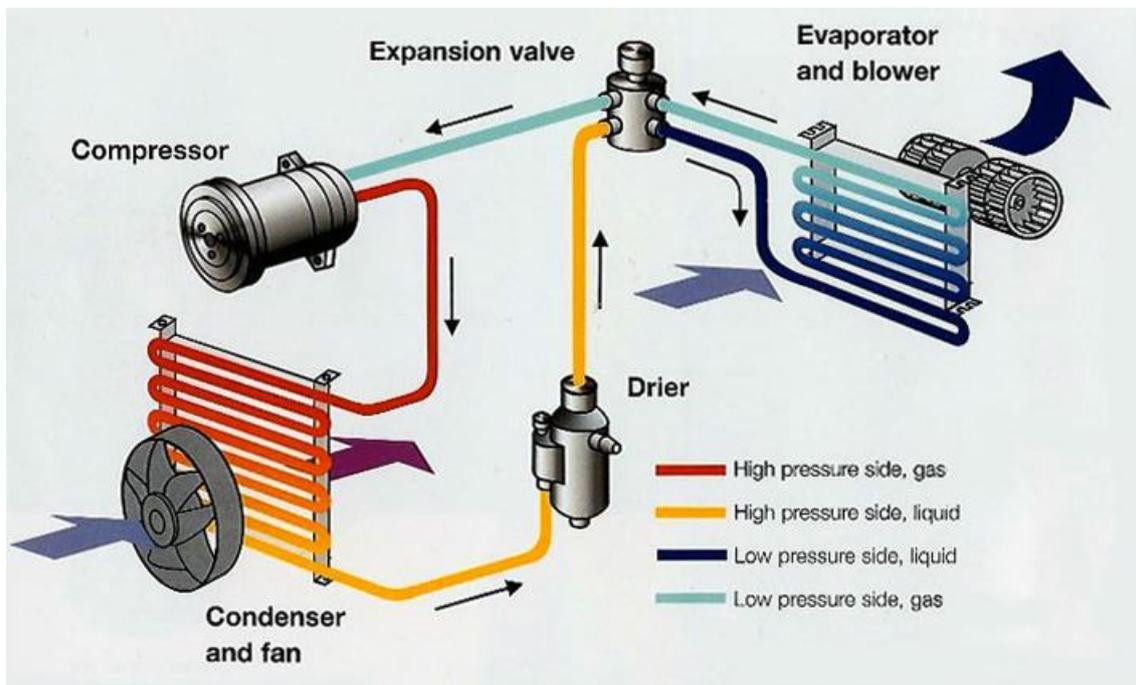


Ilustración 58: ciclo de A/C

Se dimensionará siguiendo la norma UNE-EN-ISO 7547 y conforme a las condiciones generales de diseño de temperatura y humedad:

4.2 Temperaturas y humedad de verano

Las temperaturas y humedad de verano son las siguientes:

- Aire exterior: +35 °C y 70% de humedad;
- Aire interior: +27 °C y 50% de humedad.

NOTA – En la práctica, las condiciones del aire interior obtenidas, en especial la humedad, pueden ser diferentes de las anteriormente establecidas.

4.3 Temperaturas de invierno

Las temperaturas de invierno son las siguientes:

- Aire exterior: -20 °C;
- Aire interior: +22 °C.

NOTA – Esta norma internacional no especifica requisitos para la humedad en invierno.

4.4 Aire exterior

La cantidad mínima de aire suministrado desde el exterior no debe ser inferior al 40% del aire total suministrado al espacio en cuestión.

Ilustración 59: condiciones de temperatura y humedad UNE-EN-ISO 7547

Además, la norma también establece el criterio en cuanto al número de personas dentro de los espacios que se tienen que tener en cuenta para el dimensionamiento del equipo:

4.5 Ocupación

El número de personas que pueden ocupar los diversos espacios destinados a alojamientos debe ser el siguiente, a menos que se establezca otra cosa por el cliente.

a) Cabinas:

- el máximo número de personas para el que se ha diseñado la cabina.

b) Espacios públicos tales como salones, comedores de tripulación o pasaje y salas de recreo:

- el número de personas que pueden estar sentadas, o en el caso en que el cliente no lo especifique:
 - i) una persona por cada 2 m² de superficie del suelo para los salones;
 - ii) una persona por cada 1,5 m² de superficie del suelo para los comedores de de tripulación y pasaje;
 - iii) una persona por cada 5 m² de superficie del suelo para las salas de recreo.

c) Despachos del capitán y del jefe de máquinas:

- cuatro personas.

d) Otros despachos privados:

- tres personas.

e) Hospital:

- el número de camas más dos.

f) Gimnasio, salas de juegos:

- cuatro personas.

g) Sala de primeros auxilios:

- dos personas.

h) Oficinas:

- dos personas.

Ilustración 60: número de personas según espacio a dimensionar UNE-EN-ISO 7547

14.1. Ganancias y pérdidas de calor

El calor dentro de los compartimentos se pierde o se gana dependiendo de las condiciones exteriores de dos maneras diferentes:

- Calor por transmisión
- Calor por radiación solar

Además, las personas y equipos dentro de cada uno de ellos también generan calor y deben ser tomados en cuenta a la hora del dimensionamiento de los equipos de A/C:

- Calor aportado por las personas
- Calor por iluminación y otras fuentes

14.1.1. Calor por transmisión

Para calcular el calor generado por transmisión de calor, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\Phi = \Delta T \left[(k_v A_v) + (k_g A_g) \right]$$

Donde:

- ΔT es la diferencia de temperatura del aire, en grados kelvin, (para la diferencia de temperatura del aire entre los espacios interiores con aire acondicionado y sin aire acondicionado, véase en apartado 5.2.2);
- k_v es el coeficiente de transmisión total de calor, en vatios por grados kelvin por metro cuadrado, para la superficie A_v (véase el apartado 5.2.3);
- A_v es la superficie, en metros cuadrados, excluyendo los portillos laterales y las ventanas rectangulares (espesor del vidrio +200 mm) (véanse la figuras 1 y 2);
- k_g es el coeficiente de transmisión total de calor, en vatios por grado kelvin por metro cuadrado, para la superficie A_g (véase el apartado 5.2.3);
- A_g es el área, en metros cuadrados, de los portillos laterales y las ventanas rectangulares (espesor del vidrio +200 mm) (véanse las figuras 1 y 2).

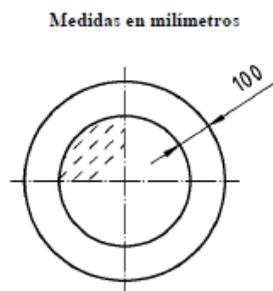


Fig. 1 – Portillos laterales

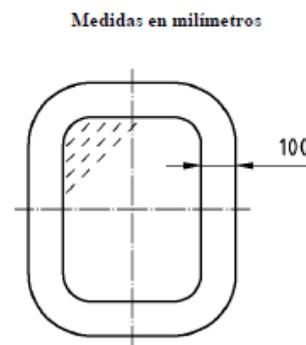


Fig. 2 – Ventanas rectangulares

Ilustración 61: área de portillos y ventanas

Además, la norma UNE-EN-ISO 7547 establece una serie de valores de diferencia de temperatura entre espacios contiguos para calcular la capacidad que debe tener el sistema de aire acondicionado en cada espacio:

Cubierta o mamparo	ΔT , 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.		

Ilustración 62: diferencia de temperatura entre espacios interiores contiguos

Por otro lado, la norma también establece los coeficientes de transmisión de calor entre los diferentes espacios por el tipo de mamparo, cubierta o portillo o ventana:

Superficies	Coefficiente de transmisión total de calor, kW/(m ² ·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

Ilustración 63: coeficientes de transmisión de calor

14.1.2. Calor por radiación solar

A continuación, detallamos cómo se va a proceder con el cálculo del calor transmitido por radiación solar, también explicado en la norma:

$$\Phi_s = \sum A_v k \Delta T_r + \sum A_g G_s$$

Donde:

- A_v es la superficie expuesta a la radiación solar en metros cuadrados (no se incluyen los portillos laterales ni las ventanas rectangulares);
- k es el coeficiente de transmisión total de calor de acuerdo con los apartados 5.2.3 ó 5.2.4 para una estructura determinada del buque (cubierta, mamparo exterior, etc.) dentro de la superficie A_v ;
- ΔT_r es el aumento de temperatura (por encima de una temperatura exterior de +35 °C) causado sobre las superficies por la radiación solar, como sigue:
 - $\Delta T_r = 12$ K para las superficies verticales de color claro,
 - $\Delta T_r = 29$ K para las superficies verticales de color oscuro,
 - $\Delta T_r = 16$ K para las superficies horizontales de color claro,
 - $\Delta T_r = 32$ K para las superficies horizontales de color oscuro;
- A_g es el área de las superficies de cristal (apertura libre) expuestas a la radiación solar, en metros cuadrados;
- G_s es el aumento de calor por metro cuadrado debido a las superficies de cristal como sigue:
 - $G_s = 350$ W/m² para las superficies de cristal claro,
 - $G_s = 240$ W/m² para las superficies de cristal claro con el interior sombreado.

En las cabinas de las esquinas, se debe escoger para el cálculo del aporte de calor la superficie que nos dé un valor más alto de Φ_s .

Las superficies no incluidas en A_v , bien por la sombra que reciben del voladizo de una cubierta superior o bien por disponer de otros medios de protección, deben calcularse con un ángulo solar de 45°.

14.1.3. Calor aportado por las personas

Además, la norma detalla el calor aportado por las personas a bordo:

Actividad	Tipo de calor	Emisión W	
Sentado en reposo	Calor sensible	70	} 120
	Calor latente	50	
Trabajo mediano/duro	Calor sensible	85	} 235
	Calor latente	150	

Ilustración 64: tabla del calor generado por la actividad del cuerpo en reposo y trabajando

14.1.4. Calor por iluminación y otras fuentes

Por último, calcularemos también el calor aportado por la iluminación y otras fuentes, tales como equipos electrónicos (ordenadores y equipos electrónicos de cada local).

El calor aportado por la iluminación será mínimo y no lo tendremos en cuenta ya que todos los locales a bordo llevarán iluminación LED de bajo consumo que aportan un calor que se puede despreciar a la hora de dimensionar el sistema de A/C.

Algunos de los equipos detallados en la norma son:

El calor aportado por un frigorífico se debe tomar como 0,3 W/l de su capacidad de almacenamiento, a menos que el cliente especifique otra cosa.

Otras fuentes de aporte de calor, tales como dispositivos que funcionen durante periodos de tiempo considerables al día, sólo se deben tomar en consideración si lo especifica el cliente.

Se deben despreciar los dispositivos eléctricos que funcionen temporalmente, tales como aparatos de radio y televisión, calentadores de agua para el té, etc.

El calor aportado en la cabina de radio por el equipo, etc., se debe tomar como 2,5 kW, a menos que el cliente especifique otra cosa.

Del calor aportado por los ventiladores se debe tomar el necesario para aumentar la temperatura del aire en 1 °C/kPa de aumento de presión.

El aumento de la temperatura del aire en los conductos se debe limitar a + 2 °C.

Ilustración 65: calor aportado por diversas fuentes

Consideraremos además el calor aportado por un ordenador y sus equipos que será de 150 W por cada equipo.

14.2. Flujo de aire

Detallamos el flujo de aire y las características que debe tener éste en base a la norma:

- El suministro de aire no debe ser inferior de 10°C con respecto a la temperatura media en verano y no superior de 23°C con respecto a la temperatura media de invierno
- El flujo de aire será de 0,008 m³/s por persona.
- En los aseos habrá un 10% más de extracción por los sumideros para evitar flujo de aire inverso.
- En hospitales y gambuzas la extracción de aire será de un 20% mayor

14.3. Condición de verano e invierno por cubiertas

Procedemos al cálculo en condición de verano y de invierno dispuesto por cubiertas:

- Entrepunte
- Cubierta principal
- 1º cubierta de habilitación
- 2º cubierta de habilitación: puente

Las condiciones de verano e invierno son:

- Temperatura exterior en verano: 35°C
- Temperatura interior en verano: 26°C
- Temperatura exterior en invierno: - 30°C
- Temperatura interior en invierno: 22°C

14.3.1. Entrepunte

Calculamos el calor en la condición de verano y de invierno en el entrepunte. Mostramos los resultados en las siguientes tablas.

Calculamos los espacios en los que la cubierta superior corresponde a la cubierta principal a la intemperie, y también, mostramos los que la cubierta superior corresponde a la cubierta principal con espacios públicos de acomodación.

La superficie de las secciones y espacios se detallan en la tabla, así como la altura del espacio, que será de 3,2 m:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	50,9	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: Laboratorio oceanografía II y laboratorio húmedo											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	13	41,6	9	38,4	0,9	3,2	3,5	411,8	12	240	1182,7
Mamparo interior 1	13,73	43,936	2	43,936	2,5	0	0	219,7	0	0	0,0
Mamparo interior 2	3,8	12,16	0	12,16	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Mamparo interior 3	4,3	13,76	6	13,76	0,8	0	0	66,0	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		50,9	18	50,9	0,8	0	0	733,0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		50,9	9	50,9	0,6	0	0	274,9	0	0	0,0
Total Trans.								1705,4	Total Rad.		1182,7

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	4	120	480
Calor Aire renovacion			35

Calor por otros equipos	W
	600

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	4003	W
--	------	---

Ilustración 66

Condición de INVIERNO: Laboratorio oceanografía II y laboratorio húmedo								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	13	41,6	52	38,4	0,9	3,2	3,5	2379,5
Mamparo interior 1	13,73	43,936	5	43,936	2,5	0	0	549,2
Mamparo interior 2	3,8	12,16	0	12,16	0	0	0	0,0
Mamparo interior 3	4,3	13,76	0	13,76	0,8	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		50,9	17	50,9	0,8	0	0	692,2
Techo cubierta intemperie		50,9	52	50,9	0,6	0	0	1588,1
Total Trans.								5209,0

	Person.	W
Calor Aire renovacion	4	200

Calor total del espacio (Calefacción)	5409	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 67

Para el espacio de laboratorio seco, sala sonar y ecosonda y laboratorio de química I:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	79,9	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: Laboratorio seco, sala SONAR y ecosonda y laboratorio química I												
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar			
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φs W	
Mamparo exterior	19,8	63,36	9	58,88	0,9	4,48	3,5	618,0	12	240	1711,1	
Mamparo interior 1 (pasillo)	21,1	67,52	2	67,52	2,5	0	0	337,6	0	0	0,0	
Mamparo interior 2 (lavandería)	3,4	10,88	11	10,88	0,8	0	0	95,7	0	0	0,0	
Mamparo interior 3 (laboratorio)	3,7	11,84	0	11,84	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Cubierta inferior CCMM		79,9	18	79,9	0,8	0	0	1150,6	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		79,9	0	79,9	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Total Trans.								2202,0	Total Rad.			1711,1

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	8	120	960
Calor Aire renovacion			69

Calor por otros equipos	W
	1500

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	6442	W
--	------	---

Ilustración 68

Condición de INVIERNO: Laboratorio seco, sala SONAR y ecosonda y laboratorio química I								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	19,8	63,36	52	58,88	0,9	4,48	3,5	3570,9
Mamparo interior 1 (pasillo)	21,1	67,52	5	67,52	2,5	0	0	844,0
Mamparo interior 2 (lavandería)	3,4	10,88	17	10,88	0,8	0	0	148,0
Mamparo interior 3 (laboratorio)	3,7	11,84	0	11,84	0	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		79,9	17	79,9	0,8	0	0	1086,6
Techo cubierta habilitación		79,9	0	79,9	0	0	0	0,0
Total Trans.								5649,6

	Person.	W
Calor Aire renovacion	8	399

Calor total del espacio (Calefacción)	6049	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 69

Para el laboratorio en frío:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	28,9	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: Laboratorio en frío												
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar			
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φs W	
Mamparo exterior 1	4,4	14,08	9	12,8	0,9	1,28	3,5	144,0	0	0	0,0	
Mamparo exterior 1	7,7	24,64	9	22,72	0,9	1,92	3,5	244,5	12	240	706,2	
Mamparo interior 1 (pasillo)	5,4	17,28	2	17,28	2,5	0	0	86,4	0	0	0,0	
Cubierta inferior CCMM		28,9	18	28,9	0,8	0	0	416,2	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		28,9	0	28,9	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Total Trans.								891,1	Total Rad.			706,2

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	2	120	240
Calor Aire renovacion			17

Calor por otros equipos	W
	450

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	2305	W
--	------	---

Ilustración 70

Condición de VERANO: Laboratorio en frío								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior 1	4,4	14,08	52	12,8	0,9	1,28	3,5	832,0
Mamparo exterior 1	7,7	24,64	52	22,72	0,9	1,92	3,5	1412,7
Mamparo interior 1 (pasillo)	5,4	17,28	5	17,28	2,5	0	0	216,0
Cubierta inferior CCMM		28,9	17	28,9	0,8	0	0	393,0
Techo cubierta habilitación		28,9	0	28,9	0	0	0	0,0
Total Trans.								2853,8

	Person.	W
Calor Aire renovacion	2	100

Calor total del espacio (Calefacción)	2954	W
--	-------------	----------

Ilustración 71

Para el hospital y el laboratorio de química II:

Condición: VERANO/INVIERNO			
Superficie	48,5	m ²	
Alto	3,2	m	

Condición de VERANO: hospital y laboratorio química II											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	10,9	34,88	9	32,96	0,9	1,92	3,5	327,5	12	240	816,8
Mamparo interior 1 (pasillo)	15,8	50,56	2	50,56	2,5	0	0	252,8	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		48,5	18	48,5	0,8	0	0	698,4	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		48,5	0	48,5	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Total Trans.								1278,7	Total Rad.		816,8

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	5	120	600
Calor Aire renovacion			43

	W
Calor por otros equipos	450

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	3189	W
---	-------------	----------

Ilustración 72

Condición de INVIERNO: hospital y laboratorio química II								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	10,9	34,88	52	32,96	0,9	1,92	3,5	1892,0
Mamparo interior 1 (pasillo)	15,8	50,56	5	50,56	2,5	0	0	632,0
Cubierta inferior CCMM		48,5	17	48,5	0,8	0	0	659,6
Techo cubierta habilitación		48,5	0	48,5	0	0	0	0,0
Total Trans.								3183,6

	Person.	W
Calor Aire renovacion	5	250

Calor total del espacio (Calefacción)	3433	W
--	-------------	----------

Ilustración 73

Para el laboratorio biológico:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	44,3	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: Laboratorio biológico											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	7,3	23,36	9	22,08	0,9	1,28	3,5	219,2	12	240	545,7
Mamparo interior 1 (pasillo)	7,3	23,36	2	23,36	2,5	0	0	116,8	0	0	0,0
Mamparo interior 3 (laboratorio)	6,3	20,16	0	20,16	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		44,3	18	44,3	0,8	0	0	637,9	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		44,3	0	44,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Total Trans.								973,9	Total Rad.		545,7

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	2	120	240
Calor Aire renovacion			17

Calor por otros equipos	W
	450

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	2227	W
--	------	---

Ilustración 74

Condición de INVIERNO: Laboratorio seco, sala SONAR y ecosonda y laboratorio química I									
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	
Mamparo exterior	7,3	23,36	52	22,08	0,9	1,28	3,5	1266,3	
Mamparo interior 1 (pasillo)	7,3	23,36	5	23,36	2,5	0	0	292,0	
Mamparo interior 3 (laboratorio)	6,3	20,16	0	20,16	0	0	0	0,0	
Cubierta inferior CCMM		44,3	17	44,3	0,8	0	0	602,5	
Techo cubierta habilitación		44,3	0	44,3	0	0	0	0,0	
Total Trans.								2160,8	

	Person.	W
Calor Aire renovacion	2	100

Calor total del espacio (Calefacción)	2261	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 75

Para el laboratorio de hidrografía y oceanografía:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	65,8	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: Laboratorio hidrografía y oceanografía											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	12,8	40,96	9	37,76	0,9	3,2	3,5	406,7	12	240	1175,8
Mamparo interior 1 (pasillo)	14,4	46,08	2	46,08	2,5	0	0	230,4	0	0	0,0
Mamparo interior 2 (laboratorio)	6,2	19,84	0	19,84	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Mamparo interior 3 (aseo)	4,3	13,76	6	13,76	0,8	0	0	66,0	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		65,8	18	65,8	0,8	0	0	947,5	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		65,8	9	65,8	0,6	0	0	355,3	0	0	0,0
Total Trans.								2005,9	Total Rad.		1175,8

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	4	120	480
Calor Aire renovacion			35

Calor por otros equipos	W
	750

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	4446	W
--	------	---

Ilustración 76

Condición de INVIERNO: Laboratorio hidrografía y oceanografía								
Division	Largo	Area tot.	Transmision					
	m	m ²	ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	12,8	40,96	52	37,76	0,9	3,2	3,5	2349,6
Mamparo interior 1 (pasillo)	14,4	46,08	5	46,08	2,5	0	0	576,0
Mamparo interior 2 (laboratorio)	6,2	19,84	0	19,84	0	0	0	0,0
Mamparo interior 3 (aseo)	4,3	13,76	0	13,76	0,8	0	0	0,0
Cubierta inferior CCMM		50,9	17	50,9	0,8	0	0	692,2
Techo cubierta intemperie		50,9	52	50,9	0,6	0	0	1588,1
Total Trans.								5205,9

	Person.	W
Calor Aire renovacion	4	200

Calor total del espacio (Calefacción)	5406	W
--	-------------	----------

Ilustración 77

Por lo tanto, en la condición de verano e invierno, la potencia total del entrepuente es:

Calor total entrepuente (Aire acondicionado)	22611	W
Calor total del espacio (Calefacción)	25511	W

Ilustración 78

14.3.2. Cubierta principal

Calculamos el calor en la condición de verano y de invierno en la cubierta principal. Mostramos los resultados en las siguientes tablas.

La superficie de las secciones y espacios se detallan en la tabla, así como la altura del espacio, que será de 3,2 m:

Para la sala ROV:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	9,3	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: sala ROV												
Division	Largo	Area tot.	Transmision						Radiacion Solar			
	m	m ²	ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φs W	
Mamparo interior (pasillo)	4	12,8	2	12,8	2,5	0	0	64,0	0	0	0,0	
Mamparo interior (aseo público)	2,3	7,36	6	7,36	0,8	0	0	35,3	0	0	0,0	
Mamparo interior (gen. emergencia)	2,3	7,36	18	7,36	0,8	0	0	106,0	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		9,3	0	9,3	0,8	0	0	0,0	0	0	0,0	
Techo cubierta intemperie		9,3	9	9,3	0,6	0	0	50,2	0	0	0,0	
Total Trans.								255,5	Total Rad.			0,0

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	2	120	240
Calor Aire renovacion			17

Calor por otros equipos	W
	600

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	1113	W
---	-------------	----------

Ilustración 79

Condición de INVIERNO: sala ROV								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo interior (pasillo)	4	12,8	5	12,8	2,5	0	0	160,0
Mamparo interior (aseo público)	2,3	7,36	0	7,36	0,8	0	0	0,0
Mamparo interior (gen. emergencia)	2,3	7,36	17	7,36	0,8	0	0	100,1
Cubierta inferior entrepuente		9,3	0	9,3	0,8	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		9,3	52	9,3	0,6	0	0	290,2
Total Trans.								550,3

	Person.	W
Calor Aire renovacion	2	100
Calor total del espacio (Calefacción)	650	W

Ilustración 80

Para el comedor 1:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	18	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: comedor 1											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	8,7	27,84	9	19,44	0,9	8,4	3,5	422,1	12	240	2226,0
Mamparo interior (pasillo)	4,6	14,72	2	14,72	2,5	0	0	73,6	0	0	0,0
Mamparo interior (gambuza húmeda)	1,3	23,4	-14	23,4	0,8	0	0	-262,1	0	0	0,0
Mamparo interior (cocina)	1,4	4,48	0	4,48	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Cubierta inferior entrepuente		18	0	18	0,8	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		18	9	18	0,6	0	0	97,2	0	0	0,0
Total Trans.								330,8	Total Rad.		2226,0

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	10	120	1200
Calor Aire renovacion			86
Calor por otros equipos		W	0
Calor total del espacio (Aire acondicionado)	3843	W	

Ilustración 81

Condición de INVIERNO: comedor 1								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	8,7	27,84	52	25,28	0,9	2,56	3,5	1649,0
Mamparo interior (pasillo)	4,6	14,72	5	14,72	2,5	0	0	184,0
Mamparo interior (gambuza húmeda)	1,3	23,4	-10	23,4	0,8	0	0	-187,2
Mamparo interior (cocina)	1,4	4,48	0	4,48	0	0	0	0,0
Cubierta inferior entrepuente		18	0	18	0,8	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		18	52	18	0,6	0	0	561,6
Total Trans.								2207,4

	Person.	W
Calor Aire renovacion	10	499
Calor total del espacio (Calefacción)	2707	W

Ilustración 82

Para la cocina:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	18,4	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: cocina												
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmisión						Radiación Solar			
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W	
Mamparo exterior	3,2	10,24	9	8,14	0,9	2,1	3,5	132,1	12	240	591,9	
Mamparo interior (pasillo)	8	25,6	2	25,6	2,5	0	0	128,0	0	0	0,0	
Mamparo interior (gambuza refrigerada)	1,3	23,92	-14	23,92	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Mamparo interior (gambuza seca)	1,4	4,48	0	4,48	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		18,4	0	18,4	0,8	0	0	0,0	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		18,4	0	18,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Total Trans.								260,1	Total Rad.			591,9

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	2	120	240
Calor Aire renovacion			17

Calor por otros equipos	W
	1500

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	2609	W
--	------	---

Ilustración 83

Condición de INVIERNO: cocina									
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmisión						
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	
Mamparo exterior	3,2	10,24	52	7,68	0,9	2,56	3,5	825,3	
Mamparo interior (pasillo)	8	25,6	5	25,6	2,5	0	0	320,0	
Mamparo interior (gambuza frigorífica)	1,3	23,92	-10	23,92	0	0	0	0,0	
Mamparo interior (gambuza seca)	1,4	4,48	0	4,48	0	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		18,4	0	18,4	0,8	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		18,4	0	18,4	0	0	0	0,0	
Total Trans.								1145,3	

	Person.	W
Calor Aire renovacion	2	100

Calor total del espacio (Calefacción)	1245	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 84

Para el comedor 2:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	28,4	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: comedor 2												
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmisión						Radiación Solar			
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W	
Mamparo exterior	9,2	29,44	9	23,14	0,9	6,3	3,5	385,9	12	240	1761,9	
Mamparo interior (pasillo)	8,9	28,48	2	28,48	2,5	0	0	142,4	0	0	0,0	
Mamparo interior (cocina)	1,2	34,08	0	34,08	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Mamparo interior (gambuza seca)	2,3	7,36	0	7,36	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Mamparo interior (aseo público)	2,9	9,28	6	9,28	0,8	0	0	44,5	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		28,4	0	28,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		28,4	0	28,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Total Trans.								572,8	Total Rad.			1761,9

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	20	120	2400
Calor Aire renovacion			173

Calor por otros equipos	W
	0

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	4908	W
--	------	---

Ilustración 85

Condición de INVIERNO: comedor 2								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	9,2	29,44	52	23,14	0,9	6,3	3,5	2229,6
Mamparo interior (pasillo)	8,9	28,48	5	28,48	2,5	0	0	356,0
Mamparo interior (cocina)	1,2	34,08	0	34,08	0	0	0	0,0
Mamparo interior (gambuza seca)	2,3	7,36	0	7,36	0	0	0	0,0
Mamparo interior (aseo público)	2,9	9,28	0	9,28	0,8	0	0	0,0
Cubierta inferior entrepuente		28,4	0	28,4	0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		28,4	0	28,4	0	0	0	0,0
Total Trans.								2585,6

Calor Aire renovacion	Person.	W
	20	998

Calor total del espacio (Calefacción)	3584	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 86

Para los camarotes 1 y 2, y el laboratorio meteorológico:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	42,8	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: camarote 1, camarote 2 y laboratorio meteorológico											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	20,9	66,88	9	60,58	0,9	6,3	3,5	689,1	12	240	2166,3
Mamparo interior (pasillo)	13,7	43,84	2	43,84	2,5	0	0	219,2	0	0	0,0
Cubierta inferior entrepuente		42,8	0	42,8	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		42,8	0	42,8	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Total Trans.								908,3	Total Rad.		2166,3

Calor por personas	Person.	W/Pers.	W
	6	120	720
Calor Aire renovacion			52

Calor por otros equipos	W
	450

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	4296	W
--	------	---

Ilustración 87

Condición de INVIERNO: camarote 1, camarote 2 y laboratorio meteorológico								
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision					
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	20,9	66,88	52	60,58	0,9	6,3	3,5	3981,7
Mamparo interior (pasillo)	13,7	43,84	5	43,84	2,5	0	0	548,0
Cubierta inferior entrepuente		42,8	0	42,8	0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		42,8	0	42,8	0	0	0	0,0
Total Trans.								4529,7

Calor Aire renovacion	Person.	W
	20	998

Calor total del espacio (Calefacción)	5528	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 88

Para la sala de estar:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	21,3	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: sala de estar												
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar			
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W	
Mamparo exterior	5	16	9	11,8	0,9	4,2	3,5	227,9	12	240	1135,4	
Mamparo interior (pasillo)	9,4	30,08	2	30,08	2,5	0	0	150,4	0	0	0,0	
Mamparo interior (gym)	4,5	95,85	0	95,85	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		21,3	0	21,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		21,3	0	21,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Total Trans.								378,3	Total Rad.			1135,4

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	11	120	1320
Calor Aire renovacion			95

Calor por otros equipos	W
	100

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	3029	W

Ilustración 89

Condición de INVIERNO: sala de estar									
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	
Mamparo exterior	5	16	52	11,8	0,9	4,2	3,5	1316,6	
Mamparo interior (pasillo)	9,4	30,08	5	30,08	2,5	0	0	376,0	
Mamparo interior (gym)	4,5	95,85	0	95,85	0	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		21,3	0	21,3	0	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		21,3	0	21,3	0	0	0	0,0	
Total Trans.								1692,6	

	Person.	W
Calor Aire renovacion	11	549

Calor total del espacio (Calefacción)	2242	W

Ilustración 90

Y, por último, en el gimnasio:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	14,1	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: gym												
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar			
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W	
Mamparo exterior	3,3	10,56	9	8,46	0,9	2,1	3,5	134,7	12	240	595,4	
Mamparo interior (pasillo)	4,8	15,36	2	15,36	2,5	0	0	76,8	0	0	0,0	
Mamparo interior (sala de estar)	4,5	63,45	0	63,45	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Cubierta inferior entrepuente		14,1	0	14,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		14,1	0	14,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	
Total Trans.								211,5	Total Rad.			595,4

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	6	235	1410
Calor Aire renovacion			52

Calor por otros equipos	W
	0

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	2269	W

Ilustración 91

Condición de INVIERNO: gym								
Division	Largo	Area tot.	Transmision					
	m	m2	ΔT K	Av m2	Kv W/(m2*K)	Ag m2	Kg W/(m2*K)	Φ W
Mamparo exterior	3,3	10,56	52	8,46	0,9	2,1	3,5	778,1
Mamparo interior (pasillo)	4,8	15,36	5	15,36	2,5	0	0	192,0
Mamparo interior (gym)	4,5	63,45	0	63,45	0	0	0	0,0
Cubierta inferior entrepuente		14,1	0	14,1	0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		14,1	0	14,1	0	0	0	0,0
Total Trans.								970,1

	Person.	W
Calor Aire renovacion	6	300
Calor total del espacio (Calefacción)	1270	W

Ilustración 92

Dando una suma total en la cubierta principal de:

Calor total cubierta principal (Aire acondicionado)	22067	W
Calor total cubierta principal (Calefacción)	17225	W

Ilustración 93

14.3.3. 1º cubierta de habilitación

Calculamos el calor en la condición de verano y de invierno en la 1º cubierta de habilitación de manera análoga a las dos cubiertas anteriores.

Para los 4 camarotes de babor:

Condición: VERANO/INVIERNO				Superficie	67,4	m2					
				Alto	3,2	m					
Condición de VERANO: 4 camarotes babor											
Division	Largo	Area tot.	Transmision						Radiacion Solar		
	m	m2	ΔT K	Av m2	Kv W/(m2*K)	Ag m2	Kg W/(m2*K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m2	Φ_s W
Mamparo exterior	20,2	64,64	9	56,24	0,9	8,4	3,5	720,1	12	240	2623,4
Mamparo interior (pasillo)	21,6	69,12	2	69,12	2,5	0	0	345,6	0	0	0,0
Cubierta inferior principal		67,4	0	67,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		67,4	0	67,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Total Trans.								1065,7	Total Rad.		2623,4
				Person.	W/Pers.	W					
Calor por personas				8	120	960					
Calor Aire renovacion						69					
Calor por otros equipos				W		0					
Calor total del espacio (Aire acondicionado)				4718		W					

Ilustración 94

Condición de INVIERNO: 4 camarotes babor								
Division	Largo	Area tot.	Transmision					
	m	m ²	ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	20,2	64,64	52	56,24	0,9	8,4	3,5	4160,8
Mamparo interior (pasillo)	21,6	69,12	5	69,12	2,5	0	0	864,0
Cubierta inferior principal		67,4	0	67,4	0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		67,4	0	67,4	0	0	0	0,0
Total Trans.								5024,8

Calor Aire renovacion	Person.	W
	8	399
Calor total del espacio (Calefacción)		5424 W

Ilustración 95

Para los 3 camarotes de proa:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	43,3	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: 3 camarotes proa											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φs W
Mamparo exterior	21,5	68,8	9	62,5	0,9	6,3	3,5	704,7	12	240	2187,0
Mamparo interior (pasillo)	11	35,2	2	35,2	2,5	0	0	176,0	0	0	0,0
Cubierta inferior principal		43,3	0	43,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		43,3	0	43,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Total Trans.								880,7	Total Rad.		2187,0

Calor por personas	Person.	W/Pers.	W
	6	120	720
Calor Aire renovacion			52
Calor por otros equipos		W	0
Calor total del espacio (Aire acondicionado)		3840	W

Ilustración 96

Condición de INVIERNO: 3 camarotes proa								
Division	Largo	Area tot.	Transmision					
	m	m ²	ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W
Mamparo exterior	21,5	68,8	52	62,5	0,9	6,3	3,5	4071,6
Mamparo interior (pasillo)	11	35,2	5	35,2	2,5	0	0	440,0
Cubierta inferior principal		43,3	0	43,3	0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		43,3	0	43,3	0	0	0	0,0
Total Trans.								4511,6

Calor Aire renovacion	Person.	W
	6	300
Calor total del espacio (Calefacción)		4811 W

Ilustración 97

Y, por último, para los 3 camarotes de estribor:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	50,4	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: 3 camarotes estribor											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	Gs W/m ²	Φs W
Mamparo exterior	15,7	50,24	9	43,94	0,9	6,3	3,5	554,4	12	240	1986,6
Mamparo interior (pasillo)	14	44,8	2	44,8	2,5	0	0	224,0	0	0	0,0
Cubierta inferior principal		50,4	0	50,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta habilitación		50,4	0	50,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Total Trans.								778,4	Total Rad.		1986,6

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	6	120	720
Calor Aire renovacion			52

Calor por otros equipos	W
	0

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	3537	W
--	------	---

Ilustración 98

Condición de INVIERNO: 3 camarotes estribor									
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						
			ΔT K	Av m ²	Kv W/(m ² *K)	Ag m ²	Kg W/(m ² *K)	Φ W	
Mamparo exterior	15,7	50,24	52	43,94	0,9	6,3	3,5	3203,0	
Mamparo interior (pasillo)	14	44,8	5	44,8	2,5	0	0	560,0	
Cubierta inferior principal		50,4	0	50,4	0	0	0	0,0	
Techo cubierta habilitación		50,4	0	50,4	0	0	0	0,0	
Total Trans.								3763,0	

	Person.	W
Calor Aire renovacion	6	300

Calor total del espacio (Calefacción)	4063	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 99

El resultado final es de:

Calor total 1º cubierta habilitación (Aire acondicionado)	11678	W
Calor total 1º cubierta habilitación (Calefacción)	14298	W

Ilustración 100

14.3.4. 2º cubierta de habilitación: puente

Calculamos el calor en la condición de verano y de invierno en la 2º cubierta de habilitación: puente de la misma manera que anteriormente.

Para los 3 camarotes de estribor:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	39,5	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: 3 camarotes babor											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	14,8	47,36	9	41,06	0,9	6,3	3,5	531,0	12	240	1955,4
Mamparo interior (pasillo)	10,9	34,88	2	34,88	2,5	0	0	174,4	0	0	0,0
Mamparo interior (aseo público)	3,4	10,88	6	10,88	2,5	0	0	163,2	0	0	0,0
Cubierta inferior habilitación		39,5	0	39,5	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		39,5	9	39,5	0,6	0	0	213,3	0	0	0,0
Total Trans.								1081,9	Total Rad.		1955,4

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	3	120	360
Calor Aire renovacion			26

Calor por otros equipos	W
	0

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	3423	W
--	------	---

Ilustración 101

Condición de INVIERNO: 3 camarotes babor									
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	
Mamparo exterior	15,7	50,24	52	43,94	0,9	6,3	3,5	3203,0	
Mamparo interior (pasillo)	14	44,8	5	44,8	2,5	0	0	560,0	
Mamparo interior (aseo público)	14	44,8	0	44,8	2,5	0	0	0,0	
Cubierta inferior habilitación		50,4	0	50,4	0	0	0	0,0	
Techo cubierta intemperie		50,4	52	50,4	0,6	0	0	1572,5	
Total Trans.								5335,5	

	Person.	W
Calor Aire renovacion	3	150

Calor total del espacio (Calefacción)	5485	W
---------------------------------------	------	---

Ilustración 102

Para los 2 camarotes de estribor:

Condición: VERANO/INVIERNO	Superficie	34	m ²
	Alto	3,2	m

Condición de VERANO: 2 camarotes estribor											
Division	Largo m	Area tot. m ²	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	A_v m ²	K_v W/(m ² *K)	A_g m ²	K_g W/(m ² *K)	Φ W	ΔTr K	G_s W/m ²	Φ_s W
Mamparo exterior	13,1	41,92	9	37,72	0,9	4,2	3,5	437,8	12	240	1415,4
Mamparo interior (pasillo)	9,6	30,72	2	30,72	2,5	0	0	153,6	0	0	0,0
Cubierta inferior habilitación		34	0	34	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		34	9	34	0,6	0	0	183,6	0	0	0,0
Total Trans.								775,0	Total Rad.		1415,4

	Person.	W/Pers.	W
Calor por personas	2	120	240
Calor Aire renovacion			17

Calor por otros equipos	W
	0

Calor total del espacio (Aire acondicionado)	2448	W
--	------	---

Ilustración 103

Condición de INVIERNO: 2 camarotes estribor								
Division	Largo	Area tot.	Transmision					
	m	m2	ΔT K	A_v m2	K_v W/(m2*K)	A_g m2	K_g W/(m2*K)	Φ W
Mamparo exterior	13,1	41,92	52	37,72	0,9	4,2	3,5	2529,7
Mamparo interior (pasillo)	9,6	30,72	5	30,72	2,5	0	0	384,0
Cubierta inferior habilitación		34	0	34	0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		34	52	34	0,6	0	0	1060,8
Total Trans.								3974,5

Calor Aire renovacion	Person.	W
	2	100
Calor total del espacio (Calefacción)		4074 W

Ilustración 104

Y, por último, para el puente de gobierno:

Condición: VERANO/INVIERNO			Superficie	101,8	m2
			Alto	3,2	m

Condición de VERANO: puente											
Division	Largo m	Area tot. m2	Transmision						Radiacion Solar		
			ΔT K	A_v m2	K_v W/(m2*K)	A_g m2	K_g W/(m2*K)	Φ W	ΔT_r K	G_s W/m2	Φ_s W
Mamparo exterior	33,1	105,92	9	80,72	0,9	25,2	3,5	1447,6	12	240	6919,8
Mamparo interior (aseo público)	3,4	10,88	6	10,88	2,5	0	0	163,2	0	0	0,0
Cubierta inferior habilitación		101,8	0	101,8	0	0	0	0,0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		101,8	9	101,8	0,6	0	0	549,7	0	0	0,0
Total Trans.								2160,6	Total Rad.		6919,8

Calor por personas	Person.	W/Pers.	W
	3	120	360
Calor Aire renovacion			26

Calor por otros equipos	W
	1200

Calor total del espacio (Aire acondicionado)		10666 W
---	--	----------------

Ilustración 105

Condición de INVIERNO: puente								
Division	Largo	Area tot.	Transmision					
	m	m2	ΔT K	A_v m2	K_v W/(m2*K)	A_g m2	K_g W/(m2*K)	Φ W
Mamparo exterior	33,1	105,92	52	80,72	0,9	25,2	3,5	8364,1
Mamparo interior (aseo público)	3,4	10,88	0	10,88	2,5	0	0	0,0
Cubierta inferior habilitación		101,8	0	101,8	0	0	0	0,0
Techo cubierta intemperie		101,8	52	101,8	0,6	0	0	3176,2
Total Trans.								11540,3

Calor Aire renovacion	Person.	W
	3	150
Calor total del espacio (Calefacción)		11690 W

Ilustración 106

El resultado final es:

Calor total 2º cubierta habilitación: puente (Aire acondicionado)	16537	W
Calor total 2º cubierta habilitación (Calefacción)	21250	W

Ilustración 107

14.4. Resultados generales y dimensionamiento de la planta de A/C

Sumando los resultados obtenidos anteriormente, y para un COP estimado del sistema de 4,5, obtenemos:

Dimensionamiento Compresores		
Calor refrigeración (verano)	73	kW
Calor calefacción (invierno)	78	kW
COP estimado	4,5	
Potencia compresores	21	kW

Ilustración: dimensionamiento de los compresores

15. OTROS EQUIPOS DISONIBLES A BORDO

El oceanográfico llevará a bordo, además de todos los equipos descritos anteriormente, 2 ROVs a disposición del personal científico para las tareas requeridas de investigación.

También para los trabajos de investigación el buque tendrá un laboratorio en frío tal como establece la RPA con un congelador a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ que detallaremos más adelante.

Por último, destacar que el buque contará con un incinerador para tratar los residuos generados a bordo y que también detallamos a continuación.

15.1. ROVs

Uno de los equipos más característicos que montará el buque a bordo serán los dos ROVs a disposición de los científicos que ayudarán a investigar, entender y observar la fauna y flora marina, así como el fondo marino.

Llevará a bordo estibado un ROV más grande y potente, con mayor capacidad de inmersión y de aguante de a batería, y otro pequeño más manejable y versátil, pero con menor capacidad de inmersión y autonomía.

15.1.1. ROV Argus Mini

Este es el ROV Argus Mini será el más pequeño que montará el buque.



Ilustración 39: ROV Argus Mini

Según podemos observar en su ficha técnica, las características de este ROV son las siguientes:

- Sumergible hasta 600 m de profundidad
- Equipado con cámara Argus HD
- Dos luces LED de 150 W
- Un Argus Tilt con retroalimentación de posición
- Un sensor de balance y cabeceo
- Una brújula Fluxgate y un sensor de profundidad
- Sus dimensiones son de 0,9 m x 0,65 m x 0,6 m

- Posee un peso de 90kg

Otra característica importante es que, además, este ROV se puede conectar a otros equipos auxiliares como el sónar y diferentes sensores que monta el buque a bordo.

Además, todo está montado en un pack manejable y pequeño de 19 pulgadas.

Por último, cabe destacar que el sistema requiere una entrada de energía de 16A / 230VAC para la carga de la batería del ROV.

15.1.2. Argus Mariner XL

El Argus Mariner XL es el otro ROV que llevará a bordo el buque. Este ROV es uno de los más avanzados y completos ROV que hay ahora mismo disponible, en cuanto a autonomía, profundidad y funcionalidad.



Ilustración 40: Argus Mariner XL

Más potente, con mayor capacidad de inmersión y con más autonomía que su hermano el Argus Mini, las características son las siguientes:

- Capacidad de inmersión estándar de 1000 m con capacidad de descender hasta los 6000 m si se requiere
- Manipuladores Hydro-Lek para poder manipular por control remoto, y mediante sus brazos articulados, cualquier objeto en cuestión
- Cuatro luces LED de 130 W
- Brújula y sensor de profundidad
- Velocidad de hasta 3 nudos
- Sus dimensiones son 2,0 m x 1,4 m x 1,6 m
- Posee un peso de 1 tn

Como el Argus Mini, también es capaz de conectarse al sónar y otros sensores del buque.

Además, para su recarga, el ROV requiere de corriente alterna a 440V para cargar hasta los 60 kW de potencia que posee.

15.2. Incinerador

Calculamos el incinerador que deberá llevar a bordo el Mar Aurora para el tratamiento de las basuras.

Estimamos la cantidad de basura por persona en 3 kg/persona y día, por lo tanto, en 40 días de autonomía:

$$m_{basura\ personas} = 3480\ kg$$

Además, debido al mantenimiento a bordo también se considerará un desecho diario de 10 kg. Por lo que en 40 días de autonomía:

$$m_{basura\ mantenimiento} = 400\ kg$$

Por lo que masa de basuras total será de:

$$m_{basura\ total} = 3880\ kg$$

Pasando a kcal para introducirnos en el catálogo del anexo de Detegasa sabiendo que para quemar 1 kg de basura se necesitarán unas 3000 kcal:

$$kcal_{basura\ total} = 11.640.000\ kcal$$

En una autonomía de 40 días, calculamos las kcal necesarias por días y por hora:

$$kcal/día_{basura\ total} = 291.000\ kcal/día$$

$$kcal/hora_{basura\ total} = 12.125\ kcal/hora$$

Introduciéndonos en el catálogo de Detegasa del Anexo es cogemos el **incinerador IRLA-10** con capacidad para quemar 100.000 kcal/hora de residuos tanto sólidos como líquidos con una potencia de 12,7 kW.

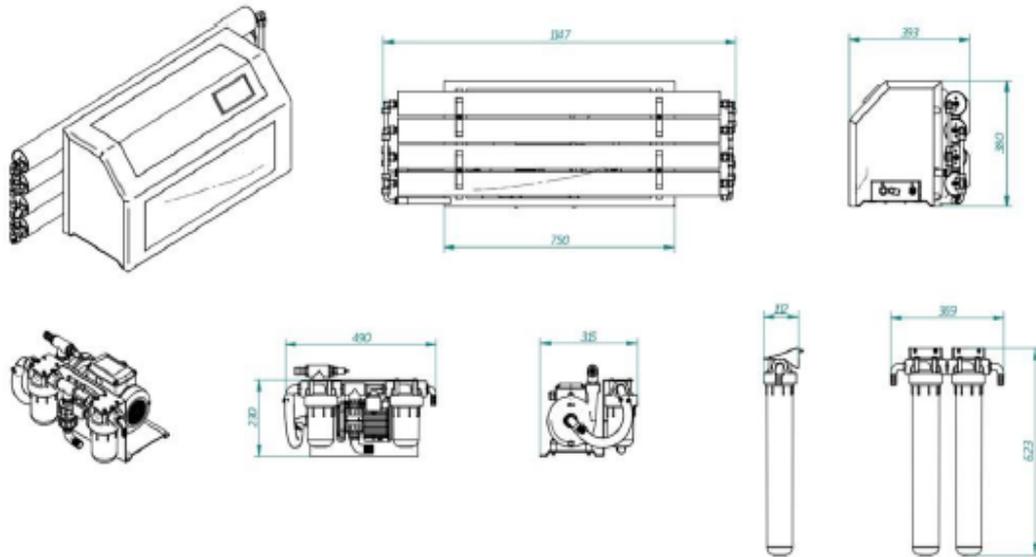
16. BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de asignatura “*Proyecto de buques y artefactos marinos II*”, Vicente Díaz Casás, Basilio Puente Varela, Ingeniería Naval y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.
- Det Norske Veritas, DNV. *Rules for classification. Ships. Part 3 Hull. Chapter 11 Hull equipment, supporting, structure and appendages.*
- MARPOL.
- SOLAS.
- SPS Code. *Code on safety for Special Purpose Ships.*
- Carral, L. “*Dimensionamiento de molinetes*”
- Normativa UNE-EN ISO 15748-2.
- Normativa UNE-EN-ISO 7547
- Páginas webs:
 - <https://www.cdl.es>
 - <https://slce-watermakers.com/desalinators/aqua-base-yachting/>
 - <https://detegasa.com/es/portfolio/sewage-treatment-plants/>
 - <https://www.ausmar.com/index.php/es/>
 - <https://www.palfingermarine.com/en/deck-equipment/cranes>
 - <https://argus-rs.no/argus-rovs/11/argus-mini>
 - <https://argus-rs.no/argus-rovs/171/argus-mariner-xl>

ANEXO I

PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA

specifications & dimensions



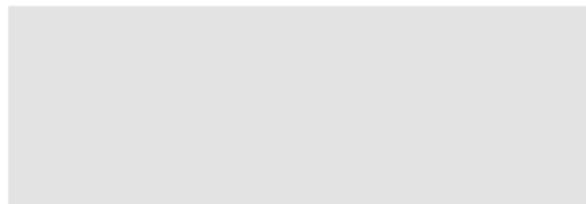
	A - 200	A - 300
Weight	68kg+12kg+2kg	75kg+12kg+2kg
Energy consumption	920w/h	1380w/h
Average Amp. consumption	4,2a/220v	4,3a/220v
Booster pump minimum inlet pressure	+0,05 bar	+0,05 bar
Booster pump outlet pressure	1 - 2 bar	1 - 2 bar
High pressure pump outlet pressure	45 - 60 bar	45 - 60 bar
Feed Flow	900 l/h	1200 l/h
Average effective production	200 l/h (+/- 10%)	300 l/h (+/- 10%)
Conversion	22%	25%
Rejected /permeated ratio	3,5 : 1	03:01
Osmotic membrane type	Fr-80-25/40 hF (3 membranes)	Fr-80-25/40 hF (4 membranes)



ECO-SYSTEMS WATERMAKERS S.L.

C/Horta, 22. 08203 Sabadell, Barcelona (España)
Tel: +34 937 108 950 | Fax: +34 937 122 355
Email: info@eco-sistemas.com
www.eco-sistemas.com

Autorized Dealer:



ANEXO II

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

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
945	45	9450	2,70
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

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

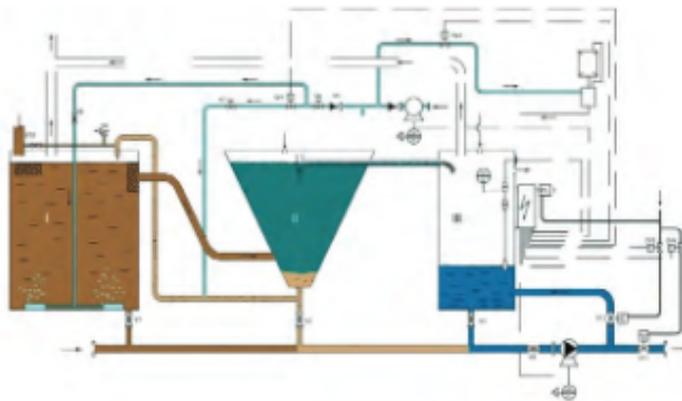
DELTA PRBN SERIES

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
2590	370	25900	18,50
2800	400	28000	20,00
2940	420	29400	21,00

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)



Black Water Only

PRBN MODELS

Reduced footprint for black water treatment through biological process

ANEXO III INCINERADOR



Marine Incinerators

IMO MEPC 76(40) MED Type Approved



Main Features & Advantages

- Fully dismantlable for easy retrofitting.
- Wide range of models available and broad list of references worldwide.
- Total automatic control
- Containerized solutions available upon request
- Easy maintenance

DETEGASA
Tel: +34-981494000
Fax: +34-981486352
www.detegasa.com
commercial@detegasa.com



IBRAN 1107
BUREAU VERITAS
Certification



ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



DETEGASA
Carretera Castro-Meiras S/N
Tuimil-Sequeiro
Valdoviño-15550
Spain

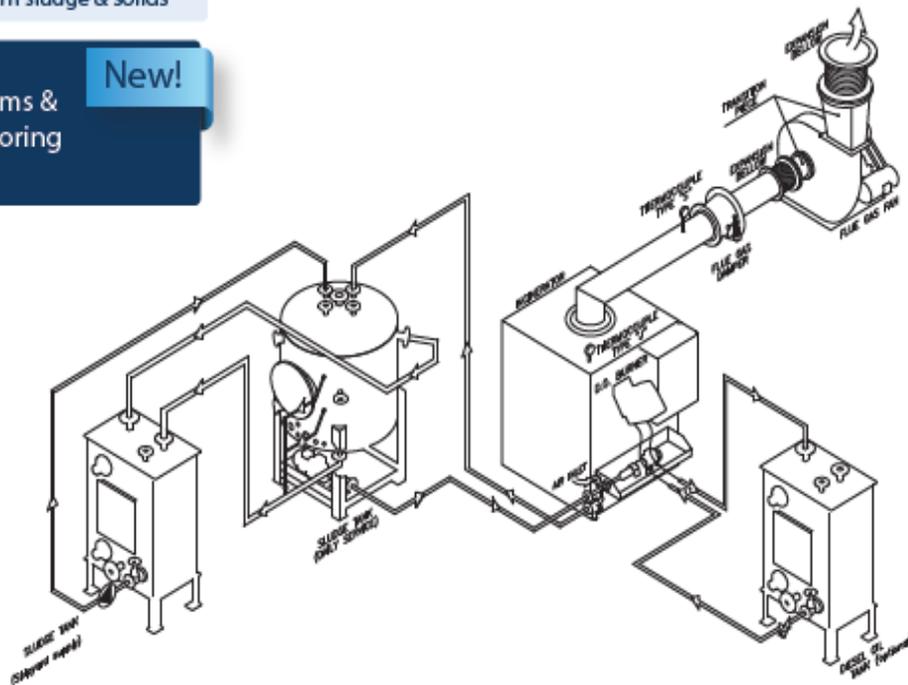
Marine Incinerators

INCINERATOR MODELS	IRA-	IRLA-	IRA-	IRLA-	IRA-	IRLA-	IRA-	IRLA-	IRA-	IRLA-	IRA-	IRLA-	IRA-	IRLA-
IRA/IRLA-	10	18	30	50	65	80	100							
KCAL/H	100.000	180.000	300.000	500.000	650.000	800.000	1.000.000							
KW	116	209	349	581	756	930	1.163							
IMO Sludge (L/H)	-	13	-	23	-	39	-	65	-	84	-	103	-	130
Solid Waste (KG/H)	25	35	50	80	130	150	175							
MAX. Burner Consumption (kg/h)	8,5	14,8	14,8	20	30	40	55							
MAX. Electric Power (kw)	6,00	12,70	8,00	14,70	8,00	14,70	11,50	23,00	22,60	34,20	31,70	43,30	31,70	43,30
Aprox incinerator weight (kg)	1510	1550	1510	1550	2850	3110	2850	3110	5800	5850	5800	5850	7950	8000
Fan weight	205	230	230	230	350	397	545	600						

IRA- Models meant to burn only solids
IRLA- Meant to burn sludge & solids

Bilge water injection systems & Remote monitoring systems

New!



Capability to burn solids and sludge simultaneously

PLC Touch Screen Monitor

Simple and reliable operation

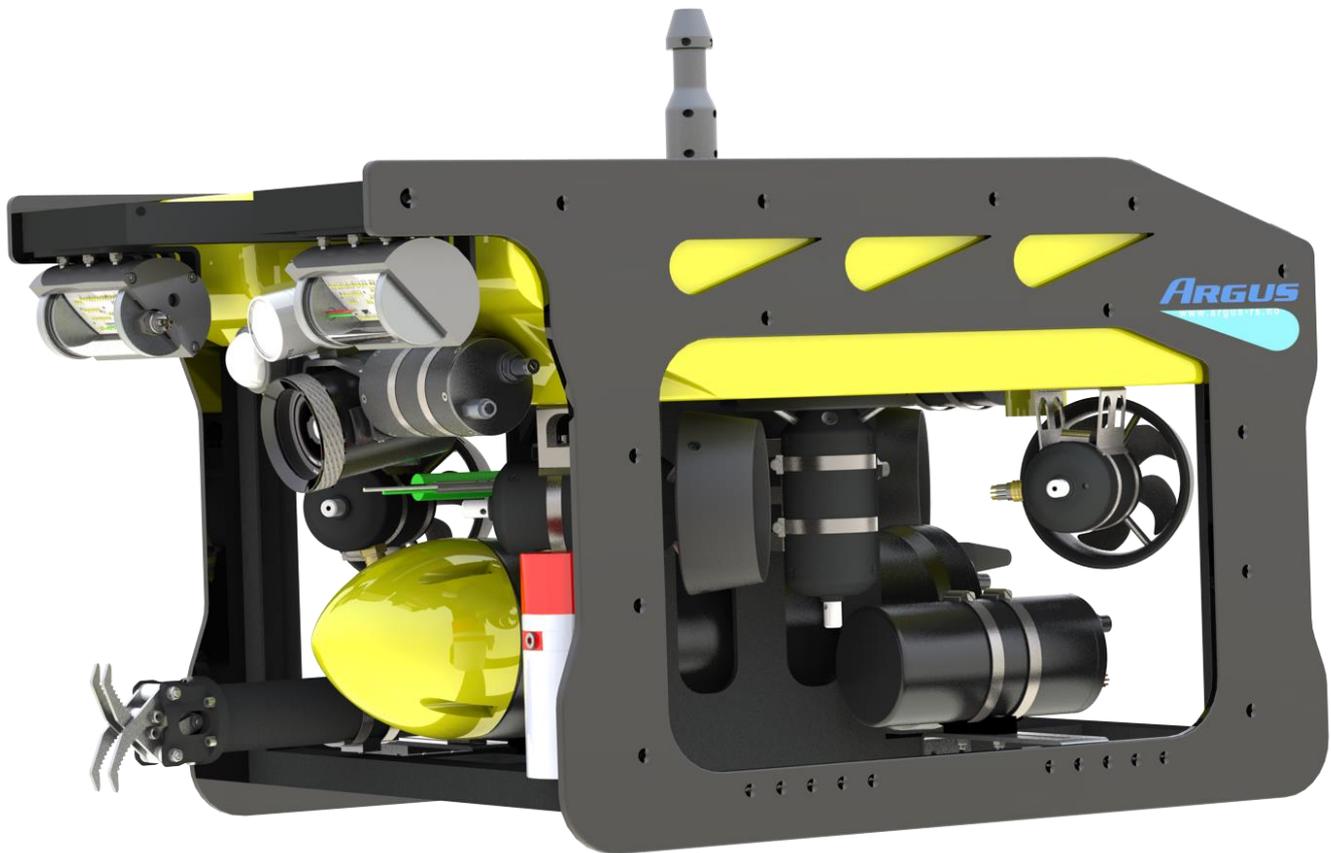
Large number of references in Offshore, Commercial and Navy vessels.



ANEXO IV

ROVS

Argus Mini ROV system



- OBS Class ROV 3kW
- 600 meter depth rated
- For Scientific, Offshore, Inshore, Fish farming

Argus Mini ROV system

TECHNICAL SPECIFICATIONS

General

Dimensions:	
Length	: 0.9m
Width	: 0.65m
Height	: 0.5m
Weight	: ca. 100kg
Payload	: 5kg
Frame	: Aluminum
Pods	: Hard anodised Aluminum
Connectors	: Subconn / Seaconn
Buoyancy	: Syntactic foam
Depth rating	: 600msw

Standard equipment fit

Lights	: 2 x Argus 130W LED Lights, gives 23 000 lumen, 5600 Kelvin in total
HDTV Camera	: Argus RS 1080i camera
Tilt for camera	: 24VDC
Depth sensor	: Keller 0.1%FS
Compass	: Fluxgate compass
Auto functions	: Auto Head Auto Depth Auto Altitude (if Altimeter fitted)
Ethernet channel	: Focal Mux
Isulation Guard	: Megacon

Power requirements

ROV/HPU Power input	: 230VAC , 3kW, 16A Single-phase
Thrusters	: 6 x electric, 4 Horizontal and 2 vertical

Optional equipment

CCD Camera	: CCD Colour camera superwide
Low light camera	: BW low light camera
Sonar	: Tritech, Imagenex, Gemini or Blueview
Altimeter	: Tritech PA500 or Valeport Depth/Alt
Manipulator	: Open/Close
Tools	: Brush tool
Video overlay	: Options Video logger
Latch for launch and recovery	
Umbilical sheave	

Performance

Bollard pull fwd	: 40kg
lat	: 28kg
vert	: 24kg
Speed fwd	: 3kn
Speed vert	: 2kn

Surface controls

Power distribution panel	: Insulation Guard for Power Safety
Control Console	: Stand alone panel or Pilot chair : Surface Control box

Winch 1000m capacity (14mm OD cable)

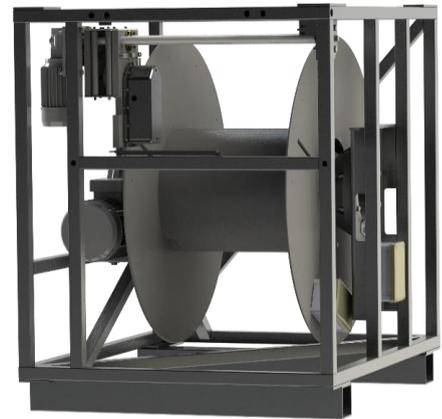
Sheave



Latch



Tether bucket



19 inch rack



Control console



Argus Mini



Argus Mini ROV system

600m Depth rated ROV that will be equipped with a Argus HD camera, 2 x Argus 150W LED Lights, 1 x Argus Tilt with position feedback, 1 x Argus Roll/Pitch sensor, 1 x Fluxgate Compass and a Depth sensor with 0.1%FS as standard.

Surface the system will be delivered with a Portable 19 inch rack.

The Rack consists of Surface control box with Fiber mux system and surface ROV control system, Megacon Insulation guard system, Surface computer with keyboard and mouse, Videologix Proteus Video overlay, HD video recorder, Video splitter that split the monitor into 4 parts and the Power supply for the ROV. A Hard-drive can be connected to the computer for video recording.

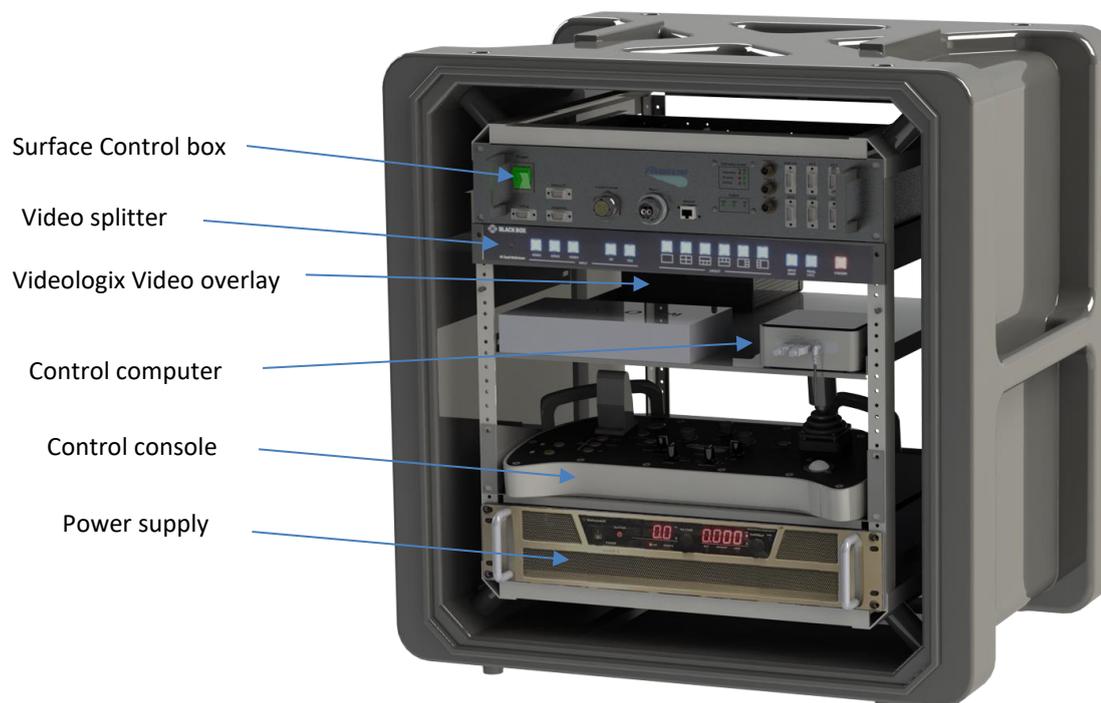
A Control console is connected to the Surface control box.

A 32 inch monitor is connected to the Rack displaying Video camera and ROV GUI.

The Umbilical is supplied with a termination box with fiber connector and power connector so that you can disconnect the Umbilical very easily from the ROV.

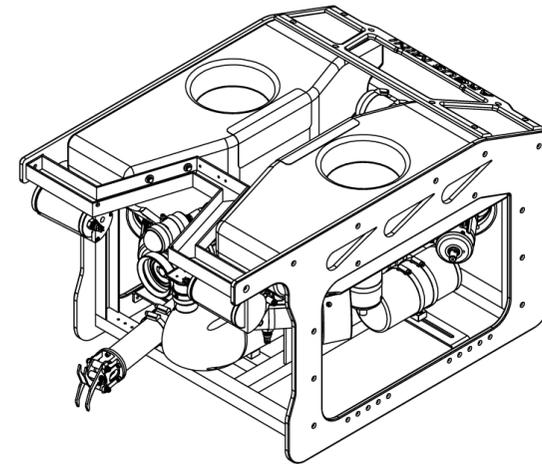
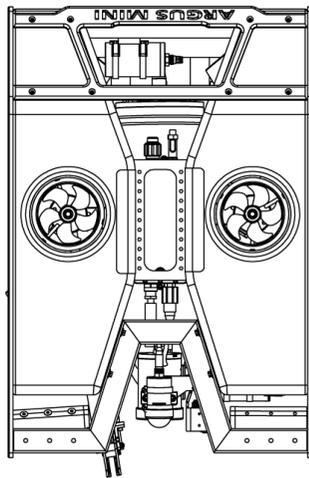
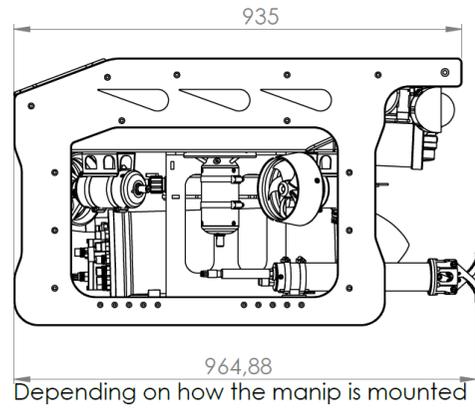
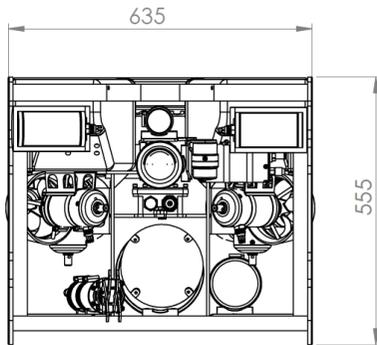
The System requires a 16A / 230VAC power input.

Auxiliary equipment like Sonar, manipulator, brush tool and different sensors can be connected to the ROV.



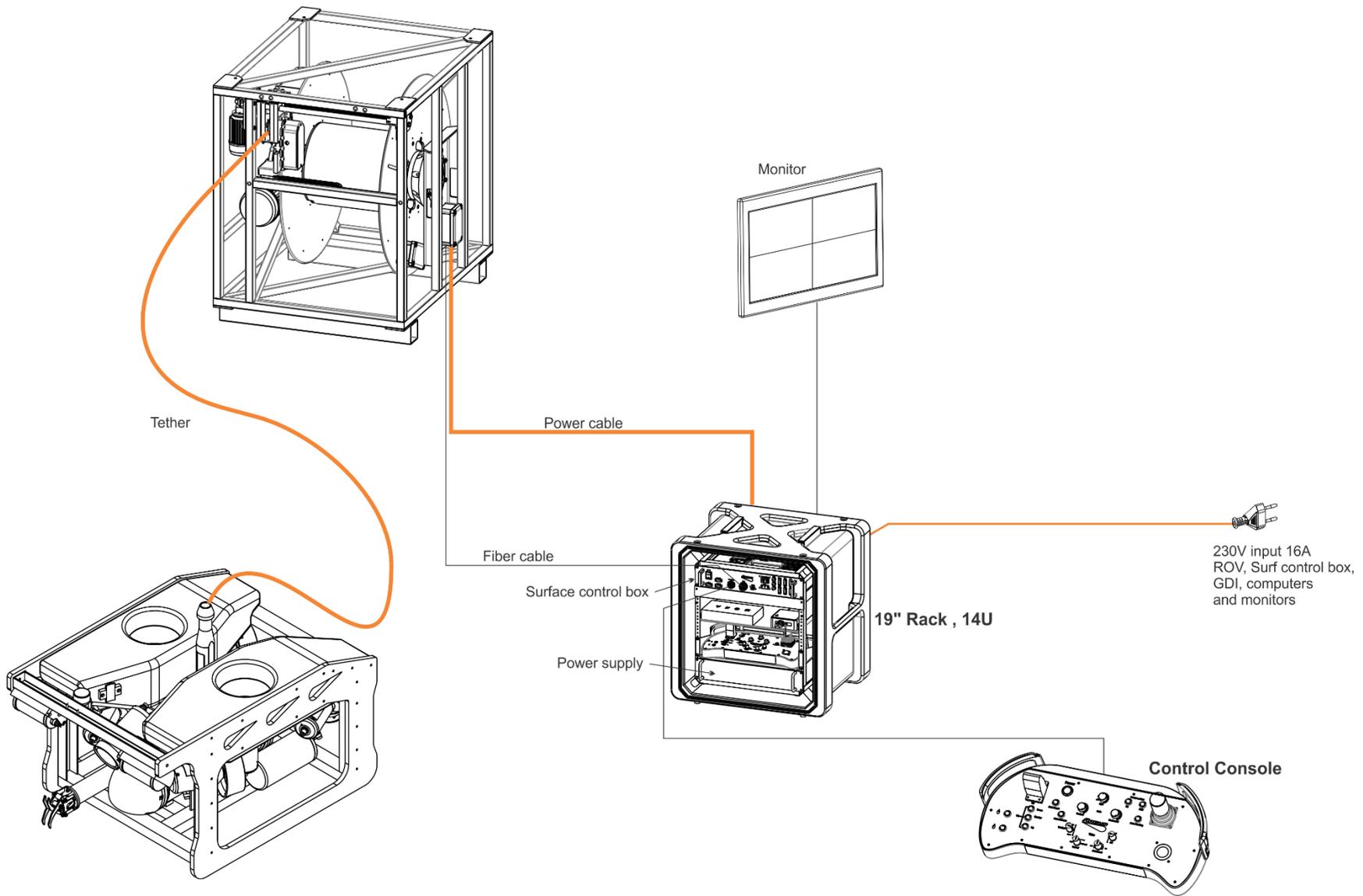
Argus Mini

Standard dry weight: 87kg



This drawing may not be copied, altered or made available to others without written permission.						3D modelling	ARGUS
Date 27.06.2018	Name E. Kleppe	Format A3	Proj.	Scale 1:10	Weight 56.05	Customer	ARGUS REMOTE SYSTEMS AS
	Material N.A.					Part no.	Replaced by
	Surface					DWG no.	ARS-099-1074
SW file: ARS-099-1074 rev1 -Mini ROV Main dimensions							
Tolerance	Partlist number	Argus Project Number	Sheet	Revision			
			1 / 1				

Argus Mini ROV system



Argus Mini ROV system



Argus Mariner XL



Work Class ROV. 75 HP

1000m meters depth rated (optional <6000m)

7 function Schilling Orion Manipulator

4 function Schilling Grabber

Hydro-Lek Manipulators as an option

For Scientific, Military, Offshore

Argus Mariner XL

TECHNICAL SPECIFICATIONS

General

Dimensions:	
Length	: 2.15m
Width	: 1.35m
Height	: 1.4m
Weight	: 1500kg
Payload	: 50kg, or customer requirement
Frame	: Aluminum
Electronic pods	: Hard anodised Aluminum
Connectors	: Subconn / Seaconn, ptional SAIV titan
Buoyancy	: Syntactic foam
Depth rating	: 2000msw (Optional <6000msw)

Power requirements

ROV/HPU Power input	: 440VAC , 60kW , 3-phase
Thrusters	: 7 x electric, 4 Horizontal and 3 vertical
HPU Manipulators	: 6kW , 200bar-9lpm

Performance

Bollard pull fwd	: 275kg
lat	: 230kg
vert	: 260kg
Speed fwd	: approx. 3kn
vert	: approx. 1.5kn

Surface controls

Control Container	: 20" feet container (optional)
Power distribution panel	: Fitted Megacon GDI for Power safety
Control Console	: Integrated joysticks in pilot chair Integrated touch screen 19" inch rack Argus Video overlay HD Hard Disk Recorder 1 x ergonomic pilot chair available 1 x ergonomic co-pilot chair available
Workshop Container	: 10 or 20" feet container (optional)

Standard equipment fit

Cameras	: 1 x HDTV 1080p F/Z Colour Camera 1 x Lowlight Black & White camera 2 x Utility camera
Lights	: 4 x Argus 130W LED Lights, gives 46 000 lumen, 4500 Kelvin in total
Pan & Tilt	: 24VDC
Depth sensor	: Valeport VA500 0.01%FS
Altimeter	: Valeport VA500
Compass	: Fluxgate Compass Rate Gyro
Auto functions	: Auto Head Auto Depth Auto Altitude
Sensor outlets	: 10 x RS-232 , 1 x Ethernet Gb

Optional equipment

Sonar	: Blueview, Imagenex, Trittech or Mesotech
Manipulators	: 4 function Schilling 4R 7 function Schilling Orion Hydro-Lek manipulators
HPU Tooling	: 6 - 12kW , 200bar / 14 - 25lpm

Optional 4K, Ethernet and MBE channels

Optional LARS/Winch/TMS

LARS systems	LARS is available with AHC as an option TMS is available with up to 600m tether
Winch for free flying operation	

