



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2019/20**

---

*BULKARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA**

Marta González García

**TUTOR**

Vicente Díaz Casás

**FECHA**

DICIEMBRE 2019

# TÍTULO Y RESUMEN

## 1.1 Título y Resumen

En este trabajo, se va a desarrollar el anteproyecto de un buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeramente vamos a realizar un dimensionamiento preliminar, así como una predicción de potencia. Cabe destacar que la elección de las dimensiones del buque se ha hecho teniendo en cuenta varias combinaciones posibles, tomando como cifra de mérito el coste del buque.

Posteriormente, se procederá a un cálculo más detallado de los pesos del buque, así como a una definición de las formas del casco.

También detallaremos el compartimentado del buque, el cálculo de estabilidad en las diferentes situaciones de carga, una predicción de potencia más detallada, así como el diseño del timón y el cálculo del servomotor.

Llevaremos a cabo el cálculo estructural básico del buque, según el Bureau Veritas.

Con los datos obtenidos a lo largo del proyecto, elaboraremos los planos de disposición general del buque.

También se hará el cálculo del balance eléctrico del buque en las diferentes situaciones de demanda eléctrica.

Por último, haremos el cálculo del coste del buque, detallando cada partida.

## 1.2 Título e Resumo

Neste traballo, váise desenrolar o anteprojecto dun buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeiramente imos face-lo dimensionamento preliminar, así coma unha predición de potencia. É preciso destacar que a elección das dimensións do buque fíxose tendo en conta varias combinacións posibles, tomando como cifra de mérito o coste do buque.

Posteriormente, procederáse a un cálculo máis detallado dos pesos do buque, así coma a unha definición das formas do casco.

Tamén detallaremos o compartimentado do buque, o cálculo da estabilidade nas diferentes situacións de carga, unha predición de potencia máis detallada, así coma o deseño do timón e o cálculo do servomotor.

Levaremos a cabo o cálculo estrutural básico do buque, según o Bureau Veritas.

Cos datos obtidos ó longo do proxecto, elaboraremos os planos de disposición xeral do buque.

Tamén se fará o cálculo do balance eléctrico do buque nas diferentes situacións de demanda eléctrica.

Por último, faremos o cálculo do coste do buque, detallando cada partida.

### **1.3 Tittle and Abstract**

In this project will be developed the pre-project of a containership bulkcarrier of 40 000 tn. In the first place, it makes a preliminary sizing and power prediction. Its necessary to be noticed that the dimensions were choosen by making several posible combinations taking the minimun building cost as the criteria to minimize.

After that, it makes a more detailed calculation of the ship weights as well as a definition of the hull shapes.

It is also detailed the behaviour of the ship, the stability calculation in all the diferent cargo situations, a more detailed power prediction as well as the rudder design and the servo calculation.

In addition to that, it develops a basic stuctural calculation of the ship according to the Bureau Veritas.

With all the obtained data in the project, it will obtain the drawing of the ship general arrangement.

It also elaborates the electric balance for all the diferent situations of electric demanding.

Finally, it makes the calculation of the cost of the ship, detailing each item.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2019/20**

---

*BULKCARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 9**

**FRANCOBORDO Y ARQUEO**

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

CURSO 2 019-2 020

**PROYECTO NÚMERO: 18-14**

**TIPO DE BUQUE:** *Bulkcarrier y Portacontenedores*

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** *Bureau Veritas, MARPOL, SOLAS.*

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** *40 000 TPM. Grano, mineral, carbón. 2 Pilas de contenedores / madera sobre las tapas de escotillas. Madera.*

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** *15 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR y 15% de margen de mar. 12 000 millas a la velocidad de servicio.*

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** *Escotillas de accionamiento hidráulico. Con grúas carga-descarga.*

**PROPULSIÓN:** *Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo. LNG para operaciones en puerto.*

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** *20 personas.*

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

Ferrol, 11 de marzo de 2019

ALUMNA: **D<sup>a</sup> Marta González García**

## CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1.	CONTENIDO A DESARROLLAR EN EL PRESENTE CUADERNO .....	1
1.2.	PRESENTACIÓN.....	1
<b>2.</b>	<b>FRANCOBORDO .....</b>	<b>3</b>
2.1.	CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS REGLAMENTARIAS .....	3
2.1.1.	<i>Eslora (Regla 3.1)</i> .....	3
2.1.2.	<i>Perpendiculares (Regla 3.2)</i> .....	3
2.1.3.	<i>Centro del buque (Regla 3.3)</i> .....	3
2.1.4.	<i>Manga (Regla 3.4)</i> .....	3
2.1.5.	<i>Puntal de trazado (Regla 3.5 a)</i> .....	4
2.1.6.	<i>Puntal de francobordo (Regla 3.6)</i> .....	4
2.1.7.	<i>Coefficiente de bloque (Regla 3.7)</i> .....	4
2.2.	CÁLCULO DE FRANCOBORDO .....	4
2.2.1.	<i>Cubierta de francobordo (Regla 3.9)</i> .....	4
2.2.2.	<i>Superestructura (Regla 3.10)</i> .....	4
2.2.3.	<i>Tipos de buques (Regla 27)</i> .....	5
2.3.	CORRECCIONES APLICADAS.....	5
2.3.1.	<i>Corrección por coeficiente de bloque (Regla 30)</i> .....	5
2.3.2.	<i>Corrección por puntal (Regla 31)</i> .....	5
2.3.3.	<i>Altura normal de las superestructuras (Regla 33)</i> .....	6
2.3.4.	<i>Longitud de las superestructuras (Regla 34)</i> .....	6
2.3.5.	<i>Longitud efectiva de las superestructuras (Regla 35)</i> .....	6
2.3.6.	<i>Reducción por superestructuras y troncos (Regla 37)</i> .....	6
2.3.7.	<i>Arrufo (Regla 38)</i> .....	7
2.3.8.	<i>Resumen de correcciones</i> .....	8
2.3.9.	<i>Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva (Regla 39)</i> .....	8
2.4.	FRANCOBORDOS MÍNIMOS (REGLA 40).....	9
2.4.1.	<i>Francobordo de verano</i> .....	9
2.4.2.	<i>Francobordo tropical</i> .....	9
2.4.3.	<i>Francobordo de invierno</i> .....	9
2.4.4.	<i>Francobordo de invierno en el Atlántico Norte</i> .....	9
2.4.5.	<i>Francobordo de agua dulce</i> .....	10
2.5.	PRESCRIPCIONES ESPECIALES PARA BUQUES A LOS QUE SE ASIGNE UN FRANCOBORDO PARA EL TRANSPORTE DE MADERA EN CUBIERTA .....	10
2.6.	RESUMEN FRANCOBORDOS.....	10
2.7.	FRANCOBORDO REAL.....	10
<b>3.</b>	<b>ARQUEO.....</b>	<b>12</b>
3.1.	ARQUEO BRUTO.....	12
3.2.	ARQUEO NETO .....	12
3.3.	RESUMEN ARQUEOS .....	13
	<b>ANEXO I.....</b>	<b>14</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contenido a desarrollar en el presente cuaderno

- Presentación. Introducción al cuaderno. Descripción de características del buque proyecto.
- Francobordo.
  - Introducción. Normativa aplicable. Características principales.
  - Determinación de la cubierta de francobordo.
  - Cálculo de las características principales:
    - Eslora.
    - Manga.
    - Puntal de francobordo.
    - Coeficiente de bloque.
  - Cálculo de francobordo.
    - Francobordo tabular.
    - Determinación de las superestructuras del buque.
    - Determinación de longitud media cerrada y efectiva de las superestructuras.
    - Determinación del arrufo real y del normal.
    - Aplicabilidad de todas las reglas (Regla 27 a 45).
  - Determinación de todas las líneas de carga.
  - Estudio de la estabilidad del buque al calado de verano o aplicación de sanción por estabilidad.
- Arqueo.
  - Introducción. Normativa aplicable. Características principales.
  - Determinación de la cubierta de arqueo.
  - Cálculo de las características reglamentarias:
    - Eslora.
    - Manga.
    - Puntal.
    - Número de pasajeros.
  - Cálculo del volumen bajo la cubierta de arqueo.
  - Cálculo del volumen sobre la cubierta de arqueo.
  - Cálculo del arqueo bruto.
  - Cálculo del volumen de carga.
  - Cálculo del arqueo neto.

### 1.2. Presentación

El objetivo de este cuaderno será calcular, para nuestro buque proyecto, el francobordo basándonos en el *Convenio de Líneas de Carga de 1966* y *Protocolo de 1988* además del arqueo a través del *Convenio Internacional de Arqueo de Buques de 1969*.

Se presentan a continuación las características principales del buque proyecto:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
Eslora total	176,50	m
Eslora entre perpendiculares	170,40	m

Bulkcarrier portacontenedores 40 000 TPM / Cuaderno 9  
Marta González García

<b>Manga</b>	30,17	m
<b>Calado</b>	11,56	m
<b>Puntal</b>	17,14	m
<b>Peso muerto</b>	40 000,00	t
<b>Desplazamiento</b>	50 138,00	t

## 2. FRANCOBORDO

Se define el francobordo como la distancia vertical, medida en la sección media del buque, entre el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de la línea de francobordo.

### 2.1. Cálculo de las características reglamentarias

Se calculará previamente el valor de los siguientes parámetros:

#### 2.1.1. Eslora (Regla 3.1)

*“El valor de la eslora de francobordo  $L$  se define como el mayor de los dos siguientes valores:*

- $L_1$ : que corresponde al 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla igual al 85% del puntal mínimo de trazado medida desde el canto alto de dicha quilla.
- $L_2$ : la eslora de la cara de proa de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación.”

Obtenemos así los siguientes valores:

$$0,85 \cdot D = 0,85 \cdot 17,14 = 14,57 \text{ m} \rightarrow L_{T-85\%D} = 174,53 \text{ m}$$

$$L_1 = 0,96 \cdot L_{T-85\%D} = 0,96 \cdot 174,53 = 167,55 \text{ m}$$

$$L_2 = L_{PP-85\%D} = 171,03 \text{ m}$$

Como  $L_2 > L_1 \rightarrow L = 171,03 \text{ m}$

#### 2.1.2. Perpendiculares (Regla 3.2)

*“Las perpendiculares de proa y de popa deberán tomarse en los extremos de proa y de popa de la eslora ( $L$ ). La perpendicular de proa deberá coincidir con la cara de proa de la roda en la flotación en que se mide la eslora.”*

Esta es la definición que aparece en el Convenio, por lo que la perpendicular de popa es la única que puede alterar su posición. En este caso quedará definida en su situación natural, el eje de la mecha del timón.

#### 2.1.3. Centro del buque (Regla 3.3)

*“El centro del buque será el punto medio de la eslora ( $L$ ).”*

#### 2.1.4. Manga (Regla 3.4)

*“A menos que se indique expresamente otra cosa, la manga ( $B$ ) será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo hasta la línea de trazado de la cuaderna en los buques de forro metálico.”*

La manga máxima de nuestro buque tiene un valor de 30,17 m, siendo esta cifra la que se tomará como manga.

### 2.1.5. Puntal de trazado (Regla 3.5 a)

*“Es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo en el costado.”*

### 2.1.6. Puntal de francobordo (Regla 3.6)

*“El puntal de francobordo ( $D$ ) será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado.”*

$$D = D_{\text{trazado}} + t_{\text{trancanil}} = 17,14 + 0,025 = 17,165 \text{ m}$$

### 2.1.7. Coeficiente de bloque (Regla 3.7)

*“El coeficiente de bloque ( $C_b$ ) vendrá dado por una fórmula*

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d_1}$$

*Donde*

- $\nabla$ : será el volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices en un buque con forro metálico tomado a un calado de trazado  $d_1$ .
- $d_1$ : el 85% del puntal mínimo de trazado.”

Obtenemos los siguientes valores por tanto:

$$d_1 = 0,85 \cdot D = 0,85 \cdot 17,14 = 14,57 \text{ m}$$

$$\nabla (T = 14,57) = 63\,001,676 \text{ m}^3$$

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d_1} = \frac{63\,001,676}{171,03 \cdot 30,17 \cdot 14,57} = 0,84$$

## 2.2. Cálculo de francobordo

*“El francobordo asignado será la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente”.*

### 2.2.1. Cubierta de francobordo (Regla 3.9)

*“La cubierta de francobordo será normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas y bajo la cual las aberturas del costado estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco.”*

En el caso de nuestro buque proyecto ésta cubierta coincidirá con la cubierta principal, la cual se encuentra a 17,14 m sobre la línea base.

### 2.2.2. Superestructura (Regla 3.10)

*“Una superestructura será una construcción provista de techo y dispuesta encima de la cubierta de francobordo, que se extienda de banda a banda del buque o*

cuyo forro lateral no esté separado del forro del costado más de un 4% de la manga (B).”

### 2.2.3. Tipos de buques (Regla 27)

- Buques de tipo “A”: Aquellos proyectados para transportar solamente cargas líquidas a granel, en el cual los tanques de carga tienen sólo pequeñas aberturas de acceso cerradas por puertas de acero u otro material equivalente, estancas y dotadas de frisas.
- Buques de tipo “B”: Todos aquellos que no cumplen con las condiciones indicadas para los buques tipo “A”.

Se adjuntan como *Anexo I* las tablas de francobordo para ambos tipos de buque.

Definiremos pues nuestro buque como un buque de tipo B al cual le corresponderá el francobordo tabular que sigue:

FRANCOBORDO TABULAR	
Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)
171,00	2 735
171,03	2 735
172,00	2 754

## 2.3. Correcciones aplicadas

### 2.3.1. Corrección por coeficiente de bloque (Regla 30)

“Cuando el coeficiente de bloque sea superior a 0,68, el francobordo tabular especificado anteriormente, se multiplicará por un factor. El coeficiente de bloque no se supondrá superior a 1,0.”

$$\text{Factor} = \frac{Cb + 0,68}{1,36} = \frac{0,84 + 0,68}{1,36} = 1,12$$

### 2.3.2. Corrección por puntal (Regla 31)

“Cuando  $D$  exceda de  $L/15$ , el francobordo se aumentará un factor con  $R=250$  mm para esloras superiores a 120 m.”

$$D = 17,165 \text{ m}$$

$$\frac{L}{15} = \frac{171,03}{15} = 11,40 \text{ m}$$

$$D > \frac{L}{15}$$

Por tanto:

$$\text{Factor} = \left( D - \frac{L}{15} \right) \cdot R = \left( 17,165 - \frac{171,03}{15} \right) \cdot 250 = 1\,441 \text{ mm}$$

### 2.3.3. Altura normal de las superestructuras (Regla 33)

“La altura normal de una superestructura será la que se indica en la tabla siguiente.”

Altura normal (m)		
L (m)	Cubierta saltillo	Demás superestructuras
30 o menos	0,9	1,8
75	1,2	1,8
125 o más	1,8	2,3

Para la eslora de nuestro buque (171,03 m) le corresponde una altura normal de superestructura de 2,3 m, sin embargo, la altura real es de 3 m, por tanto, no habrá corrección.

### 2.3.4. Longitud de las superestructuras (Regla 34)

Se considerarán superestructuras la toldilla y el castillo ya que el resto de la superestructura se encuentra retranqueada del costado en más del 4% de la manga del buque.

En nuestro buque, las longitudes serán las siguientes:

$$S_{toldilla} = 30,00 \text{ m}$$

$$S_{castillo} = 13,00 \text{ m}$$

Por tanto:

$$S_{total} = S_{toldilla} + S_{castillo} = 30,00 + 13,00 = 43,00 \text{ m}$$

### 2.3.5. Longitud efectiva de las superestructuras (Regla 35)

Al no encontrarse retranqueadas las superestructuras, la longitud real de éstas coincidirá con la longitud efectiva.

$$E_{toldilla} = 30,00 \text{ m}$$

$$E_{castillo} = 13,00 \text{ m}$$

### 2.3.6. Reducción por superestructuras y troncos (Regla 37)

“Cuando la longitud efectiva de superestructuras y troncos sea igual a 1L, la reducción del francobordo será de 1 070 mm para esloras superiores a 122 m.

“Cuando la longitud total efectiva de superestructuras y troncos sea inferior a 1L, la reducción será un porcentaje obtenido de la tabla siguiente.”

	Longitud efectiva total de superestructuras y troncos										
	0	0,1·L	0,2·L	0,3·L	0,4·L	0,5·L	0,6·L	0,7·L	0,8·L	0,9·L	1·L
Porcentaje reducción	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

$$\frac{L_{efectiva}}{L} = \frac{E_{toldilla} + E_{castillo}}{L} = \frac{30,00 + 13,00}{171,03} = 0,251$$

Longitud efectiva	Porcentaje
0,2·L	14
0,251·L	17,57
0,3·L	21

$$Reducción = 1\ 070 \cdot 0,1757 = 188\ mm$$

### 2.3.7. Arrufo (Regla 38)

Esta corrección se debe a la diferencia entre el arrufo que presenta el buque en nuestro caso nulo, y el arrufo definido como normal en la correspondiente regla del Convenio.

En la siguiente tabla representamos la curva de arrufo normal para compararla posteriormente con la real de nuestro buque.

Arrufo normal				
	Situación	Ordenada (mm)	Factor	Producto
<b>Mitad de popa</b>	Ppp	1 675,25	1	1 675,25
	1/6 L desde Ppp	743,81	3	2 231,43
	1/3 L desde Ppp	187,63	3	562,89
	Centro buque	0	1	0,00
			<b>Total</b>	<b>4 469,57</b>
<b>Mitad de proa</b>	Ppr	3 350,50	1	3 350,50
	1/6 L desde Ppr	1 487,62	3	4 462,86
	1/3 L desde Ppr	375,26	3	1 125,78
	Centro buque	0	1	0,00
			<b>Total</b>	<b>8 939,14</b>
<b>Σ</b>				<b>13 408,71</b>

Se tendrá en cuenta que, debido a que en nuestro buque no hay arrufo, la suma total de las ordenadas del arrufo real será nula.

La diferencia entre la suma de los productos así obtenidos y la de los productos correspondientes al arrufo normal, dividida por ocho, indica el defecto o exceso de arrufo en las mitades de proa o de popa. La media aritmética de los valores así obtenidos, expresa el exceso o defecto de arrufo de la cubierta.

Debido a que la altura del castillo y de la toldilla es superior a la normal, tal como se determinó anteriormente, se calculará el suplemento de arrufo con la siguiente expresión:

$$s_{toldilla} = \frac{y \cdot S}{3 \cdot L} = \frac{(3 - 2,3) \cdot 30,00}{3 \cdot 171,03} = 41\ mm$$

$$s_{castillo} = \frac{y \cdot S}{3 \cdot L} = \frac{(3 - 2,3) \cdot 13,00}{3 \cdot 171,03} = 18 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta estos suplementos en el arrufo tanto de popa como de proa tendremos que:

$$A_{NPP} = 16 \cdot s_{toldilla} = 16 \cdot 41 = 656$$

$$A_{NPR} = 16 \cdot s_{castillo} = 16 \cdot 18 = 288$$

$$Arrufo = \frac{13\,409 - (656 + 288)}{16} = 779,06$$

$$Corrección = Arrufo \cdot \left(0,75 - \frac{S_t}{2 \cdot L}\right) = 779,06 \cdot \left(0,75 - \frac{43,00}{2 \cdot 171,03}\right) = 486,36 \text{ mm}$$

### 2.3.8. Resumen de correcciones

CORRECCIÓN	Coef.	+	-	Valor
Fb tabular	-	-	-	2 735
Cb	1	-	-	-
Puntal	-	1 441	-	-
Superestructuras	-	-	188	-
Arrufo	-	486,36	-	-
<b>FB VERANO</b>				<b>4 475 mm</b>

### 2.3.9. Altura mínima de proa y flotabilidad de reserva (Regla 39)

“La altura de proa ( $F_b$ ), definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y al asiento proyectado y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado, no será inferior a:

$$\begin{aligned}
 F_b &= \left( 6\,075 \cdot \left(\frac{L}{100}\right) - 1\,875 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{L}{100}\right)^3 \right) \\
 &\quad \cdot \left( 2,08 + 0,609 \cdot C_b - 1,603 \cdot C_{wf} - 0,0129 \cdot \left(\frac{L}{d_1}\right) \right) \\
 &= \left( 6\,075 \cdot \left(\frac{171,03}{100}\right) - 1\,875 \cdot \left(\frac{171,03}{100}\right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{171,03}{100}\right)^3 \right) \\
 &\quad \cdot \left( 2,08 + 0,609 \cdot 0,84 - 1,603 \cdot 0,92 - 0,0129 \cdot \left(\frac{171,03}{14,57}\right) \right) = 5\,701,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Siendo:

- $F_b$ : altura mínima de proa calculada.
- $L$ : eslora definida en la Regla 3.
- $B$ : manga de trazado definida en la regla 3.
- $d_1$ : calado en el 85% del puntal D.
- $C_b$ : coeficiente de bloque definido en la regla 3.

- $C_{wf}$ : coeficiente del área de la flotación a proa de  $L/2$

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L}{2} \cdot B} = \frac{\frac{4\,751,622}{2}}{\frac{171,03}{2} \cdot 30,17} = 0,92$$

- $A_{wf}$ : área de la flotación a proa de  $L/2$  para el calado de  $d_1$ .

Comprobaremos si tenemos que aplicar la corrección del francobordo por la altura mínima de proa:

$$\text{Altura real de proa} = FB_{\text{verano}} + \text{altura castillo} = 4\,475 + 3000 = 7\,475 \text{ mm}$$

$\text{Altura real de proa} > \text{Altura mínima exigida}$

Ya que la altura real de proa es mayor que la mínima exigida, no habrá que hacer ninguna modificación más.

## 2.4. Francobordos mínimos (Regla 40)

El francobordo de verano hallado con anterioridad será la base para calcular el resto de líneas de carga que indican los francobordos que nuestro buque tendrá asociados.

### 2.4.1. Francobordo de verano

*“El francobordo mínimo de verano será el francobordo obtenido modificado por las correcciones correspondientes”*

$$FB_{\text{verano}} = 4\,475 \text{ mm}$$

$$T_{\text{verano}} = D_{Fb} - FB_{\text{verano}} = 17\,165 - 4\,475 = 12\,690 \text{ mm}$$

### 2.4.2. Francobordo tropical

*“El francobordo mínimo en la zona tropical será el francobordo obtenido restando del francobordo de verano  $1/48$  del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.”*

$$FB_{\text{tropical}} = FB_{\text{verano}} - \frac{T_{\text{verano}}}{48} = 4\,475 - \frac{12\,690}{48} = 4\,211 \text{ mm}$$

$$T_{\text{tropical}} = D_{Fb} - FB_{\text{tropical}} = 17\,165 - 4\,211 = 12\,954 \text{ mm}$$

### 2.4.3. Francobordo de invierno

*“El francobordo mínimo de invierno será el francobordo obtenido añadiendo al francobordo de verano  $1/48$  del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.”*

$$FB_{\text{invierno}} = FB_{\text{verano}} + \frac{T_{\text{verano}}}{48} = 4\,475 + \frac{12\,690}{48} = 4\,740 \text{ mm}$$

$$T_{\text{invierno}} = D_{Fb} - FB_{\text{invierno}} = 17\,165 - 4\,740 = 12\,425 \text{ mm}$$

### 2.4.4. Francobordo de invierno en el Atlántico Norte

*“Para los buques de eslora superior a 100 m el francobordo de invierno en el Atlántico Norte será el francobordo de invierno.”*

$$FB_{\text{invierno AN}} = FB_{\text{invierno}} = 4\,740 \text{ mm}$$

$$T_{\text{invierno AN}} = T_{\text{invierno}} = 12\,425 \text{ mm}$$

#### 2.4.5. Francobordo de agua dulce

*“El francobordo mínimo en agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada la expresión que sigue:”*

$$FB_{AD} = FB_{\text{verano}} - \frac{\Delta}{40 \cdot T} = 4\,475 - \frac{56\,806}{40 \cdot 47,959} \cdot 10^{-2} = 4\,475 \text{ mm}$$

$$T_{AD} = T_{\text{verano}} - FB_{AD} = 17\,165 - 4\,475 = 12\,690 \text{ mm}$$

### 2.5. Prescripciones especiales para buques a los que se asigne un francobordo para el transporte de madera en cubierta

*“El término “cubertada de madera” significa una carga de madera transportada sobre una parte sin cubrir de una cubierta de francobordo.”*

*Puede considerarse que una cubertada de madera proporciona al buque flotabilidad adicional una mayor protección contra la mar. Por esta razón, a los buques que lleven carga de madera en cubierta se les podrá conceder una reducción en el francobordo, que se marcará en el costado del buque.”*

Llegados a este punto, aclaramos que no se realizarán las prescripciones estipuladas para asignar a nuestro buque un francobordo nuevo por el transporte de madera en cubierta por ser el francobordo calculado anteriormente más restrictivo que este.

### 2.6. Resumen francobordos

	Francobordo (mm)	Calado (mm)
<b>Verano</b>	4 475	12 690
<b>Tropical</b>	4 211	12 954
<b>Invierno</b>	4 740	12 425
<b>Atlántico Norte</b>	4 740	12 425
<b>Agua dulce</b>	4 475	12 690

### 2.7. Francobordo real

En la siguiente tabla se recogen los calados obtenidos en las distintas condiciones de carga estudiadas en el Cuaderno 5.

CONDICIÓN	CALADO (m)
<b>Salida grano</b>	12,229
<b>Llegada grano</b>	11,985

<b>Salida grano + contenedores</b>	12,112
<b>Llegada grano + contenedores</b>	11,868
<b>Salida grano + madera</b>	12,042
<b>Llegada grano + madera</b>	11,798
<b>Salida carbón</b>	11,316
<b>Llegada carbón</b>	11,069
<b>Salida carbón + contenedores</b>	12,085
<b>Llegada carbón + contenedores</b>	11,841
<b>Salida carbón + madera</b>	12,015
<b>Llegada carbón + madera</b>	11,771
<b>Salida mineral</b>	12,154
<b>Llegada mineral</b>	11,910
<b>Salida mineral + contenedores</b>	11,165
<b>Llegada mineral + contenedores</b>	10,917
<b>Salida mineral + madera</b>	11,094
<b>Llegada mineral + madera</b>	10,846
<b>Salida lastre</b>	12,445
<b>Llegada lastre</b>	12,194

Observamos que buque irá ampliamente sobrado en la restricción que impone el Convenio en lo que respecta al francobordo.

Se tendrá en cuenta que, a la hora de realizar los trabajos de carga de los distintos tipos de material en el buque, puede ajustarse más el francobordo asignado por disponer el buque de unas condiciones de estabilidad idóneas.

### 3. ARQUEO

El concepto de arqueo indica el tamaño de un buque y se emplea para determinar reglamentariamente muchas características técnicas y para aplicar las tarifas de uso de puertos, canales, remolcadores, etc.

En este apartado se calcula el arqueo según el *Convenio Internacional de Arqueo de Buques de 1969*.

En el arqueo se distinguen dos valores: arqueo bruto y arqueo neto, con los que se intentan definir el tamaño total de un buque y su tamaño utilizado respectivamente.

#### 3.1. Arqueo bruto

$$GT = K_1 \cdot V = 0,3 \cdot 103\,740 = 31\,122$$

Donde:

- $V$ : volumen total de todos los espacios cerrados del buque (m<sup>3</sup>).
- $K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} \cdot V = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} 103\,740 = 0,3$

VOLUMEN TOTAL ESPACIOS CERRADOS (m <sup>3</sup> )	
Volumen bajo cubierta	81 220
Volumen sobre cubierta	22 520
<b>TOTAL</b>	<b>103 740 m<sup>3</sup></b>

#### 3.2. Arqueo neto

$$\begin{aligned}
 NT &= K_2 \cdot V_{carga} \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)^0 \\
 &= 0,294 \cdot 52\,715 \cdot \left(\frac{4 \cdot 12,960}{3 \cdot 17,14}\right)^2 + 3,89 \cdot \left(0 + \frac{0}{10}\right) = 15\,753
 \end{aligned}$$

Donde:

- $K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} \cdot V_{carga} = 0,02 \cdot \log_{10} 52\,715 = 0,294$
- $d$ : calado de verano.
- $D$ : puntal de trazado
- $K_3 = 1,25 \cdot \frac{GT+10\,000}{10\,000} = 1,25 \cdot \frac{21\,122+10\,000}{10\,000} = 3,89$
- $N_1$ : número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas.
- $N_2$ : número del resto de pasajeros.

Teniendo en cuenta que:

- $\left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 \leq 1$
- $K_2 \cdot V_{carga} \cdot \left(\frac{4 \cdot d}{3 \cdot D}\right)^2 \geq 0,25 \cdot GT$
- $NT \geq 0,30 \cdot GT$
- $N_1$  y  $N_2 = 0$ : buque donde no hay pasajeros, sólo tripulación.

<b>CAPACIDAD BODEGAS DE CARGA (m<sup>3</sup>)</b>
---

<b>Bodega 1</b>	8 004,47
<b>Bodega 2</b>	11 119,39
<b>Bodega 3</b>	11 200,80
<b>Bodega 4</b>	11 201,05
<b>Bodega 5</b>	11 188,74
<b>Total</b>	<b>52 714,45</b>

### 3.3. Resumen arqueos

<b>RESUMEN ARQUEOS</b>	
<b>Arqueo bruto</b>	31 122
<b>Arqueo neto</b>	15 753

# ANEXO I

## Francobordos

Eslera (m)	Fiborda (mm)								
24	208	98	1629	162	2155	231	2680	300	3262
25	209	94	1644	163	2160	232	2686	301	3266
26	217	95	1659	164	2184	233	2696	302	3270
27	226	96	1674	165	2198	234	2803	303	3274
28	233	97	1689	166	2212	235	2910	304	3278
29	242	98	1705	167	2226	236	2918	305	3281
30	250	99	1720	168	2240	237	2925	306	3285
31	258	100	1735	169	2254	238	2932	307	3289
32	267	101	1751	170	2268	239	2939	308	3292
33	275	102	1766	171	2281	240	2946	309	3295
34	283	103	1781	172	2294	241	2953	310	3298
35	292	104	1796	173	2307	242	2960	311	3302
36	300	105	1812	174	2320	243	2966	312	3305
37	308	106	1828	175	2332	244	2973	313	3308
38	316	107	1844	176	2345	245	2979	314	3312
39	325	108	1860	177	2357	246	2986	315	3315
40	334	109	1876	178	2369	247	2993	316	3318
41	344	110	1893	179	2381	248	3000	317	3322
42	354	111	1909	180	2393	249	3006	318	3325
43	364	112	1926	181	2405	250	3012	319	3328
44	374	113	1942	182	2416	251	3018	320	3331
45	385	114	1959	183	2428	252	3024	321	3334
46	396	115	1976	184	2440	253	3030	322	3337
47	408	116	1992	185	2451	254	3036	323	3339
48	420	117	2009	186	2463	255	3042	324	3342
49	432	118	2026	187	2474	256	3048	325	3345
50	443	119	2044	188	2486	257	3054	326	3347
51	455	120	2060	189	2497	258	3060	327	3350
52	467	121	2076	190	2508	259	3066	328	3353
53	478	122	2093	191	2519	260	3072	329	3355
54	490	123	2111	192	2530	261	3078	330	3358
55	503	124	2128	193	2541	262	3084	331	3361
56	516	125	2146	194	2552	263	3089	332	3363
57	530	126	2164	195	2563	264	3095	333	3366
58	544	127	2182	196	2574	265	3101	334	3368
59	559	128	2200	197	2585	266	3106	335	3371
60	573	129	2218	198	2596	267	3112	336	3373
61	587	130	2236	199	2607	268	3117	337	3375
62	600	131	2254	200	2617	269	3123	338	3378
63	613	132	2272	201	2628	270	3128	339	3380
64	626	133	2290	202	2638	271	3133	340	3382
65	639	134	2308	203	2648	272	3138	341	3385
66	653	135	2326	204	2658	273	3143	342	3387
67	666	136	2344	205	2668	274	3148	343	3389
68	680	137	2362	206	2678	275	3153	344	3392
69	693	138	2380	207	2688	276	3158	345	3394
70	708	139	2398	208	2697	277	3163	346	3396
71	720	140	2416	209	2708	278	3167	347	3399
72	733	141	2434	210	2718	279	3172	348	3401
73	746	142	2452	211	2728	280	3176	349	3403
74	760	143	2470	212	2738	281	3181	350	3405
75	773	144	2488	213	2748	282	3185	351	3408
76	786	145	2506	214	2758	283	3189	352	3410
77	800	146	2524	215	2768	284	3194	353	3412
78	814	147	2542	216	2778	285	3198	354	3414
79	828	148	2560	217	2787	286	3203	355	3416
80	841	149	2578	218	2797	287	3207	356	3418
81	855	150	2596	219	2807	288	3211	357	3420
82	869	151	2614	220	2817	289	3215	358	3422
83	883	152	2632	221	2827	290	3220	359	3423
84	897	153	2650	222	2837	291	3224	360	3425
85	911	154	2668	223	2847	292	3228	361	3427
86	926	155	2686	224	2857	293	3233	362	3429
87	940	156	2704	225	2867	294	3237	363	3430
88	955	157	2722	226	2877	295	3241	364	3432
89	969	158	2740	227	2887	296	3246	365	3433
90	984	159	2758	228	2897	297	3250		
91	999	160	2776	229	2907	298	3254		
92	1014	161	2794	230	2917	299	3258		

(cont.)					
Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)	Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)	Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)
49	432	95	1172	141	2130
50	443	96	1190	142	2151
51	455	97	1209	143	2171
52	467	98	1229	144	2190
53	478	99	1250	145	2209
54	490	100	1271	146	2229
55	503	101	1293	147	2250
56	516	102	1315	148	2271
57	530	103	1337	149	2293
58	544	104	1359	150	2315
59	559	105	1380	151	2334
60	573	106	1401	152	2354
61	587	107	1421	153	2375
62	601	108	1440	154	2396
63	615	109	1459	155	2418
64	629	110	1479	156	2440
65	644	111	1500	157	2460
66	659	112	1521	158	2480
67	674	113	1543	159	2500
68	689	114	1565	160	2520
69	705	115	1587	161	2540
162	2560	225	3660	288	4490
163	2580	226	3675	289	4502
164	2600	227	3690	290	4513
165	2620	228	3705	291	4525
166	2640	229	3720	292	4537
167	2660	230	3735	293	4548
168	2680	231	3750	294	4560
169	2698	232	3765	295	4572
170	2716	233	3780	296	4583
171	2735	234	3795	297	4595
172	2754	235	3808	298	4607
173	2774	236	3821	299	4618
174	2795	237	3835	300	4630
175	2815	38	3849	301	4642
176	2835	239	3864	302	4654
177	2855	240	3880	303	4665
178	2875	241	3893	304	4676
179	2895	242	3906	305	4686
180	2915	243	3920	306	4695
181	2931	244	3934	307	4704
182	2952	245	3949	308	4714
183	2970	246	3965	309	4725
184	2988	247	3978	310	4736
185	3007	248	3992	311	4748
186	3025	249	4005	312	4757
187	3044	250	4018	313	4768
188	3062	251	4032	314	4779
189	3080	252	4045	315	4790
190	3098	253	4058	316	4801
191	3116	254	4072	317	4812
192	3134	255	4085	318	4823
193	3151	256	4098	319	4834
194	3167	257	4112	320	4844
195	3185	258	4125	321	4855
196	3202	259	4139	322	4866