



## **TRABAJO FIN DE GRADO**



### **BUQUE PARA LA INSTALACIÓN DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE**

#### **Equipos y servicios**

<b>AUTOR:</b>	<b>Alejandro Caridad Bouza</b>
<b>TUTOR:</b>	<b>D. Luís Carral Couce</b>
<b>ESCUELA:</b>	<b>Escuela Politécnica Superior Ferrol</b>
<b>UNIVERSIDAD:</b>	<b>Universidad de A Coruña</b>
<b>Nº DE CUADERNO:</b>	<b>12</b>
<b>FECHA:</b>	<b>Febrero 2015</b>

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

---



Escuela Politécnica Superior

### **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA** **TRABAJO FIN DE GRADO**

**NÚMERO:** 13-P9.

**TIPO DE BUQUE:** BUQUE PARA LA INSTALACIÓN DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE.

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**  
GERMANISHER LLOYD, SOLAS, MARPOL.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 12 AEROGENERADORES DE 3,6 MW.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 13 NUDOS AL 80% DE MCR CON UN 15% DE MARGEN DE MAR Y AUTONOMÍA DE 35 DÍAS.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** GRÚA PRINCIPAL DE 1.200 T DE CAPACIDAD DE IZADO CON UN RADIO DE 40 M.

**PROPULSIÓN:** DIÉSEL ELÉCTRICA.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 110 TRIPULANTES.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** LAS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUES.

### Índice

1. Introducción .....	1
2. Equipo de Amarre y Fondeo .....	2
2.1. Numeral de Equipo .....	3
2.2. Anclas .....	5
2.3. Cajas de Cadenas .....	5
2.4. Maniobra de Fondeo .....	6
2.6. Maniobra de Amarre .....	7
3. Sistemas Auxiliares de los Diésel-generadores .....	9
3.1. Sistema de combustible .....	9
3.2. Sistema de lubricación .....	10
3.3. Sistema de refrigeración .....	13
3.4. Sistema de aire de arranque .....	17
4. Dispositivos y medios de salvamento .....	18
5. Ventilación de Cámara de Máquinas .....	25
6. Ventilación de la Acomodación y A/C .....	28
7. Sentinas .....	31
8. Contraincendios .....	32
8.1.1. Sistema Contraincendios de Agua .....	32
8.1.2. Tuberías .....	33
8.1.2.1. Tubería de aspiración de la bomba .....	33
8.1.2.2. Tubería de impulsión de la bomba.....	33
8.1.3. Pérdidas de carga .....	35
8.1.4. Potencia bombas .....	40

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

8.1.5. Resto de la instalación .....	42
8.3. Sistema de Agua Nebulizada .....	42
8.4. Extintores y Tomas de Agua.....	44
9. Servicio de Lastre .....	45
10. Sistema de Elevación .....	47
11. Grúas .....	51
12. Equipos de Navegación y Comunicaciones .....	53
12.1. Equipos de navegación .....	53
12.2. Equipos de Comunicaciones .....	54
13. Escalas .....	56
14. Fonda y Hotel.....	57
15. Circuito de Agua Potable .....	60
16. Propulsores de proa.....	64
17. Bibliografía .....	66
Anexo 1 Normativa Germanischer Lloyd.....	69
Anexo 2 Embarcaciones de Salvamento.....	74
Anexo 3 Esquemas Sistemas Auxiliares.....	77
Anexo 4 Circuito de Agua Potable .....	81

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

### 1. Introducción

En este Cuaderno se van a proyectar los servicios y equipos principales del buque.

El proceso a seguir será el de escoger y justificar el equipo a instalar en base a la normativa existente y a los catálogos comerciales. Una vez realizado el cálculo de la potencia de cada equipo se procederá a su aproximación al valor comercial inmediatamente superior.

En relación a las bombas centrífugas, dada la falta de información con respecto a las mismas, se decidieron tomar los incrementos mostrados en la Tabla 1 utilizando para ello el estudio de diferentes bombas comerciales.

RANGO DE POTENCIA	INCREMENTO
0-1 kW	100 W
1- 10 kW	0,50 kW
10-15	1 kW
>15	5 kW

Tabla 1: Incremento de Potencia.

Los rendimientos mecánicos y eléctricos que serán empleados en los diferentes equipos a lo largo de la descripción de los sistemas, serán los siguientes:

RENDIMIENTO MECÁNICO BOMBAS CENTRÍFUGAS	
CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	RENDIMIENTO ( $\eta_m$ )
> 500	0,77
300-500	0,75
100-300	0,71
30-100	0,65
2-30	0,60
< 2	0,40

Tabla 2: Rendimiento mecánico.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

RENDIMIENTO ELÉCTRICO BOMBAS CENTRÍFUGAS		
POTENCIA (kW)	POTENCIA (C.V.)	RENDIMIENTO ( $\eta_e$ )
> 44,16	>60	0,920
29,44-44,16	40-60	0.910
22,08-29,44	30-40	0,905
14,72-22,08	20-30	0,900
7,36-14,72	10-20	0,880
5,52-7,36	7,50-10	0,860
3,68-5,52	5-7,50	0,830
1,47-3,68	2-5	0,800
<1,47	<2	0,730

Tabla 3: Rendimiento eléctrico.

### 2. Equipo de Amarre y Fondeo

En este apartado se calcularán aquellos equipos destinados al amarre y fondeo del buque, es decir, equipos de maniobra de anclas, estachas de amarre...

#### 2.1. Numeral de Equipo

Para calcular el numeral del equipo se acude al reglamento de la Sociedad de Clasificación, Germanischer Lloyd, Chapter 1, Section 18 "Equipment", B "Equipment Number" donde se proporciona el siguiente método de cálculo:

$$E.N. = \Delta^{2/3} + 2 * (a * B + \sum b_i * h_i * \sin \theta) + 0,1 * A$$

Dónde:

$\Delta$  = Desplazamiento de trazado [t] en la línea de flotación de diseño en agua de mar de densidad igual a 1,025 t/m<sup>3</sup>.

$a$  = Distancia [m], desde la flotación de diseño, en medio del buque, a la cubierta superior.

$b_i$  = Manga de las cubiertas de superestructura con una manga superior a B/4.

$h_i$  = Altura central de cada nivel de las superestructuras y casetas que cumplan b (Cubiertas simples se ignoran). Para el nivel más bajo h se mide desde la cubierta superior o desde una discontinuidad local de dicha cubierta.

$\theta$  = Ángulo de inclinación de cada mamparo de superestructura respecto a la horizontal.

$A$  = Área [m<sup>2</sup>], en la vista de perfil, del casco superestructuras y casetas, con amplitud superior a B/4, por encima de la flotación de proyecto, dentro de la eslora L y la altura  $a + \sum h_i$ .

$$\Delta = 29.546,74 \text{ tn}$$

$$\Delta^{2/3} = 955,74 \text{ tn}$$

$$a = 9,24 - 5,36 = 3,88 \text{ m}$$

$$B = 40,65 \text{ m}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

$$\sum b_i * h_i * \sin \theta = 770,56 \text{ m}^2$$

$$3 * (3,20 * 32 * \sin 90^\circ) = 307,20 \text{ m}^2$$

$$2 * (3,20 * 40 * \sin 90^\circ) = 256 \text{ m}^2$$

$$(1,35 * 42,60 * \sin 108^\circ) + (1,85 * 42,60 * \sin 90^\circ) = 132,47 \text{ m}^2$$

$$2 * (3,20 * 16 * \sin 47^\circ) = 74,89 \text{ m}^2$$

$$0,1 * A = 0,1 * 1.378,56 = 137,86 \text{ m}^2$$

$$E. N. = 955,74 + 2 * (3,88 * 40,65 + 770,56) + 137,86 = 2.950$$

Una vez calculado este valor, se acude a la tabla que proporciona la Sociedad de Clasificación y se determinan los siguientes datos:

- Rango = 2.870 – 3.040.
- N° anclas = 2.
- Peso de cada ancla = 8.700 Kg
- Longitud cadena = 632,50 m.
- Diámetro:

$$d_1 \text{ (calidad normal)} = 95 \text{ mm.}$$

$$d_2 \text{ (calidad especial)} = 84 \text{ mm.}$$

$$d_3 \text{ (calidad extra especial)} = 73 \text{ mm.}$$

- Longitud línea de remolque = 280 m.
- Mínima carga de rotura de la línea de remolque = 1.470 kN.
- Número de líneas de amarre = 6.
- Longitud de cada cabo de amarre = 200 m.
- Mínima carga de rotura de los cabos de amarre = 500 kN.

La normativa referente al cálculo del numeral de equipo puede verse en el Anexo 1: “Normativa Germanischer Lloyd”.



#### 2.2. Anclas

Una vez determinado el numeral, es momento de elegir el tipo de anclas. Entre los diferentes tipos que permite la Sociedad de Clasificación se optó por las tipo Hall sin cepo. Esta decisión se basa en su gran poder de agarre respecto a su peso (hasta 6 veces) y a la facilidad de estiba que proporciona la no existencia de cepo.

#### 2.3. Cajas de Cadenas

Las cajas de cadenas serán las zonas donde se estiben las cadenas, cuando el buque esté navegando, o, aquella cadena sobrante en la condición de fondeo. Para cada ancla habrá una caja de cadenas.

Para calcular el volumen adecuado de la caja de cadenas se acude al Chapter 1, Section 18, Equipment E, Chain Locker donde se especifica la siguiente fórmula:

$$S = 1,1 * d^2 * \frac{l}{100.000} [m^3]$$

Dónde:

$d$  = Diámetro de la cadena = 73 mm (por requerimientos de diseño).

$l$  = Longitud total de la cadena.

$$S_{TOTAL} = 1,1 * 73^2 * \frac{2 * 632,50}{100.000} = 74,15 m^3$$

$$S_{CAJA} = \frac{74,15}{2} = 37,08 m^3$$

Una vez determinado el volumen de cada caja es momento de calcular la altura necesaria de las mismas a partir de los valores de manga y eslora dispuestos en la disposición general. Las cajas de cadenas se sitúan entre las cuadernas 209 y la 220, ambas poseen una manga de 2 metros y una eslora de 5,40 metros. La altura mínima necesaria de cada caja será:

$$Altura\ mínima = \frac{Volumen}{Eslora * Manga} = \frac{37,08}{5,40 * 2} = 3,43 m$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Sin embargo, a esta altura habrá que sumar 0,50 m por la parte inferior (la caja de cadenas contará con un enjaretado inferior que permita achicarla y evita que la cadena esté siempre mojada) y 1,50 m por la parte superior, margen especificado por el reglamento.

$$\text{Altura final} = 3,43 + 0,50 + 1,50 = 5,43 \text{ m}$$

Una vez conocida la altura final necesaria se calcula el volumen necesario para cada caja:

$$S_{\text{NECESARIO POR CAJA}} = 2 * 5,43 * 5,40 = 58,64 \text{ m}^3$$

Una vez conocido este volumen se comparará con el diseñado.

$$S_{\text{NECESARIO POR CAJA}} = \text{Altura final} * B * L = 5,43 * 2 * 5,40 = 58,64 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{DISEÑADO POR CAJA}} = \text{Altura diseño} * B * L = 5,70 * 2 * 5,40 = 61,56 \text{ m}^3$$

Como se aprecia el volumen diseñado supera al necesario por lo que se cumple con la normativa de la Sociedad de Clasificación.

### 2.4. Maniobra de Fondeo

Para el cálculo de los molinetes, dado que, el reglamento solo proporciona unas pautas muy generales, se han seguido las directrices dadas en el Artículo Técnico “Normas Prácticas para el diseño de Molinetes de Ancla” del profesor Luís Carral Couce y Juan Carlos Carral Couce.

En este caso, se diseñarán molinetes mono-ancla, debido a las dimensiones de la cadena y su accionamiento será electro-hidráulico (ya que es lo recomendable cuando el diámetro de la cadena es mayor de 70 mm).

La potencia necesaria en cada barbotén para el izado del ancla y la cadena, (sin tener en cuenta el esfuerzo requerido para el despegue del ancla del fondo, que se logrará dotando al molinete de una velocidad más corta que durante el izado para tener una mayor tracción), viene dada por la fórmula.

$$P(C.V.) = \frac{0,87 * (P_a + 0,02 * d_c^2 * L) * v_s}{4.500 * \eta_m * \eta_e}$$

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Dónde:

$P$  = Potencia del molinete en C.V.

$P_a$  (Peso del ancla (Kg)) = 8.700 Kg.

$d_c$  (Diámetro de la cadena (mm)) = 73 mm.

$L$  (longitud de la cadena (m)) = 632,50 m.

$v_s$  = velocidad de izado en m/min: 9 m/min (según Sociedad de Clasificación)

$\eta_m$  (rendimiento del molinete) = 0,40-0,80 (se toma 0,70).

$\eta_e$  (rendimiento del escoben) = 0,50-0,70 (se toma 0,60).

$$P(kW) = 0,736 * \frac{0,87 * (8.700 + 0,02 * 73^2 * 632,50) * 9}{4.500 * 0,70 * 0,60} \approx 240 kW$$

Para zarpar el ancla del fondo, el motor debe vencer el poder de agarre de esta. Por esta razón, el motor durante 2 minutos, deberá ejercer la potencia instantánea calculada mediante la siguiente expresión:

$$P(kW) = 0,736 * \frac{(2,10 * P_a + 0,02 * d_c^2 * L) * v_s}{4.500 * 0,70 * 0,60} \approx 305 kW$$

## 2.6. Maniobra de Amarre

Para la maniobra de amarre de popa, se montarán bajo cubierta 2 chigres de accionamiento hidráulico a cada banda, y uno en proa. La disposición de los chigres de popa está determinada por la necesidad de disponer de la cubierta superior despejada para carga. La potencia de estos chigres será pequeña, pues la maniobra de amarre no tiene grandes requisitos.

Por requerimientos de la Sociedad de Clasificación se dispondrán seis estachas, a cada banda del buque en los chigres de popa, mientras que, en proa los molinetes operarán cuatro y el chigre otros dos.

A falta de otras condiciones, el cálculo, se basará en las prescripciones dadas en el Artículo Técnico “Normas Prácticas para el diseño de Chigres de carga y maniobra” del profesor Luís Carral Couce y Juan Carlos Carral Couce. Según este artículo se tiene que:

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

- Los elementos mecánicos de los chigres de maniobra deberán resistir, de modo continuo y sin sobrepasar los límites de tensión admitidos en el diseño, una carga estática superior en un 50% a la carga nominal de trabajo.
- La tracción que han de ejercer las maquinillas será de 0,33 MBL (mínima carga de rotura) este valor ha sido proporcionado por el profesor Luís Carral Couce por el reglamento de la Sociedad de Clasificación no hace referencia a él.
- El motor del chigre debe ser capaz de ejercer durante una hora en continuo la siguiente potencia:

$$P(C.V.) = \frac{0,23 * T * v_s}{\eta_t}$$

Dónde:

$$T \text{ (tracción (tf))} = 0,33 * 500 / 9,80 = 16,84 \text{ tf.}$$

$$v_s \text{ (velocidad de izado (m/min))} = 20 \text{ m/min.}$$

$$\eta_t \text{ (rendimiento de la transmisión)} = 0,65.$$

$$P(kW) = 0,736 * \frac{0,23 * 16,84 * 20}{0,65} \approx 90 \text{ kW}$$

### 3. Sistemas Auxiliares de los Diésel-generadores

En este apartado, se calculará la potencia de los diferentes equipos que conforman los sistemas auxiliares de cada grupo de diésel-generadores (A la hora de contabilizar su consumo en el balance eléctrico habrá que multiplicar su número por dos, pues se dispone de dos grupos de diésel-generadores).

Debido a falta de información, habrá equipos de los cuales no se pueda calcular dicha potencia.

#### 3.1. Sistema de combustible

##### Bombas de suministro de MGO/MDO

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

$Q = 10,8 \text{ m}^3/\text{h}$

$H$  (presión de descarga) = 100 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) =  $0,832 \text{ t/m}^3$  (densidad típica diésel)

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,60

$$Potencia (kW) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{10,8 * 100 * 0,832}{367 * 0,60} = 4,08 \text{ kW}$$

Disponiendo dos bombas, principal y de respeto, para cada grupo de diésel-generadores (2 grupos cada uno de los cuales formado por dos diésel-generadores, estribor y babor). La potencia unitaria, si son bombas centrífugas y se considera un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 83%

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{4,08}{0,83} \approx 5 \text{ kW}$$

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

### Bombas de trasiego

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

$Q = 28,80 \text{ m}^3/\text{h}$  (Calculado en el apartado 4.3. del Cuaderno 10)

$H$  (presión de descarga) = 20 m.c.a. (aproximación a partir de la diferencia de altura y pérdidas).

$\rho$  (densidad del fluido) =  $0,832 \text{ t/m}^3$

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,60.

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{28,80 * 20 * 0,832}{367 * 0,60} = 2,18 \text{ kW}$$

Instalando dos bombas, una principal y otra de respeto, para el llenado de cada tanque de sedimentación, con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 80%, la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{2,18}{0,80} \approx 3 \text{ kW}$$

### 3.2. Sistema de lubricación

#### Bombas de suministro de aceite

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto).

$Q = 16 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$H$  (presión de descarga) = 50 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) =  $0,832 \text{ t/m}^3$  (densidad típica diésel)

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,60.

$$Potencia (kW) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{16 * 50 * 0,832}{367 * 0,60} = 3,02 \text{ kW}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Disponiendo dos bombas, principal y de respeto, para cada grupo de diésel-generadores La potencia unitaria, si son bombas centrífugas y se considera un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 80 %

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{3,02}{0,80} \approx 4 \text{ kW}$$

#### **Bomba independiente**

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

$Q = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$H$  (presión de descarga) = 100 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) =  $0,832 \text{ t/m}^3$  (densidad típica diésel)

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,71.

$$Potencia (kW) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{120 * 100 * 0,832}{367 * 0,71} = 38,32 \text{ kW}$$

Instalando dos bombas centrífugas, principal y de respeto con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 91 %, la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{38,32}{0,91} \approx 45 \text{ kW}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

#### **Bomba accionada por el motor**

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto).

$$Q = 168 \text{ m}^3/\text{h}$$

H (presión de descarga) = 100 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) = 0,832 t/m<sup>3</sup> (densidad típica diésel)

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,71

$$Potencia (kW) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{168 * 100 * 0,832}{367 * 0,71} = 53,64 \text{ kW}$$

Instalando dos bombas centrífugas, principal y de respeto con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 92 %, la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{53,64}{0,92} \approx 60 \text{ kW}$$

#### **Bombas de pre-lubricación**

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una por motor).

$$Q = 16 \text{ m}^3/\text{h}.$$

H (presión de descarga) = 50 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) = 0,832 t/m<sup>3</sup> (densidad típica diésel)

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,60.

$$Potencia (kW) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{16 * 50 * 0,832}{367 * 0,60} = 3,02 \text{ kW}$$



## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Disponiendo dos bombas, principal y de respeto, para cada grupo de diésel-generadores La potencia unitaria, si son bombas centrífugas y se considera un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 80 %

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{3,02}{0,80} \approx 4 \text{ kW}$$

### 3.3. Sistema de refrigeración

#### Bombas de alta temperatura

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

$Q = 260 \text{ m}^3/\text{h}$

$H$  (presión de descarga) = 45 m.c.a

$\rho$  (densidad del fluido) = 1 t/m<sup>3</sup>

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,71.

$$Potencia_{mecánica} (kW) = \frac{260 * 45 * 1}{367 * 0,71} = 44,90 \text{ kW}$$

Instalando dos bombas centrífugas, una principal y otra de respeto, con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 92 % para cada grupo de diésel-generadores, la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{44,90}{0,92} \approx 50 \text{ kW}$$

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

### Bombas de baja temperatura

Nº bombas (centrífugas) = 2 (dos de respeto).

$$Q_{\text{ventilación}} = 280 \text{ m}^3/\text{h}$$

$H$  (presión de descarga) = 30 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) = 1 t/m<sup>3</sup>.

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,71.

$$Potencia_{\text{mecánica}} (kW) = \frac{280 * 30 * 1}{367 * 0,71} = 32,24 \text{ kW}$$

Instalando dos bombas centrífugas, una principal y otra de respeto, con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 91 % para cada grupo de diésel-generadores, la potencia unitaria será de:

$$P_{\text{unitaria}} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{32,24}{0,91} \approx 40 \text{ kW}$$

### Bombas de agua salada

Nº bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto).

$$Q = 660 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$H$  (presión de descarga) = 25 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) = 1,125 t/m<sup>3</sup>.

$\eta_m$  (Rendimiento mecánico) = 0,77.

$$Potencia_{\text{mecánica}} (kW) = \frac{660 * 25 * 1,125}{367 * 0,77} = 65,69 \text{ kW}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Instalando dos bombas centrífugas, una principal y otra de respeto, con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 92 % para cada grupo de diésel-generadores, la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{65,69}{0,92} \approx 75 \text{ kW}$$

#### Enfriadores de aire

##### **Enfriador 1**

Nº enfriadores = 2 (uno por motor).

Capacidad de intercambio = 2.875 kW

Caudal = 130 m<sup>3</sup>/h

##### **Enfriador 2**

Nº enfriadores = 2 (uno de respeto)

Capacidad de intercambio = 650 kW \* 2 = 1.300 kW

Caudal = 160 m<sup>3</sup>/h

#### Enfriadores de aceite

Nº enfriadores = 2 (uno de respeto)

Capacidad de intercambio = 1.167 kW \* 2 = 2.334 kW

Caudal = 200 m<sup>3</sup>/h

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

#### Enfriadores de agua

##### **Enfriador de alta**

Nº enfriadores = 2 (uno de respeto).

Capacidad de intercambio =  $3.990 \text{ kW} * 2 = 7.980 \text{ kW}$ .

Caudal =  $260 \text{ m}^3/\text{h}$ .

##### **Enfriadores de baja**

Nº enfriadores = 2 (uno de respeto)

Capacidad de intercambio =  $2.067 \text{ kW} * 2 = 4.134 \text{ kW}$ .

Caudal =  $280 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### Enfriadores del generador

Nº enfriadores = 2 (uno de respeto).

Capacidad de intercambio =  $250 \text{ kW} * 2 = 500 \text{ kW}$ .

Caudal =  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 3.4. Sistema de aire de arranque

En base al dimensionado realizado en el Cuaderno 10 apartado 4.1 en el cual se determina que se debe disponer de dos botellas de 500 litros, cada una, y, dado que, la guía del motor exige dos compresores que permitan, de forma independiente, llenar dichas botella en un tiempo de 1 hora se procede al dimensionado de los mismos.

##### Compresores

Conocidos el caudal y las presiones inicial y final la potencia se calculará suponiendo una compresión adiabática con los siguientes parámetros.

Nº compresores = 3 (uno de respeto).

$Q = 1 \text{ m}^3 * 30 = 30 \text{ m}^3/\text{h}$  (según Guía del motor).

$P_1 = 1 \text{ bar}$  (presión atmosférica).

$P_2 = 30 \text{ bar}$  (según guía del motor).

$\eta = 0,65$ .

$$Potencia (C.V.) = \left(\frac{k}{k-1}\right) * \left(\frac{Q * P_1}{27}\right) * \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1/k)} - 1\right] * \left(\frac{1}{\eta}\right) = 9,83 \text{ C.V.} \approx 7,50 \text{ kW}$$

#### 4. Dispositivos y medios de salvamento

Para conocer qué dispositivos y medios de salvamento se deben instalar en el buque, se acude al reglamento SOLAS Cap. III Dispositivos y Medios de Salvamento.

Para poder asignar los medios y dispositivos de salvamento, se debe encuadrar el buque en una de las tres clasificaciones del reglamento:

- Buque de pesca
- Buque de pasaje
- Buque de carga

Aunque el buque no sea propiamente de carga, lo más lógico es encuadrarlo en esta categoría, puesto que sí que lleva carga en cubierta y no es de pesca ni de pasaje.

Se acude pues a la Sección I, Buques de Pasaje y Carga y Sección III. Buques de Carga, del reglamento anteriormente citado. A continuación, se estudiará cada norma y se determinará qué medios serán necesarios.

#### **Sección I. Buques de Pasaje y Carga**

- **Regla 6. Comunicaciones**

Este será un apartado específico del cuaderno el cual será estudiado más adelante.

- **Regla 7. Dispositivos Individuales de Salvamento.**

Se dispondrán aros salvavidas a cada banda y en cada cubierta expuesta y al menos uno en las proximidades de popa. Además se tendrá, al menos uno, a cada banda provisto de rabiza flotante de altura, al menos, el doble de la zona donde se sitúe (respecto a la flotación). La mitad de los aros han de disponer de luces de encendido automático y como mínimo, dos llevarán señales fumígenas de accionamiento automático que se podrán soltar rápidamente desde el puente de navegación. Estos aros deberán llevar el nombre del buque y su puerto de matrícula.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

En este caso se dispondrán:

- 34 aros en la zona de Superestructura.
- Seis aros por banda en el área de trabajo de la cubierta principal
- Al menos uno de cada banda tendrá rabiza de dimensiones adecuadas y el otro luces de encendido automático y señales fumígenas.

En lo relacionado con los chalecos salvavidas, para cumplimiento de la norma se dispondrán:

- 110 chalecos, uno por tripulante. Situados en zonas accesibles y que no supongan un obstáculo.
- 30 chalecos para su utilización en guardias. Irán estibados en cualquier emplazamiento que posea dotación de guardia.

Por último, esta norma exige la disposición de trajes de inmersión para cada uno de las personas designadas como tripulantes de los botes de ayuda a la operación y rescate, o cuadrillas encargada del sistema de evacuación. En este caso se llevará:

- 8 trajes para los tripulantes de las embarcaciones de rescate.
- 7 trajes para los miembros de la cuadrilla encargada del sistema de evacuación.

- **Regla 8. Cuadro de Obligaciones y Señales de Emergencia.**

Cada tripulante dispondrá de instrucciones de emergencia en el idioma de bandera del buque y en inglés. Además, habrá instrucciones en zonas visibles en todo el buque, incluidos, puente de navegación, cámara de máquinas y espacios de alojamiento.

- **Regla 9. Instrucciones de funcionamiento.**

Se dotará a las embarcaciones de supervivencia y sus mandos de puesta a flote de señales que ilustren la finalidad de los mandos y modo de funcionamiento del dispositivo de que se trate. Estas serán fácilmente visibles, iluminadas y con signos conformes a la OMI.

- **Regla 10. Dotación de la embarcación de supervivencia y supervisión.**

La dotación estará compuesta de 20 tripulantes los cuales cumplirán los siguientes requisitos:

- Toda la dotación habrá recibido la formación necesaria para reunir y ayudar a las personas que no hayan recibido la formación.
  - 10, estarán formados en el manejo de las embarcaciones de supervivencia y los medios de puesta a flote.
  - 4 oficiales, o, tripulantes titulados encargados de las embarcaciones de supervivencia.
- **Regla 11. Disposiciones para reunión y embarco en las embarcaciones de supervivencia.**

De lo dispuesto en esta norma, se concluye que:

- Las balsas y botes salvavidas se han de situar en la cubierta de castillo, cerca de la zona de habilitación.
  - Se dispondrán puestos de reunión cerca de los puestos de embarco, con un espacio de 0,35 m<sup>2</sup> por persona. Estos puestos serán fácilmente accesibles y estarán adecuadamente iluminados.
  - Los pasillos, escaleras y escaleras que den acceso a los puestos de reunión y de embarco, estarán alumbrados y contarán con la señalización adecuada.
  - Los puestos de reunión y de embarcaciones de supervivencia de pescante, permitirán colocar en las embarcaciones a personas transportadas en camilla.
  - Para cada uno de los puestos de embarco, se instalarán una escalera de embarco de un solo tramo.
- **Regla 12. Puestos de puesta a flote.**

Decir únicamente que los emplazamientos de puesta a flote, serán seguros y confortables para dicha puesta a flote.



## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

- **Regla 13. Estiba de embarcaciones de supervivencia.**

A la hora del diseño se ha de tener en consideración (lo cual se ha hecho en este trabajo) que:

- Ni los medios de estiba, ni la embarcación, podrán entorpecer el funcionamiento de las demás embarcaciones de supervivencia, o, de los botes de recate.
- La altura hasta el agua será razonable y no inferior a 2 m respecto a la flotación de máxima carga.
- Estarán listas para ser utilizadas en menos de 5 min.
- El emplazamiento será seguro y protegido.
- La parte popel de los botes salvavidas quedará por delante de la hélice, a una distancia como mínimo de 1,5 veces la eslora del bote.
- Los botes salvavidas se estibarán fijados a los dispositivos de puesta a flote.
- Las balsas salvavidas, se estibarán con su boza amarrada al buque y un medio de zafada que suelte la basa y que se infle automáticamente (si es inflable).
- Las balsas salvavidas, se estibarán de modo que estén o sus envolturas puedan soltarse manualmente de una en una.
- Las balsas salvavidas de puesta a flote por lanzamiento, se podrán trasladar fácilmente, para ser lanzadas por la banda del buque.

- **Regla 14. Estiba de botes de rescate.**

A la hora del diseño se ha de considerar (lo cual se ha hecho en este trabajo) que:

- Podrán estar siempre listos para ponerlos a flote en 5 min. como máximo.
- Su emplazamiento, será adecuado para su puesta a flote y recuperación.
- Ni el bote de rescate, ni sus medios de estiba, entorpecerán el funcionamiento de ninguna de las demás embarcaciones de supervivencia en los otros puestos de puesta a flote.
- Cumplirán lo prescrito en la regla 13, si también son botes salvavidas.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

- **Regla 16. Medios de puesta a flote y recuperación de las embarcaciones de supervivencia.**

Esta norma, da unas recomendaciones sobre los medios de puesta a flote que se deben tener en cuenta:

- Cada bote salvavidas, irá provisto de un dispositivo, que permita ponerlo a flote y recuperarlo. Además, se dispondrá de medios para suspender el bote salvavidas, de modo que, se pueda liberar el aparejo de suelta para su mantenimiento.
  - Los medios de puesta a flote y de recuperación, serán tales, que el operario encargado del dispositivo a bordo del buque, pueda observar la embarcación de supervivencia en todo momento durante la puesta a flote y si se trata de botes salvavidas, en todo momento durante la recuperación.
  - Se utilizará un solo tipo de mecanismo de suelta para las embarcaciones de supervivencia de tipo análogo que se lleven en el buque.
  - La preparación y el manejo de embarcaciones de supervivencia, en uno cualquiera de los puestos de puesta a flote, no deberán entorpecer la preparación y el manejo rápidos de ninguna otra embarcación de supervivencia o bote de rescate, en ningún otro puesto.
  - Las tiras de los dispositivos de puesta a flote, tendrán la longitud suficiente para que las embarcaciones de supervivencia lleguen al agua cuando el buque esté en la flotación de navegación marítima, con calado mínimo y en condiciones desfavorables, con un asiento de hasta  $10^{\circ}$  y una escora de hasta  $20^{\circ}$  a una u otra banda.
  - Durante la preparación y la puesta a flote, la embarcación de supervivencia, su dispositivo de puesta a flote y la zona del agua en que la embarcación vaya a ser puesta a flote, estarán adecuadamente iluminados, con alumbrado suministrado por la fuente de energía eléctrica de emergencia.
- **Regla 18. Aparatos Lanzacabos.**

Se instalará un aparato lanzacabos a cada banda, que cumpla con la sección 7.1 del Código.

#### Sección III. Buques de Carga

- **Regla 31. Embarcaciones de supervivencia y botes de rescate.**

Atendiendo al punto 1.3.2 de esta misma regla, se dotará al buque de balsas salvavidas a cada banda, con capacidad para el 150% de la tripulación. Es decir, a cada banda, se deben disponer de botes y balsas salvavidas con capacidad para al menos 165 personas. Se dispondrán pues de:

- 8 Balsas salvavidas con capacidad para 25 personas, modelo SOLAS A de Livemar. (Las características de estos botes se encuentran en el Anexo 2 “Embarcaciones de Salvamento”).
- 2 botes salvavidas cerrados con capacidad para 66 personas modelo Vanguard VG7.5C. (Las características de estos botes se encuentran en el Anexo II “Embarcaciones de Salvamento”).

El buque irá equipado también, con dos botes de ayuda a la operación, y que también podrán ser utilizados como botes de rescate. Dado que las condiciones de bote de rescate son más restrictivas que las de ayuda a la operación se instalarán botes que cumplan con esta legislación. Se instalarán pues:

- 2 botes Weedo 600.

- **Regla 32. Dispositivos individuales de salvamento.**

**Aros salvavidas:** Aunque esta parte ya se ha tratado en la regla 7, se citará que el buque llevará 44 aros salvavidas siguiendo las directrices de dicha normativa (Ver regla 7).

**Chalecos salvavidas,** irán dispuestos de luces según la norma.

**Trajes de inmersión:** Dado que ese disponen balsas salvavidas para ser lanzadas y no se cuenta con dispositivos para entrar en ellas sin meterse en el agua ni el buque operará en zonas de clima cálido. Los trajes de inmersión estarán alojados en el almacén de la cubierta principal. Dispondremos pues, de al menos 40 trajes de supervivencia.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

- **Regla 33. Medios de embarco y de puesta a flote de las embarcaciones de supervivencia.**
  - Los medios provistos en los buques de carga para el embarco en las embarcaciones de supervivencia, se proyectarán de modo que se pueda embarcar en los botes salvavidas y ponerlos a flote directamente desde su posición de estiba.
  - En los buques de carga de arqueado bruto igual o superior a 20.000 los botes salvavidas podrán ponerse a flote, utilizando bozas si es necesario, llevando el buque una arrancada avante de hasta 5 nudos en aguas tranquilas.

#### 5. Ventilación de Cámara de Máquinas

En el dimensionado de este sistema se realiza según la norma UNE EN-ISO 8861:1998. Dado que se dispone de una Cámara de Maquinas dividida en sentido longitudinal por un mamparo estanco el dimensionado se realizará para cada compartimento de forma independiente.

- **Emisión de calor de los generadores ( $\varphi_{dg}$ ) = 220,98 kW.** Dado que, no se dispone de los datos necesarios para el cálculo de este valor mediante la utilización de la fórmula propuesta, se siguió la recomendación de la norma y se realizó el cálculo según el apartado 7.1.
- **Emisión de calor de los generadores eléctricos ( $\varphi_g$ ):**

$$\varphi_g = P_g * \left(1 - \frac{\eta}{100}\right) = 960 \text{ Kw}$$

Dónde:

$P_g$  (Potencia del generador) = 16.000 kW.

$\eta$  (rendimiento del generador en porcentaje) = 94%.

- **Emisión de calor de las instalaciones eléctricas ( $\varphi_{el}$ ):** Como no se conocen todos los datos necesarios, se aplicará lo indicado por la norma y se estimará que la emisión de calor por este motivo es el 20% de la potencia de régimen de cada generador, de lo que resulta una emisión de 2.560 kW.
- **Flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor ( $q_h$ ):**

Una vez conocidos los diferentes valores de la emisión de calor se procede al cálculo del flujo de aire para evacuación.

$$q_h = \frac{\varphi_{dp} + \varphi_{dg} + \varphi_b + \varphi_p + \varphi_g + \varphi_{el} + \varphi_{ep} + \varphi_t + \varphi_o}{\rho * c * \Delta T} - 0,40 * (q_{dp} + q_{dg}) - q_b = 262,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dónde:

$\rho = 1,13 \text{ Kg/m}^3$ .

$c = 1,01 \text{ kJ/(Kg*k)}$ .

$\Delta T$  (Incremento de temperatura en sala de máquinas) = 12,50 K.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

La corrección de 0,40 es para el caso de una planta propulsora convencional, pero como esta planta, es diésel-eléctrica este factor, no se tendrá en cuenta, porque no se poseen los datos necesarios para su cálculo.

- **Cantidad de flujo de aire para la combustión ( $q_c = q_{dg}$ ):**

$$q_{dg} = \frac{P_{dg} * m_{ad}}{\rho} = 28,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dónde:

$P_{dg}$  (Potencia del generador) = 16.000 kW.

$m_{ad}$  (aire necesario para la combustión) = 0,002 Kg.

$\rho = 1,13 \text{ Kg/m}^3$ .

- **Flujo de aire total (Q) =  $q_c + q_{dg} = 291 \text{ m}^3/\text{s}$**

El caudal debido al número de renovaciones por hora ( $Q_{rev} = v$ . cámara de máquina \* n° renovaciones =  $3.420 * 30 / 3.600 = 28,50 \text{ m}^3/\text{s}$ ) no se ha considerado, pues, es muy inferior, al necesario por la maquinaria. Por lo cual, se prevé (para cada compartimento (Er. Y Br) una ventilación forzada, mediante ventiladores, por lo que se opta por instalar 5 ventiladores axiales de media presión con aletas ajustables y caudal de  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$$P_{mec.por\ ventilador} (C.V.) = \frac{Q_{ventilación} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) * H(m.c.a.) * \rho \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{75 * 3600 * \eta}$$

Dónde:

$Q_{ventilación} = 216.000 \text{ m}^3/\text{h}$

$H$  (presión de descarga) = 0,30 m.c.a.

$\rho$  (densidad del fluido) =  $1.130 \text{ Kg/m}^3$ .

$H_m$  (Rendimiento mec) = 0,60 (valor obtenido por comparación con otros proyectos).

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Sustituyendo:

$$P_{mecánica} (C.V.) = \frac{216.000 * 0,30 * 1.130}{75 * 3600 * 0,60} = 452 C.V.$$

Si se instalan 5 equipos la potencia unitaria, considerando un rendimiento del 92% será de:

$$P_{unitaria} (C.V.) = \frac{P_{mecánica} (C.V.)}{n^{\circ} \text{ equipos} * \eta} = \frac{452 C.V.}{0.92} = 491,04 C.V. \approx 365 kW$$

Dado que se desconoce la pérdida de carga que se produce en la instalación y para asegurar una buena ventilación se tomará un margen de seguridad de un 15%. Así pues, la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} (kW) = 1,15 * 365 = 420 kW$$

## 6. Ventilación de la Acomodación y A/C

La ventilación de las zonas de habitación y del puente se realizará según la norma UNE-EN-ISO-7547.2005, mediante aire acondicionado, para el cual se disponen varios locales específicos. El sistema será de doble conducto y suministrará aire acondicionado a dichos espacios, a través de bocas de ventilación. En cada local de estas características, existirá un termostato para la regulación de la temperatura.

El sistema de aire acondicionado, deberá mantener una condiciones de temperatura y humedad dentro de los espacios interiores de 27 °C y 50% respectivamente, cuando el aire exterior sea de 35 °C de temperatura y del 70% de humedad.

Las temperaturas de invierno serán de 22 °C para el interior y de - 20 °C para el exterior.

El número de renovaciones por hora que se han establecido se indican en la tabla 6.

Espacio	Renovaciones
Camarotes, puentes, estación de radio...	12
Comedor, salones	20
Hospital, lavandería	15

Tabla 4: Renovaciones por hora.

El sistema incluirá varias plantas de refrigeración, del tipo de expansión directa, cada una de ellas compuestas por un compresor y un condensador con sus correspondientes accesorios.

El sistema de agua de mar de refrigeración de los diésel-generadores, se utilizará para la refrigeración del condensador en el mar.

A continuación se describen las temperaturas de las diferentes zonas:

- Camarotes y Puente = 20 °C
- Aseos = 25 °C
- Cámara de Máquinas = 10 °C
- Cocina = 16 °C
- Lavandería = 35 °C
- Pasillos = 16 °C



## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

El aire procedente del exterior, es impulsado a los compartimentos mediante un ventilador, mientras que, el aire viciado, es extraído mediante un extractor, en el caso de ventilación forzada. En locales de pequeño tamaño, se realiza una ventilación y extracción natural mediante rejillas de ventilación en mamparos y puertas.

En el caso del hospital, la exhaustación se efectuará directamente a la atmósfera. El extractor será el mismo empleado para la exhaustación en el aire acondicionado.

Los cálculos se realizan a continuación, utilizando la función área para determinar el volumen de los espacios:

$$Q = \frac{\text{renovaciones}}{\text{hora}} * \text{volumen}(m^3) = m^3/h$$

$$Q_{\text{camarotes,puente...}} = 12 * 12.891,58 \approx 154.698,96 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{\text{comedor,salones}} = 20 * 2.230,08 = 44.601,60 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{\text{hospital,lavandería}} = 15 * 488,08 = 7.321,20 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{\text{ventilación}} = Q_{\text{camarotes,puente...}} + Q_{\text{comedor,salones}} + Q_{\text{hospital}} = 206.621,76 \text{ m}^3/h$$

Una vez determinado el caudal, e instalando 4 equipos de 55.000 m<sup>3</sup>/h necesario, se calcula la potencia aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{\text{mecánica}} (C.V.) = \frac{Q_{\text{ventilación}} \left( \frac{m^3}{h} \right) * H(m.c.a.) * \rho \left( \frac{kg}{m^3} \right)}{75 * 3600 * \eta}$$

Dónde:

$$Q_{\text{ventilación}} = 55.000 \text{ m}^3/h.$$

$$H \text{ (presión de descarga)} = 0,30 \text{ m.c.a.}$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1.130 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\eta_m \text{ (Rendimiento mec.)} = 0,60 \text{ (valor obtenido por comparación con otros proyectos).}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Sustituyendo:

$$P_{mecánica} (C.V.) = \frac{55.000 * 0,30 * 1.130}{75 * 3600 * 0,60} = 115,09 C.V$$

Considerando un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 92 % será de:

$$P_{unitaria} (C.V.) = \frac{P_{mecánica} (C.V.)}{\eta_e} = \frac{115,09 C.V}{0,92} = 125,10 C.V. \approx 95 kW$$

Al igual que en el caso de la ventilación de Cámara de Maquinas se tomará un margen de seguridad de un 15 % en base al desconocimiento de las pérdidas de carga que se producen en la instalación y para asegurar una buena ventilación. La potencia resultante de cada ventilador será de:

$$P_{unitaria} (kW) = 95 * 1,15 \approx 110 kW$$

Para el cálculo de la potencia del sistema aire acondicionado se realizará en primer lugar la determinación de las frigorías necesarias, las cuales permitirán determinar la potencia necesaria.

Para el cálculo de las frigorías se utiliza un programa online que proporciona dicho número en función de la superficie y del clima. Como en este trabajo no se define la zona de trabajo del buque por seguridad se diseñará el sistema para climas muy calurosos y se tomará como adecuado el valor máximo de frigorías necesarias. Calculando para cuatro equipos de aire acondicionado las frigorías por equipo son 256.500.

Una vez determinado el número de frigorías para hallar la potencia eléctrica unitaria se realiza una comparación con un aire acondicionado que genera 2.500 frigorías y consume 1,80 kW.

$$P_{unitaria} (kW) = \frac{256.500 * 1,8}{2.500} \approx 185 kW$$

Debido a que los cálculos realizados no son exactos y que se desconoce la pérdida de carga que se produce en la instalación se tomará un margen de un 15 %.

$$P_{unitaria} (kW) = 185 * 1,15 \approx 215 kW$$

## 7. Sentinas

Para dimensionar la bomba de sentinas, se acude al convenio SOLAS Cap. II-1. Reglas 35.1 Medios de bombeo de Sentinas.

Para buques de carga se tendrá que como mínimo de dos bombas conectadas al colector de achique. Estas bombas serán de tipo centrífugo. Además, por lo menos una de las bombas de sentinas, será capaz de actuar como bomba contra incendios.

Por tanto:

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

Dónde:

$d$  = Diámetro del colector en mm.

$L$  (Eslora entre perpendiculares (m)) = 138,65 m.

$B$  (Manga (m)) = 40,65 m.

$D$  (Puntal (m)) = 9,24 m.

Sustituyendo:

$$d = 25 + 1,68 * \sqrt{138,65 * (40,65 + 9,24)} \approx 165 \text{ mm.}$$

La capacidad de las bombas de sentinas será de:

$$\text{Capacidad bombas sentinas (m}^3/\text{s)} = \frac{\pi * d^2}{4} * v$$

En esta fórmula  $v$  es la velocidad del agua en el interior de las tuberías, que no debe ser inferior a 2 m/s. Cada bomba de sentinas debe ser capaz de suministrar todo el caudal que permite el colector a esa capacidad.

$$\text{Capacidad bombas sentinas} = \frac{\pi * 165^2}{4} * 2 = 0,043 \text{ m}^3/\text{s}$$

Una vez determinado el caudal, sería el momento de calcular la potencia de dichas bombas, pero en este caso, se va a proceder a instalar bombas de sentinas, que puedan actuar, ambas, como bombas contra incendios en caso de necesidad, por lo que sus características serán las mismas que las de las bombas contra incendios pudiendo ver sus características en el apartado 8.1.4 de este Cuaderno.

## 8. Contraincendios

El sistema contraincendios del buque cumplirá con lo requerido por el SOLAS y se diseñará según la normativa vigente.

### 8.1.1. Sistema Contraincendios de Agua

El número de bombas mínimo exigido, es de 2 en cámara de máquinas y 1 de emergencia en el local del servo, pero, como el buque no posee servo la bomba de emergencia se instalará en el local donde se encuentran los propulsores principales.

El caudal mínimo de las bombas contraincendios es función de la capacidad de las bombas de sentinas, calculadas anteriormente, y de caudal igual a 154,80 m<sup>3</sup>/h. Conocido este caudal se aplica la fórmula siguiente, para la obtención del caudal de las bombas contraincendios:

$$Q_{\text{contraincendios}} = \frac{4}{3} * Q_{\text{sentinas}} = \frac{4}{3} * 154,80 \approx 207 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cada una de las bombas contraincendios, ha de tener, como mínimo, un 80% del caudal total necesario. Este caudal, se reduce a un 40% en el caso de la bomba de emergencia.

$$Q_{\text{bomba C.I.}} = 0,80 * 207 \approx 166 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{bomba emergencia}} = 0,40 * 207 \approx 83 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 8.1.2 Tuberías

### 8.1.2.1. Tubería de aspiración de la bomba

Conocido el caudal nominal de la bomba, se puede calcular el diámetro de la tubería de aspiración, suponiendo una velocidad del fluido de 2,50 m/s (SOLAS especifica que la velocidad del fluido en la tubería debe ser superior a 2 m/s) para evitar problemas de cavitación, que conllevarían una pérdida de presión.

Empleando la ecuación de continuidad:

$$Q = V * S$$

Dónde:

$Q$  = caudal en m<sup>3</sup>/h.

$V$  = velocidad del fluido en m/s.

$S$  = área de la sección interior de la tubería.

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{207/3.600}{2,50} = 0,023 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0.032}{\pi}} = 0,085 \text{ m}$$

El resultado anterior es equivalente a una tubería, normalizada, de 170 mm de diámetro. En esta tubería, será necesaria la instalación de una válvula de cierre en el tubo de aspiración

### 8.1.2.2. Tubería de impulsión de la bomba

La tubería será, dimensionada, para que la velocidad del fluido sea de 2,50 m/s (SOLAS especifica que la velocidad del fluido en la tubería debe ser superior a 2 m/s).

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{207/3.600}{2,50} = 0,023 \text{ m}^2$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

$$r = \sqrt{\frac{0.023}{\pi}} = 0,086 \text{ m}$$

El resultado anterior, equivale a una tubería, una vez normalizada, de 170 mm de diámetro. Esta tubería, tendrá una longitud horizontal de 1 metro y en ella se instalarán una válvula de retención y otra de compuerta, con un codo de 90° al cual se conecta una tubería vertical de 7,50 metros

Una vez en el techo, la tubería, se bifurca mediante una T, con una salida hacia popa de longitud igual 20 metros y otra hacia proa de 81,85 metros con lo que recorre toda la eslora del buque. El ramal que se dirige hacia proa, se bifurcará con una T a la altura de la superestructura, para así, suministrar agua a todas las cubiertas de la misma

La velocidad de equilibrio, correspondiente al caudal estable en el punto de demanda, será de 8 m/s. Para calcular las pérdidas de carga, se tomará la condición más desfavorable, que será, una manguera instalada en la cubierta más elevada de la superestructura.

Según SOLAS Capítulo II-2, Parte C, Luchas contraincendios, Regla 10 el diámetro del colector será tal que permita un caudal de 140 m<sup>3</sup>/h en la tubería.

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{140/3.600}{2,50} = 0,015 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0.015}{\pi}} = 0,070 \text{ m}$$

El valor obtenido de la ecuación anterior equivale a una tubería, normalizada, de 140 mm de diámetro.

El número y la distribución de las bocas, ha de ser tal, que por lo menos dos chorros procedentes de distintas bocas puedan alcanzar cualquier lugar.

La presión de las bocas de contra incendio en buques con GT > 6.000 será de 2,7 bar pero en este caso se tomará una presión de 5 bar en punta de lanza y una manguera de 15 m de longitud y 45 mm de diámetro

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

### 8.1.3. Pérdidas de carga

Para calcular las pérdidas desde las bombas hasta el punto más desfavorable se empleará la fórmula de Hazen-Williams.

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

Dónde:

$P$  = pérdida de carga en la tubería, en bar.

$Q$  (caudal que pasa por la tubería (l/min)) = 207 m<sup>3</sup>/h = 0,0575 m<sup>3</sup>/s.= 3.450 l/min.

$d$  (diámetro interior medio de la tubería (mm)) = 170 mm.

$C$  (constante para el tipo y condición del tubo) = 120 (acero al carbono).

$L$  (longitud equivalente de tubería) = 7,50 + 1 = 8,50 m

Tipo de tubo	Valor de C
fundición gris	100
hierro dúctil	110
acero al carbono	120
acero galvanizado	120
cemento centrifugado	130
fundición gris revestida de cemento	130
acero inoxidable	140
cobre	140
fibra de vidrio reforzado	140

NOTA - Esta lista no es exhaustiva.

Figura 1: Valores de C.

$$P_1 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 170^{4,87}} * 8,50 * 3.450^{1,85} = 0,03 \text{ bar}$$

Para las pérdidas por altura manométrica, se considera, que la tubería discurre por el techo de la cubierta principal, condición más desfavorable.

$$P_2 (\text{pérdida por altura manométrica}) = 7,50 \text{ m} = 0,750 \text{ bar.}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

Una vez calculadas estas pérdidas, es el momento de calcular las pérdidas producidas por las singularidades, es decir: Codos, Ts, válvulas...

Accesorios y válvulas	Longitud equivalente de tubo recto de acero ( $C = 120$ ) <sup>a</sup>										
	m										
	Diámetro nominal (mm)										
	20	25	32	40	50	65	80	100	150	200	250
Codo roscado 90° (normalizado)	0,76	0,77	1,0	1,2	1,5	1,9	2,4	3,0	4,3	5,7	7,4
90° Codo soldado ( $r/d = 1,5$ )	0,30	0,36	0,49	0,56	0,69	0,88	1,1	1,4	2,0	2,6	3,4
Codo roscado 45° (normalizado)	0,34	0,40	0,55	0,66	0,76	1,0	1,3	1,6	2,3	3,1	3,9
Te roscada normal o cruz (con cambio de sentido del flujo)	1,3	1,5	2,1	2,44	2,9	3,8	4,8	6,1	8,6	11,0	14,0
Válvula de compuerta - inmediatamente	-	-	-	-	0,38	0,51	0,63	0,81	1,1	1,5	2,0
Válvula de alarma o retención (con clapeta)	-	-	-	-	2,4	3,2	3,9	5,1	7,2	9,4	12,0
Válvula de alarma o retención (con seta)	-	-	-	-	12,0	19,0	19,7	25,0	35,0	47,0	62,0
Válvula de mariposa	-	-	-	-	2,2	2,9	3,6	4,6	6,4	8,60	9,9
Válvula de esfera	-	-	-	-	16,0	21,0	26,0	34,0	48,0	64,0	84,0

<sup>a</sup> Estas longitudes equivalentes se pueden convertir, en su caso, para tubos con diferentes valores  $C$  multiplicando por los siguientes factores:

$C$	100	110	120	130	140
Factor	0,714	0,85	1,00	1,16	1,33

Figura 2: Longitudes equivalentes.

En este caso, se suponen las siguientes singularidades:

**T:**

Número = 1 (una por cubierta de superestructura).

$C = 120$ .

$d = 170$  mm.

$L = 9,35 = 9,35$  m

$$P_3 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 170^{4,87}} * 9,35 * 3.450^{1,85} = 0,04 \text{ bar}$$



## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

#### Codos:

$$\text{Número} = 1.$$

$$C = 120.$$

$$d = 170 \text{ mm.}$$

$$L = 4,84 = 4,84 \text{ m}$$

$$P_4 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 170^{4,87}} * 4,84 * 3.450^{1,85} = 0,02 \text{ bar}$$

#### Válvulas de retención:

$$\text{Número} = 1$$

$$C = 120$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$L = 7,99 \text{ m}$$

$$P_5 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 170^{4,87}} * 7,99 * 3.450^{1,85} = 0,03 \text{ bar}$$

#### Válvula de compuerta:

$$\text{Número} = 1.$$

$$C = 120.$$

$$d = 170 \text{ mm.}$$

$$L = 2 * 1,27 = 2,55 \text{ m}$$

$$P_6 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 170^{4,87}} * 2,55 * 3.450^{1,85} = 0,01 \text{ bar}$$

Una vez en la cubierta principal, se calcula el punto de demanda más desfavorable, situado a 81,85 metros a proa, 25,60 metros sobre la cubierta principal, y una vez en la cubierta más elevada se estiman 2 metros hacia crujía, con una velocidad de 8 m/s.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{207/3.600}{8} = 0,0072 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{0.0072}{\pi}} = 0,048 \text{ m}$$

El área anterior, corresponde a una tubería de 100 mm de diámetro

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

Dónde:

$P$  = pérdida de carga en la tubería, en bar.

$Q$  (caudal que pasa por la tubería (l/min)) = 207 m<sup>3</sup>/h = 0,0575 m<sup>3</sup>/s.= 3.450 l/min.

$d$  (diámetro interior medio de la tubería (mm)) = 100 mm.

$C$  (constante para el tipo y condición del tubo) = 120 (acero al carbono).

$L$  (longitud equivalente de tubería) = 81,85 + 25,60 + 2 = 109,45 m

$$P_7 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 100^{4,87}} * 109,45 * 3.450^{1,85} = 6 \text{ bar}$$

Para el cálculo de la altura manométrica, dado que, se desconoce la altura de instalación de la boca en la cubierta, se considerará, que la boca, se encuentra en el techo de la cubierta, cosa improbable, pero es la condición más desfavorable, la cual, cubre todas las posibles posibilidades.

$$P_8 \text{ (pérdida por altura manométrica)} = 25,60 \text{ m} = 2,56 \text{ bar}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Las pérdidas por singularidades son en este caso:

**T:**

Número = 15.

$C = 120$ .

$d = 100$  mm.

$L = 15 * 6,10 = 91,50$  m

$$P_9 = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 100^{4,87}} * 91,50 * 3.450^{1,85} = 5 \text{ bar}$$

**Codos:**

Número = 1.

$C = 120$ .

$d = 100$  mm.

$L = 1,40 = 1,40$  m

$$P_{10} = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 100^{4,87}} * 1,40 * 3.450^{1,85} = 0,08 \text{ bar}$$

**Válvulas de retención:**

Número = 2 (una por cubierta de superestructura).

$C = 120$ .

$d = 100$  mm.

$L = 2 * 5,10 = 10,20$  m

$$P_{11} = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 100^{4,87}} * 10,20 * 3.450^{1,85} = 0,56 \text{ bar}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

#### Válvulas de compuerta:

Número = 2 (una por cubierta de superestructura).

$C = 120$ .

$d = 100$  mm.

$L = 2 * 0,81 = 1,62$  m

$$P_{12} = \frac{6,05 * 10^5}{120^{1,85} * 100^{4,87}} * 1,62 * 3.450^{1,85} = 0,09 \text{ bar}$$

Por lo que, las pérdidas totales son:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} = 15,17 \text{ bar}$$

Para el buen funcionamiento de los medios contraincendios de este tipo, (mangueras) la presión de salida no debe ser inferior a 5 bar. Además, la propia manguera tiene una pérdida de carga de aproximadamente 1 bar, con lo que la bomba principal, además de tener que superar las pérdidas de carga anteriormente realizadas, deberá de suministrar la presión descrita, por lo que, la bomba debe suministrar una presión mayor que la siguiente suma:

$$P_{impulsión} = 15,32 + 1 + 5 = 21,17 \text{ bar}$$

#### 8.1.4. Potencia bombas

Una vez calculada la presión a vencer a la salida de las bombas, se procede al cálculo de la potencia de cada una de ellas, suponiendo bombas centrífugas:

#### Bombas contraincendios (2, por norma):

$$Potencia (kw) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Dónde:

$$Q \text{ (caudal unitario de la bomba)} = 166 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H \text{ (presión de descarga)} = 211,70 \text{ m.c.a.}$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1,025 \text{ t/m}^3.$$

$$\eta_m \text{ (rendimiento mecánico)} = 0,71.$$

$$Potencia \text{ (kW)} = \frac{166 * 211,70 * 1,025}{367 * 0,71} = 138,24 \text{ kW}$$

La potencia unitaria para las dos bombas, si son centrífugas y se considera un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 92%

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{138,24}{0,92} \approx 155 \text{ kW}$$

La potencia y característica de estas bombas, coinciden con las de las bombas de sentinas por lo explicado anteriormente.

#### Bomba emergencia:

$$Potencia \text{ (kw)} = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

Dónde:

$$Q \text{ (caudal de la bomba)} = 83 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H \text{ (presión de descarga)} = 211,70 \text{ m.c.a. (según la norma).}$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1,025 \text{ t/m}^3.$$

$$\eta_m \text{ (rendimiento mecánico)} = 0,65.$$

$$Potencia \text{ (kw)} = \frac{83 * 211,70 * 1,025}{367 * 0,65} = 75,50 \text{ kW}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

La potencia unitaria de la bomba de emergencia, centrífuga, con un rendimiento ( $\eta_e$ ) del 92% sería de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{75,50}{0,92} \approx 85 \text{ kW}$$

#### 8.1.5. Resto de la instalación

La instalación contraincendios en cuanto a agua, quedará completa con el siguiente equipo:

- 2 bombas contraincendios, movidas eléctricamente con una potencia unitaria de 155 kW.
- 1 bomba contraincendios, de emergencia accionada eléctricamente y con una potencia unitaria de 85 kW. Esta bomba será auto-cebante por no poseer una columna de agua positiva,
- Distribución de bocas contraincendios, de tal manera que se llegue a todos los puntos con dos lanzas conectadas a bocas distintas
- Lanzas contraincendios de 12 mm en habilitación y 6 mm en el resto.
- Una lanza de espuma en la cubierta de helicópteros con una capacidad de 500 l/min.

#### 8.3. Sistema de Agua Nebulizada

En los espacios de cámara de máquinas y locales con equipamiento electrónico, (Puente, locales de control) se instalará un sistema contraincendios mediante agua nebulizada.

Para dimensionar este sistema se sigue el Capítulo 7 del FSS CODE de la IMO y las directrices de la Normativa NFTA Technical Committe Document.

Se tendrá pues:

- Un número de boquillas aspersoras de tipo adecuado y aprobado.
- El promedio de distribución de agua será de 5 l/m<sup>2</sup>/min.
- Se evitará el riesgo de obstrucción de boquillas.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

- La bomba alimentará, simultáneamente, a la presión necesaria, todas las secciones del sistema en cualquier compartimento protegido.

El caudal de la bomba será de:

$$Q = \frac{60}{1000} * R * A$$

Dónde:

$Q$  = caudal de la bomba, en  $m^3/h$

$R$  (capacidad específica) =  $5 l/m^2/min$

$A$  (área mayor espacio) =  $1.887,52 m^2$

$$Q = \frac{60}{1000} * 5 * 1.887,52 = 566,26 m^3/h$$

Según la normativa, este caudal, debe mantenerse durante al menos 30 minutos y el agua que emplearán estos equipos, será agua dulce, luego se debe dotar al buque de un depósito exclusivo para el sistema de al menos  $300 m^3$ . La normativa específica también que la presión en las boquillas no ha de ser inferior a 12,10 bar (NFPA Ch. 4.5.1.2 Working Pressure). Suponiendo unas pérdidas de superiores a un 50%, la presión de descarga de la bomba será de al menos 20 bares.

Empleando una bomba centrífuga la potencia necesaria será de:

$$Potencia (kw) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m}$$

Dónde:

$Q$  (caudal de la bomba) =  $566,26 m^3/h$

$H$  (presión de descarga) = 200 m.c.a. (según la norma)

$\rho$  (densidad del fluido) =  $1,025 t/m^3$

$\eta_m$  (rendimiento mecánico) = 0,77.

$$Potencia (kw) = \frac{566,26 * 200 * 1,025}{367 * 0,77} = 410,78 kW$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Para una sola bomba centrífuga de rendimiento ( $\eta_e$ ) igual al 92% la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{410,78}{0,92} \approx 450 \text{ kW}$$

## 8.4. Extintores y Tomas de Agua

### Extintores

De acuerdo con la normativa, se instalarán extintores de polvo polivalente y de anhídrido carbónico en la cubierta de helicópteros. La instalación posee las siguientes características:

- 6 extintores en cada cubierta de superestructura (hasta puente).
- 2 extintores en el puente y cubiertas superiores.
- 6 extintores en la cubierta superior.
- 9 extintores en la cubierta principal.
- 10 extintores en la cubierta de doble fondo.
- 1 extintor de anhídrido carbónico en la cubierta de helicópteros
- 1 extintor en cada local de aire acondicionado.
- Recambios:

$$Polvo \text{ polivalente} = 100\% * 10 + 50\% * (65 - 10) = 38$$

$$Anhídrido \text{ Carbónico} = 100\% * 1 = 1$$



### 9. Servicio de Lastre

Debido a que no se dispone de información acerca del tiempo de lastrado requerido por buques de características similares al que es objeto del presente estudio y que la Sociedad de Clasificación no proporciona datos se establecerá que el sistema de lastre ha de permitir el lastrado en 10 horas a una presión de 4 bares. Estos valores fueron determinados a partir de la comparación con otros proyectos en los cuales se aplican los mismos tanto para buques de carga como para AHTS.

Los tanques de sitúan de la siguiente forma:

- Tanque N° 1, Central, entre las cuadernas 7 y 15.
- Tanques N° 1, Br. y Er., entre las cuadernas 7-23.
- Tanques N° 2, Br. y Er., entre las cuadernas 49-74.
- Tanques N° 3 Br. y Er., entre las cuadernas 74-90.
- Tanques N° 4, Br. y Er. entre las cuadernas 125-146.
- Tanques N° 5, Br. y Er. , entre las cuadernas 146-163.

#### Tanques de costado (del N° 2 al N° 5):

Nº de bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

$Q$  (caudal (m<sup>3</sup>/h)) = 1.524,60 (m<sup>3</sup>) / 10 (h) = 152,46 m<sup>3</sup>/h

$H$  (presión de descarga) = 4 bar

$\eta_m$  (rendimiento de la bomba) = 0,75

$\rho$  (densidad del fluido) = 1,025 t/m<sup>3</sup>

$$Potencia (kw) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m} = \frac{152,46 * 40 * 1,025}{367 * 0,75} = 22,71 kW$$

Para una bomba centrífuga de rendimiento ( $\eta_e$ ) igual al 90,5 % la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{22,71}{0,905} \approx 30 kW$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

#### Tanques de popa (Nº 1 y central):

$$Q \text{ (caudal (m}^3/\text{h))} = 894,87 \text{ (m}^3) / 10 \text{ (h)} = 89,49 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$N^a \text{ de bombas (centrífugas)} = 2 \text{ (una de respeto)}$$

$$H \text{ (presión de descarga)} = 4 \text{ bar}$$

$$\eta \text{ (rendimiento mecánico)} = 0,65.$$

$$\rho \text{ (densidad del fluido)} = 1,025 \text{ t/m}^3$$

$$Potencia \text{ (kw)} = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m} = \frac{89,49 * 40 * 1,025}{367 * 0,65} = 15,35 \text{ kW}$$

Para una bomba centrífuga de rendimiento ( $\eta_e$ ) igual al 90 % la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{15,38}{0,90} \approx 20 \text{ kW}$$

### 10. Sistema de Elevación

En este apartado, se estudiará el sistema de patas de elevación del buque, el cual, permitirá al mismo, elevarse sobre la superficie del agua para realizar la instalación de los aerogeneradores.

En primer lugar, hay que determinar el número de patas a instalar. Para ello, se enumerarán las ventajas y desventajas que presentan las diferentes configuraciones:

#### 4 patas

##### **Ventajas**

- Óptima flexibilidad de la carga.
- Configuración más barata.

##### **Desventajas**

- Fallo de una pata o sistema de elevación constituye un fallo crítico.
- Difícil conseguir equilibrio entre patas
- Mayor resistencia al agua y menor estabilidad direccional.

#### 5 patas

##### **Ventajas**

- Equilibrio entre flexibilidad de carga, seguridad y distribución de carga

##### **Desventajas**

- Limita la visión desde el puente.
- No proporciona simetría pre carga.

#### 6 patas

##### **Ventajas**

- Óptima seguridad ante el fallo de una pata.
- Óptimo equilibrio entre patas
- Menor resistencia al agua y mayor estabilidad direccional.

#### Desventajas

- Caro.
- Restringe la flexibilidad de la carga.

Una vez conocidas las ventajas y desventajas de cada configuración, se decide instalar la de 6 patas, pues aunque es la más cara, proporciona mejores condiciones de operación.

Determinado el número de patas es el momento de fijar que tipo de patas se van a instalar pues existen dos tipos de: Patas de plato y patas de entramado. En este caso, se eligieron las segundas, pues permiten trabajar a profundidades superiores a 45 metros, son más ligeras y sufren menos el impacto de las olas. La decisión de trabajar a más de 45 metros de profundidad, se tomó en función al buque base, el “Pacific Orca”, pues, con características muy parecidas al buque de este trabajo, opera a profundidades superiores a los 45 metros.

A continuación se estudiarán los diferentes tipos de spudcans (base de apoyo en el fondo del mar de las patas verticales de elevación) y se elegirá el que mejor convenga al buque:

**Spudcan con falda de aro:** De alta resistencia estructural. Presenta gran resistencia al agua por la distancia entre su base y el fondo del casco del buque.

**Spudcan cónico:** Es la solución estándar. Presenta el inconveniente de que si el spudcan no es circular, no todos los puntos de la base están al mismo nivel respecto al fondo del casco, lo que incrementa la resistencia al agua.

**Spudcan plano con centro cónico:** Presenta baja resistencia al agua, pero a diferencia del cónico no es auto-centrante.

**Spudcan de fácil montaje:** Tiene como ventaja la facilidad de montaje en dique seco. Sin embargo, presenta el inconveniente de una alta resistencia al agua por la existencia de ranuras por las que se filtra el mar.

De todas las opciones estudiadas, se decidió instalar el spudcan plano con centro cónico por su baja resistencia al agua.

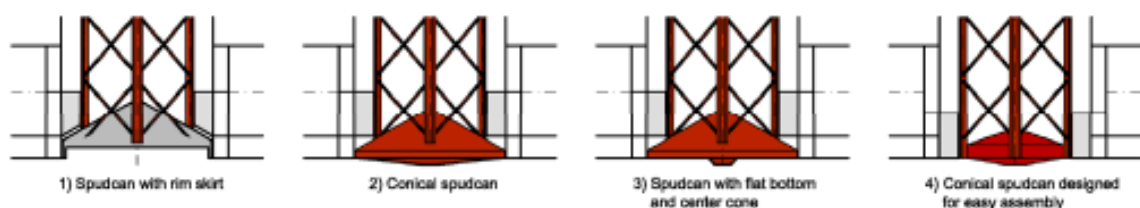


Figura 3: Tipos de Spudcan.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

El último elemento a escoger, es el propio equipo de elevación, el cual, puede ser hidráulico o eléctrico. En este caso, para prevenir posibles contaminaciones se decide instalar el sistema eléctrico, el cual presenta las siguientes ventajas y desventajas:

#### **Ventajas:**

- Alta redundancia (posibilidad de operar con un motor de una pata estropeado).
- Elevada velocidad de elevación.
- Mantenimiento económico.

#### **Desventajas:**

- Caro.
- Vulnerable a cambios bruscos.
- Elevado sobredimensionamiento (hasta un 50%).
- Aceite de engrase biodegradable.

Una vez conocidos todos los equipos del sistema, se realiza un estudio entre los distintos fabricantes (Gusto MSC, Knud E. Hansen A/S y Friede & Goldman) resultando del mismo que solamente Friede & Goldman fabrica equipos eléctricos.

Dado que en la búsqueda bibliográfica realizada no se hallan datos referentes al diseño de estos sistemas y que las características principales del buque de este trabajo son semejantes a las del buque base (Pacific Orca) se tomó la decisión de asimilar el sistema de elevación de éste al del presente estudio, asegurando de esta manera la operatividad de las patas de elevación.

Debido al alto consumo que presenta este sistema se decidió tomar un margen por pérdidas de un 8% (al igual que se hizo con los equipos de propulsión).

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Las características principales de las patas y equipo de elevación son las presentadas en la siguiente tabla:

Patas y equipo de elevación	
Número de patas	6
Longitud de las patas	120 m
Número de cremalleras por pata	3
Separación entre cremalleras	8 y 8,14
Tipo de cremalleras	Split-pipe rack
Equipo de elevación	BLM electrical rack and pinion
Unidades de elevación	Unidades de piñón doble D 110 V
Motores de elevación	690 V, 70 KW, 1.800 r.p.m.
Número de unidades de elevación por pata	3 x 6
Velocidad de las patas	2,4 m/min
Velocidad del casco	1,2 m/min
Carga por pata	4.500 t
Carga máxima por pata	6.750 t
Máxima carga estática por pata	10.650 t

Tabla 5: Características patas y equipo de elevación.

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

### 11. Grúas

El buque dispondrá de una grúa principal, la cual, cumplirá con los requerimientos establecidos en la R.P.A y otra auxiliar de menor capacidad, situada a proa de la principal.

#### Grúa principal

Esta grúa por requisitos de la R.P.A a de poseer una capacidad de izado de hasta 1.200 t en un radio de 40 metros (radio de oper. Con el fin de maximizar el espacio destinado a carga, se instalará un modelo de grúa diseñado específicamente para buques de instalación de molinos offshore, el cual, permite su instalación alrededor de las patas de elevación. Teniendo pues, los requerimientos de la R.P.A y el tipo de grúa, se instalará una grúa de las siguientes características (Obtenidas a partir de la grúa del buque base y de la grúa CAL 45000 de la casa Liebherr).

Grúa Principal	
<b>Elevadores principales</b>	2x600t, en tándem 1.200 t
<b>Capacidad de izado</b>	(18-40) m => 1.200 t 40 m => 600 t
<b>Longitud pluma</b>	90 m
<b>Máxima velocidad de viento</b>	20 m/s
<b>Potencia</b>	4.000 kW

Tabla 6: Datos grúa principal.

#### Grúa secundaria

En la R.P.A. no se hace referencia a una grúa auxiliar, pero estudiando los buques de la base de datos, se concluye, que es necesaria su instalación. Como no se dispone de ningún dato sobre radio o capacidad de izado, se instalará por similitud, una grúa similar a la del buque base:

Grúa Secundaria	
<b>Capacidad de izado principal</b>	(6,50-30) m => 35 t
<b>Capacidad de izado secundario</b>	(6,5-30) m => 25 t
<b>Radio máximo</b>	30 m
<b>Potencia</b>	270 kW

Tabla 7: Datos grúa secundaria.

## **Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore**

### **Cuaderno 12: Equipos y servicios**

---

#### **Grúas de Cámara de Máquinas y Auxiliares de Cubierta**

Adicionalmente a las grúas ya citadas se instalarán en cada compartimento de cámara de máquinas, para dar servicio a los diferentes equipos, una grúa con una capacidad de izado de 2 x1,60 toneladas.

Además (en cada compartimento) se dispondrán medios portátiles de elevación, para utilizar en combinación de cáncamos situados encima de equipos que requieran mantenimiento y cuyo peso haga necesario el uso de medios de elevación.

En la cubierta principal se instalarán en los costados dos grúas telescópicas para manejo de las provisiones y operaciones que requieran poca capacidad de izado.

El accionamiento de las grúas de cámara de máquinas, como el de la de provisiones, será eléctrico.

\*La potencia de las grúas se ha obtenido por comparación con grúas de características similares.



## 12. Equipos de Navegación y Comunicaciones

El buque dispondrá en el puente de gobierno de paneles y consolas para el gobierno y control de los diferentes sistemas, así como un puesto de control de los elementos de máquinas. Los elementos esenciales estarán duplicados.

Los controles mínimos a instalar en el puente serán:

- Timón con indicador de posición.
- Consola de control de luces de navegación e iluminación exterior.
- Consola de control de los monitores contra incendios.
- Consola de control de los propulsores retráctiles.
- Consola de control de máquinas, encontrándose en ella, arranques, alarmas... de toda la maquinaria propulsora y de las bombas y demás equipos.
- Controles de los elementos de amarre y fondeo.

### 12.1 Equipos de navegación

- Compás magistral magnético.
- Ecosonda.
- Sirena neumática de señales.
- Sistema de navegación DGPS.
- Corredera electromagnética con todos sus equipos auxiliares.
- Radiogoniómetro marino.
- Radar banda X y Radar banda S incorporando el sistema ARPA.
- Sistema digital de cartas marinas, con plotter comunicado con el radar.
- Giroscópica.
- Sistema GPS portátil y estanco para embarcar en botes.
- Piloto automático.
- Sistema receptor de cartas.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Además, se deberá equipar al buque con el material náutico que prescribe la DGMM, que es:

- Compás magnético de respeto.
- Un sextante.
- Alidada azimutal.
- Un cronómetro.
- Barómetro y termómetro.
- Dos taxímetros en las bandas.
- Reloj de bitácora.
- Escandallo de mano, con sondaleza de 50 m.
- Compás de puntas, transportador y reglas.
- Banderas nacionales.
- Bocina de niebla manual.
- Prismáticos nocturnos y diurnos.
- Juegos de cartas náuticas, libro de faros y derrotero.
- Lámparas de señales.
- Juego de banderas del C.I.S.

### 12.2 Equipos de Comunicaciones

Los equipos de comunicaciones que se instalarán en el buque, están determinados en el SOLAS en función de la zona en la que el buque vaya a operar. SOLAS divide en cuatro las zonas de operación. El buque, operará en la zona A3, que es la zona comprendida en el ámbito de cobertura de un satélite geoestacionario de INMARSAT.

#### Comunicaciones Exteriores

Cumpliendo con los requerimientos del Capítulo IV, Parte C del SOLAS se deberán disponer en el puente los siguientes sistemas (todos deberán estar duplicados):

- Radio de ondas métricas Con escucha permanente de LSD en el canal 70 de ondas métricas que pueda transmitir y recibir:
  - por LSD a 156.525 MHz (canal 70)

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

- por radiotelefonía a 156.300 MHz (canal 6), 156.650 MHz (canal 13) y a 156.800 MHz (canal 16).
- Respondedor radar en la banda de 9 GHz (puede ser uno de los vistos en el apartado de equipos de salvamento).
- Radio de ondas hectométricas de escucha continua y emisión de señales de socorro en las bandas 2182 kHz. usando radiotelefonía y en 2187.5 kHz usando LSD.
- Receptor NAVTEX.
- Estación terrena de buque de INMARSAT, que reciba los informes sobre seguridad marítima, que transmita y reciba avisos de socorro y comunicaciones generales usando telegrafía de impresión directa y que tenga servicio de escucha y emisión de alertas y llamadas prioritarias de socorro.
- Radiobaliza de localización de siniestros por satélite. Dado que el buque estará siempre bajo cobertura de INMARSAT, deberá emitir señales de socorro en la banda de estos satélites, que es 1.6 GHz. Deberá estar instalada en un lugar accesible, podrá accionarse manualmente, llevada a una balsa salvavidas o flotar libre si el buque se hunde, o podrá tele-activarse desde el puente.
- Al menos tres radioteléfonos de ondas métricas.

### Comunicaciones Interiores

En las distintas zonas del buque se deberán instalar dispositivos de comunicación, definidos en los Capítulos II-1 y III de SOLAS.

- Dos medios independientes de comunicación entre puente y máquinas, uno debe ser un telégrafo de órdenes.
- Sistema de alarmas con accionamientos en el puente, audible en todas las zonas del buque.
- Sistema de telefonía autogenerada.
- Sistema de telefonía autogenerada entre puente y todos los espacios públicos, puestos de control y otros puestos estratégicos.
- Un dispositivo de alarma para los maquinistas, que se oiga en sus alojamientos.
- Sistema de megafonía con altavoces reversibles en zonas de trabajo, públicas y de habilitación.

## 13. Escalas

### Escala real

Se dispondrá una escala a cada banda del buque. Estas, irán estibadas en posición horizontal, a la altura de la cubierta principal y por fuera de la borda. En cuanto a sus dimensiones, poseerán 70 cm de ancho y peldaños fijos, auto-deslizantes y curvos, de manera que se pueda utilizar las escalas con una inclinación de entre 30° y 60° grados con la horizontal.

### Escala de práctico

Se dispondrán dos escalas de gato, de longitud suficiente para el alcance desde la cubierta principal hasta la línea de flotación en lastre. El costado estará provisto de barandillado fijo y un paso con cadena a cada banda

## 14. Fonda y Hotel

### Cocina

- 4 fregaderos de, de 700x500x400 mm con servicio de agua fría y caliente.
- 4 microondas.
- 3 cocinas eléctricas de tipo marino, con capacidad para 30 plazas, provistas de horno para asados.
- 4 placas calientes.
- 2 tostadoras de pan.
- 2 amasadoras.
- 3 hornos.
- 2 máquinas universales.
- 2 peladores de patatas.
- 3 frigoríficos de 500 litros.
- 2 lavavajillas.
- 2 mesas de acero inoxidable, con estantería debajo.

### Gambuzas

En la 4ª cubierta, próximo a la cocina, se dispondrán tres locales, uno destinado a gambuza seca y los otros a refrigerada.

**La gambuza seca** de 44.95 m<sup>2</sup> contará con:

- Estantes, alacenas, barras y ganchos para víveres.
- Un patatero con panas desmontables.

**La gambuza refrigerada** constará de dos cámaras separadas:

- **Cámara de congelados** de 18,56 m<sup>2</sup>. Temperatura entorno a -20°C
- **Cámara frigorífica** de 22,80 m<sup>2</sup>. Temperatura entorno a 3°C

Cada cámara, tendrá su tipo de aislamiento y espesor, de acuerdo con el servicio.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Las puertas de las cámaras refrigeradas, serán de construcción robusta y con bisagras especialmente reforzadas contra los golpes a que puedan estar sometidas las puertas, tal y como es necesario en los buques, tendrán robustos retenedores y topes.

Las cámaras tendrán regulación termostática, con sus grupos de frío incorporados a ellos. La zona de los serpentines de condensación, será ventilada mediante electro-ventiladores con el flujo dirigido a los serpentines.

Los motores eléctricos de los armarios, tendrán una protección mínima de IP-54.

Con la instalación, se entregará un grupo de frío preparado para sustituir a cualquiera de los que se averíen.

En la cocina, se instalarán alarmas que indiquen una subida de temperatura en las cámaras, por encima de la de funcionamiento.

Cada cámara, tendrá lectura local de la temperatura y medios de desescarche automáticos. Los goteos procedentes del desescarche, serán conducidos a un imbornal.

### **Equipo de Lavandería**

Para servicio del buque se dispondrá de una lavandería constituida por los siguientes elementos:

- 1 fregadero de acero inoxidable.
- Armario para materiales de lavado.
- 10 lavadoras centrífugas con capacidad para de 5 Kg de ropa seca.
- 5 secadoras de 5 Kg.
- 4 cubos de ropa seca.
- 1 mesa de trabajo, con cajones debajo.
- 1 armario para ropa blanca y otro para ropa de color.

En este local se contará con suministro de agua caliente y fría, así como, de ganchos y tendedores.

## **Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore**

### **Cuaderno 12: Equipos y servicios**

---

#### **Varios**

Se dispondrá un frigorífico de 100 litros de capacidad, en alojamientos del Capitán, Jefe de Máquinas. Comedor, puente de gobierno, control cámara de máquinas y salones.

En los salones del Capitán y Jefe de Máquinas, así como, en los salones y comedores, se instará un receptor de T.V. en color de 21” en camarotes y 40” en salones y comedores. Estos receptores irán conectados a la instalación de la antena colectiva del buque.

Para radiodifusión, se instalará en el puente un equipo conectado a la red de altavoces de órdenes generales, dotado con reproducción de MP3, discos y micrófono.

## 15. Circuito de Agua Potable

El servicio de agua potable lo formarán los equipos que suministran agua para los centros de consumo de agua dulce presentes en el buque. El consumo de agua potable dependerá del tipo de buque, duración del viaje, número de dispensadores de agua potable y puntos de suministro en la zona de navegación.

El sistema de suministro de agua dulce se puede resumir de la siguiente forma: Se tendrá un grupo potabilizador con su propia bomba que tomará agua del mar y descargará agua dulce en los tanques de agua dulce para consumo del buque. Para el suministro de agua dulce, tanto caliente como fría, se dispondrá una bomba principal del sistema que aspirará desde los tanques almacén de agua dulce hasta la descarga en un tanque hidróforo, que aliviará a la bomba del trabajo continuo. Hay que decir que en buques con un consumo muy alto de agua potable no compensa el uso de tanque hidróforo, el límite está en 30 y 40 m<sup>3</sup>/h. La distribución se realizará mediante tres colectores distribuidos de la siguiente forma:

- Colector 1: Cubierta Principal y Cubierta 1.
- Colector 2: Cubierta 2.
- Colector 3: Cubiertas 3 y 4.
- Colector 4: Cubiertas 5, 7 y Puente.

Conociendo el funcionamiento básico del sistema, se va a dimensionar el sistema de agua potable según la norma UNE-EN ISO 15748-2. Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Parte 2: Método de cálculo.

Los pasos a seguir para el dimensionado de los equipos son los siguientes:

### 1- Planta potabilizadora:

Dado que, el buque se considerará como plataforma offshore y consta de una tripulación de 110 personas según la norma se necesitarán al menos 38.500 l/día (350 l / (persona \* día) \* 110 personas).



### 2- Dimensionamiento de la bomba de agua potable:

A continuación se dimensionará la bomba a partir de la norma:

Lo primero que se debe realizar es designar los consumidores para conocer según la norma, que presión de flujo mínimo y que caudal les corresponden. Además se situarán los servicios según la cubierta correspondiente, ya que será necesario para conocer la altura de los mimos respecto a la bomba.

Una vez determinados los consumidores, se deberá calcular el caudal punta que necesitará cada colector. Para lo cual se suman los caudales requeridos por todos los consumidores de cada colector y entra en la gráfica de la figura A.3 de la Norma.

Conocido el caudal punta, de cada colector, se dimensionarán las tuberías de cada uno de ellos. Si se utilizan tuberías de cobre (SF-Cu), se empleará la Tabla A.9 de la norma que permite determinar de forma directa el diámetro nominal de las tuberías de cada colector.

Conocidos los diámetros nominales de dichas tuberías, se calcularán las pérdidas de carga debidas a la fricción. Para ello se entrará en la Tabla A.11, donde en base a unas velocidades de flujo, apartadas por la norma, y un diámetro nominal de tubería obtendremos un valor de pérdida de presión diferencial en mbar/m. Conociendo la longitud de la tubería desde el colector hasta cada consumidor se determinará el valor total de la pérdida de presión, de cada consumidor. Si se quiere completamente exactos se necesitaría conocer la longitud exacta de la tubería de cada consumidor, pero al tratarse de un ejercicio académico se tomarán valores aproximados.

Conocidas las pérdidas anteriores, así como, las debidas a las diferencias de alturas y a las presiones mínimas de trabajo de cada consumidor, se calculará la presión mínima de trabajo de la bomba, que será la mayor presión solicitada por los consumidores.

Los cálculos realizados en base a lo expuesto anteriormente se adjuntan en el Anexo 4 “Circuito de Agua Potable”.

<b>Circuito agua fría</b>	
<b>Caudal Punta [l/s]</b>	1,35
<b>P. Descarga Necesaria [bar]</b>	5,91

**Tabla 8: Características circuito agua fría.**

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Circuito agua caliente	
Caudal Punta [l/s]	0,78
P. Descarga Necesaria [bar]	6,01

Tabla 9: Características circuito agua caliente.

Instalando una bomba para cada servicio, agua caliente y agua fría. La potencia necesaria de cada bomba será de:

#### **Bombas agua fría:**

N<sup>a</sup> de bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

Q (caudal (m<sup>3</sup>/h)) = 4,86 m<sup>3</sup>/h.

H (presión de descarga) = 59,10 m.c.a

η (rendimiento mecánico) = 0,60.

ρ (densidad del fluido) = 1,025 t/m<sup>3</sup>.

$$Potencia (Kw) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m} = \frac{4,86 * 59,10 * 1,025}{367 * 0,60} = 1,34 kW$$

Para una bomba centrífuga de rendimiento (η<sub>e</sub>) igual al 73 % la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{1,34}{0,73} \approx 2 kW$$

#### **Agua caliente**

N<sup>a</sup> de bombas (centrífugas) = 2 (una de respeto)

Q (caudal (m<sup>3</sup>/h)) = 2,81 m<sup>3</sup>/h.

H (presión de descarga) = 60,10 m.c.a

η (rendimiento mecánico) = 0,60.

ρ (densidad del fluido) = 1,025 t/m<sup>3</sup>.

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

$$Potencia (Kw) = \frac{Q * H * \rho}{367 * \eta_m} = \frac{2,81 * 60,10 * 1,025}{367 * 0,60} = 0,79 kW$$

Para una bomba centrífuga de rendimiento ( $\eta_e$ ) igual al 73 % la potencia unitaria será de:

$$P_{unitaria} = \frac{Potencia}{\eta_e} = \frac{0,79}{0,73} \approx 1,5 kW$$

## 16. Propulsores de proa

En este trabajo y dadas las necesidades de posicionamiento dinámico del buque, se ha decidido instalar Pods retráctiles en lugar de las hélices de proa convencionales, pues estos presentan muy buenas propiedades hidrodinámicas, cuando se encuentran recogidos y gran versatilidad cuando en operación, pues su campo de funcionamiento es de 360°.

A falta de medios para un cálculo de mayor precisión, se llevará a cabo un primer dimensionamiento, considerando los Pods como si se tratasen de hélices transversales, para lo cual, se utilizará el método que propone el libro “Proyecto básico del Buque Mercante”. En él, se obtiene la potencia necesaria de las hélices a partir de la velocidad de giro del buque, el área de la obra viva y la eslora entre perpendiculares. Los cálculos son los que siguen:

$$\text{Empuje por } m^2 \text{ de obra viva} = F \left( \frac{kN}{m^2} \right) = \left( \frac{\omega_{\text{giro}} (\text{°/seg}) * L_{pp} (m)}{188} \right)^2$$

$$\text{Empuje total (kN)} = F * A_{\text{obraviva}} = F * (L_{pp} * T)$$

Los autores estiman la potencia del accionador de la hélice en 11 C.V. por Kg de empuje requerido.

La hélice se va a diseñar para conseguir una velocidad de giro de 0,40 °/seg. Los cálculos se realizarán para el calado de diseño, 5,36 m.

$$\text{Empuje por } m^2 \text{ de obra viva} = F \left( \frac{kN}{m^2} \right) = \left( \frac{0,40 * 138,65}{188} \right)^2 = 0,09 \text{ kN}/m^2$$

Una vez calculado el empuje por m<sup>2</sup> se pasa a calcular el empuje total. A la hora de aplicar esta fórmula se introduce dos valores para que el resultado se obtenga en kg y no en kN.

$$\text{Empuje total (kg)} = \frac{F * (L_{pp} * T) * 100}{9,81} = \frac{0,09 * (138,65 * 5,36) * 1000}{9,81} \approx 6.600 \text{ kg}$$

$$\text{Potencia Accionamiento (kW)} = 0,736 * \frac{\text{Empuje total (kg)}}{11 \left( \frac{kg}{C.V.} \right)} = 0,736 * \frac{6.600}{11} \approx 442 \text{ kW}$$

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

Una vez calculada la potencia de accionamiento, hay que sumarle un 20 % correspondiente al M.C.R. por lo que la potencia se eleva a:

$$\text{Potencia } 80\% \text{ MCR (kW)} = 442 + 88,40 = 530,4 \text{ kW}$$

Como se puede apreciar, las necesidades de potencia obtenidas por el método anterior, difieren enormemente de las necesidades del buque base, el cual, posee dos Pods retráctiles de 2,200 kW, y dado que este buque posee unas características muy similares al de este trabajo, tanto en carga como en dimensiones principales, se concluye, que no se puede asimilar un Pod retráctil a una hélice de túnel transversal. Por tanto y en base a lo explicado, se asimilarán las necesidades de potencia del buque, a las del buque base y se procederá a la instalación de dos Pods retráctiles de 2.200 kW de potencia.

Una vez conocida la potencia necesaria, es el momento de aplicar el margen de M.C.R.:

$$\text{Potencia total (kW)} = 2 * 2.200 * 1.2 = 5.280 \text{ kW}$$

Calculada esta potencia, es el momento de escoger el modelo de Pod adecuado, para ello, se cuenta con dos opciones las cuales se comparan en la siguiente tabla:

ABB Azipod CZ 1.400L		Brunvoll AR 115	
<b>Rango de potencia</b>	3.300 kW	<b>Rango de potencia</b>	2.300-3.000 kW
<b>Empuje</b>	63 t	<b>Empuje</b>	-
<b>Diámetro</b>	4.000 mm	<b>Biametro</b>	2.900 mm
<b>Peso</b>	70,10 t	<b>Peso</b>	-
<b>Velocidad de servicio</b>	9 knt	<b>Velocidad de servicio</b>	-

Tabla 10: Azipod CZ 1.400L vs AR 115.

Aunque el rango de potencias del propulsor Brunvoll es el que mejor se ajusta a las necesidades del buque también es del que menos información se dispone lo que implica grandes dificultades en lo referente al diseño. Por tanto se decide instalar el Azipod CZ 1.400L de ABB pues aunque su rango de potencia se ajusta menos, en este caso si se dispone de toda la información necesaria a la hora del diseño.

Para concluir mencionar que aunque el buque base a parte de los propulsores retráctiles también posee hélices convencionales de túnel estas no se han tenido en cuenta pues para las maniobras de puerto se considera que se operará con los Azipods retráctiles.

## 17. Bibliografía

1. Rules for Classification and Construction, Naval Ship Technology. Hull Structures and Ship Equipment. Germanischer Lloyd 2012. [En línea] [Acceso el 04-10-2014] Disponible en:  
[www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl\\_iii-1-1\\_e.pdf](http://www.gl-group.com/infoServices/rules/pdfs/gl_iii-1-1_e.pdf)
2. Rules for Classification and Construction. Common Structural Rules for Double Hull oil Tankers. Germanischer Lloyd 2012. [En línea] [Acceso el 04-10-2014] Disponible en:  
[www.gl-group.com/infoServices/rules/.../csr\\_ot\\_consolidated\\_2012.pdf](http://www.gl-group.com/infoServices/rules/.../csr_ot_consolidated_2012.pdf)
3. VM 32 C. Project Guide, Generator Set Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG.Germany. Edición Agosto 2012.
4. Cap. III Dispositivos y Medios de Salvamento. Safety of Life at Sea (SOLAS).
5. Cap. II-1. Reglas 35.1 Medios de bombeo de Sentinas. Safety of Life at Sea (SOLAS).
6. Capítulo II-2, Parte C, Luchas contra incendios. Safety of Life at Sea (SOLAS).
7. Capítulo IV, Radiocomunicaciones. Safety of Life at Sea (SOLAS).
8. Catálogo General 2008. Livemar. . [En línea] [Acceso el 14-10-2014] Disponible en:  
[www.livemar.com/includes/languages/spanish/pdf/Pag.25-44.pdf](http://www.livemar.com/includes/languages/spanish/pdf/Pag.25-44.pdf)
9. Totally Enclosed Lifeboats. Vanguard safe at sea. . [En línea] [Acceso el 10-10-2014] Disponible en:  
<http://www.vanguardlifeboat.com/TotallyEnclosedLifeboats.html>
10. UNE-EN-ISO. Embarcaciones y tecnología marina. Aire acondicionado y ventilación de los alojamientos. Condiciones de diseño y bases de cálculo. ISO-7547.2005.
11. UNE-EN-ISO. Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable en buques y estructuras marinas. Parte 1: Planificación y diseño. ISO-15748-1-2003.
12. Carral Couce, Juan Carlos y Carral Couce Luís. Normas Prácticas para el diseño de chigres de carga y maniobra. Ingeniería Naval. Junio 1999, p. 100-104

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

13. Carral Couce, Juan Carlos y Carral Couce Luís. Normas Prácticas para el diseño de chigres de molinetes de ancla. Ingeniería Naval. Mayo 1999, p. 107-111.
14. UNE-EN-ISO. Embarcaciones y tecnología marina. Suministro de agua potable, en buques y estructuras marinas. Parte 2: Método de cálculo. ISO-15748-1-2003.
15. Ricardo Alvariño, Juan José Azpíroz y Manuel Meizoso (1997) .El proyecto Básico del buque mercante. Colegio Oficial de Ingenieros Navales. Madrid.
16. Capítulo 7. FSS CODE. International Maritime Organisation (IMO).
17. Trillo Anclas & Cadenas [En línea] [Acceso el 26-5-2014] Disponible en: <http://www.rtrillo.com/es/inicio/>
18. National Fire Protection Association, Technical Committe Document
19. Compresores Alternativos 1 – 100 C.V. ABC Compresores. En línea] [Acceso el 21-10-2014] Disponible en: [www.abc-compressors.com/gestor/.../catalogo\\_abc-x\\_castellano.pdf](http://www.abc-compressors.com/gestor/.../catalogo_abc-x_castellano.pdf)
20. Azipod CZ 1400 Product Introduction. Power and productivity for a better world ABB. [En línea] 4-11-2012. [Acceso el 24-5-2014]. Disponible en: <http://www.rcgroups.com/forums/attachment.php?attachmentid=5279640>
21. Weedo 600. NORPLAST. [En línea] [Acceso el 14-10-2014] Disponible en: [http://www.norplast.lv/index.php?id\\_product=24&controller=product&idlang=1](http://www.norplast.lv/index.php?id_product=24&controller=product&idlang=1)
22. Knud E. Hanben A/S. Design of Wind Turbine Installation Vessel Pacific Orca for Swire Blue Ocean. [En línea][Acceso 10-4-2014]. Disponible en: <http://www.skibstekniskelskab.dk/public/dokumenter/Skibsteknisk/Foraar%20013/Design%20of%20Pacific%20Orca.pdf>
23. CAP 437, Standards for Offshore Helicopter Landing Areas. Civil Aviation Authority [En línea] [Acceso el 14- 10-2014] Disponible en: <https://www.caa.co.uk/cap437>
24. Liebherr heavy offshore crane stars operation in Global Tech I.[En línea] 04-01-2014.[Acceso el 14-10-2014] Disponible en: <http://www.liebherr.com/en/deu/latest-news/news-press-releases/detail/liebherr-heavy-lift-offshore-crane-starts-operation-in-global-tech-i.html>

## Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

### Cuaderno 12: Equipos y servicios

---

25. POW67900 Bomba Sumergible 200 W. Agua Limpia. [En línea][Acceso 10-4-2014]. Disponible en:  
<http://www.varo.com/4290/326916/bombas-sumergibles/pow67900-bomba-sumergible-200w.aspx>
26. Bomba Sumergible 300 W. Aguas Limpias.[En línea] 04-01-2014.[Acceso el 14-10-2014] Disponible en:  
<http://www.makita.es/tool/22216/PF0300.html>
27. Catálogo Distribución. Bombas Ideal. [En línea] 04-01-2014.[Acceso el 14-10-2014] Disponible en:  
[http://www.bombas-ideal.com/pdf/CAT%20C9%20ES%20\[D-100512\].pdf](http://www.bombas-ideal.com/pdf/CAT%20C9%20ES%20[D-100512].pdf)
28. Bomba centrífuga multi-etapa horizontal 55 kW. Caprari. [En línea] 04-01-2014.[Acceso el 14-10-2014] Disponible en:  
<http://www.directindustry.es/prod/caprari/bombas-centrifugas-multietapa-horizontales-12119-788549.html>
29. Cálculo frigorías. El Aire Acondicionado. Aire Acondicionado y Climatización [En línea] [Acceso el 16-10-2014] Disponible en:  
<http://www.elaireacondicionado.com/calculo.php>
30. ¿Cuánto gasta un aparato eléctrico?; Cuanta energía consume? Electrocalculator.[En línea] [Acceso el 16-10-2014] Disponible en:  
<http://www.electrocalculator.com/>



**Anexo 1**  
**Normativa Germanischer**  
**Lloyd**

### Section 18

#### Equipment

##### A. General

1. The equipment of anchors, chain cables, wires and ropes is to be determined from Table 18.1 in accordance with the equipment numeral EN.

##### Note

*Anchoring equipment required by this Section is intended of temporary mooring of a naval ship within a harbour or sheltered area when the ship is awaiting berth, tide, etc.*

*The equipment is, therefore, not designed to hold a naval ship off fully exposed coasts in rough weather or to stop a ship which is moving or drifting. In this condition the loads on the anchoring equipment increase to such a degree that its components may be damaged or lost owing to the high energy forces generated, particularly in very large naval ships.*

*Anchoring equipment required by this Section is designed to hold a naval ship in good holding ground in conditions such as to avoid dragging of the anchor. In poor holding ground the holding power of the anchors will be significantly reduced.*

*The equipment numeral formula for anchoring equipment required under this Section is based on an assumed current speed of 2,5 m/s, wind speed of 25 m/s and a scope of chain cable between 6 and 10, the scope being the ratio between length of chain paid out and water depth.*

*It is assumed that under normal circumstances a naval ship will use only one bow anchor and chain cable at a time.*

2. Every naval ship is to be equipped with at least one anchor windlass. For bigger naval ships two anchor windlasses are recommended and shall be agreed with the naval authority.

For small craft with a length  $L \leq 24$  m, some partial exemption from the Rules may be accepted especially if it concerns anchor operation; in particular, where proper and safe anchor operation is assured, hand operated machinery and/or absence of a hawse pipe may be accepted.

Windlasses and chain stoppers, if fitted, are to comply with GL Rules for Ship Operation Installations and Auxiliary Systems (III-1-4), Section 5.

For the substructures of windlasses and chain stoppers, see Section 14, B.4.

3. For naval ships operating not more than 50 nautical miles from a port of refuge and Class Notation RSA (50) assigned equipment may be determined as for one numeral range lower than required in accordance with equipment numeral EN.

4. Naval ships built under survey of GL and which are to have the mark + stated in their Certificate and in the Register Book, shall be equipped with anchors and chain cables complying with the GL Rules for Equipment (II-1-4). For non-magnetizable materials the GL Rules Special Materials for Naval Ships (II-1-6) apply. Anchors and chain cables have to be tested on approved machines in the presence of a GL Surveyor.

5. For naval ships having three or more propellers, a reduction of the weight of the bower anchors and the chain cables may be considered.

##### B. Equipment Numeral

###### 1. Monohull ships

For monohull naval ships the equipment numeral is to be calculated as follows:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2(a \cdot B + \sum b_i \cdot h_i \cdot \sin \Theta_i) + 0,1 \cdot A$$

$\Delta$  = the moulded displacement [t] at the design waterline in sea water having a density of 1,025 t/m<sup>3</sup>

$a$  = distance [m], from design waterline, amidships, to the upper deck at side

$b_i$  = actual breadth of deckhouses

$h_i$  = height [m] on the centreline of each tier of superstructures and deckhouses corresponding to  $b_i$  (deck sheer, if any, is to be ignored)

For the lowest tier "h" is to be measured at centreline from the upper deck or from a notional deck line where there is local discontinuity in the upper deck.

$\Theta_i$  = angle of inclination of each front bulkhead, as shown in Fig. 18.1

$A$  = area [m<sup>2</sup>], in profile view of the hull, superstructures and deck houses, above the design waterline within the length  $L$  and up to the height  $a + \sum h_i$

Figura 1.1: Normativa Numeral de Equipo.

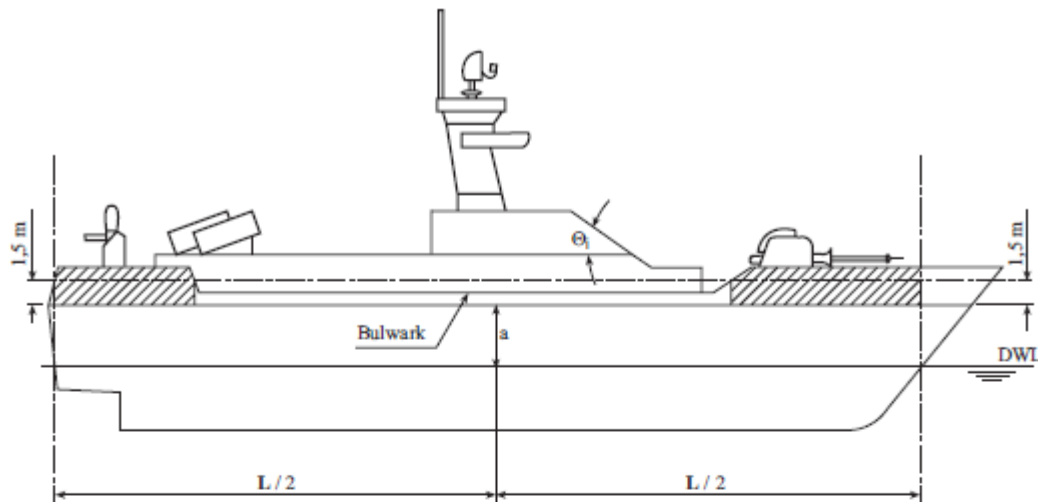


Fig. 18.1 Profile view of hull, superstructure and deckhouses relevant for the equipment numeral

Screens of bulwarks 1,5 m or more in height above the deck at side are to be regarded as parts of houses when determining  $h_1$  and  $A$ , e.g. the areas specially marked in Fig. 18.1 are to be included in  $A$ .

### 2. Multihull ships

For multihull naval ships the equipment numeral EN has to be defined in analogous way, details are given in the GL Rules for [High Speed Craft \(I-3-1\), Section 6](#).

## C. Anchors

### 1. Arrangement

The two rule bower anchors are to be connected to their chain cables and positioned on board ready for use. It is to be ensured that each anchor can be stowed in the hawse and hawse pipe in such a way that it remains firmly secured in seagoing conditions. Details have to be coordinated with the Naval Administration.

### 2. Anchor design

2.1 Anchors shall be of approved design. The mass of the heads of patent (ordinary stockless) anchors, including pins and fittings, is not to be less than 60 per cent of the total mass of the anchor.

2.2 For stock anchors, the total mass of the anchor, including stock, shall comply with the values in [Table 18.1](#). The mass of the stock shall be 20 per cent of this total mass.

2.3 The mass of each individual bower anchor may vary by up to 7 per cent above or below the re-

quired individual mass provided that the total mass of all the bower anchors is not less than the sum of the required individual masses.

### 3. High holding power anchors

3.1 Where special anchors are approved by GL as "High Holding Power Anchors" (HHP), the anchor mass may be 75 per cent of the anchor mass as per [Table 18.1](#).

"High Holding Power Anchors" are anchors which are suitable for the naval ship's use at any time and which do not require prior adjustment or special placement on sea bed.

3.2 For approval as a "High Holding Power Anchor", satisfactory tests are to be made on various types of bottom and the anchor is to have a holding power at least twice that of a patent anchor ("Admiralty Standard Stockless") of the same mass. The tests have to be approved by GL.

Detailed requirements for the tests are specified in the GL Rules for [Hull Structures \(I-1-1\), Section 18, C.5](#).

3.3 Dimensioning of the chain cable and of the windlass is to be based on the undiminished anchor mass according to [Table 18.1](#).

### 4. Very high holding power anchors

Where special anchors are approved by GL as "Very High Holding Power Anchors" (VHHP), the anchor mass may be not less than 2/3 of the mass required for the HHP anchor it replaces.

Figura 1.2: Normativa Numeral de Equipo y Anclas.

### 5. Stern anchors

5.1 Where stern anchors are fitted as stream anchors, such equipment is to comply in all respects with the rules for anchor equipment. The mass of each stern anchor shall be at least 35 per cent of that of the bower anchors. The diameter of chain cables and the chain length is to be determined from Table 18.1 in accordance with anchor mass. Where a stern anchor windlass is fitted, the requirements of GL Rules for *Ship Operation Installations and Auxiliary Systems (III-1-4)*, Section 5 are to be observed.

5.2 Where a steel wire rope is to be used for the stern anchor instead of a chain cable the following has to be observed:

5.2.1 The steel wire rope shall at least be as long as the required chain cable. The strength of the steel wire rope shall at least be of the value for the required chain of grade K 1.

5.2.2 Between anchor and steel wire rope a shot of 12,5 m in length or of the distance between stowed anchor and windlass shall be provided. The smaller length has to be taken.

5.2.3 A cable which shall be provided according to the requirements for windlasses in *Ship Operation Installations and Auxiliary Systems (III-1-4)*, Section 5.

### 6. Special stern anchors

Special stern anchors of considerable size may be used to tow back a landing ship, which is touching the beach with its forward bottom, to deeper water after the troops are embarked or landed.

At least for medium sized and large landing ships it is recommended to provide two anchors in a symmetric arrangement, to be able to tow the ship back more or less along its longitudinal axis.

The size of anchors and the arrangement of towing winches in relation to ship displacement, draught/water depth assumed, landing procedure, etc., has to be defined according to the specification of the Naval Administration.

### D. Chain Cables

1. Chain cable diameters given in Table 18.1 apply to chain cables made of chain cable materials specified in the requirements of the GL Rules for *Equipment (II-1-4)* for the following grades:

- Grade K 1 (ordinary quality)
- Grade K 2 (special quality)
- Grade K 3 (extra special quality)

For HHP anchors at least chain cables of grade K 2, for VHHP anchors chain cables of grade K 3 shall be provided.

Grade K 2 and K 3 chain cables shall be purchased from and post production quenched and tempered by recognized manufacturers only.

2. Non-magnetizable austenitic steel as defined in Section 3 may be used for anchors and chain cables, see also the GL Rules *Special Materials for Naval Ships (II-1-6)*, Section 8 and 9.

3. For ships with  $EN \leq 150$  chain cables without stud links may be used as special equipment. The correlation to the values of Table 18.1 has to be approved by GL. The equivalence in strength is to be based on proof load (not on breaking load).

4. The total length of chain given in Table 18.1 is to be divided in approximately equal parts between the two bower anchors.

5. For connection of the anchor with the chain cable approved Kenter-type anchor shackles may be chosen in lieu of the common Dee-shackles. A fore-runner with swivel is to be fitted between anchor and chain cable. In lieu of a forerunner with swivel an approved swivel shackle may be used. However, swivel shackles are not to be connected to anchor shank unless specially approved.

6. Upon request and agreement with GL steel wire and synthetic wire ropes may be used as an alternative to the chain cables defined in Table 18.1 for naval ships of limited size.

7. The attachment of the inboard ends of chain cables to the ship's structure is to be provided with means suitable to permit, in case of emergency, an easy slipping of chain cables to sea operable from an accessible position outside the chain locker.

The inboard ends of the chain cables are to be secured to the structures by a fastening device able to withstand a force not less than 15 % but not more than 30 % of the rated breaking load of the chain cable.

### E. Chain Locker

1. The chain locker is to be of capacity and depth adequate to provide an easy direct lead of the cables through the chain pipes and self-stowing of the cables.

The minimum required stowage capacity without mud box for the two bow anchor chains is as follows:

$$S = 1,1 \cdot d^2 \cdot \frac{\ell}{100\,000} \quad [\text{m}^3]$$

d = chain diameter [mm] according to Table 18.1

ℓ = total length of stud link chain cable according to Table 18.1

Figura 1.3: Normativa Anclas, Cadenas y Caja de Cadenas.



# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

Table 18.1 Anchors, chain cables and ropes

Equipment numeral EN	Two stockless bower anchors	Stud link chain cables					Chain cables	Recommended ropes					
		Mass per anchor	Total length	Diameter <sup>1</sup>				Towline		Mooring ropes			
				d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>		d <sub>4</sub>	Length	Breaking load <sup>2</sup>	Number	Length	Breaking load <sup>2</sup>
[kg]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[kN]	-	[m]	[kN]			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
- 50	120	165	12,5	12,5	12,5	12,5	180	100	3	80	35		
50-70	180	220	14	12,5	12,5	14	180	100	3	80	35		
70-90	240	220	16	14	14	16	180	100	3	100	40		
90-110	300	247,5	17,5	16	16	18	180	100	3	110	40		
110-130	360	247,5	19	17,5	17,5	18	180	100	3	110	45		
130-150	420	275	20,5	17,5	17,5	20	180	100	3	120	50		
150-175	480	275	22	19	19	22	180	100	3	120	55		
175-205	570	302,5	24	20,5	20,5	24	180	110	3	120	60		
205-240	660	302,5	26	22	20,5	26	180	130	4	120	65		
240-280	780	330	28	24	22	28	180	150	4	120	70		
280-320	900	357,5	30	26	24	30	180	175	4	140	80		
320-360	1020	357,5	32	28	24	30	180	200	4	140	85		
360-400	1140	385	34	30	26	32	180	225	4	140	95		
400-450	1290	385	36	32	28	34	180	250	4	140	100		
450-500	1440	412,5	38	34	30	36	190	275	4	140	110		
500-550	1590	412,5	40	34	30	38	190	305	4	160	120		
550-600	1740	440	42	36	32	40	190	340	4	160	130		
600-660	1920	440	44	38	34	42	190	370	4	160	145		
660-720	2100	440	46	40	36	44	190	405	4	160	160		
720-780	2280	467,5	48	42	36	46	190	440	4	170	170		
780-840	2460	467,5	50	44	38	48	190	480	4	170	185		
840-910	2640	467,5	52	46	40	48	190	520	4	170	200		
910-980	2850	495	54	48	42	50	200	560	4	170	215		
980-1060	3060	495	56	50	44	-	200	600	4	180	230		
1060-1140	3300	495	58	50	46	-	200	645	4	180	250		
1140-1220	3540	522,5	60	52	46	-	200	690	4	180	270		
1220-1300	3780	522,5	62	54	48	-	200	740	4	180	285		
1300-1390	4050	522,5	64	56	50	-	200	785	4	180	305		
1390-1480	4320	550	66	58	50	-	220	835	4	180	325		
1480-1570	4590	550	68	60	52	-	220	890	5	190	325		
1570-1670	4890	550	70	62	54	-	220	940	5	190	335		
1670-1790	5250	577,5	73	64	56	-	220	1025	5	190	350		
1790-1930	5610	577,5	76	66	58	-	220	1110	5	190	375		
1930-2080	6000	577,5	78	68	60	-	240	1170	5	190	400		
2080-2230	6450	605	81	70	62	-	240	1260	5	200	425		
2230-2380	6900	605	84	73	64	-	240	1355	5	200	450		
2380-2530	7350	605	87	76	66	-	260	1455	5	200	480		
2530-2700	7800	632,5	90	78	68	-	260	1470	6	200	480		
2700-2870	8300	632,5	92	81	70	-	260	1470	6	200	490		
2870-3040	8700	632,5	95	84	73	-	280	1470	6	200	500		
3040-3210	9300	660	97	84	76	-	280	1470	6	200	520		
3210-3400	9900	660	100	87	78	-	280	1470	6	200	555		
3400-3600	10500	660	102	90	78	-	300	1470	6	200	590		
3600-3800	11100	687,5	105	92	81	-	300	1470	6	200	620		
3800-4000	11700	687,5	107	95	84	-	300	1470	6	200	650		

<sup>1</sup> d<sub>1</sub> = Chain diameter Grade K 1 (Ordinary quality)  
d<sub>2</sub> = Chain diameter Grade K 2 (Special quality)  
d<sub>3</sub> = Chain diameter Grade K 3 (Extra special quality)  
d<sub>4</sub> = Chain diameter for non-magnetizable austenitic steel (WN 1.3964)

<sup>2</sup> see F.1.2

Tabla 1.4: Anclas, Cadenas y estachas.

# **Anexo 2**

## **Embarcaciones de**

### **Salvamento**



### Salvamento y seguridad. Balsas salvamento.



- Homologación SOLAS por la Dirección General de la Marina Mercante de acuerdo a la directiva 96/98 EC.



Dotación de las balsas		
SOLAS A	SOLAS B	
1	1	Guía flotante
1	1	Cuchillo flotante (+16 pers. 2)
1 ó 2	1	Achicador (+ de 12 pers. 2)
2	2	Espanja
2	1	Ancla flotante
1	1	Dos zaguales
1	1	Botiquín
1	1	Silbato
4	2	Cohetes
6	3	Bengalas
2	1	Señal fumígena
1	1	Linterna eléctrica
1	1	Reflector de radar
1	1	Especio de señales
1	1	Tabla de señales
1	-	Juego de aparejos de pesca
1	-	Una ración alimenticia/pers.
1	-	1 1/2 l. agua por persona
1	-	Vaso inoxidable
1	nº person.	6 tabletas marea (6 x pers.)
1	1	Instrucciones
1	1	Instrucciones inmediatas
2 ó 3	2 ó 3	Ayudas térmicas
nº person.	nº person.	Bolsas marea
1	1	Cuchillo de muelle para balsa de más de 12 plazas
1	1	Estuche de reparaciones
1	1	Fuelle de aire

#### Balsas SOLAS A

Capacidad personas	Largo mm.	Ancho mm.	Alto mm.	Peso kg.	Cód.
6	1.100	610	610	80	18200100
8	1.150	680	680	98	18201100
10	1.150	680	680	102	18202100
12	1.150	680	680	117	18203100
16	1.300	700	700	135	18204100
20	1.300	700	700	164	18205100
25	1.500	740	740	186	18206100

#### Balsas SOLAS B

Capacidad personas	Largo mm.	Ancho mm.	Alto mm.	Peso kg.	Cód.
6	1.050	550	550	64	18200200
8	1.050	550	550	81	18201200
10	1.050	550	550	85	18202200
12	1.100	610	610	86	18203200
16	1.150	680	680	93	18204200
20	1.150	680	680	123	18205200
25	1.150	680	680	126	18206200

Soporte metálico y sujeción container

Cód. 18207100

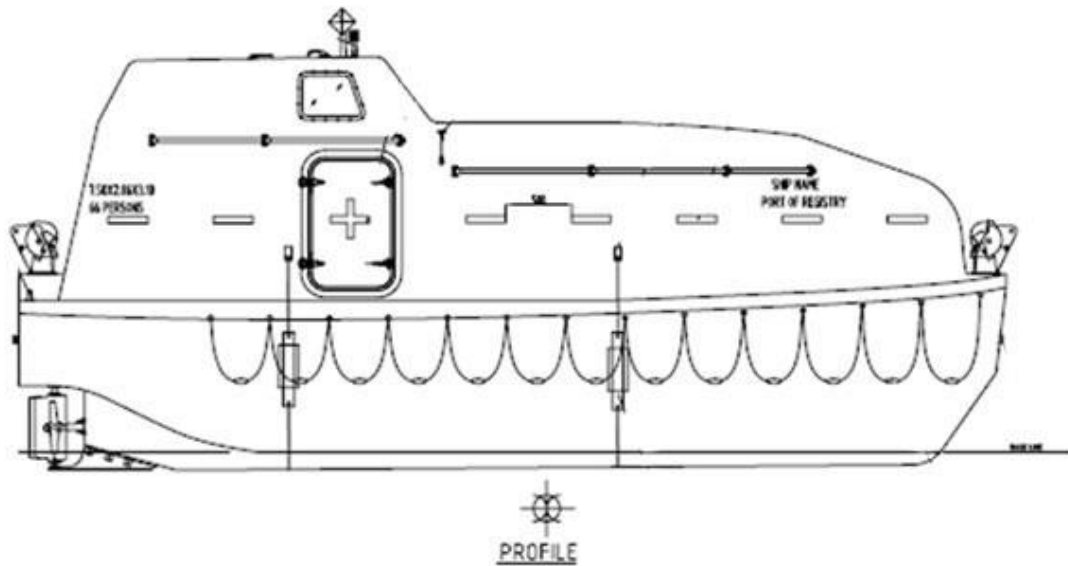
Desprendimiento hidrostático "DUARRY" para balsas SOLAS

Cód. 18207200

Figura 2.1: Características Balsas Salvavidas.

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios



### Dry Cargo Version

Model	Dimension (m)	Capacity (men)	Speed (knots)	Hook Dist. (m)	Unloaded (kg)	Loaded (kg)
VG7.5C	7.5 X 2.86 X 3.35	66	≥6	7.10	3,220	8,665
VG8.5C	8.5 x 3.2 x 3.3	85	≥6	8.10	4,354	11,367
VG10.5C	10.5 x 3.70 x 3.75	120	≥6	9.90	5,435	15,335
VG11.95C	11.95 X 3.85 X 3.7	150	≥6	11.28	5,680	18,055

Figura 2.2: Características Botes Salvavidas.



**Anexo 3**  
**Esquemas Sistemas**  
**Auxiliares**

# Proyecto 13-P9: Buque para la instalación de parques eólicos offshore

## Cuaderno 12: Equipos y servicios

### 3.5.2 System diagram - Fuel oil system, MGO/MDO operation

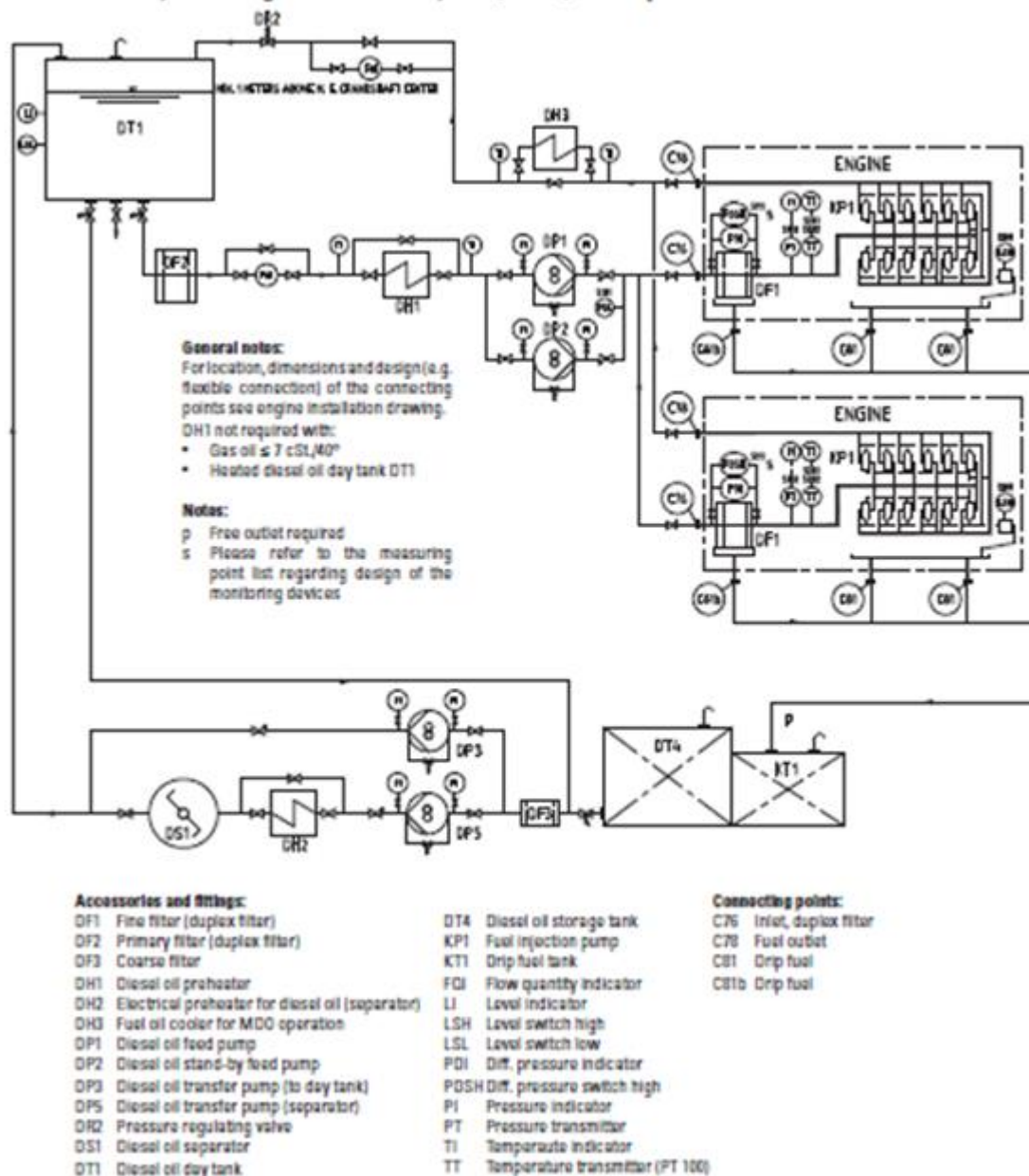
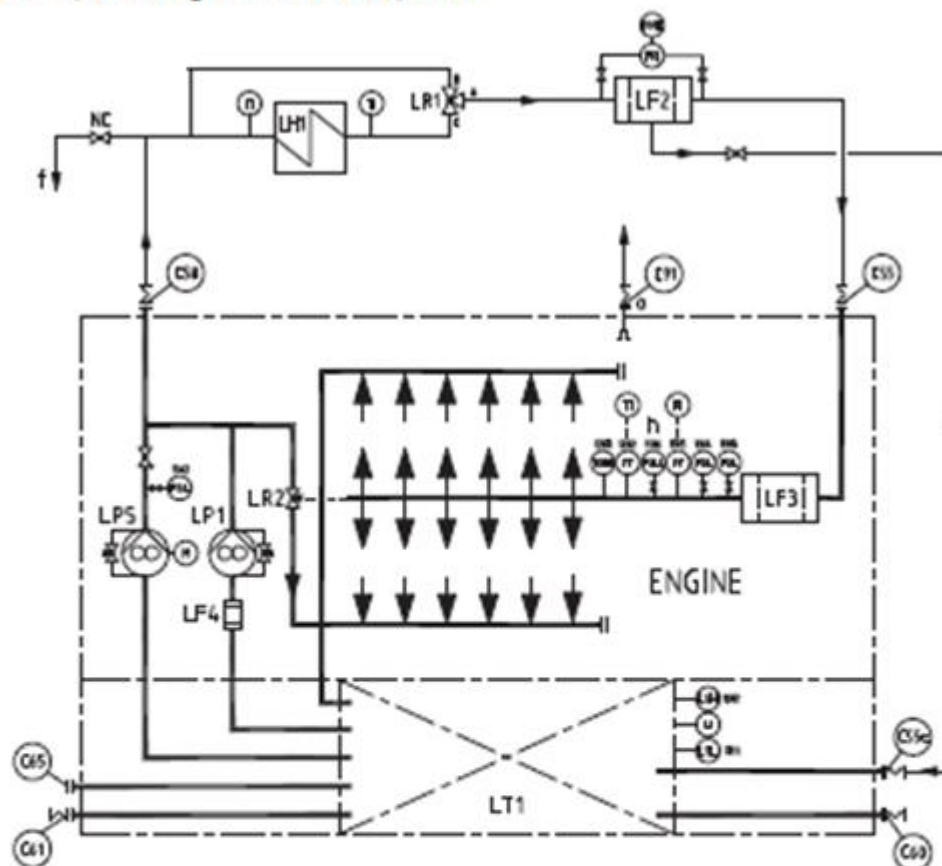


Figura 3.1: Esquema Combustible.

3.7.2 System diagram – Lube oil system



**General notes:**  
For location, dimensions and design (e.g. flexible connection) of the connecting points see engine installation drawing.

<b>Notes:</b>	<b>Accessories and fittings:</b>	<b>LI</b>	Level indicator
f Drain	LF2 Self cleaning lube oil filter	LSH	Level switch high
h Please refer to the measuring point list regarding design of the monitoring devices	LF3 Protective strainer	LSL	Level switch low
o See "crankcase ventilation" installation instructions 5.6	LF4 Suction strainer	POI	Diff. pressure indicator
	LH1 Lube oil cooler	POSH	Diff. pressure switch high
	LP1 Lube oil force pump	PI	Pressure indicator
	LPS Prelubrication pump	PSL	Pressure switch low
<b>Connecting points:</b>	LR1 Lube temperature control valve	PSLL	Pressure switch low low
C55 Lube oil inlet, lube oil protective filter	LR2 Oil pressure regulating valve	PT	Pressure transmitter
C55c Connection flushing pipe automatic filter	LT1 Lube oil sump tank	TI	Temperature indicator
C58 Force pump, delivery sidew		TSHH	Temperature switch high
C60 Separator connection, suction side		TT	Temperature transmitter (PT 100)
C61 Separator connection, delivery side			
C65 Lube oil filling socket			
C91 Crankcase ventilation to stack			

Figura 3.2: Esquema Lubricación.

### 3.4.3 System diagram – Cooling water system

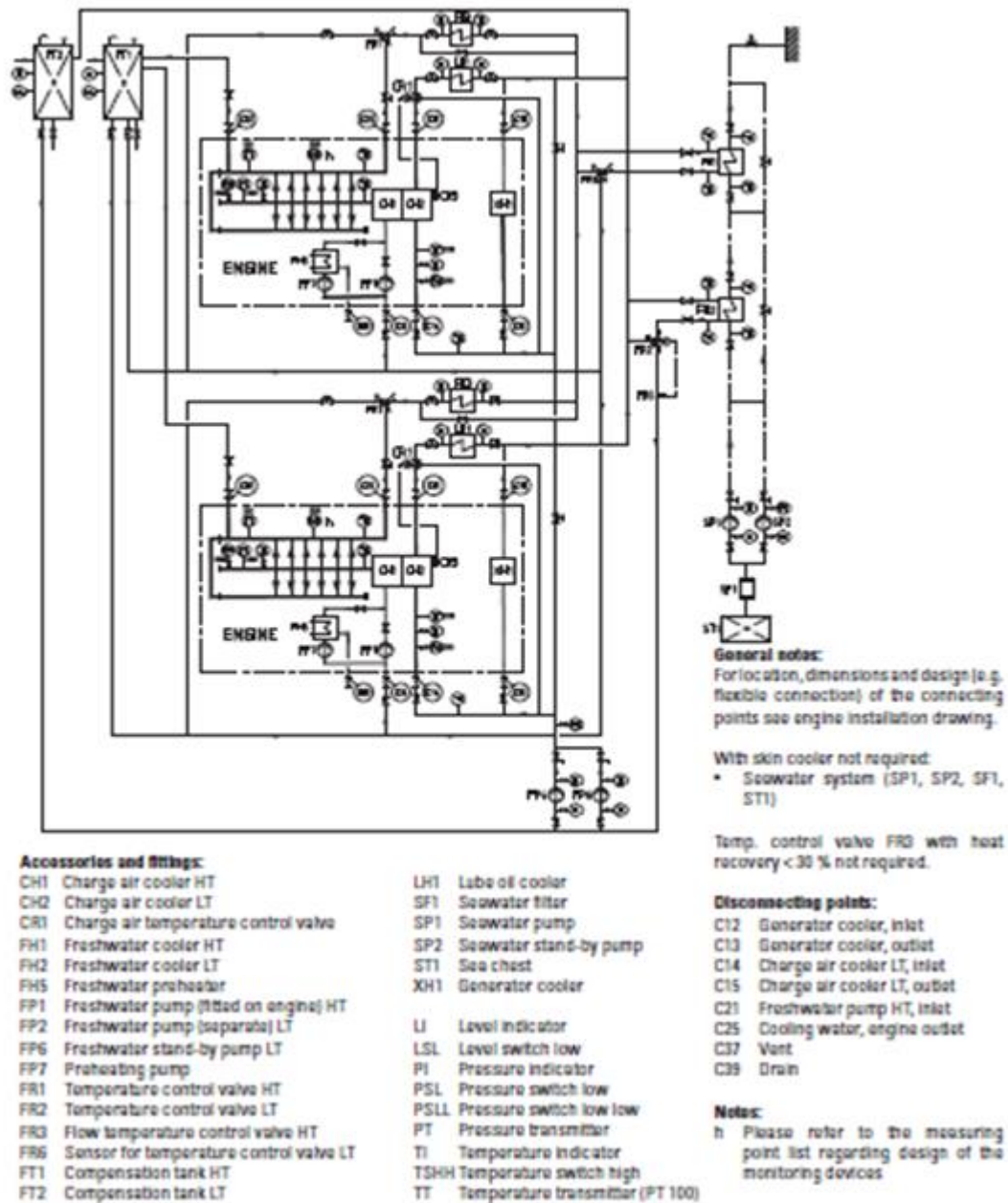


Figura 3.3: Esquema Refrigeración.

**Anexo 4**  
**Circuito de Agua**  
**Potable**

**Cálculo agua fría**

Cubierta	Colector	Zona	Servicio	Número	P.Flujó Mín. [bar]	Agua Fría [l/s]	Cudal Total [l/s]	Caudal Punta [l/s]	D.N.	Longitud tubería [m]	Velocidad de flujo [m/s]	Presión diferencial [mbar/m]	Pérdida de presión [mbar]	Diferencia Geodésica [mbar]	Presión de descarga [mbar]	Presión descarga bomba [bar]				
Cubierta principal	1,00	Aseo común	Aseo de vacío	1,00	1,50	0,30	8,37	0,90	32,00	10,00	2,00	36,00	300,00	375,00	2.175,00	5,91				
			Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07				10,00	2,00	36,00	300,00	375,00	1.675,00					
		Lavandería	Lavadoras	10,00	1,00	2,50				35,00	2,00	36,00	1.050,00	375,00	2.425,00					
			Fregadero	4,00	1,00	0,28				35,00	2,00	36,00	1.050,00	375,00	2.425,00					
		Cubierta 1	1,00	Baños 1	Aseo de vacío	5,00				1,50	1,50	60,00	2,00	36,00	1.800,00		695,00	1.985,00		
					Lavabo de pedestal	5,00				1,00	0,35	60,00	2,00	36,00	1.800,00		695,00	1.485,00		
Ducha 1	Plato de ducha			11,00	1,00	1,65	70,00	2,00		36,00	2.100,00	695,00	1.795,00							
	Plato de ducha			9,00	1,00	1,35	70,00	2,00		36,00	2.100,00	695,00	1.795,00							
Aseo enfermería	Aseo de vacío			1,00	1,50	0,30	60,00	1,00		8,00	480,00	695,00	2.675,00							
	Lavabo de pedestal			1,00	1,00	0,07	60,00	1,00		8,00	480,00	695,00	2.175,00							
Cubierta 2	2,00	Baños 2	Aseo de vacío	5,00	1,50	1,50	2,38	0,58		32,00	65,00	2,00	36,00	1.950,00	1.015,00		4.485,00	5,91		
			Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35					65,00	2,00	36,00	1.950,00	1.015,00		3.985,00			
		Cocina	Fregadero de cocina	4,00	1,00	0,28					55,00	2,00	36,00	1.650,00	1.015,00		3.665,00			
			Lavavajillas	2,00	1,00	0,35					55,00	2,00	36,00	1.650,00	1.015,00		3.665,00			
Cubierta 3	3,00	Baños 3	Aseo de vacío	5,00	1,50	1,50	3,70	0,67			32,00	60,00	2,00	36,00	1.800,00		1.335,00		4.635,00	5,91
			Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35						60,00	2,00	36,00	1.800,00		1.335,00		4.135,00	
Cubierta 4	3,00	Baños 4	Aseo de vacío	5,00	1,50	1,50	70,00	2,00				36,00	2.100,00	1.855,00	5.255,00					
			Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35	70,00	2,00				36,00	2.100,00	1.855,00	4.755,00					
Cubierta 5	4,00	Baños 5	Aseo de vacío	5,00	1,50	1,50	2,66	0,60	32,00	75,00		2,00	36,00	2.250,00	1.975,00	5.725,00	5,91			
			Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35				75,00		2,00	36,00	2.250,00	1.975,00	5.225,00				
Paseo	Aseo pasivo	Aseo de vacío	1,00	1,50	0,30	55,00	2,00	36,00		1.650,00	2.295,00	5.445,00								
		Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07	55,00	2,00	36,00		1.650,00	2.295,00	4.945,00								
Cubierta 7	Aseo cubierta 7	Fregadero	1,00	1,00	0,07	65,00	2,00	36,00		1.950,00	2.295,00	5.245,00								
		Aseo de vacío	1,00	1,50	0,30	60,00	2,00	36,00		1.800,00	2.815,00	5.915,00								
			Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07	60,00	2,00		36,00	1.800,00	2.815,00	5.415,00							

Suma caudal [l/s]	17,01
Caudal punta [l/s]	1,35
Presión descarga bomba [bar]	5,91

Cálculo agua caliente

Cubierta	Colector	Zona	Servicio	Número	P.Flujó Min. [bar]	Agua Fria [l/s]	Cudal Total [l/s]	Cudal Punta [l/s]	D.N.	Longitud tubería [m]	Velocidad de flujo [m/s]	Presión diferencial [mbar/m]	Pérdida de presión [mbar]	Diferencia Geodésicas [mbar]	Presión de descarga [mbar]	Presión descarga bomba [bar]
Cubierta principal	1,00	Aseo común	Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07	3,77	0,58	32,00	10,00	2,00	30,00	300,00	375,00	1.675,00	6,01
		Lavandería	Fregaderos	4,00	1,00	0,28				35,00	2,00	30,00	1.050,00	375,00	2.425,00	
Baños 1		Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35	60,00				2,00	30,00	1.800,00	695,00	3.495,00		
Ducha 1		Plato de ducha	11,00	1,00	1,65	70,00				2,00	30,00	2.100,00	695,00	3.795,00		
Duchas 2		Plato de ducha	9,00	1,00	1,35	70,00				2,00	30,00	2.100,00	695,00	3.795,00		
Aseo enfermería		Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07	60,00				1,00	8,00	480,00	695,00	2.175,00		
Cubierta 2	2,00	Baños 2	Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35	0,63	0,41	25,00	65,00	2,00	40,00	2.600,00	1.015,00	4.615,00	
		Cocina	Fregadero de cocina	4,00	1,00	0,28				55,00	2,00	40,00	2.200,00	1.015,00	4.215,00	
Cubierta 3	3,00	Baños 3	Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35	0,70	0,43		60,00	2,00	40,00	2.400,00	1.335,00	4.735,00	
		Baños 4	Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35				70,00	2,00	40,00	2.800,00	1.655,00	5.455,00	
Cubierta 5	4,00	Baños 5	Lavabo de pedestal	5,00	1,00	0,35	0,56	0,40		75,00	2,00	40,00	3.000,00	1.975,00	5.975,00	
		Aseo puente	Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07				55,00	2,00	40,00	2.200,00	2.295,00	5.495,00	
Office		Fregadero	1,00	1,00	0,07	65,00				2,00	40,00	2.600,00	2.295,00	5.895,00		
Aseo cubierta 7		Lavabo de pedestal	1,00	1,00	0,07	60,00				2,00	40,00	2.400,00	2.615,00	6.015,00		

Suma caudal [l/s]	5,60
Cudal Total [l/s]	0,78
Presión descarga bomba [bar]	6,01