



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster

CURSO 2016/2017

ANTEPROYECTO PETROLERO DE 80.000 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO IX

FRANCOBORDO Y ARQUEO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2.016-2017

PROYECTO NÚMERO 17/27

TIPO DE BUQUE: Petrolero de crudo de 80.000 TPM

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING. SOLAS. MARPOL. ILO. EXPANAMAX

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Transporte de petróleo crudo de densidad relativa 0,88. Calefacción de tanques.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en condiciones de servicio. 85 % MCR + 10% de margen de mar. 10.000 millas

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas de carga y descarga en cámara de bombas.

PROPULSIÓN: Diesel eléctrica con motores tipo dual fuel. Dos líneas de ejes con hélice de paso fijo.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 20 Personas en camarotes individuales.

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

Ferrol, Octubre de 2.016

ALUMNO: D. Jose Antonio González Llorente

CONTENIDO

Capítulo 1. Francobordo.....	8
1.1. Datos iniciales.....	8
1.2. Reglas y correcciones para el francobordo	10
1.3. Disco Plimsoll (LR).....	19
Capítulo 2. Arqueo.....	24
6.1. Arqueo bruto	24
6.2. Arqueo neto	26
Capítulo 7. Anexo I. Disco Plimsoll	28

ÍNDICE FIGURA

FIGURA 1.1 – CALADO AL 0,85% DEL PUNTAL.....	9
FIGURA 1.2 – ESLORA EN LA FLOTACIÓN AL CALADO: 17,85 M	9
FIGURA 1.3 – VOLUMEN AL CALADO: 17,85 M	10
FIGURA 1.4 – COEFICIENTE DE BLOQUE AL CALADO: 17,85 M	11
FIGURA 1.5 - MEDIDAS EN LA SUPERESTRUCTURA	13
FIGURA 1.6 - ARRUFO REAL.....	14
FIGURA 1.7 - ARRUFO ESTÁNDAR	15
FIGURA 1.8 - ALTURA MÍNIMA EN PROA.....	18
FIGURA 1.9 - RESERVA FLOTABILIDAD	19
FIGURA 1.10 - DISCO PLIMSOLL/MARCA DE FRANCOBORDO	22
FIGURA 1.11 - DISCO PLIMSOLL (DNV-GL).	23
FIGURA 2.1 - ARQUEOS BRUTO Y NETO	24
FIGURA 2.2 – CALADO DADO DE LA ZONA ESTANCA	24
FIGURA 2.3 – HIDROSTÁTICAS DE LA ZONA ESTANCA DEL BUQUE	25

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1.1 - DATOS DE ESLORA Y FRANCOBORDO TABULAR	10
TABLA 1.2 - ALTURAS.....	12
TABLA 1.3 - RESUMEN PORCENTAJE CORRECCIÓN POR ARRUFO	14
TABLA 1.4 - RESUMEN EXCESO/DEFECTO ARRUFO	16
TABLA 1.5 - RESUMEN FRANCOBORDO.....	17
TABLA 1.6 - RESUMEN TIPOS DE FRANCOBORDO.....	21
TABLA 2.1 - DATOS ARQUEO BRUTO.....	25
TABLA 2.2 - ARQUEO BRUTO	26
TABLA 2.3 – VOLUMEN DE CARGA MAXSURF	26
TABLA 2.4 - LIMITACIÓN ARQUEO NETO > 0,30 GT.....	27
TABLA 2.5 - ARQUEO NETO.....	27

Capítulo 1. FRANCOBORDO

1.1. DATOS INICIALES

El francobordo se define como la distancia vertical, medida en la sección de la maestra entre el borde superior de la línea de cubierta medida por fuera y el borde superior de la flotación. La función del francobordo es la de proporcionar una suficiente reserva de flotabilidad y estabilidad a grandes ángulos. El cálculo de este factor es un proceso iterativo en el que se deberá a un valor predeterminado (francobordo tubular), aplicarle correcciones de distinto tipo.

A efectos de cálculo los buques se clasifican en 2 tipos fundamentalmente:

- Tipo A: es el buque proyectado para transportar cargas líquidas a granel, tiene una alta integridad de la cubierta expuesta a la intemperie, y una gran resistencia a la inundación debido a su alto grado de subdivisión.
- Tipo B: todo el que no cumple la condición A.

La alternativa óptima calculada debe, además, cumplir los criterios de Francobordo. Un estudio detallado de éste se realizará en el cuaderno 9, por lo que en primera instancia calcularemos dicho Francobordo usando el libro *“El Proyecto Básico del Buque Mercante”* de Alvariño, Azpíroz y Meizoso, (página 575) y el *Convenio de Líneas de Carga* de 1966/1.988.

En primer lugar identificamos el buque como tipo “A” según se la información que recoge en el convenio citado: Aquél proyectado para transportar solamente cargas líquidas a granel, y en el cual los tanques de carga tienen sólo pequeñas aberturas de acceso cerradas por tapas de acero u otro material equivalente, estancas y dotadas de frisas.

De este modo, calcularemos en primer lugar el Francobordo de partida, o tabular, y posteriormente le corregiremos según la configuración del buque.

Valores iniciales

Según el Cuaderno 9, las dimensiones necesarias para las ecuaciones siguientes son:

- Manga: 34 metros
- Puntal= 21 metros
- 85% Puntal= 17,85 metros
- Coeficiente de bloque: 0,842

Las dimensiones a utilizar representan las dimensiones finales del buque (dimensiones de la alternativa final).

La eslora de francobordo es la máxima de:

- 96% de la eslora entre perpendiculares:

$$96\%L = 0,96 * 220 = 211,2 \text{ m}$$

- o La eslora en flotación al 85% del puntal.

$$85\%D = 0,85 * 21 = 17,85 \text{ m}$$

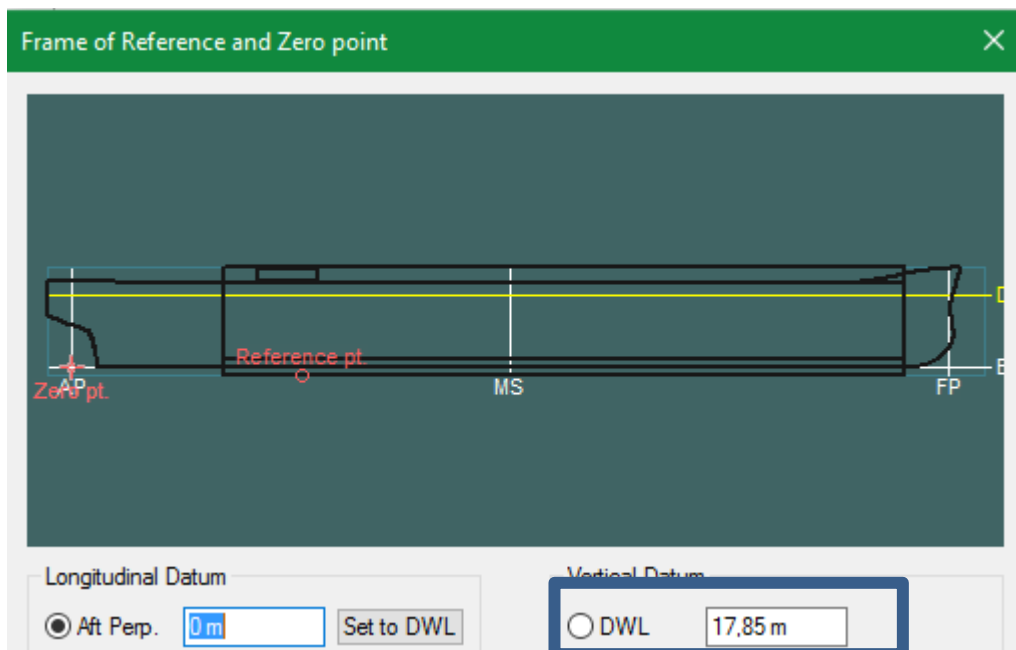


Figura 1.1 – Calado al 0,85% del puntal

Fuente: Propia

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	116966	t
2	Volume (displaced)	114113,274	m ³
3	Draft Amidships	17,850	m
4	Immersed depth	17,852	m
5	WL Length	226,849	m

Figura 1.2 – Eslora en la flotación al calado: 17,85 m

Fuente: Propia

En nuestro caso es la eslora al 85% del puntal:

$$L_{85\%D} = 226,849 \text{ m}$$

Por lo tanto la eslora de francobordo, será la eslora en flotación al 85% del puntal:

$$L_{francobordo} = 226,849 \text{ m}$$

El volumen al 85% del puntal:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	116966	t
2	Volume (displaced)	114113,274	m ³
3	Draft Amidships	17,852	m
4	Immersed depth	17,852	m
5	WL Length	226,849	m

Figura 1.3 – Volumen al calado: 17,85 m

Fuente: Propia

$$V_{85\%D} = 114.113,274 \text{ m}^3$$

1.2. REGLAS Y CORRECCIONES PARA EL FRANCOBORDO

Regla 27. Tipo de buque.

Dentro de esta clasificación, vemos que nuestro buque se encuentra claramente, en el tipo A, al ser un buque que transporta carga líquida a granel.

Regla 28. Francobordo tabular.

El convenio de 1966 nos indica la siguiente forma de calcular el francobordo en función de una serie de fórmulas y tablas, con las que se calcula un francobordo tabular o básico y sus correcciones, llegando a determinar así el francobordo mínimo reglamentario del buque o francobordo de verano

Con la eslora entramos en las tablas para calcular mediante interpolación, el francobordo tabular, al que más tarde aplicaremos las correcciones.

Eslora	Francobordo
226	2841
227	2849

Tabla 1.1 - Datos de eslora y francobordo tabular

Fuente: Propia

Haciendo la interpolación nos da un francobordo tabular de:

$$F_{tabular} = 2.847,792 \text{ milímetros}$$

A este valor le aplicaremos las correcciones hasta conseguir el francobordo final de nuestro buque.

Regla 29. Corrección para buques de eslora menor de 100 metros.

Solo se aplica a buques de tipo B de menos de 100m. Por lo que no se aplicará esta corrección a nuestro francobordo.

$$C1 = 0$$

Regla 30. Corrección por coeficiente de bloque

Cuando el coeficiente de bloque es superior a 0,68, el francobordo tabular especificado en la regla 28, después de ser modificado, si da lugar a ello, por las reglas 27, 28 y 29, se multiplicará por el factor:

$$C2 = Cb(85\%D) + \frac{0,68}{1,36}$$

Siendo CB85%D:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	116966	t
2	Volume (displaced)	114113,274	m ³
3	Draft Amidships	17,850	m
4	Immersed depth	17,852	m
5	WL Length	226,849	m
6	Beam max extents o	33,997	m
7	Wetted Area	13793,462	m ²
8	Max sect. area	604,946	m ²
9	Waterpl. Area	6947,883	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,832	
11	Block coeff. (Cb)	0,829	

Figura 1.4 – Coeficiente de bloque al calado: 17,85 m

Fuente: Propia

Por lo que la corrección será:

$$C2 = \frac{0,829 + 0,68}{1,36}$$

$$C2 = 1,109$$

$$\text{Corrección} = F_{\text{tabular}} * \text{Factor (R. 30)} - F_{\text{tabular}}$$

$$\text{Corrección} = 2.847,792 * 1,109 - 2.847,792 = 310,409 \text{ mm}$$

$$\text{Francobordo}_{30} = 2.847,792 + 310,409 = 3.158,201 \text{ milímetros}$$

Regla 31. Corrección por puntal

Si el puntal del buque excede L/15, el francobordo se aumenta en:

$$C3 = \left(D - \frac{L}{15} \right) * R$$

Siendo nuestro puntal $D = 21 \text{ m} > L/15$ nos disponemos a dicha corrección:

$$21 > \frac{226,849}{15}$$

$$21 > 15,123$$

Siendo en nuestro caso el coeficiente R:

$$R = 250 \text{ para } L \geq 120 \text{ metros}$$

Por lo que la corrección será:

$$C3 = \left(21 - \frac{226,849}{15}\right) * 250$$

Por lo tanto

$$C3 = 1.469,183 \text{ mm}$$

$$Francobordo_{31} = 3.158,201 + 1.469,183 = 4.627,384 \text{ milímetros}$$

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

Estas dos reglas no son objeto de aplicación, al no disponer de huecos de banda a banda en la superestructura, si la hubiera etc.

$$Francobordo_{32} = 4.627,384 - 0 = 4.627,384 \text{ milímetros}$$

Regla 33. Altura estándar para superestructuras.

Se establecen como alturas estándar de cubierta de saltillo, 1,8 y de superestructura 2,3

<i>Raised quarterdeck</i>	<i>All Other superstructures</i>
1,80	2,30

Tabla 1.2 - Alturas
Fuente: Propia

Regla 34. Longitud de la superestructura.

La superestructura del buque está situada a popa, por lo que se estudiará la superestructura en la toldilla de popa.

La eslora de la superestructura, medida en el plano es de: 14.720 milímetros. La manga de la superestructura es de 17.264 mm y la altura de la superestructura, medida en el plano, es de 20.250 mm, superior a la altura normal, por lo tanto no necesita correcciones y valdrá.

Al ser la manga de la superestructura, menor al 60% de la manga del buque:

$$Manga \text{ superestructura } (17,264m) < Manga \text{ buque } (34 * 0,6 = 20,4 m)$$

No se considera la superestructura como superestructura ni como tronco, por lo tanto no aplicaran las respectivas correcciones.

$$l_{superestructura} = 14,72 \text{ m}$$

$$S = E = 0 \text{ m}$$

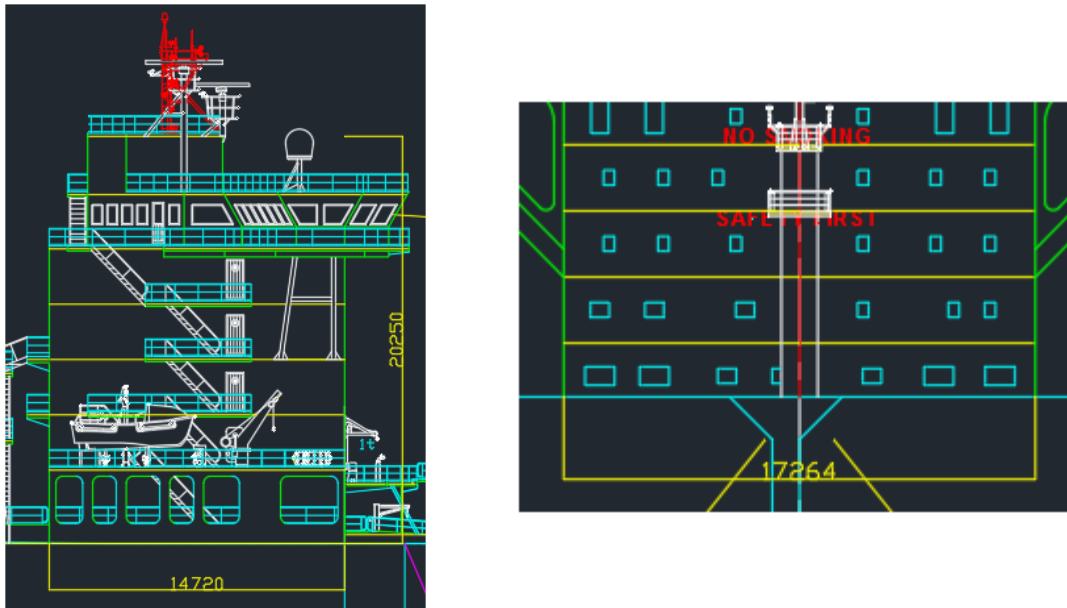


Figura 1.5 - Medidas en la superestructura

Fuente: Propia

$$Francobordo_{34} = 4.627,384 - 0 = 4.627,384 \text{ mm}$$

Regla 35. Longitud efectiva de la superestructura.

No es objeto de aplicación, ya que el buque no dispone de superestructura a efectos de francobordo.

$$Francobordo_{35} = 4.627,384 - 0 = 4.627,384 \text{ mm}$$

Regla 36. Eslora efectiva de troncos.

No es objeto de aplicación, ya que el buque no dispone de troncos.

$$Francobordo_{36} = 4.627,384 - 0 = 4.627,384 \text{ mm}$$

Regla 37. Corrección por superestructuras y troncos.

No es objeto de aplicación, ya que el buque no dispone de superestructura ni troncos a efectos de francobordo.

$$Francobordo_{37} = 4.627,384 - 0 = 4.627,384 \text{ mm}$$

Regla 38. Arrufo

El convenio de 1966 define una línea estándar del arrufo de la cubierta de francobordo. Si la línea de arrufo real encierra un área con la horizontal a nivel del puntal del buque, menor que la encerrada por la línea del arrufo estándar, se aplica una corrección aditiva definida por:

	Situación	Ordenada (mm)	Factor
Mitad de popa	Perpendicular de popa	$25 * (\frac{L}{3} + 10)$	1
	1/6 L. desde P. de pp	$11,1 * (\frac{L}{3} + 10)$	3
	1/3 L. desde P. de pp	$2,8 * (\frac{L}{3} + 10)$	3
	Centro del buque	0	1
Mitad de proa	Centro del buque	0	1
	1/3 L. desde P. de pp	$5,6 * (\frac{L}{3} + 10)$	3
	1/6 L. desde P. de pp	$22,2 * (\frac{L}{3} + 10)$	3
	Perpendicular de proa	$50 * (\frac{L}{3} + 10)$	1

Tabla 1.3 - Resumen Porcentaje corrección por arrufo

Fuente: Propia

La corrección por arrufo se calcula hallando primero la diferencia entre el arrufo real del buque y el arrufo normal. Como nuestro buque no tiene arrufo, tendrá un defecto de arrufo, la diferencia entre el arrufo real y el normal, será de este último. Por lo tanto se deberá aplicar una corrección.

Arrufo real					
Situación	Ordenada (mm)	Factor	Producto		
Perpendicular de popa	0	1	0		
1/6 L desde P. de popa	0	3	0		
1/3 L desde P. de popa	0	3	0		
Centro del buque	0	1	0	Arrufo de popa	0
Centro del buque	0	1	0		
1/3 L desde P. de proa	0	3	0		
1/6 L desde P. de proa	0	3	0		
Perpendicular de proa	0	1	0	Arrufo de proa	0

Figura 1.6 - Arrufo real

Fuente: Propia

Arrufo estándar					
Situación	Ordenada (mm)	Factor	Producto		
Perpendicular de popa	2.138	1	2.138		
1/6 L desde P. de popa	949	3	2.847		
1/3 L desde P. de popa	239	3	717		
Centro del buque	0	1	0	Arrufo de popa	5.702
Centro del buque	0	1	0		
1/3 L desde P. de proa	479	3	1.437		
1/6 L desde P. de proa	1.899	3	5.697		
Perpendicular de proa	4.276	1	4.276	Arrufo de proa	11.410

Figura 1.7 - Arrufo estándar
Fuente: Propia

Obteniendo unas correcciones de arrufo a popa y proa de:

Corrección a popa:

$$\text{Corrección popa} = \text{arrufo real} - \text{arrufo normal} = 0 - 5.702 = -5.702$$

El arrufo en popa, se calcula restando al total del arrufo real de popa, la suma de los arrufos normales de popa calculados en la tabla anterior, dividiéndolos por la suma de los factores, en este caso, ocho:

$$\text{Arrufo popa} = \frac{0 - 5.702}{8} = -712,75 \text{ mm}$$

Exceso de arrufo por superestructura a popa:

Al no tener superestructura a efectos de francobordo, tendremos un exceso de arrufo por superestructura de cero.

$$S = \frac{y * L'}{3 * L} = 0$$

$$\text{Corrección superestructura} = \text{arrufo popa} + \frac{S}{8} = -712,75 + \frac{0}{8} = -712,75 \text{ mm}$$

Corrección a proa:

$$\text{Corrección proa} = \text{arrufo real} - \text{arrufo normal} = 0 - 11.410 = -11.410$$

Procedemos de forma análoga con el arrufo de proa, se calcula restando al total del arrufo real de proa, la suma de los arrufos normales de proa calculados en la tabla anterior, dividiéndolos por la suma de los factores, en este caso, ocho:

$$\text{Arrufo proa} = \frac{0 - 11.410}{8} = -1.426,25 \text{ mm}$$

Variación de arrufo:

$$V_{arrufo} = \frac{-712,75 - 1.426,25}{2} = -1.069,5 \text{ mm}$$

Resumen Exceso/Defecto de arrufo	
Variación de arrufo en proa	-712,5
Variación de arrufo en popa	-1.426,25
Variación de arrufo total	-1.069,5

Tabla 1.4 - Resumen Exceso/Defecto Arrufo
Fuente: Propia

Se tiene defecto de arrufo por lo que habrá que incrementar el francobordo.

$$Corrección_{38} = Variación_{arrufo} * \left(0,75 - \frac{S}{2 * L}\right)$$

$$Corrección_{38} = 1.069,5 * \left(0,75 - \frac{22,193}{2 * 226,849}\right)$$

$$Corrección_{38} = 1.069,5 * 0,7010 = 749,809 \text{ mm}$$

$$Francobordo_{38} = Francobordo_{37} + Corrección_{37}$$

$$Francobordo_{38} = 4.627,384 + 749,809 = 5.377,193 \text{ mm}$$

Tendríamos un francobordo de:

$$Francobordo = D + S_{chapa} - T_{cc}$$

$$Francobordo_{cc} = 21.000 + 20 - 15.200 = 5.820 \text{ mm}$$

Corrección estabilidad

Al ser el francobordo, menor que el real obtenido en las condiciones de carga, el francobordo final será:

$$C_{estabilidad} = 5.820 - 5.377,193 = 442,807 \text{ mm}$$

$$Francobordo_{corregido} = Francobordo_{38} + C_{estabilidad}$$

$$Francobordo_{corregido} = 5.377,193 + 442,807 = 5.820 \text{ mm}$$

Francobordo de verano

Será el francobordo hallado a lo largo de la obtención del francobordo tabular y la aplicación de coeficientes correctores al aplicar las diferentes reglas mostradas a lo largo del presente documento. El francobordo de verano será:

$$Francobordo_{verano} = 5.820 \text{ mm}$$

$$Calado_{máximo} = 21.020 - 5.820 = 15,200 \text{ m}$$

Francobordo tabular y resumen de correcciones

A continuación adjuntamos a modo resumen, las correcciones aplicadas al francobordo tabular para la obtención del francobordo de verano:

Resumen Francobordo	
Regla 27: Tipo de buque	A
Regla 28: Francobordo tabular	2.847,792
Correcciones (mm)	
Regla 29: L<100	0
Regla 30: Coeficiente de bloque	310,409
Regla 31: Puntal	1.469,183
Regla 32: Posición línea de cubierta	0
Regla 35: Longitud efectiva superestructura	0
Regla 36: L efectiva troncos	0
Regla 37: Corrección superestructura	0
Regla 38: Arrufo	749,809
Corrección estabilidad	442,807
Francobordo de verano	5.820 mm

Tabla 1.5 - Resumen francobordo
Fuente: Propia

Se comprueba a continuación, si se cumple con la altura mínima exigida en la perpendicular de proa (Regla 39.1)

Regla 39.1. Altura mínima de proa

La altura de proa (Fb), definida como la distancia vertical entre 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:

$$Fb - \left(6.075 * \frac{L}{100} - 1.875 * \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 * \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) * \left(2,08 + 0,609 * Cb - 1,603 * Cwf - 0,0129 * \left(\frac{L}{d1} \right) \right)$$

Siendo:

- Fb = Altura mínima de proa calculada en milímetros.
- L = Eslora definida en la Regla 3, en milímetros.
- B = Manga de trazado definida en la Regla 3, en milímetros.
- d1 = el calado en el 85% del puntal, en milímetros.
- Cb = Coeficiente de bloque definido según la Regla 3.
- $Cwf = \text{El coeficiente del area de la flotacion a proa de } \frac{L}{2} \rightarrow Cwf = Awf \left(\frac{L}{2} * B \right)$
- $Awf = \text{El area de la flotacion a proa de } \frac{L}{2} \text{ para el calado } d1, \text{ en } m^2$

Siendo el área de flotación a proa de $L/2$ para el calado al 85% del puntal

$$A_{wf} = 3.503 \text{ m}^2$$

Siendo:

- $L = 226,585 \text{ m}$
- $B = 34 \text{ m}$
- $d_1 = 12,75 \text{ m}$
- $C_b = 0,842$
- $C_{wf} = 0,909$

Operando se determina que la altura mínima en proa para el buque proyecto, no ha de ser inferior a:

$$F_b = 5.860,109 \text{ mm}$$

Midiendo por encima del francobordo en proa, por medio del software AutoCAD, se ha obtenido el siguiente valor:

$$\text{Altura proa} = 6.016,03 \text{ m}$$

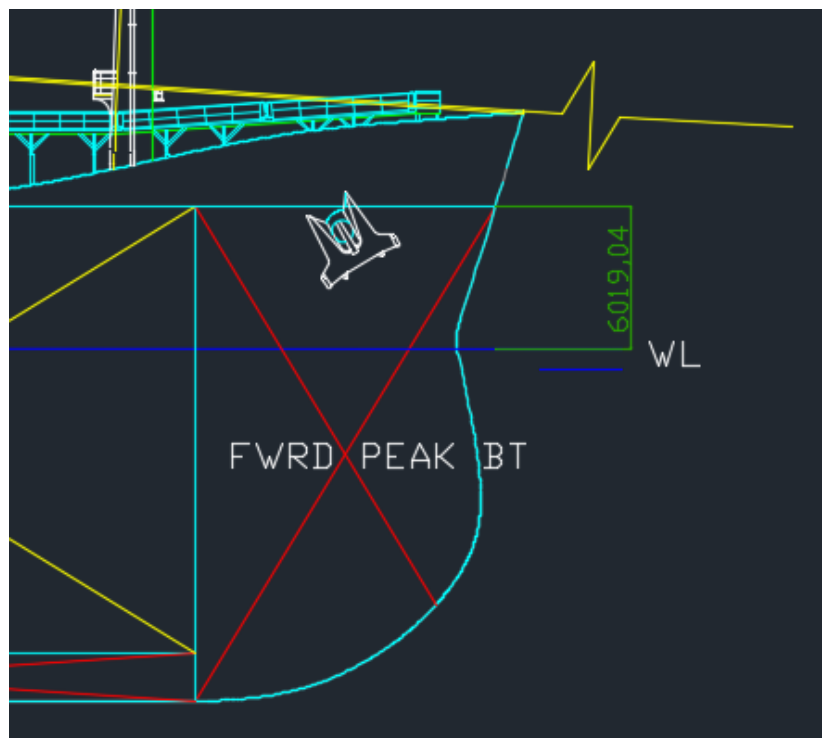


Figura 1.8 - Altura mínima en proa

Fuente: Propia

Por lo que se cumple la altura de proa, no es necesario aplicar ninguna corrección.

Regla 39.2. Reserva de flotabilidad

No es objeto de aplicación, al ser nuestro buque de tipo A.

Citando literalmente el apartado 5 de la regla 39 del convenio de 1969 sobre líneas de máxima carga, tenemos que:

“Todos los buques a los que se les haya asignado un francobordo de tipo “B”, salvo los petroleros, quimiqueros y gaseros, tendrán una flotabilidad de reserva adicional en el extremo proel. En la sección delimitada por 0,15 L a popa de la perpendicular de proa, la suma del área proyectada entre la flotación en carga de verano y el borde de la cubierta (A1 y A2 en la figura 39.3) y el área proyectada de una superestructura cerrada (A3), si existe, no será inferior a:”

$$(0,15F_{\min} + 4(L/3+10))L/1000 \text{ m}^2$$

Figura 1.9 - Reserva flotabilidad

Fuente: Propia

Podemos ver, tal y como refleja la norma, que en nuestro caso al tratarse de un buque tipo A y además ser un buque petrolero, estaremos exentos de tener que disponer de una flotabilidad de reserva adicional en el extremo de proel.

1.3. DISCO PLIMSOLL (LR)

Francobordo de verano:

El francobordo mínimo de verano será el francobordo obtenido de los pasos anteriores con sus correspondientes correcciones.

$$Francobordo_{verano} = 5.820 \text{ mm}$$

Francobordo tropical:

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

$$Francobordo_{tropical} = Francobordo_{verano} - \left(\frac{1}{48} * T_{verano} \right)$$

$$Francobordo_{tropical} = 5.820 - \left(\frac{1}{48} * 15.200 \right)$$

$$Francobordo_{tropical} = 5.820 - 316,666$$

$$Francobordo_{tropical} = 5.503,334 \text{ mm}$$

Francobordo invierno:

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

$$Francobordo_{invierno} = Francobordo_{verano} + \left(\frac{1}{48} * T_{verano} \right)$$

$$Francobordo_{invierno} = 5.820 + \left(\frac{1}{48} * 15.200\right)$$

$$Francobordo_{invierno} = 5.820 + 316,666$$

$$W: Francobordo_{invierno} = 6.136,666 \text{ mm}$$

Francobordo Atlántico Norte:

Al ser el buque de eslora superior a 100 metros este francobordo se corresponde con el de invierno.

$$Francobordo_{invierno} = Francobordo_{Atlantico \ norte}$$

$$W.N.A: Francobordo_{Atlantico \ norte} = 6.136,666 \text{ mm}$$

Francobordo de Agua dulce:

El francobordo de agua dulce de densidad igual a la unidad se obtendrá restando del francobordo mínimo en agua salada, la corrección de francobordo de agua dulce realizada a continuación:

$$\frac{\Delta}{40 * T} [cm]$$

$$\frac{98.023,051}{40 * 70,051} [cm]$$

$$34,982 \text{ cm} = 349,82 \text{ mm}$$

Siendo:

- Δ =Desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación de carga de verano.
- T=Toneladas por centímetro de inmersión, en la flotación en carga de verano.

Estos datos han sido obtenidos mediante el uso del Software Maxsurf.

$$F: Francobordo_{agua \ dulce} = Francobordo_{verano} - C_{agua \ dulce}$$

$$F: Francobordo_{agua \ dulce} = 5.820 - 349,82$$

$$F: Francobordo_{agua \ dulce} \cong 5.470,18 \text{ mm}$$

Francobordo tropical de Agua dulce:

El francobordo tropical de agua dulce en la zona tropical será el francobordo de agua dulce obtenido restando, 1/48 del calado de verano, medido desde el canto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$T.F: Francobordo_{tropical \ verano} = Francobordo_{dulce} - \left(\frac{1}{48} * T_{verano}\right)$$

$$Francobordo_{tropical \ verano} = 5.470,18 - \left(\frac{1}{48} * 15.200\right)$$

$$Francobordo_{tropical \ verano} = 5.470,18 - 316,666$$

$$Francobordo_{tropical \ verano} = 5.153,514 \text{ mm}$$

Resumen Francobordos			
Sigla	Tipo de Francobordo	Francobordo desde la línea de cubierta	Situación respecto al francobordo de verano
T	Summer Draught	15,200 mm	-
S	Summer Freeboard	5.820 mm	-
T	Tropical Freeboard	5.503,334 mm	316,666 mm sobre F. de verano
W	Winter Freeboard	6.136,666 mm	316,666 mm bajo F. de verano
W.N.A	Winter N. Atlantic Freeboard	6.136,666 mm	316,666 mm bajo F. de verano
F	Fresh Water	5.470,18 mm	349,82 mm sobre F. de verano
T.F	Tropical Fresh Water	5.153,514 mm	666,486 mm sobre F. de verano

Tabla 1.6 - Resumen tipos de francobordo
Fuente: Propia

Marca de francobordo (Disco Plimsoll)

La marca de francobordo, disco Plimsoll o marca de Plimsoll es una marca esquemática que ha de llevar el buque pintada en su casco.

Está formada por un anillo de 300 milímetros de diámetro exterior y 25 milímetros de ancho, cortado por una línea horizontal de 450 milímetros de longitud y 25 milímetros de ancho, cuyo borde superior pasa por el centro del anillo.

El centro del anillo debe colocarse en el centro del buque y a una distancia igual al francobordo mínimo de verano asignado, medida verticalmente por debajo del borde superior de la línea de cubierta.

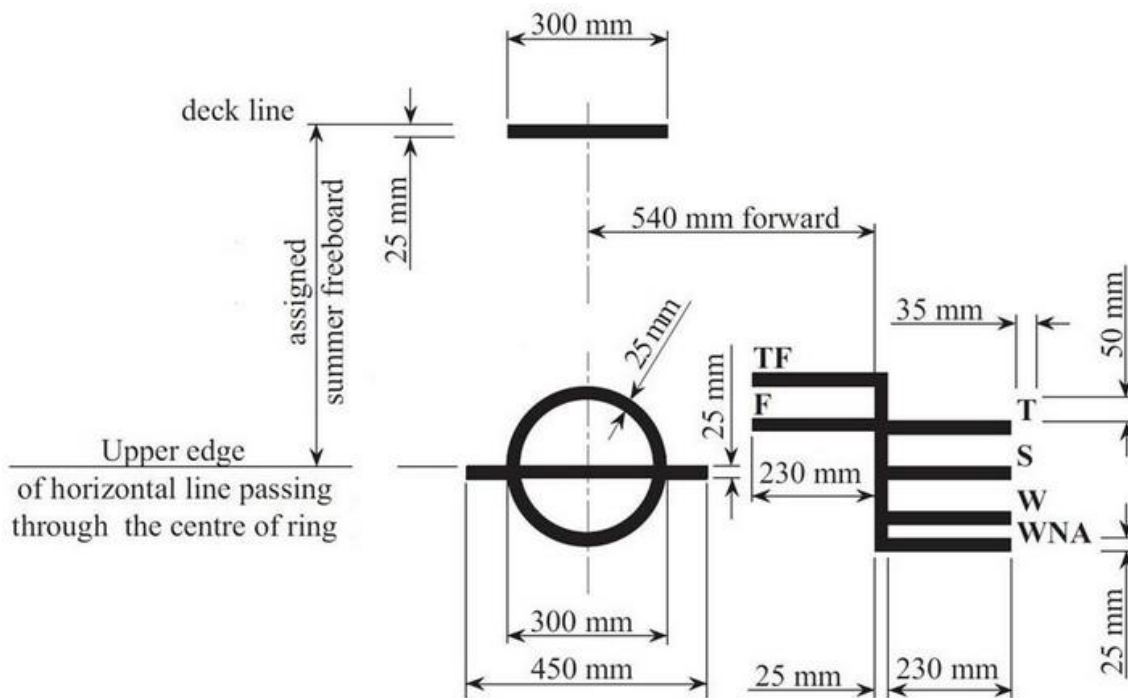


Figura 1.10 - Disco Plimsoll/Marca de francobordo

Fuente: <http://www.atmosferis.com/wp-content/uploads/2012/12/disco-plimsoll.png>

A la derecha del disco Plimsoll (a proa en el buque) se aprecia lo que se conoce como "el peine", que es una marca con los diferentes límites de carga según la zona y la estación en la que se navegue, los diferentes límites de carga son:

- **T.F:** Tropical Fresh water, agua dulce en zona tropical
- **F:** Fresh water, agua dulce normal.
- **T:** Tropical water, agua de mar en zona tropical
- **S:** Summer water, agua de mar en verano
- **W:** Winter water, agua de mar en invierno.
- **WNA:** Winter North Atlantic water, agua de mar en invierno en el atlántico norte.

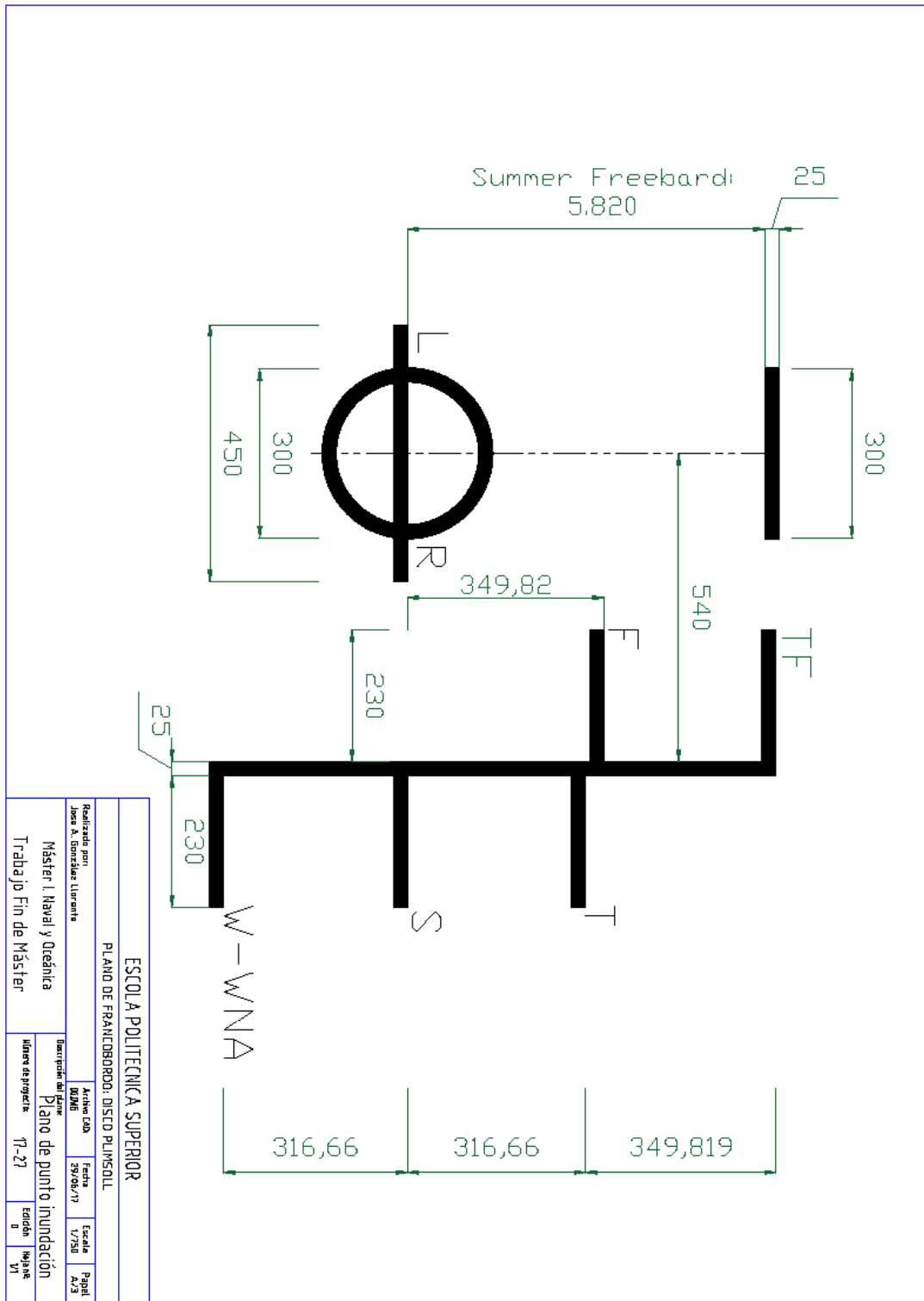


Figura 1.11 - Disco Plimsoll (DNV-GL).

Fuente: Propia

Capítulo 2. ARQUEO

El concepto de arqueo indica el tamaño del buque, así como, cuánto dinero podemos ganar con él.

Distinguimos entre dos tipos de arqueo:

A SIMPLIFIED ILLUSTRATION OF GROSS AND NET UMS TONNAGE

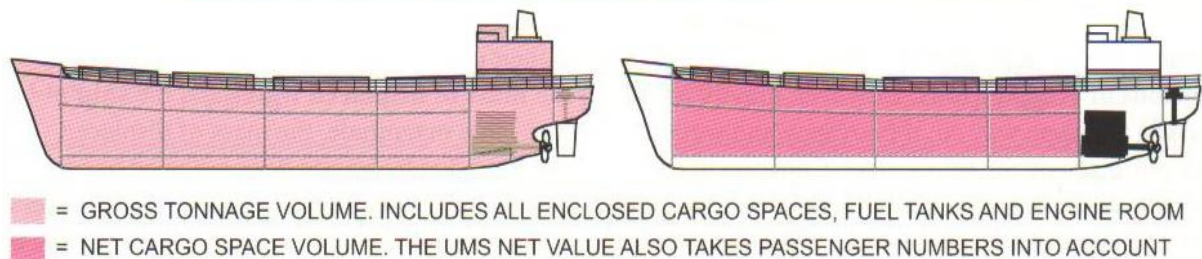


Figura 2.1 - Arqueos bruto y neto

Fuente: <https://pmsclass.org/2013/08/20/international-convention-on-tonnage-measurement-of-ships/>

6.1. ARQUEO BRUTO

Es el Volumen de todos los espacios bajo la cubierta superior y estanca del buque, más el de todos los espacios cerrados y cubiertos de la superestructura.

Para conocer el volumen del petrolero, utilizaremos el software Maxsurf, en el cual mediante la función "Frame of Reference", pondremos como dato de calado, el puntal y la cota correspondiente a la cubierta superior estanca del buque.

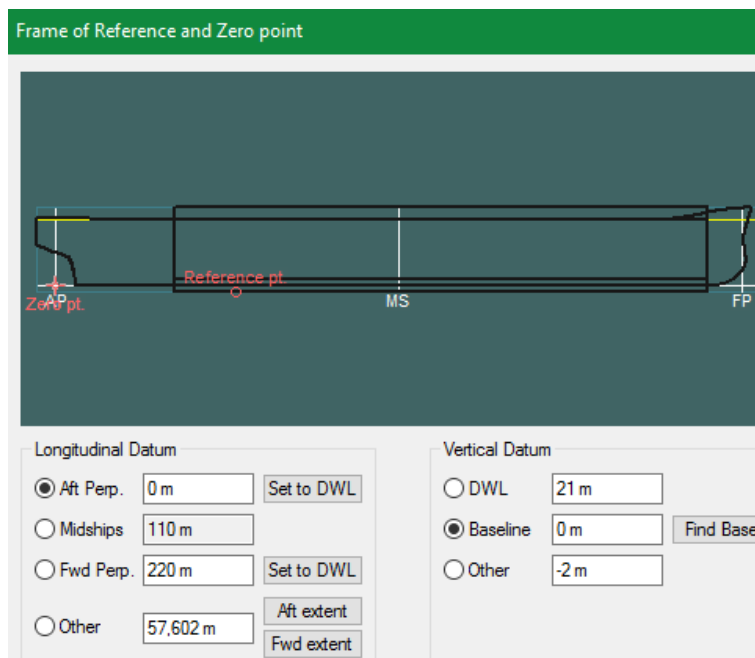


Figura 2.2 – Calado dado de la zona estanca

Fuente: Propia a través del software Maxsurf

Una vez fijado como dato la cota que queremos, iremos a la función “Calculate Hydrostatics” para conocer el volumen del petrolero de la zona estanca del buque.

Como podemos ver en la imagen siguiente, el volumen de la zona estanca del buque, es de:

$$Volumen = 137.451,830 \text{ m}^3$$

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	140888	t
2	Volume (displaced)	137451,830	m ³
3	Draft Amidships	21,000	m
4	Immersed depth	21,002	m
5	WL Length	227,813	m
6	Beam max extents o	33,996	m
7	Wetted Area	15291,447	m ²
8	Max sect. area	712,018	m ²
9	Waterpl. Area	6607,007	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,839	
11	Block coeff. (Cb)	0,837	
12	Max Sect. area coeff	0,998	
13	Waterpl. area coeff.	0,853	

Figura 2.3 – Hidrostáticas de la zona estanca del buque

Fuente: Propia a través del software Maxsurf

ARQUEO BRUTO	
Altura superestructura (m)	20,25
Área superestructura (m)	480,8926
Volumen superestructura (m ³)	9.738,08
Volumen petrolero (m ³)	137.451,830
Volumen total (m ³)	147.183,07

Tabla 2.1 - Datos arqueo bruto

Fuente: Propia

La fórmula dada para el arqueo bruto es:

$$GT = K1 * V$$

Siendo:

$$K1 = 0,2 + 0,02 * \log V = 0,3033$$

Sustituyendo:

$$GT = 0,3033 * 147.183,072$$

$$GT = 44.649,037$$

ARQUEO BRUTO	
Arqueo (GT)	44.649,04
Arqueo (T Moorson)	15.777,05

Tabla 2.2 - Arqueo bruto
Fuente: Propia

6.2. ARQUEO NETO

El arqueo neto es el volumen disponible que queda en el buque para la carga y los pasajeros.

$$NT = K2 * VCAR * \left(\frac{4T}{3D}\right)^2$$

Sacando el volumen de la carga del software Maxsurf, obtenemos por lo tanto que el volumen de la carga será:

Volumen de carga (m ³)
90.435,388

Tabla 2.3 – Volumen de carga Maxsurf
Fuente: Propia

La fórmula para calcular el arqueo neto viene dada por la expresión:

$$NT = K2 * VCAR * \left(\frac{4T}{3D}\right)^2 + K3 * \left(N1 + \frac{N2}{10}\right)$$

Siendo:

- K2

$$K_2 = 0,2 + 0,02 * \log(V_{carga})$$

$$K_2 = 0,299$$

- K3

$$K3 = 1,25 * \frac{GT + 10.000}{10.000}$$

$$K_3 = 6,831$$

- N1: número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas
- N2: número del resto de pasajeros
- Si N1 + N2 es menor de 13, ambas cifras se consideran iguales a 0.

Para nuestro caso al ser un petrolero y no llevar pasajeros, N1 y N2 serán 0, por lo que K3 por consiguiente, también será cero.

Para el cálculo del arqueo neto habrá una serie de restricciones a tener en cuenta:

- ✓ El factor $\left(\frac{4T}{3D}\right)^2$ no se tomará superior a 1.
- ✓ El término $K2 * VCAR * \left(\frac{4T}{3D}\right)^2$ no se tomará inferior a 0,25GT.

✓ NT no se tomará inferior a 0,3GT

A continuación procederemos al cálculo de las restricciones a considerar arriba mencionadas:

$$\left(\frac{4 * T}{3 * D}\right)^2 = 0,907$$

Es menor que uno por lo que se mantiene su valor.

$$NT = K_2 * V_{carga} \left(\frac{4 * T}{3 * D}\right)^2 = 25.490,423$$

Siendo:

$$0,25GT = 11.162,26$$

Al ser 0,25GT menor que la expresión anterior, tomaremos el valor anterior, NT, para el cálculo del arqueo neto en vez del 0,25 GT

El arqueo neto deberá ser mayor que 0,30GT

Limitación 0,3 GT
13.394,712

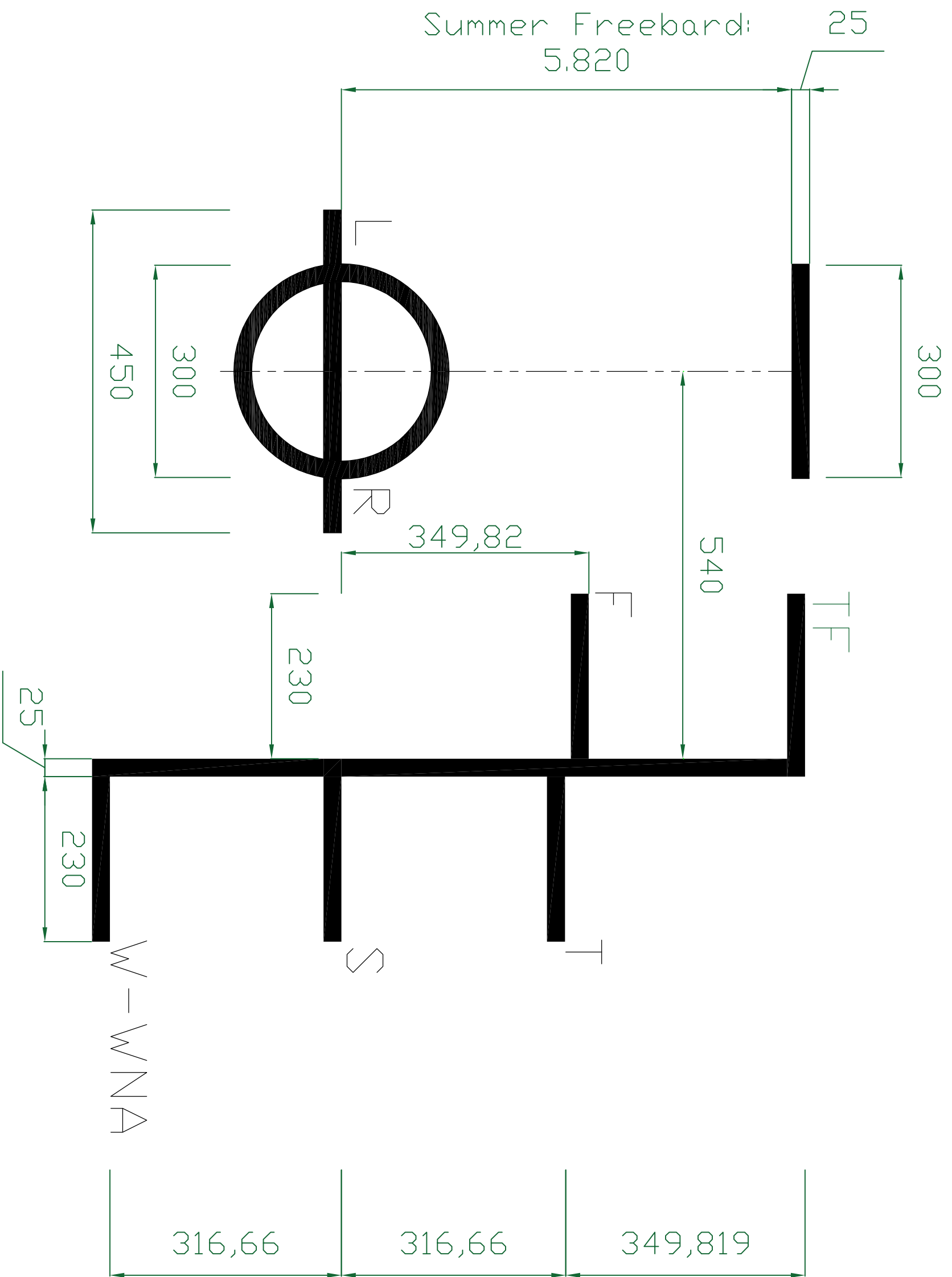
Tabla 2.4 - Limitación Arqueo neto > 0,30 GT
Fuente: Propia

Por lo que vemos que cumple satisfactoriamente que no es superior a 0,30 GT, por lo tanto el arqueo neto final del buque es el que indicamos en la siguiente tabla.

ARQUEO NETO (NT)	ARQUEO NETO (Tmoorson)
25.490,423	9.007,216

Tabla 2.5 - Arqueo neto
Fuente: Propia

Capítulo 7. ANEXO I. DISCO PLIMSOLL



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR (UDC)

ANTEPROYECTO PETROLERO AFRAMAX DE 80.000 DWT

Revisado por: Jose Antonio González Lorente	Revisado por: Marcos M. G.	Aprobado por: Marcos M. G.	Archivo CAD: DGDWG	Fecha: 29/06/2017	Escala: 1/6	T. Papel: A/3
Máster en Ing. Naval y Oceanica			Descripción del plano: Disco Plimsoll			
Trabajo fin de máster			Número de proyecto: 17-27	Edición: 0	Hoja nº: 1/1	