



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO FIN DE GRADO

LNG TANKER 35000 m³ PARA PROPÓSITOS DE

BUNKERING N° 16-14

Autor: Juan González Santomé

Tutor del proyecto: Fernando Lago Rodríguez

CUADERNO 9:

FRANCOBORDO Y ARQUEO





DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

GRADO EN ARQUITECTURA NAVAL

CURSO 2.015-2016

PROYECTO NÚMERO 16 - 14

TIPO DE BUQUE : Gasero LNG

CLASIFICACIÓN , COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN : NK NS (LNG tipo 2G)
SOLAS MARPOL CIG

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Carga refrigerada, 35.000 M3

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA : 18 nudos al 85% MCR y 10 % MM

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA : De acuerdo con el proyecto.

PROPULSIÓN : Diesel eléctrica dual fuel. Dos líneas de ejes

TRIPULACIÓN Y PASAJE : 29 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES : Hélice transversal en proa. Además, cualquier otro tipo de sistema necesario para el funcionamiento normal.

Ferrol, Febrero de 2.016

ALUMNO : D. Juan González Santomé

ÍNDICE

1.- Introducción	4
2.- Cálculo del francobordo	5
2.1.- Definición de las dimensiones del buque para la aplicación de las normas .	
2.1.1.- Eslora	5
2.1.2.-Perpendiculares	7
2.1.3.- Manga.	7
2.1.4.- Puntal de trazado	7
2.1.5.- Puntal de francobordo	8
2.1.6.- Coeficiente de bloque	8
2.2.-Regla 27. Tipo de buque	10
2.3.-Cálculo de francobordo tabular y tablas de francobordo	10
2.4.-Regla 29. Corrección al francobordo para buques de eslora menor a 100m . .	11
2.5.-Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque	11
2.6.-Regla 31. Corrección por puntal	12
2.7.-Regla 32. Corrección por posición de la línea de cubierta	12
2.8.-Regla 33. Altura normal de las superestructuras	13
2.9.-Regla 34, 35, 36 y 37. Corrección por superestructuras	13
2.10.-Regla 38. Corrección por arrufo	15
2.11.-Regla 39. Altura mínima en proa	17
2.12.- Regla 40. Francobordos mínimos	18
3.- Arqueo	20
3.1.- Definición de las dimensiones y características del buque frente al convenio	20
3.1.1.- Cubierta de arqueo	20
3.1.2.-Puntal de trazado	20
3.1.3.- Manga	21
2.1.4.- Pasajero	21
3.2.- Arqueo bruto	21
3.2.1.- Volumen bajo cubierta	22
3.2.2.- Volumen sobre cubierta	22
3.3.- Arqueo neto	24

1.- Introducción

El objetivo de este cuaderno es calcular tanto el francobordo como el arqueo, teniendo en cuenta la normativa vigente aplicable.

Se utilizarán principalmente dos reglamentaciones:

- Convenio internacional de líneas de carga ILLC de 1966 y protocolo de 1988
- Convenio internacional sobre Arqueo de buques de 1969

A continuación se pueden ver los datos obtenidos en el cuaderno 1 con las diferentes correcciones halladas en los cuadernos posteriores:

LNG Bunkering	
L	168,42 m
B	30,51 m
D	17,95 m
T	8,8 m
Cb	0,68
Cp	0,71
CM	0,97
v	18 Kn
Fn	0,22
m³	35000 m³
V desplazado	31693 m³

Tabla 1: Datos del buque

Además, es necesario recurrir al Cuaderno 3, donde se definen las formas finales del buque, y al Cuaderno 7, donde se diseñan y definen las diferentes cubiertas en la superestructura.

También necesitaremos el Cuaderno 4, que define los espacios de carga y los tanques en general.

2.- Cálculo del francobordo.

Como se ha dicho anteriormente, se calculará el francobordo respecto a la normativa vigente, siendo esta el ILLC de 1966 con protocolo de 1988. Como se define en el propio convenio, el francobordo es la distancia media verticalmente hacia abajo que existe desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la intersección del casco del buque con la superficie del mar, que cambiará dependiendo de la condición de carga en la que nos encontremos.

2.1.- Definición de las dimensiones del buque para la aplicación de las normas

Como se puede ver en la regla 3 de este convenio, y como normalmente se realiza en este tipo de convenios, hemos de definir las dimensiones del buque respecto a las normas del convenio.

2.1.1.- Eslora

Como se puede observar en la Regla 3 del convenio:

Regla 3. Definiciones de los términos usados en los anexos

1) Eslora

- a) Se tomará como eslora (L) el 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor.
- 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.

Este buque tiene mecha de timón y no corresponde a otras de las definiciones que existen en el convenio, por lo que se le aplica el apartado "a". Es necesario saber cual de las 2 magnitudes es mayor

El puntal mínimo de trazado es de 17,95 metros, por lo que el 85% son 15,26 metros. Si utilizamos la disposición general obtenida en el cuaderno 7, obtenemos 2 magnitudes:

1.- 96% de la eslora al 85% del puntal:

$$0,96 \cdot 174,02 = 167,06 \text{ m}$$

2.- Eslora en la flotación hasta el eje de la mecha del timón:

$$171,02 \text{ m}$$

Escogeremos esta segunda medida:

$$L \text{ francobordo} : 171,02 \text{ m}$$

2.1.2.- Perpendiculares

Como se puede observar en el reglamento:

2) *Perpendiculares.* 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.

Hemos escogido la segunda medida, por lo que la perpendicular de popa será la mecha del timón y la perpendicular de proa estará en la intersección de la superficie al 85% del puntal con la roda.

2.1.3.- Manga

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.

Ya que no se indica otra manga, escogeremos la máxima del buque, que coincide con la que hemos utilizado hasta ahora, 30,51 m

2.1.4.- Puntal de trazado

5) *Puntal de trazado*

a) El puntal de trazado será 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. En los barcos de made-

Este buque no entra en ninguna excepción, por lo que se escoge como puntal de trazado 17,95 metros.

2.1.5.- Puntal de francobordo

En el reglamento se define otro puntal, que será el utilizado para el dimensionado del francobordo. Como se puede leer en el reglamento:

6) *Puntal de francobordo (D)*

- 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.

De la cuaderna maestra definida en el Cuaderno 8, se puede observar que tenemos un espesor de cubierta de francobordo de 7 mm, por lo que el puntal de francobordo será:

$$D = 17,95 + 0,007 = 17,957 \text{ m}$$

2.1.6.- Coeficiente de bloque

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

$$C_b = \frac{\nabla}{LBd_1}$$

donde:

∇ será el volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, en un buque con 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.

- b) Para calcular el coeficiente de bloque de una nave multicasco, se utilizará la manga máxima (B) definida en el párrafo 4), y no la manga de un solo casco.

Se diferencia del coeficiente de bloque definido hasta ahora en que se escogerá el calado al 85% del puntal de trazado. Del Maxsurf Stability Advanced, en el que se han introducido las formas del cuaderno 5, se puede extraer unas hidrostáticas a ese calado, que se muestran a continuación:

Displacement t	61863
Heel deg	0
Draft at FP m	15,26
Draft at AP m	15,26
Draft at LCF m	15,26
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	174,02
Beam max extents on WL m	30,46
Wetted Area m ²	8464,77
Waterpl. Area m ²	4472,21
Prismatic coeff. (Cp)	0,79
Block coeff. (Cb)	0,74
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,96
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,84
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	79,49
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	78,39
KB m	8,26
KG m	8,8
BMt m	4,87
BML m	145,23
GMt m	4,33
GML m	144,69
KMt m	13,13
KML m	153,49
Immersion (TPc) tonne/cm	45,84
MTc tonne.m	531,45
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4671,81
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0

De las hidrostáticas ya obtenemos el coeficiente de bloque, siendo 074. Aún así, realizaremos la comprobación con la fórmula del reglamento:

$$C_b = \frac{61863}{171,02 \cdot 30,51 \cdot 15,26 \cdot 1,025} = 0,76$$

Esta diferencia de valores con respecto al obtenido en las hidrostáticas se debe principalmente a los posibles apéndices y variaciones que existen en la estructura y que no se contemplan con la fórmula del reglamento. Se utilizará como valor el obtenido mediante la fórmula.

2.2.- Regla 27. Tipo de buque

Como primera operación, hay que saber que tipo de buque es el buque de estudio. Se trata de un buque tipo A, debido a que ha sido proyectado para llevar cargas líquidas a granel y tiene una gran integridad con bajos coeficientes de permeabilidad en los espacios que pueden ser inundados. Para ser exactos, el reglamento dice lo siguiente:

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

Buque Tipo A

2.3.- Regla 28. Cálculo del francobordo tabular y tablas de francobordo

Con el tipo de buque y su eslora, podemos determinar el francobordo tabular. Para ello hay que acudir a las tablas que se definen en el anexo, siendo las definiciones de buques tipo a los que le añadiremos o restaremos francobordo, dependiendo de cuanto se aleje o acerque nuestro buque al del modelo. A continuación podemos ver la sección de las tablas que nos interesa:

Eslora del buque (m)	Francobordo (mm)
157	2080
158	2096
159	2111
160	2126
161	2141
162	2155
163	2169
164	2184
165	2198
166	2212
167	2226
168	2240
169	2254
170	2268
171	2281

Con una eslora de 171,02 metros, el francobordo tabular es:

$$\mathbf{Fbt= 2281 \text{ mm}}$$

A partir de este primer francobordo tendrán que ir implementándose las diferentes correcciones para ver cuánto se aleja éste buque del buque tipo considerado en el convenio.

2.4.- Regla 29. Corrección al francobordo para buques de eslora menor de 100m

Debido a que la eslora de este buque supera los 100m, no es necesario realizar ninguna corrección en esta regla

2.5.-Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque

En caso de que el coeficiente de bloque de nuestro buque sea mayor de 0,68, se ha de realizar una corrección conforme a la fórmula mostrada en el reglamento:

Quando el coeficiente de bloque (C_b) sea superior a 0,68, el francobordo tabular especificado en la regla 28, después de ser modificado, si procede, por las reglas 27 8), 27 10) y 29, se multiplicará por el factor.

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

El coeficiente de bloque de este buque se ha definido como 0,76. Por lo tanto:

$$F_c = \frac{0,76 + 0,68}{1,36} = 1,06$$

Este factor se multiplicará al francobordo tabular, ya que es la única regla que se se aplica a este buque de las mencionadas. El nuevo francobordo es:

$$2281 \cdot 1,06 = 2415 \text{ mm}$$

$$\mathbf{FbCb= 2415 \text{ mm}}$$

2.6.-Regla 31. Corrección por puntal

En caso de que el puntal supere a $L/15$, hemos de considerar una nueva corrección

El puntal de este buque es de 17,957 m. Se tendrá que comprobar si es superior a $L/15$ para realizar la corrección en caso afirmativo.

$$L/15 = 171,02/15 = 11,4m$$

Es necesario aumentar el francobordo, ya que el puntal es mayor comparado con el buque tipo. Este aumento se corresponde a:

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) * R$$

donde R es 250 para esloras mayores a 120m (este caso)

Por lo tanto, la corrección es igual a:

$$\left(17,957 - \frac{171,02}{15}\right) * 250 = 1639 \text{ mm}$$

$$\text{C.Puntal} = 1639 \text{ mm}$$

2.7.-Regla 32. Corrección por posición de la línea de cubierta

De acuerdo con el reglamento:

Cuando el puntal real hasta el borde superior de la marca de la línea de cubierta sea superior o inferior a D, la diferencia entre los puntales se añadirá o restará, respectivamente, al francobordo.

Se considerará que la línea de cubierta no tiene ningún problema para ser pintada en su sitio, por lo que no consideraremos ninguna corrección de este tipo

2.8.- Regla 33. Altura normal de las superestructuras

Se considera una altura normal de las superestructuras respecto a la eslora que tengan. La tabla de alturas normales es la siguiente:

L (m)	Altura normal (en m)	
	Cubierta de saltillo	Todas las demás superestructuras
30 o menos	0,9	1,8
75	1,2	1,8
125 o más	1,8	2,3

En este caso, la superestructura considerada será de una altura de 2,5 metros.

2.9.- Regla 34, 35, 36 y 37. Corrección por superestructuras

Según en reglamento, una superestructura será:

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).

Ninguna de las superestructuras en el buque están separadas menos de un 4% de la eslora a ambas bandas. Por ello, es necesario realizar una corrección por estructuras retranqueadas para obtener la longitud efectiva de las mismas

Debido a la separación entre guardacalor y superestructura, sólo se considerarán efectivos 18 metros de la misma, sin considerar castillo de proa (ya que no lo tiene). Los tanques de carga que sobresalgan por la cubierta principal y el domos no se tendrán en cuenta en esta corrección.

Estos 18 metros han de ser corregidos por la relación marcada en el reglamento:

- 2) En aquellos casos en que una superestructura cerrada de altura normal esté retranqueada con respecto a los costados del buque en la medida permitida en la regla 3 10), su longitud efectiva será su longitud modificada por la relación b/B_s siendo:

b la anchura de la superestructura a la mitad de su longitud; y

B_s la manga del buque a la mitad de la longitud de la superestructura.

Para esta primera parte de la superestructura, la semimanga de la superestructura es de 12 metros, frente a 14,28 metros de la manga medida desde la mitad de la superestructura. El factor de corrección será:

$$18 \cdot \frac{12}{14,28} = 15,13 \text{ m}$$

Para el guardacalor, será necesario corregirla por la relación entre la semimanga de la superestructura y la semimanga del buque. Esta parte tiene 9m de eslora, y su semimanga es de 7,13 m, frente a la semimanga de 11,3 m del buque a la mitad del guardacalor. Por lo tanto, esta parte tendrá una longitud efectiva de:

$$9 \cdot \frac{7,13}{11,3} = 5,68 \text{ m}$$

Esta longitud se suma a la longitud efectiva de la superestructura anteriormente citada, por lo que, a la hora de calcular los porcentajes, se dispondrá de una longitud efectiva de 20,8m

Para realizar el cálculo del porcentaje, primero debemos saber cuánto porcentaje de nuestra eslora es la eslora de la superestructura, como se indica en el reglamento:

Tabla 37.1
Porcentaje de reducción para buques de los tipos 'A' y 'B'

	Longitud efectiva total de superestructuras y trancos										
	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

Los porcentajes correspondientes a longitudes intermedias de superestructuras y trancos se obtendrán por interpolación lineal.

$$\frac{20,8}{171,02} \cdot 100 = 12,17\%, \text{ que se corresponde a un:}$$

$$14 \cdot \frac{0,1217}{0,2} = 8,52\% \text{ de reducción de francobordo}$$

Para buques tipo A con una eslora mayor a 122 m, la corrección es de 1070 mm. Como se ha calculado antes, habrá que multiplicar este valor por el porcentaje que corresponde a la eslora de la superestructura

$$1070 \cdot 0,0852 = 91,12 \text{ mm}$$

C.Superestructura= -91 mm

2.10.-Regla 38. Corrección por arrufo

En la corrección por arrufo, hay que calcular los arrufos normales. Debido a que este buque no tiene arrufo, se obtendrá una penalización y se tendrá que aumentar el francobordo. Los diferentes arrufos normales son:

- 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

La corrección por arrufo es una simple función de Simpson para calcular la parábola que el arrufo forma, y compararla con la real. Para calcular el defecto o exceso de arrufo, se tendrá que multiplicar los diferentes arrufos reales, realizar la suma de Simpson, realizar lo mismo con los arrufos normales, y dividirlo entre ocho (Segunda regla de Simpson) Después se hallará la media entre proa y popa. Por lo tanto:

Popa

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

Proa

$$\frac{(3*5,6*(\frac{L}{3}+10))+3*(22,2*(\frac{L}{3}+10))+(1*50*(\frac{L}{3}+10))}{8}$$

Es necesario sumarle a la parte de popa un exceso de arrufo debido a la superestructura. Por ello, hemos de utilizar la fórmula:

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

donde y es la diferencia entre la altura real y la altura normal, L' la longitud de la superestructura, y L la eslora definida al inicio del capítulo. Por lo tanto, si Y = 2,5m:

$$S = \frac{(2,5 - 2,3) \cdot 20,8}{3 \cdot 171,02} = 8 \text{ mm}$$

Ahora, se sumará este aumento de arrufo a la parte de popa y se calculará la media de las dos partes del buque con las fórmulas anteriormente citadas. Podemos destacar que el valor obtenido en proa será el doble del valor obtenido en popa:

$$\frac{(-558,67 + 8) - 1117,34}{2} = -842$$

Con este valor es posible calcular la corrección por superestructuras, siendo el valor anteriormente calculado por un factor definido en el reglamento, que es:

14) La corrección por arrufo deberá ser el defecto o exceso de arrufo (véanse los párrafos 9) a 11) inclusive) multiplicado por

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

siendo S₁ la longitud total S de las superestructuras cerradas definida en la regla 34, sin los troncos.

Por lo tanto, la corrección por arrufo será:

$$C = -842 \cdot \left(0,75 - \frac{20,8}{2 \cdot 171,02}\right) = -580,32$$

Tendremos que añadir al francobordo un total de 580 mm por corrección de arrufo

C.Arrufo= 580 mm

2.11.-Regla 39. Altura mínima en proa

Una de las correcciones más restrictivas que afectan al francobordo es la altura mínima en proa. Para el cálculo de la altura mínima en proa se utilizará la fórmula del convenio:

$$F_b = (6075(L/100) - 1875(L/100)^2 + 200(L/100)^3) \times (2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129(L/d_1))$$

,siendo

$$C_{wf} = A_{wf} / \{(L/2) \times B\}$$

Si el área de la flotación a proa de L/2 para el calado al 85% del puntal es de 2189 m² (extraído de las formas del buque):

$$F_b = (6075 \cdot (171,02/100) - 1875 \cdot (171,02/100)^2 + 200 \cdot (171,02/100)^3) \cdot (2,08 + 0,609 \cdot 0,76 - 1,603 \cdot \frac{2189}{(171,02/2) \cdot 30,51} - 0,0129 \cdot (171,02/15,26))$$

Altura mínima= 8443 mm

2.12.-Regla 40. Francobordos mínimos

A continuación se sumarán todas las partidas del francobordo para obtener el francobordo mínimo exigido por la norma. Si este valor es menor que el último dato calculado, el de la altura mínima, el francobordo tendrá que ser sustituido por este:

Datos	
Tipo	
Francobordo tabular	2281 mm
Corr. Cb	134 mm
Corr. Puntal	1639 mm
Corr. Superestructuras	-91 mm
Corr. Arrufo	580 mm
Altura mínima en proa	8443 mm
Total correcciones	4543 mm
Francobrdo	8443 mm

Tabla 13 : Datos de francobordo

Como podemos observar, hemos tenido que sustituir el francobordo por el valor de la altura mínima debido a que era mayor que lo obtenido en las correcciones. El francobordo obtenido de las regresiones lineales sacadas de la base de datos es superior, de 9150mm, dato que es típico en los buques de volumen.

A continuación se calcularán los francobordos como estipula la norma:

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.

Francobordo de verano = 8443 mm

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 I 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.

$$\text{Francobordo tropical} = 8843 - (1/48) \cdot (17957 - 8843) = 8653 \text{ mm}$$

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.

$$\text{Francobordo de invierno} = 8843 + (1/48) \cdot (17950 - 8843) = 9033 \text{ mm}$$

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.

$$\text{Francobordo de AN} = \text{Francobordo de invierno} = 7180 \text{ mm}$$

Como podemos observar, es un valor cercano al valor de nuestro francobordo en condición máxima de carga. Esto se debe principalmente a dos razones:

- 1.- No se ha considerado el domos como superestructura, aunque se trata de un gran volumen que nos da reserva de flotabilidad en caso de ser necesario
- 2.- La condición que penaliza de verdad al buque es la altura mínima en proa. Un castillo de una altura de dos metros reduciría el francobordo en un 25%. De todas formas, el buque cumple, por lo que no es necesario realizar ninguna operación

3.- Arqueo

El arqueo comprende arqueo bruto y neto, y será calculado con la conformidad de la reglamentación aplicable, siendo esta el convenio internacional sobre arqueo bruto de 1969

3.1.-Definición de las dimensiones y características del buque frente al convenio

Como se ha hecho con el convenio ILLC, se definirán los parámetros del buque necesarios para la realización del cálculo del arqueo bruto y neto

3.1.1.- Cubierta de arqueo

Según el reglamento, la cubierta de arqueo se trata de:

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.

La cubierta superior será considerada la cubierta de francobordo, o la cubierta principal, que se encuentra a una altura de 17,95 metros

3.1.2.- Puntal de trazado

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.

Será considerado el anteriormente citado, 17,95 metros

3.1.3.- Manga

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.

Como se hizo con el francobordo, será considerada la manga máxima, 30,51 m

3.1.4.-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.

Según esta definición, este buque no lleva pasajeros.

3.2.-Arqueo bruto

El arqueo bruto se calcula con las diferentes definiciones extraídas del convenio:

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.

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

Para ello, hemos de calcular los diversos espacios cerrados que existen en el buque. Diferenciaremos entre el volumen bajo cubierta de arqueo y el volumen sobre cubierta

3.2.1.- Bajo cubierta

El volumen debajo de la cubierta, calculado con el Maxsurf Stability, en el que están introducidas las formas del buque, es el siguiente:

$$V_{BC} = 72379,51 \text{ m}^3$$

3.2.2.- Sobre cubierta

Para el volumen sobre cubierta, hemos de considerar la superestructura, la caseta de auxiliares de la zona de carga y el domos.

En el Cuaderno 7 se han definido las diferentes cubiertas, teniendo un área de 24x17 m y una altura de 2,5 metros. Siendo 5 cubiertas, esto hace un total de

$$V_S = 5100 \text{ m}^3$$

Además, existe un guardacalor separado de la superestructura principal, con una altura de 14,35 metros y unas dimensiones de 9x14,25 m

$$V_G = 1840,4 \text{ m}^3$$

La caseta de auxiliares de carga tiene unas dimensiones de 13,8x8,5 m , con una altura de 5,85 m

$$V_C = 686,21 \text{ m}^3$$

En cuanto al domos, extraído del Cuaderno 8 tiene un área seccional de 38,59 metros cuadrados con una longitud de 92 m

$$V_D = 38,59 \cdot 92 = 4507,5 \text{ m}^3$$

El volumen total bajo cubierta y sobre cubierta será:

$$V_T = 72379,51 + 5100 + 1840,4 + 686,21 + 4507,5 = 84513,64 \text{ m}^3$$

El coeficiente K_1 será:

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} (84513,64) = 0,298$$

Y, de esta manera, el arqueo bruto será:

$$GT = 0,298 \cdot 84513,64 = 25230,58$$

3.3.-Arqueo neto

Lo dispuesto en la reglamentación se muestra a continuación:

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.

Ha de destacarse que el valor de K_2 se calcula igual que el valor K_1 del arqueo bruto (en el reglamento la notación es errónea, teniendo que ser un + en vez de un =)

Se procederá al cálculo de los valores para obtener el arqueo neto:

- Volumen de carga: Del Maxsurf Stability, obtenemos el volumen de carga

$$V_c = 35392,15 \text{ m}^3$$

- K_2 será el valor obtenido con la fórmula:

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10}(35392,15) = 0,291$$

- K_1 , al igual que K_2 , se calculará con la fórmula:

$$K_1 = 1,25 \cdot \frac{25230,58 + 10000}{10000} = 4,4$$

- El puntal de trazado D se ha indicado anteriormente, siendo 17,95 m
- Para el calado d_1 , se ha de acudir al punto 2 de esta regla:

2) El calado de trazado (d) que se menciona en el párrafo 1) de esta Regla será uno de los siguientes calados:

- para los buques sujetos a las disposiciones del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, el calado correspondiente a la línea de carga de verano (que no sea el de las líneas de carga para madera) asignada de conformidad con ese Convenio;

En este caso, el calado en la línea de calado de verano es 9,507 m

- No existen pasajeros en este buque, por lo que los coeficientes N serán 0

El valor $\frac{4d}{3D}$ es igual a:

$$\frac{4 \cdot 9,507}{3 \cdot 17,95} = 0,71, \text{ que no es mayor que } 1$$

El término total será:

$$NT = 0,291 \cdot 353292,15 \cdot 0,71 = 7272,52$$

El valor de 0,25 GT es:

$$0,25 \cdot 25230,58 = 6307,64, \text{ que es menor que el término anterior.}$$

Además, el valor de 0,3 GT es:

$$0,3 \cdot 25230,58 = 7569,17, \text{ valor mayor que el anterior.}$$

Por lo tanto, NT tendrá que ser elevado a 7569,17

$$NT = 7569,17$$