



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2019/20**

---

*OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Antonio Melo Bello

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

Septiembre 2020

# 1 RPA

## PROYECTO NÚMERO 1920-28

### TIPO DE BUQUE:

OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL

### CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL 1 A 1 SELF-ELEVATING WIND TURBINE INSTALLATION, SOLAS, MARPOL

### CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:

AEROGENERADORES

8000 TPM

### VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:

10KN- VELOCIDAD DE TRÁNSITO (85% MCR, 10% MM)

12KN-MÁXIMA

30 DÍAS en operación

### SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:

GRÚA PARA IZAMIENTO DE LA CARGA

JACK UP SYSTEM- DOBLE ANILLO PARA CONTINUAR OPERACIÓN

### PROPULSIÓN:

PRINCIPAL: 4 AZIMUTH THRUSTERS

PROPULSIÓN DIÉSEL ELÉCTRICA

BOW TUNNEL THRUSTERS: 3

### TRIPULACIÓN Y PASAJE:

90 OPERARIOS

### OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

HELIPUERTO, AUXILIAR DE IZAMIENTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

*OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 9**

**FRANCOBORDO Y ARQUEO**

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| 1 RPA .....  | 2  |
| 2 Introducción .....   | 6  |
| 3 Francobordo.....   | 7  |
| 3.1 REGLA 2: “APLICACIÓN” .....  | 7  |
| 3.2 REGLA 3: “DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS USADOS EN LOS ANEXOS” .....   | 7  |
| 3.2.1 REGLA 3.1: “ESLORA” .....  | 7  |
| 3.2.2 REGLA 3.3: “CENTRO DEL BUQUE” .....                              | 7  |
| 3.2.3 REGLA 3.4: “MANGA” .....   | 7  |
| 3.2.4 REGLA 3.6: “PUNTAL DE FRANCOBORDO” .....                         | 7  |
| 3.2.5 REGLA 3.7: “COEFICIENTE DE BLOQUE” .....                         | 8  |
| 3.2.6 REGLA 3.9: “CUBIERTA DE FRANCOBORDO” .....                       | 8  |
| 3.2.7 REGLA 3.10: “SUPERESTRUCTURA” .....                              | 8  |
| 3.3 REGLA 27: “TIPO DE BUQUE” .....                                    | 9  |
| 3.4 REGLA 28: “TABLAS DE FRANCOBORDO” .....                            | 9  |
| 3.5 REGLA 30: “CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE” .....             | 10 |
| 3.6 REGLA 31: “CORRECCIÓN POR PUNTAL” .....                            | 10 |
| 3.7 REGLA 33: “ALTURA NORMAL DE LAS SUPERESTRUCTURAS” .....            | 11 |
| 3.8 REGLA 34: “LONGITUD DE LAS SUPERESTRUCTURAS” .....                 | 11 |
| 3.9 REGLA 37: “REDUCCIÓN POR SUPERESTRUCTURAS Y TRONCOS” .....         | 11 |
| 3.10 REGLA 38: “CORRECCIÓN POR ARRUFO” .....                           | 12 |
| 3.11 REGLA 39: “ALTURA MÍNIMA DE PROA Y FLOTABILIDAD DE RESERVA” ..... | 15 |
| 3.12 Corrección por Estabilidad .....                                  | 16 |
| 3.13 REGLA 40: “FRANCOBORDOS MÍNIMOS” .....                            | 16 |
| 3.13.1 FRANCOBORDO DE VERANO.....                                      | 16 |
| 3.13.2 FRANCOBORDO TROPICAL.....                                       | 17 |
| 3.13.3 FRANCOBORDO DE INVIERNO.....                                    | 17 |
| 3.13.4 FRANCOBORDO EN EL ATLÁNTICO NORTE .....                         | 17 |
| 3.13.5 FRANCOBORDO DE AGUA DULCE.....                                  | 18 |
| 4 ARQUEO .....   | 19 |
| DEFINICIONES.....  | 19 |
| 4.1 Cubierta de arqueo .....   | 19 |
| 4.2 Puntal de Trazado.....   | 19 |
| 4.3 Manga.....   | 19 |

- 4.4 Pasajero .....20
- CÁLCULOS* .....20
- 4.5 ARQUEO BRUTO.....20
  - 4.5.1 Volumen Bajo Cubierta .....20
  - 4.5.2 Volumen Sobre Cubierta.....21
  - 4.5.3 Cálculo .....22
- 4.6 ARQUEO NETO .....23
- 5 Anexo.....25
  - 5.1 Tablas Francobordo Buque tipo B.....25
  - 5.2 Cálculos EXCEL .....27

## 2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se calcularán:

- Francobordo
- Arqueo
- Altura mínima de Proa

Para el cálculo se utilizarán los siguientes reglamentos:

- Convenio Internacional de Líneas de Carga 1966 y Protocolo de 1988
- Convenio internacional sobre Arqueo de buques 1969

Las características principales del buque son las siguientes:

| DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS      |          |                |
|------------------------------------|----------|----------------|
| ESLORA TOTAL (Loa)                 | 134      | m              |
| ESLORA ENTRE PERPENDICUALRES (Lpp) | 129,82   | m              |
| ESLORA EN LA FLOTACIÓN (Lwl)       | 133,43   | m              |
| MANGA (B)                          | 38,7     | m              |
| PUNTAL (D)                         | 11,57    | m              |
| CALADO (T)                         | 6,215    | m              |
| Cb                                 | 0,812    |                |
| DESPLAZAMIENTO ( $\Delta$ )        | 26720    | t              |
| SUPERFICIE MOJADA                  | 6203,899 | m <sup>2</sup> |
| Cp                                 | 0,813    |                |
| Cm                                 | 0,999    |                |
| Cf                                 | 0,894    |                |
| VELOCIDAD trántiso                 | 10       | kn             |
| VELOCIDAD máxima                   | 12       | kn             |
| POTENCIA TOTAL INSTALADA           | 25200    | kW             |

### 3 FRANCOBORDO

El Francobordo se calculará según el “Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966/1988”.

Se seguirán el Convenio utilizando las reglas convenientes para este buque.

## **DEFINICIONES**

### 3.1 REGLA 2: “APLICACIÓN”

- 1) A los buques de propulsión mecánica y a las barcasas, gabarras y otras embarcaciones sin medios propios de propulsión, se les asignarán francobordos de acuerdo con lo previsto en las reglas 1 a 40, inclusive.

### 3.2 REGLA 3: “DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS USADOS EN LOS ANEXOS”

#### 3.2.1 REGLA 3.1: “ESLORA”

- b) En los buques sin mecha de timón, se tomará como eslora (L) el 96% de la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado.

$$D = 11,57 \text{ m}$$

$$D_{85\%} = 9,83 \text{ m}$$

$$L_{wl0,85} = 130,115 \text{ m}$$

$$L_{96\%} = 124,91 \text{ m}$$

#### 3.2.2 REGLA 3.3: “CENTRO DEL BUQUE”

El centro del buque será el punto medio de la eslora (L).

El punto medio de la eslora será de:

$$\frac{L}{2} = 62,455 \text{ m}$$

#### 3.2.3 REGLA 3.4: “MANGA”

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, o hasta la superficie exterior del casco, en los buques con forro de otros materiales.

$$B = 38,7 \text{ m}$$

#### 3.2.4 REGLA 3.6: “PUNTA DE FRANCOBORDO”

- a) 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.

$$D = D_{\text{trazado}} + t_{\text{cubierta}} = 11,57 + 0,009 \cong 11,57$$

### 3.2.5 REGLA 3.7: “COEFICIENTE DE BLOQUE”

a) El coeficiente de bloque ( $C_b$ ) vendrá dado por la fórmula:

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

Donde:

$\nabla$  será el volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, en un buque de forro metálico, y el volumen de desplazamiento de la superficie exterior del casco en los buques con forro de cualquier otro material, ambos tomados a un calado de trazado  $d_1$ ; siendo:

$d_1$  el 85% del puntal mínimo de trazado.

Se necesita conocer el valor del volumen al puntal mínimo de trazado calculado previamente. Para el cálculo del volumen a este puntal, se utiliza el Software Maxsurf utilizando como calado  $d_1 = 9,835 m$ , como se ve en la siguiente tabla obtenida mediante el programa:

|   |                    |           |                |
|---|--------------------|-----------|----------------|
| 1 | Displacement       | 45393     | t              |
| 2 | Volume (displaced) | 44285,641 | m <sup>3</sup> |
| 3 | Draft Amidships    | 9,835     | m              |

Los datos que se utilizarán son los siguientes:

$$L_{96\%} = 124,91 m$$

$$B = 38,7 m$$

$$d_1 = 9,835 m$$

$$\nabla = 44285,641 m^3$$

Por tanto:

$$C_b = \frac{44285,641}{124,93 * 38,7 * 9,835} = 0,895$$

### 3.2.6 REGLA 3.9: “CUBIERTA DE FRANCOBORDO”

a) 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 en la parte expuesta de la misma, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque están dotadas de medios permanentes de cierre estanco.

La cubierta de francobordo del buque proyecto será la cubierta intemperie situada a 11,57 m. Esta cubierta intemperie es donde se situarán las diferentes partes de los aerogeneradores.

### 3.2.7 REGLA 3.10: “SUPERESTRUCTURA”

- a) 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).
- d) La longitud de una superestructura (S) será la longitud media de la parte de superestructura situada dentro de la eslora (L).
- e) PUENTE. El puente será una superestructura que no se extienda hasta la perpendicular de proa, ni tampoco hasta la perpendicular de popa.

Será considerado como superestructura, el castillo, que va desde la cuaderna 170 hasta la proa del buque.

### 3.3 REGLA 27: “TIPO DE BUQUE”

- 1) Para el cálculo de francobordo los buques se dividirán en dos tipos: “A” y “B”.

#### BUQUES TIPO “A”

- 2) Buque de tipo “A” será el que:
- Haya sido proyectado para transportar solamente cargas líquidas a granel;
  - Tenga una gran integridad en la cubierta expuesta y sólo pequeñas aberturas de acceso a los compartimentos de carga, cerradas por tapas de acero u otro material equivalente, estancas y dotadas de frisas; y
  - Tenga una baja permeabilidad de los espacios de carga llenos.

#### BUQUES TIPO “B”

- 5) Los buques que no se ajusten a lo dispuesto para los buques de tipo “A” se considerarán de tipo “B”.

Este buque, la carga para la que ha sido proyectado, como se ha explicado en cuadernos previos, es el transporte de aerogeneradores, por tanto, no está destinado para cargas líquidas a granel como se expone para los buques de tipo “A”. Como no se ajusta el buque proyecto a los requerimientos del buque tipo “A”, se trabajará como buque tipo “B”.

### 3.4 REGLA 28: “TABLAS DE FRANCOBORDO”

Según el tipo de buque y la eslora de este, se tendrán unos francobordos tabulares, que están dispuestos en las tablas de francobordos del Convenio internacional de líneas de carga de 1966 y Protocolo de 1988. Las tablas a utilizar son las tablas para buques tipo B dispuestas en el anexo.

Entrando en las tablas con la eslora indicada previamente ( $L_{96\%} = 124,91 m$ ), se tendrá que interpolar, puesto que se tienen valores de francobordo para 124 y 125 metros de eslora.

La interpolación será lineal, y se tiene:

| <i>Table</i> |                  |          |                  |
|--------------|------------------|----------|------------------|
| <i>L</i>     | <i>freeboard</i> | <i>L</i> | <i>freeboard</i> |
| 124          | 1771             |          |                  |
| 125          | 1793             | 124,91   | 1792             |

Por tanto, con esta regla se tiene el francobordo tabular sobre el que se realizarán correcciones, dispuestas más adelante.

Francobordo tabular:

|      |      |
|------|------|
| R-28 | 1792 |
|------|------|

## **CORRECCIONES**

### **3.5 REGLA 30: “CORRECCIÓN POR COEFICIENTE DE BLOQUE”**

Cuando el coeficiente de bloque sea superior a “0,68”, el francobordo tabular especificado en la regla 28, después de ser modificado por las reglas 27 y 29 (reglas que en este caso no influyen), se multiplicará por el factor.

El factor se obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{(C_b + 0,68)}{1,36}$$

Con el Coeficiente de bloque indicado previamente ( $C_b = 0,895$ ), se tiene:

$$\frac{(0,895 + 0,68)}{1,36} = 1,1713$$

El francobordo tabular que se utilizará la obtener la corrección es el siguiente:

|                  |      |
|------------------|------|
| R-28             | 1792 |
| R-29             |      |
| <i>freeboard</i> | 1792 |

El factor de corrección es el obtenido:

|        |        |
|--------|--------|
| Factor | 1,1581 |
|--------|--------|

Con estos datos, la corrección que aplica la regla 30 es:

$$REGLA\ 30 = 1792 * 1,1581 - 1792 \cong 284$$

|      |     |
|------|-----|
| R-30 | 284 |
|------|-----|

### **3.6 REGLA 31: “CORRECCIÓN POR PUNTAL”**

1) Cuando  $D$  exceda de  $L/15$ , el francobordo se aumentará en  $(D - \frac{L}{15}) * R\ mm$

$$D = 11,57 > 8,33 = \frac{124,91}{15} = \frac{L}{15}$$

Siendo  $R = \frac{L}{48}$  para esloras inferiores a 120 m y 250 para esloras de 120 m o mayores.

En este caso como:

$$L_{96\%} = 124,91\ m > 120\ m$$

$$R = 250$$

La corrección será:

$$(11,57 - 8,33) * 250 = 811$$

|      |     |
|------|-----|
| R-31 | 811 |
|------|-----|

### 3.7 REGLA 33: “ALTURA NORMAL DE LAS SUPERESTRUCTURAS”

La altura normal de una superestructura será la que se indica:

| <i>Raised quarterdeck</i> | <i>All Other superstructures</i> |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1,799                     | 2,299                            |

### 3.8 REGLA 34: “LONGITUD DE LAS SUPERESTRUCTURAS”

- 1) La longitud de una superestructura (S) será la longitud media de las partes de la superestructura que queden dentro de la eslora (L).

| <i>Superstructure</i> | <i>Lenght (S)</i> | <i>Sup. br. (b)</i> | <i>Ship br. (Bs)</i> | <i>Height</i> | <i>Effective Lenght ( E )</i> |
|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------|---------------|-------------------------------|
| Forecastle            | 13,640            | 38,700              | 38,700               | 6,253         | 13,640                        |

### 3.9 REGLA 37: “REDUCCIÓN POR SUPERESTRUCTURAS Y TRONCOS”

- 1) Cuando la longitud efectiva sea igual a 1L, la reducción del francobordo será de 350 mm para 24 m de eslora del buque, 860 mm para 85 m de eslora y 1070 mm para 122 m de eslora y esloras superiores.
- 2) Cuando la longitud efectiva es inferior a 1L, la reducción será un porcentaje obtenido de:

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

Como en este buque, la longitud efectiva de la superestructura es inferior a 1L, se aplica el segundo párrafo.

La longitud de la superestructura es de 13'64 m, que equivale a:

$$\text{Longitud efectiva} = \frac{13,64}{124,91} = 0,1092$$

Interpolando entre los valores de 7% y 14%.

Para 0'1092\*L se tiene una reducción del 7'6% sobre el valor de reducción del francobordo del párrafo 1 de 1070 mm para buques de más de 122 m de eslora.

$$\text{Reducción} = 1070 * 7,6\% = 82$$

### 3.10 REGLA 38: “CORRECCIÓN POR ARRUFO”

En la corrección por arrufo se tienen que calcular los arrufos normales. Este buque no tiene arrufo, pero se obtendrá un aumento del francobordo.

8) Las ordenadas de la curva de arrufo normal se dan en la tabla siguiente:

Tabla 38.1.  
Curva de arrufo normal  
(L en m)

|               | Situación                | Ordenada (en mm) | Factor |
|---------------|--------------------------|------------------|--------|
| Mitad de popa | Perpendicular de popa    | 25 (L/3+10)      | 1      |
|               | 1/6 L desde la P. de Pp. | 11,1 (L/3+10)    | 3      |
|               | 1/3 L desde la P. de Pp. | 2,8 (L/3+10)     | 3      |
|               | Centro del buque         | 0                | 1      |
| Mitad de proa | Centro del buque         | 0                | -1     |
|               | 1/3 L desde la P. de Pr. | 5,6 (L/3+10)     | 3      |
|               | 1/6 L desde la P. de Pr. | 22,2 (L/3+10)    | 3      |
|               | Perpendicular de proa    | 50 (L/3+10)      | 1      |

9) Cuando la curva de arrufo sea diferente de la normal, las cuatro ordenadas de cada una de las curvas en las mitades de proa o de popa se multiplicarán por los factores correspondientes que se dan en la tabla de ordenadas. La diferencia entre la suma de los productos así obtenidos y la de los productos correspondientes al arrufo normal, dividida por 8, 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.

De la tabla se tiene:

- Mitad de POPA:

$$\left(1 * 25 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 11,1 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 2,8 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right)$$

- Mitad de PROA:

$$\left(1 * 5,6 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 22,2 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 50 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right)$$

$$3 * 5,6 * L/3 + 10 + 3 * 22,2 * L/3 + 10 + 1 * 50 * L/3 + 10$$

Usando el valor de la eslora de 124,91 m se tienen los siguientes valores calculados:

| Standard Sheer Profile |          |        |         |               |      |
|------------------------|----------|--------|---------|---------------|------|
| Station                | Ordinate | Factor | Product |               |      |
| After perpendicular    | 1291     | 1      | 1291    |               |      |
| 1/6 L from A.P.        | 573      | 3      | 1719    |               |      |
| 1/3 L from A.P.        | 145      | 3      | 435     |               |      |
| Amidships              | 0        | 1      | 0       | After Sheer   | 3445 |
| Amidships              | 0        | 1      | 0       |               |      |
| 1/3 L from A.P.        | 289      | 3      | 867     |               |      |
| 1/6 L from A.P.        | 1146     | 3      | 3438    |               |      |
| Forward perpendicular  | 2582     | 1      | 2582    | Forward Sheer | 6887 |

Como se concede exceso por arrufo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$s = \frac{y * L'}{3 * L}$$

Donde:

$s$  = suplemento de arrufo.

$y$  = Diferencia entre las alturas real y normal de la superestructura en la perpendicular de popa o proa.

$L'$  = Longitud media de la parte cerrada de la toldilla o castillo.

$L$  = Eslora del buque.

Como solo se tiene castillo, se hará la corrección de este, por tanto, los valores para la fórmula son los siguientes:

$$y = \text{Altura REAL} - \text{Altura NORMAL}$$

La altura REAL es la altura del castillo dispuesta en el apartado 3.8, mientras que la altura NORMAL es la establecida en el punto 3.7.

$$y = 6253 - 2299 = 3954 \text{ mm}$$

$$L' = 13,64 \text{ m}$$

$$L = 124,91 \text{ m}$$

Por tanto:

$$s = \frac{3954 * 13,64}{3 * 124,91} = 144$$

En la popa como no se tiene ninguna superestructura, no se tendrá corrección por arrufo.

|                   | Real | Standard | Difference | s   |
|-------------------|------|----------|------------|-----|
| <b>Forecastle</b> | 6253 | 2299     | 3954       | 144 |
| <b>Poop</b>       | 0    | 2299     | -2299      | 0   |

A los valores calculados de la tabla de arrufos normales calculados, se aplica la corrección, de manera que se realiza el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} \text{Castillo} &= -\frac{\left(1 * 25 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 11,1 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 2,8 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right)}{8} + S_{fore} \\ &= -\frac{6887}{8} + 144 = -716 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Toldilla} &= -\frac{\left(1 * 5,6 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 22,2 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right) + \left(3 * 50 * \left(\frac{L}{3} + 10\right)\right)}{8} + S_{poop} \\ &= -\frac{3445}{8} + 0 = -430 \text{ mm} \end{aligned}$$

La variación de arrufo es:

$$Variación = \frac{\text{castillo} + \text{toldilla}}{2} = \frac{-716 + (-430)}{2} = -573 \text{ mm}$$

El factor de corrección por arrufo se calcula de la siguiente manera:

$$Factor = 0,75 - \frac{S_1}{2 * L}$$

Donde  $S_1$  es la longitud total de las superestructuras cerradas definidas en la Regla 34 y  $L$  es la eslora del buque.

$$Factor = 0,75 - \frac{13,64}{2 * 124,91} = 0,6954$$

La corrección se calcula de la siguiente manera:

$$Corrección = -Factor * Variación = -0,6954 * (-573) = 399$$

La corrección de arrufo es:

|      |     |
|------|-----|
| R-38 | 399 |
|------|-----|

Con estas reglas calculadas, se tiene el siguiente francobordo mínimo:

|            |             |           |
|------------|-------------|-----------|
| R-28       | 1792        | mm        |
| R-29       |             | mm        |
| R-30       | 284         | mm        |
| R-31       | 811         | mm        |
| R-32.1     |             | mm        |
| R-37       | -82         | mm        |
| R-38       | 399         | mm        |
| <b>Sum</b> | <b>3204</b> | <b>mm</b> |

El francobordo mínimo hasta la regla 38, se tiene que es de 3204 mm

### 3.11 REGLA 39: “ALTURA MÍNIMA DE PROA Y FLOTABILIDAD DE RESERVA”

A continuación, se calcula la altura mínima de proa y la reserva de flotabilidad. Esta regla puede generar variaciones en el mínimo calculado previamente.

- 1) 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:

$$F_b = (6075(L/100) - 1875(L/100)^2 + 200(L/100)^3) \times (2.08 + 0.609C_b - 1.603C_{wf} - 0.0129(L/d_1))$$

Donde:

$F_b$  la altura mínima de proa calculada, en mm;

$L$  la eslora definida en la regla 3, en m;

$B$  la manga de trazado definida en la regla 3, en m;

$d_1$  el calado en el 85% del puntal  $D$ , en m;

$C_b$  el coeficiente de bloque definido en la regla 3;

$C_{wf}$  el coeficiente del área de la flotación a proa de  $L/2$ :  $C_{wf} = A_{wf} / ((L/2) \times B)$ ;

$A_{wf}$  el área de la flotación a proa de  $L/2$  para el calado  $d_1$ , en  $m^2$ .

El coeficiente de la flotación se calcula a partir del área de flotación a proa de  $L/2$  para el calado. Esta área se ha calculado, usando el valor del área de la flotación al calado. Y dividiendo ese valor entre 2:

|    |               |          |       |
|----|---------------|----------|-------|
| 17 | Waterpl. Area | 4784,858 | $m^2$ |
|----|---------------|----------|-------|

$$A_{wf} = \frac{4784,858}{2} = 2393 \text{ m}^2$$

De esta manera, el valor de la altura mínima es de:

|                         |      |    |
|-------------------------|------|----|
| Minimum bow height (Fb) | 4417 | mm |
|-------------------------|------|----|

En proa, se tiene una altura de 17'823 metros, que es superior a la altura mínima de francobordo de 4'417 m, por lo que esta regla de altura mínima de proa no corrige.

Este francobordo calculado de la regla 38 se permite un calado de:

$$T_{Fb} = D - F_{bR38} = 11,57 - 3,204 = 8,366 \text{ m}$$

### 3.12 Corrección por Estabilidad

Del cuaderno 5 se tiene que el calado de máxima carga es de 6'215m.  
La corrección será la siguiente:

$$C_E = T_{Fb} - T_{cc} = 8,366 - 6,215 = 2,151 \text{ m}$$

Por lo que el valor del francobordo final será de:

$$F_{bfinal} = F_{bR38} + C_E = 3204 + 2151 = 5355 \text{ mm}$$

### 3.13 REGLA 40: “FRANCOBORDOS MÍNIMOS”

#### 3.13.1 FRANCOBORDO DE VERANO

##### *Francobordo de verano*

1) El francobordo mínimo de verano será el francobordo obtenido de las tablas de la regla 28, modificado por las correcciones de las reglas 27, en la medida en que sea aplicable, 29, 30, 31, 32, 37, 38 y, si procede, la regla 39.

2) El francobordo en agua salada, calculado de acuerdo con el párrafo 1), pero sin la corrección por línea de cubierta que se indica en la regla 32, no será inferior a 50 mm. Para los buques que tengan en emplazamientos de clase 1 escotillas con tapas que no cumplan las prescripciones de la regla 16, párrafos 1) a 5), o la regla 26, el francobordo no será inferior a 150 mm.

Aplicando las reglas 29,30,31,32,38,38 se tiene:

Partiendo del francobordo tabular obtenido en la regla 28:

|      |         |
|------|---------|
| R-28 | 1792 mm |
| R-30 | 284 mm  |
| R-31 | 811 mm  |
| R-37 | -82 mm  |
| R-38 | 399 mm  |

Aplicando estas reglas, el francobordo mínimo de verano es:

|                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| Freeboard in Salt Water         | 3204 mm               |
| <i>Minimum Summer Freeboard</i> | <i>3204 mm</i>        |
| <b><i>Summer Freeboard</i></b>  | <b><i>5355 mm</i></b> |

Con este francobordo de verano, el calado de verano será:

$$T_{verano} = 11,57 - 5,355 = 6,215 \text{ m}$$

### 3.13.2 FRANCOBORDO TROPICAL

#### *Francobordo tropical*

3) 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.

4) El francobordo en agua salada, calculado de acuerdo con el párrafo 3), pero sin la corrección por línea de cubierta que se indica en la regla 32, no será inferior a 50 mm. Para los buques que tengan en emplazamientos de clase 1 escotillas con tapas que no cumplan las prescripciones de la regla 16, párrafos 1) a 5), o la regla 26, el francobordo no será inferior a 150 mm.

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| <b><i>Tropical Freeboard</i></b> | <b><i>5355 mm</i></b> |
|----------------------------------|-----------------------|

### 3.13.3 FRANCOBORDO DE INVIERNO

#### *Francobordo de invierno*

5) 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.

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| <b><i>Winter Freeboard</i></b> | <b><i>5485 mm</i></b> |
|--------------------------------|-----------------------|

### 3.13.4 FRANCOBORDO EN EL ATLÁNTICO NORTE

#### *Francobordo de invierno en el Atlántico Norte*

6) El francobordo mínimo para buques de eslora no superior a 100 m que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte, definido en la regla 52 (anexo II), durante el periodo estacional de invierno, será el francobordo de invierno más 50 mm. Para los demás buques el francobordo de invierno en el Atlántico Norte, será el francobordo de invierno.

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b><i>Winter N. Atlantic Freeboard</i></b> | <b><i>5485 mm</i></b> |
|--|-----------------------|

### 3.13.5 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:

$$\frac{\Delta}{40 * T}$$

Siendo:

$\Delta$  = desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación en carga de verano

$T$  = toneladas por centímetro de inmersión en agua salada, en la flotación en carga de verano.

Para este desplazamiento, se cogerá el desplazamiento que proporciona el Maxsurf Modeler al calado de 6'215m. Este desplazamiento será superior al desplazamiento de máxima carga, debido a como se ha explicado en numerosas ocasiones, a los espacios non-buoyant de las patas.

El desplazamiento utilizado es el desplazamiento de máxima carga obtenido en el cuaderno 5:

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Displacement at 6,215 m | <b>2670</b> ton  |
| TPCM at 6,215 m         | <b>43</b> ton/cm |

El francobordo en agua dulce es el siguiente:

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| <b><i>Fresh Water</i></b> | <b><i>3203 mm</i></b> |
|---------------------------|-----------------------|

En el anexo se adjunta el Excel con el que se realizaron los cálculos.

## 4 ARQUEO

Para el cálculo del arqueo, se utilizará el “Convenio Internacional de Arqueo Bruto de 1969”

### **DEFINICIONES**

Como se ha hecho para el cálculo del francobordo, en primer lugar, se definirán conceptos para el cálculo del arqueo bruto y neto:

#### 4.1 Cubierta de arqueo

La cubierta de arqueo viene definida de la siguiente manera;

1) *Cubierta superior*

La cubierta superior es la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierres estancos de todas las aberturas en la parte expuesta de la misma, y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque estén dotadas de medios permanentes de cierre estanco. En un buque con una cubierta superior escalonada, se tomará como cubierta superior la línea más baja de la cubierta expuesta a la intemperie y su prolongación paralelamente a la parte más elevada de dicha cubierta.

En el caso del buque proyecto, la cubierta superior es la cubierta intemperie situada a 11'57m de la línea base.

#### 4.2 Puntal de Trazado

El puntal de trazado viene definido de la siguiente manera:

2) *Puntal de trazado*

- a) El puntal de trazado es la distancia vertical medida desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado. En los buques de madera y en los de construcción mixta, esta distancia se medirá desde el canto inferior del alefriz. Cuando la forma de la parte inferior de la cuaderna maestra es cóncava o cuando existen tracas de aparadura de gran espesor, esta distancia se medirá desde el punto en que la línea del plano del fondo, prolongada hacia el interior, corte el costado de la quilla.

El puntal de trazado en este caso es el puntal de la línea base a la cubierta principal (la cubierta intemperie) mencionada en el punto anterior, de manera que el puntal de trazado es:

$$Puntal = 11,57 \text{ m}$$

#### 4.3 Manga

La manga viene definida de la siguiente manera:

3) *Manga*

La manga es la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo, fuera de miembros en los buques de forro metálico, o fuera de forros en los buques de forro no metálico.

La manga del buque proyecto para este cálculo será, por tanto:

$$Manga = 38,7 \text{ m}$$

## 4.4 Pasajero

### 6) *Pasajero*

Por pasajero se entiende toda persona que no sea :

- i) el capitán y los miembros de la tripulación u otras personas empleadas o contratadas para cualquier labor de a bordo necesaria para el buque, y
- ii) un niño menor de un año.

Se considera que el personal destinado para la instalación de aerogeneradores (36 personas responsables de la instalación) son personal "ajeno" a labores necesarias para el buque, de manera que se tienen:

*36 pasajeros*

## CÁLCULOS

## 4.5 ARQUEO BRUTO

El arqueo bruto se calcula de la siguiente manera:

### *Regla 3*

#### *Arqueo bruto*

El arqueo bruto de un buque (GT) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 V$$

en la cual:  $V$  = Volumen total de todos los espacios cerrados del buque, expresado en metros cúbicos.

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \log_{10} V \text{ (o el valor tabulado en el Apéndice 2)}$$

El volumen es el volumen de todos los espacios, tanto los situados debajo de la cubierta principal como los situados por encima de esta.

### 4.5.1 *Volumen Bajo Cubierta*

El volumen bajo cubierta se ha calculado con el Maxsurf Modeler, puesto que se conocen las formas del buque:

$$V_{bc} = 52607,303 \text{ m}^3$$

### 4.5.2 Volumen Sobre Cubierta

En este apartado, se tendrá en cuenta el volumen de los diversos espacios situados sobre la cubierta principal, los espacios a considerar son los siguientes:

- Espacio de las patas
- Estructura de popa
- Espacio entre cubierta de castillo y cubierta principal
- Espacios de habilitación

#### 4.5.2.1 Espacio de las patas

El espacio de las patas por encima de la cubierta principal es el siguiente:

$$V_{patas} = 6 * V_{pata} = 6 * LxBxH = 6 * 7,7x7,8x8 = 2883 m^3$$

#### 4.5.2.2 Estructura de popa

Los espacios situados en la zona de popa para aportar flotabilidad, tiene un volumen de:

$$V_{estrpopa} = 2 * LxBxH = 2 * 26x7,8x8 = 3245 m^3$$

#### 4.5.2.3 Espacio entre cubierta de castillo y cubierta principal

Este espacio se ha calculado de manera aproximada a partir de los planos del buque, se ha estimado un volumen de:

$$V_{cccp} = 1584 m^3$$

#### 4.5.2.4 Espacios Habilitación

Para estos espacios se tiene en cuenta que la altura de cada cubierta es de 3,2m excepto la del puente que es de 4 m. Midiendo el área sobre los planos de habilitación, se tienen los siguientes volúmenes:

- 1º y 2º Cubierta:

$$V_{12} = 2 * A_{12} * h = 2 * 410 * 3,2 = 2624 m^3$$

- 3º y 4º Cubierta:

$$V_{34} = 2 * A_{34} * h = 2 * 689 * 3,2 = 4410 m^3$$

- Puente:

$$V_{puente} = A_{puente} * h = 504 * 4 = 2016 m^3$$

- Hospital/Enfermería:

$$V_{hospital} = A_{hospital} * h = 176,4 * 3,2 = 565 m^3$$

#### 4.5.2.5 Volumen total

El volumen sobre la cubierta será la suma de todos los espacios calculados:

$$V_{sc} = 17327 m^3$$

### 4.5.3 Cálculo

En primer lugar, se calcula el valor de  $K_1$ :

$$K_1 = 0,2 + 0,02 * \log_{10} V = 0,2 + 0,02 * \log_{10}(52607,303 + 17327) = 0,297$$

Por tanto:

$$GT = K_1 * V = 0,297 * (52607,303 + 17327) = 20770,5$$

EI ARQUEO BRUTO ES:

$$GT = 20770,5$$

## 4.6 ARQUEO NETO

Para el arqueo neto se tiene:

### Regla 4

#### Arqueo neto

- 1) El arqueo neto (NT) de un buque se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$NT = K_2 V_c \left( \frac{4d}{3D} \right)^2 + K_1 \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

En la cual:

- i) el factor  $\left( \frac{4d}{3D} \right)^2$  no se tomará superior a 1;
- ii) el término  $K_2 V_c \left( \frac{4d}{3D} \right)^2$  no se tomará inferior a 0,25 GT; y
- iii) NT no se tomará inferior a 0,30 GT, y:
  - $V_c$  = volumen total de los espacios de carga, en metros cúbicos.
  - $K_2 = 0,2 = 0,02 \log_{10} V_c$  (o el valor tabulado en el Apéndice 2)
  - $K_1 = 1,25 \frac{GT + 10.000}{10.000}$
  - D = puntal de trazado en el centro del buque expresado en metros según la definición dada en la Regla 2 (2),
  - d = calado de trazado en el centro del buque expresado en metros según la definición dada en el párrafo 2) de esta Regla,
  - $N_1$  = número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas,
  - $N_2$  = número de los demás pasajeros,
  - $N_1, N_2$  = número total de pasajeros que el buque está autorizado a llevar según el certificado de pasajeros del buque; cuando  $N_1 + N_2$  sea inferior a 13 las magnitudes  $N_1$  y  $N_2$  se considerarán iguales a cero,
  - GT = arqueo bruto del buque calculado según lo dispuesto en la Regla 3.

Al ser un buque con carga en cubierta, el espacio de carga es una superficie, de manera que el espacio de carga no es un espacio cerrado, por tanto, el valor del volumen de los espacios de carga será cero.

Como se ha explicado en otros cuadernos y previamente en este cuaderno, el buque lleva a 36 personas a bordo que son considerados como pasaje, puesto que su ocupación es la instalación para los aerogeneradores, de manera que:

$$N_1 = 0$$

$$N_2 = 36$$

Para el cálculo de  $K_3$  se tiene:

$$K_3 = 1,25 * \frac{GT + 10000}{10000} = 1,25 * \frac{20770,5 + 10000}{10000} = 3,85$$

Para el cálculo del arqueo se tiene la siguiente formulación:

$$NT = K_2 * V_c * \frac{4 * d}{3 * D} + K_3 * \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

Como se ha mencionado que al ser carga sobre cubierta, el volumen de carga se considera cero, el primer término será igual a 0'25GT, ya que se establece que el primer término no puede ser menor a 0'25GT y NT no se tomará inferior a 0'3GT, de manera que:

$$NT = 0,25 * GT + K_3 * \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right) = 5192,625 + 3,85 * \left( 0 + \frac{36}{10} \right) = 5206,5$$

$$0,3GT = 6231,15 > 5206,5$$

Como el valor de 0'3GT es superior al NT calculado, se toma el valor de 0'3GT, siendo el valor del arqueo neto:

$$NT = 6231,15$$

## 5 ANEXO

### 5.1 Tablas Francobordo Buque tipo B

*Tabla de francobordo para buques de tipo "B"*

| Eslera del buque (metros) | Francobordo (milímetros) | Eslera del buque (metros) | Francobordo (milímetros) | Eslera del buque (metros) | Francobordo (milímetros) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 24                        | 200                      | 58                        | 544                      | 92                        | 1116                     |
| 25                        | 208                      | 59                        | 559                      | 93                        | 1135                     |
| 26                        | 217                      | 60                        | 573                      | 94                        | 1154                     |
| 27                        | 225                      | 61                        | 587                      | 95                        | 1172                     |
| 28                        | 233                      | 62                        | 601                      | 96                        | 1190                     |
| 29                        | 242                      | 63                        | 615                      | 97                        | 1209                     |
| 30                        | 250                      | 64                        | 629                      | 98                        | 1219                     |
| 31                        | 258                      | 65                        | 644                      | 99                        | 1250                     |
| 32                        | 267                      | 66                        | 659                      | 100                       | 1271                     |
| 33                        | 275                      | 67                        | 674                      | 101                       | 1293                     |
| 34                        | 283                      | 68                        | 689                      | 102                       | 1315                     |
| 35                        | 292                      | 69                        | 705                      | 103                       | 1337                     |
| 36                        | 300                      | 70                        | 721                      | 104                       | 1359                     |
| 37                        | 308                      | 71                        | 738                      | 105                       | 1380                     |
| 38                        | 316                      | 72                        | 754                      | 106                       | 1401                     |
| 39                        | 325                      | 73                        | 769                      | 107                       | 1421                     |
| 40                        | 334                      | 74                        | 784                      | 108                       | 1440                     |
| 41                        | 344                      | 75                        | 800                      | 109                       | 1459                     |
| 42                        | 354                      | 76                        | 816                      | 110                       | 1479                     |
| 43                        | 364                      | 77                        | 833                      | 111                       | 1500                     |
| 44                        | 374                      | 78                        | 850                      | 112                       | 1521                     |
| 45                        | 385                      | 79                        | 868                      | 113                       | 1543                     |
| 46                        | 396                      | 80                        | 887                      | 114                       | 1565                     |
| 47                        | 408                      | 81                        | 905                      | 115                       | 1587                     |
| 48                        | 420                      | 82                        | 923                      | 116                       | 1609                     |
| 49                        | 482                      | 83                        | 942                      | 117                       | 1630                     |
| 50                        | 443                      | 84                        | 960                      | 118                       | 1651                     |
| 51                        | 455                      | 85                        | 978                      | 119                       | 1671                     |
| 52                        | 467                      | 86                        | 996                      | 120                       | 1690                     |
| 53                        | 478                      | 87                        | 1015                     | 121                       | 1709                     |
| 54                        | 490                      | 88                        | 1034                     | 122                       | 1729                     |
| 55                        | 503                      | 89                        | 1054                     | 123                       | 1750                     |
| 56                        | 516                      | 90                        | 1075                     | 124                       | 1771                     |
| 57                        | 530                      | 91                        | 1096                     | 125                       | 1793                     |

TABLA B (continuación)

| Eslera del buque (metros) | Francobordo (milímetros) | Eslera del buque (metros) | Francobordo (milímetros) | Eslera del buque (metros) | Francobordo (milímetros) |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 126                       | 1815                     | 163                       | 2580                     | 200                       | 3264                     |
| 127                       | 1837                     | 164                       | 2600                     | 201                       | 3280                     |
| 128                       | 1859                     | 165                       | 2620                     | 202                       | 3296                     |
| 129                       | 1880                     | 166                       | 2640                     | 203                       | 3313                     |
| 130                       | 1901                     | 167                       | 2660                     | 204                       | 3330                     |
| 131                       | 1921                     | 168                       | 2680                     | 205                       | 3347                     |
| 132                       | 1940                     | 169                       | 2698                     | 206                       | 3363                     |
| 133                       | 1959                     | 170                       | 2716                     | 207                       | 3380                     |
| 134                       | 1979                     | 171                       | 2735                     | 208                       | 3397                     |
| 135                       | 2000                     | 172                       | 2754                     | 209                       | 3413                     |
| 136                       | 2021                     | 173                       | 2774                     | 210                       | 3430                     |
| 137                       | 2043                     | 174                       | 2795                     | 211                       | 3445                     |
| 138                       | 2065                     | 175                       | 2815                     | 212                       | 3460                     |
| 139                       | 2087                     | 176                       | 2835                     | 213                       | 3475                     |
| 140                       | 2109                     | 177                       | 2855                     | 214                       | 3490                     |
| 141                       | 2130                     | 178                       | 2875                     | 215                       | 3505                     |
| 142                       | 2151                     | 179                       | 2895                     | 216                       | 3520                     |
| 143                       | 2171                     | 180                       | 2915                     | 217                       | 3537                     |
| 144                       | 2190                     | 181                       | 2933                     | 218                       | 3554                     |
| 145                       | 2209                     | 182                       | 2952                     | 219                       | 3570                     |
| 146                       | 2229                     | 183                       | 2970                     | 220                       | 3586                     |
| 147                       | 2250                     | 184                       | 2988                     | 221                       | 3601                     |
| 148                       | 2271                     | 185                       | 3007                     | 222                       | 3615                     |
| 149                       | 2293                     | 186                       | 3025                     | 223                       | 3630                     |
| 150                       | 2315                     | 187                       | 3044                     | 224                       | 3645                     |
| 151                       | 2334                     | 188                       | 3062                     | 225                       | 3660                     |
| 152                       | 2354                     | 189                       | 3080                     | 226                       | 3675                     |
| 153                       | 2375                     | 190                       | 3098                     | 227                       | 3690                     |
| 154                       | 2396                     | 191                       | 3116                     | 228                       | 3705                     |
| 155                       | 2418                     | 192                       | 3134                     | 229                       | 3720                     |
| 156                       | 2440                     | 193                       | 3151                     | 230                       | 3735                     |
| 157                       | 2460                     | 194                       | 3167                     | 231                       | 3750                     |
| 158                       | 2480                     | 195                       | 3185                     | 232                       | 3765                     |
| 159                       | 2520                     | 196                       | 3202                     | 233                       | 3780                     |
| 160                       | 2520                     | 197                       | 3219                     | 234                       | 3795                     |
| 161                       | 2540                     | 198                       | 3235                     | 235                       | 3808                     |
| 162                       | 2560                     | 199                       | 3249                     | 236                       | 3821                     |

## 5.2 Cálculos EXCEL

| INTERNATIONAL CONVENTION ON LOAD LINES 1966/1988  |  |  |                          |
|---|--|--|--------------------------|
|   |  |  | 124,9104                 |
| Moulded Breadth (B)   |  |  | 38,7 m                   |
| Least Moulded Depth   |  |  | 11,57 m                  |
| 85% Least Moulded Depth   |  |  | 9,835 m                  |
| Freeboard deck thickness at side  |  |  | 0,009 mm                 |
| Freeboard Depth (D)   |  |  | 11,57 m                  |
|   |  |  |                          |
| Lenght of the waterline at 9,835 m of depth   |  |  | 130,115 m                |
| Lenght betw. Perp. at 9,835 m of depth  |  |  | 126,5,3 m                |
|   |  |  |                          |
| Freeboard Lenght (L)  |  |  | 124,91 m                 |
|   |  |  |                          |
| Volume without appendages at 9,835 m of depth   |  |  | 44285,641 m <sup>3</sup> |
|   |  |  |                          |
| Block coefficient   |  |  | 0,895                    |
|   |  |  |                          |
| Recess in freeboard deck, side to side, of<br><i>Upper line of the exposed deck is the freeboard deck</i> |  |  | 0 m < 1m                 |

|  |                  |          |                  |                       |
|--|------------------|----------|------------------|-----------------------|
| <b>R-27 Types of ships</b>                             |                  |          |                  | <i>Applicable</i>     |
| Type of ship (A,B,Br,B60)                              |                  |          | B                |                       |
| <b>R-28 Tabular Freeboard</b>                          |                  |          |                  | <i>Applicable</i>     |
| <i>Table</i>   |                  |          |                  |                       |
| <i>L</i>   | <i>freeboard</i> | <i>L</i> | <i>freeboard</i> |                       |
| 124  | 1771             | 124,91   | 1792             |                       |
| 125  | 1793             |          |                  | R-28                  |
|  |                  |          |                  | 1792                  |
| <b>R-29 Correction for ships under 100 m in lenght</b> |                  |          |                  | <i>Not Applicable</i> |
| Effective lenght of superstructure (E)                 |                  |          | 13,64 m          |                       |
| Lenght of trunks                                       |                  |          | 0 m              |                       |
| Effective lenght of superstructure (E1)                |                  |          | 13,64 m          |                       |
|  |                  |          |                  | R-29                  |
| <b>R-30 Correction for block coefficient</b>           |                  |          |                  | <i>Applicable</i>     |
| R-28   | 1792             |          |                  |                       |
| R-29   |                  | Factor   | 1,1581           |                       |
| <i>freeboard</i>                                       | 1792             |          |                  |                       |
|  |                  |          |                  | R-30                  |
|  |                  |          |                  | 284                   |





|  |                 |                     |                   |               |                   |                 |
|--|-----------------|---------------------|-------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| <b>R-38 Sheer</b>                                  |                 |                     |                   |               | <i>Applicable</i> |                 |
| <b>Standard Sheer Profile</b>                      |                 |                     |                   |               |                   |                 |
| <i>Station</i>                                     | <i>Ordinate</i> | <i>Factor</i>       | <i>Product</i>    |               |                   |                 |
| After perpendicular                                | 1291            | 1                   | 1291              |               |                   |                 |
| 1/6 L from A.P.                                    | 573             | 3                   | 1719              |               |                   |                 |
| 1/3 L from A.P.                                    | 145             | 3                   | 435               |               |                   |                 |
| Amidships  | 0               | 1                   | 0                 | After Sheer   | 3445              |                 |
| Amidships  | 0               | 1                   | 0                 |               |                   |                 |
| 1/3 L from A.P.                                    | 289             | 3                   | 867               |               |                   |                 |
| 1/6 L from A.P.                                    | 1146            | 3                   | 3438              |               |                   |                 |
| Forward perpendicular                              | 2582            | 1                   | 2582              | Forward Sheer | 6887              |                 |
| <b>Sheer Profile</b>                               |                 |                     |                   |               |                   |                 |
| <i>Station</i>                                     | <i>Ordinate</i> | <i>Sum for Le=L</i> | <i>Total</i>      | <i>Factor</i> | <i>Product</i>    |                 |
| After perpendicular                                | 0               | 0                   | 0                 | 1             | 0                 |                 |
| 1/6 L from A.P.                                    | 0               | 0                   | 0                 | 3             | 0                 |                 |
| 1/3 L from A.P.                                    | 0               | 0                   | 0                 | 3             | 0                 |                 |
| Amidships  | 0               | 0                   | 0                 | 1             | 0                 | After Sheer 0   |
| Amidships  | 0               | 0                   | 0                 | 1             | 0                 |                 |
| 1/3 L from F.P.                                    | 0               | 0                   | 0                 | 3             | 0                 |                 |
| 1/6 L from F.P.                                    | 0               | 0                   | 0                 | 3             | 0                 |                 |
| Forward perpendicular                              | 0               | 0                   | 0                 | 1             | 0                 | Forward Sheer 0 |
| Forward and After corrections for Sheer be allowed |                 |                     |                   |               |                   |                 |
| Corrected After Product Difference                 |                 | -3445               |                   |               |                   |                 |
| Corrected Forward Product Difference               |                 | -6887               |                   |               |                   |                 |
| Sheer credit for poop or forecastle                |                 |                     |                   |               |                   |                 |
|  | <b>Real</b>     | <b>Standard</b>     | <b>Difference</b> | <b>s</b>      |                   |                 |
| <b>Forecastle</b>                                  | 6253            | 2299                | 3954              | 144           |                   |                 |
| <b>Poop</b>  | 0               | 2299                | -2299             | 0             |                   |                 |
| After Sheer variation                              |                 | -430                |                   |               |                   |                 |
| Forward Sheer variation                            |                 | -716                |                   |               |                   |                 |
| Sheer variation                                    |                 | -573                |                   |               |                   |                 |
| Total length of enclosed superstructures (S1)      |                 |                     |                   | 13,640 m      |                   |                 |
| Extension in midships of superstructures (over L)  |                 |                     |                   | 0 *L          |                   |                 |
| Factor   | 0,6954          | Correction          | 399 mm            |               |                   |                 |
| Freeboard correction                               |                 | 399 mm              |                   |               |                   |                 |
|  |                 |                     |                   |               | <b>R-38</b>       | <b>399</b>      |

| <b>R-39.1 Minimum bow height</b>                   |             |           |                                     | <i>Applicable</i> |           |
|--|-------------|-----------|-------------------------------------|-------------------|-----------|
| Waterplane area forward of L/2 at draught d1 (Awf) |             | 2393,00   | m2                                  |                   |           |
| L  | 124,91      | d1        | 9,835                               |                   |           |
| B  | 38,7        | Cb        | 0,895                               |                   |           |
|  |             | Cwf       | 0,9901                              |                   |           |
| Minimum bow height (Fb)                            |             | 4417 mm   |                                     |                   |           |
| Bow depth corrected for R39                        |             | 17,823    | m                                   |                   |           |
| Minimum bow height freeboard                       |             | -1836     | mm                                  |                   |           |
| Salt water freeboard                               |             | 3204      | mm                                  | R-39.1            | 0         |
| <b>R-39.2 Reserve of bouyancy</b>                  |             |           |                                     | <i>Applicable</i> |           |
| F0   | 1792        | mm        |                                     |                   |           |
| f1   | 1,1581      |           |                                     |                   |           |
| f2   | 811         | mm        |                                     |                   |           |
| fmin   | 2887        | mm        |                                     |                   |           |
| Minimum projected area                             |             | 79,89     | m2                                  |                   |           |
| Actual projected area                              |             | 110,45    | m2                                  |                   |           |
| Freeboard correction                               |             | 0         | mm                                  | R-39.2            | 0         |
| <b>R-40 Minimum freeboards</b>                     |             |           |                                     | <i>Applicable</i> |           |
| Minimum freeboard without R-32                     |             | 50 mm     |                                     |                   |           |
| R-28   | 1792        | mm        | Freeboard in Salt Water             | 3204              | mm        |
| R-29   |             | mm        |                                     |                   |           |
| R-30   | 284         | mm        | <i>Minimum Summer Freeboard</i>     | <i>3204</i>       | <i>mm</i> |
| R-31   | 811         | mm        | <i>Maximum Summer Draught</i>       | <i>8366</i>       | <i>mm</i> |
| R-32.1   |             | mm        |                                     |                   |           |
| R-37   | -82         | mm        | Maximum Scantling Draught           | 6215              | mm        |
| R-38   | 399         | mm        | Maximum Stability Draught           | 6215              | mm        |
| <b>Sum</b>   | <b>3204</b> | <b>mm</b> |                                     |                   |           |
| R-39.1   | 0           | mm        | <b>Summer Freeboard</b>             | <b>5355</b>       | <b>mm</b> |
| R-39.2   | 0           | mm        | <b>Summer Draught</b>               | <b>6215</b>       | <b>mm</b> |
| <b>Sum</b>   | <b>3204</b> | <b>mm</b> | <b>Tropical Freeboard</b>           | <b>5355</b>       | <b>mm</b> |
|  |             |           | <b>Winter Freeboard</b>             | <b>5485</b>       | <b>mm</b> |
|  |             |           | <b>Winter N. Atlantic Freeboard</b> | <b>5485</b>       | <b>mm</b> |
|  |             |           | <b>Fresh Water</b>                  | <b>3203</b>       | <b>mm</b> |
| Displacement at 6,215 m                            | 2670        | ton       |                                     |                   |           |
| TPCM at 6,215 m                                    | 43          | ton/cm    |                                     |                   |           |