



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2017/18**

PETROLERO SUEZMAX 148.000 TPM

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 8

CUADERNA MAESTRA

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.016-2017

PROYECTO NÚMERO 17-12

TIPO DE BUQUE: Petrolero Suezmax 148000 TPM

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, MARPOL, SOLAS, CONVENIO DE LINEAS DE CARGA TIER 3

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 148000 TPM. Transporte de petróleo CRUDOS Y DERIVADOS.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15,8 nudos con 85%MCR+ 15% margen de mar

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas de carga y descarga en los tanques de carga. Calefacción en tanques de carga.

PROPULSIÓN: Motor diésel directamente acoplado.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30 personas

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

Ferrol, 10 Setiembre 2016

ALUMNO/A: **D^a PABLO MARTÍNEZ MARTÍNEZ**



Fernando Junco Ocampo

Contenido

1 INTRODUCCIÓN	4
2 DEFINICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE SCANTILLONADO	5
2.1 CONSIDERACIONES INICIALES.....	5
2.2 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS:	5
2.3 MÓDULO RESISTENTE Y MOMENTO DE INERCIA DE LA CUADERNA MAESTRA.....	7
3 ESTRUCTURA DEL FONDO.....	10
3.1 ALTURA DEL DOBLE FONDO.....	10
3.2 PRESIONES DEL FONDO	10
3.3 ESTRUCTURA DEL FORRO.....	23
3.4 ESTRUCTURA DE CUBIERTA.....	27
3.5 ESTRUCTURA MAMPAROS.....	30
4 CÁLCULO DEL MÓDULO Y DE LA INERCIA.....	34
5 ANEXO: PLANOS.....	42

1 INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno vamos a realizar el cálculo de los escantillones de las planchas, elementos secundarios y primarios mediante el empleo de las Reglas de la Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas, como el cálculo de la resistencia longitudinal.

Realizaremos el cálculo del módulo mínimo necesario en la cuaderna maestra desde el punto de vista de resistencia longitudinal.

A continuación calcularemos los módulos y escantillado de los refuerzos y planchas que formarán la estructura del buque, de tipo longitudinal y comprobaremos mediante la hoja de cálculo que el módulo de la maestra así obtenido cumple con lo estipulado en la DNV, es decir es mayor al calculado en la resistencia longitudinal.

A continuación se muestra una tabla resumen del buque:

Lpp (m)	273,5
B (m)	45,3
D (m)	24
T (m)	17,7
Cb	0,866
Cm	0,992
Cp	0,873
Cf	0,928
Fn	0,157
Pot (kW)	25040
Δ (t)	194672
Peso Rosca (t)	32610
Vol. Carena (m3)	189924
Superficie Mojada (m2)	19843
TPM	148000

2 DEFINICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE ESCANTILLONADO

4.1. CONSIDERACIONES INICIALES

Como se especifica en la RPA se ha efectuado el escantillonado del buque según el reglamento de la sociedad clasificadora Det Norske Veritas (DNV).

La zona de carga debe estar limitada en el costado y en el fondo por tanques de lastre o espacios vacíos que comprenden el doble fondo y doble casco, cumpliendo los valores mínimos impuestos por MARPOL 73/78.

El buque a proyectar presenta una eslora mayor de 100 m, como diseñador se elegirá una estructura longitudinal en fondo, doble fondo y cubierta, según las disposiciones del DNV y tomando como referencia la estructura del buque base. Este tipo de estructura soporta mejor los esfuerzos a flexión del buque-viga, y contribuye a minimizar el peso del acero.

Por cuestiones de disposición general adoptamos una separación entre refuerzos longitudinales de 0,75 m y la separación entre cuadernas en la zona de carga es de 2 m.

El casco y la estructura del buque en general se construirán con Acero de Resistencia Normal, llamado "Acero Grado A", cuyas características son:

Características del acero	Símbolo	Valor
Límite elástico	σ_y	235 N/mm ²
Módulo de Young	E	206000 N/mm ²
Factor de acero de alta resistencia	K	1

4.2. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS:

Los cálculos necesarios para definir los parámetros reglamentarios del buque se encuentran en el DNV Pt.3 Ch.1 Sec.1 B100, y se muestran a continuación:

4.2.1. Eslora reglamentaria:

L_F es la eslora definida en el Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966. Dicha eslora será tomada como el 96% de la eslora total a un calado igual al 85% del puntal medido desde el canto alto de la quilla, o la distancia medida desde la cara proel de la mecha del timón si ésta fuese mayor.

$$L_F = 278,28 \text{ m}$$

4.2.2. Manga de escantillonado

Se corresponde con la manga de trazado $B = 45,3 \text{ m}$.

4.2.3. Puntal de escantillonado

El puntal D es la distancia medida en el costado, desde la línea de base la cubierta continua más alta. Así pues, el puntal será hasta la cubierta principal:

$$D = 24 \text{ m}$$

4.2.4. Calado de escantillonado

Calado de verano en metros:

$$T = 17,7 \text{ m}$$

4.2.5. Coeficiente de bloque.

El coeficiente de bloque se calcula mediante:

$$Cb = \frac{\Delta}{1,025 \cdot LBT}$$

Siendo:

$\Delta = 194672$ t (desplazamiento en la línea de carga de verano)

$B = 45,3$ m (manga en la línea de carga de verano)

T = calado de escantillonado

L = eslora de escantillonado

$$Cb = 0,851$$

4.3. MÓDULO RESISTENTE Y MOMENTO DE INERCIA DE LA CUADERNA MAESTRA

4.3.1. Módulo resistente

Para que la cuaderna maestra cumpla con los requisitos de resistencia longitudinal, módulo mínimo que ha de tener viene definido en el DNV en Pt.3 Ch.1 Sec.5 C302

$$Z_0 = \frac{C_{wo}}{f_1} \cdot L^2 \cdot B \cdot (Cb + 0,7)$$

Siendo:

- $C_{wo} = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^{3/2}$ (Para L menor de 300 m)
- $f_1 = 1$, dependiendo del tipo de acero para NV-NS vale 1.
- L: eslora de escantillonado.
- B: manga de escantillonado.
- Cb: coeficiente de bloque.

$$Z_0 = \frac{10,75 - \left(\frac{300-278,28}{100}\right)^{3/2}}{1} \cdot 278,28^2 \cdot 45,3 \cdot (0,851 + 0,7)$$

$$Z_0 = 57939350,4 \text{ cm}^3$$

Esto conlleva que el valor del módulo del buque en la condición de carga más restrictiva tiene que ser mayor que el módulo mínimo obtenido.

4.3.2. Módulo requerido

El módulo requerido se calcula según DNV Pt.3 Ch.1 Sec.5 C303:

303 The section modulus requirements about the transverse neutral axis based on cargo and ballast conditions are given by:

$$Z_0 = \frac{|M_S + M_W|}{\sigma_f} 10^3 \quad (\text{cm}^3)$$

$$\begin{aligned} \sigma_f &= 175 f_1 \text{ N/mm}^2 \text{ within } 0.4 L \text{ amidship} \\ &= 125 f_1 \text{ N/mm}^2 \text{ within } 0.1 L \text{ from A.P. or F.P.} \end{aligned}$$

Donde:

- $\sigma_f = 175 f_1 \text{ N/mm}^2$ para secciones dentro de 0,4L desde la maestra y acero normal.
- M_S es el momento máximo en aguas tranquilas.
- M_W es el momento máximo en olas.
- Los momentos en aguas tranquilas vienen definidos en Pt.3 Ch.1 Sec.5 B106:

$$\begin{aligned} M_{SO} &= -0.065 C_{WU} L^2 B (C_B + 0.7) \text{ (kNm) in sagging} \\ &= C_{WU} L^2 B (0.1225 - 0.015 C_B) \text{ (kNm) in hogging} \end{aligned}$$

→Para la situación de arrufo:

$$M_{so} = 0,065 \cdot C_{wu} \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_b + 0,7)$$

Siendo:

$$C_{wu} = C_w \text{ (Pt.3 Ch.1 Sec4 B200)} = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^{3/2} = 10,65$$

$$M_{so} = 3766057,8 \text{ kNm}$$

→Para la situación de quebranto:

$$M_{so} = -C_{wo} \cdot L^2 \cdot B \cdot (0,1225 - 0,015C_b)$$

$$M_{so} = 4099746,15 \text{ kNm}$$

- Los momentos por olas vienen definidos en Pt.3 Ch1 Sec5 B201:

$$\begin{aligned}M_{WO} &= -0.11 \alpha C_W L^2 B (C_B + 0.7) \text{ (kNm) in sagging} \\ &= 0.19 \alpha C_W L^2 B C_B \text{ (kNm) in hogging}\end{aligned}$$

→En situación de arrufo:

$$M_{wo} = 0,11 \cdot \alpha \cdot C_{wu} \cdot L^2 \cdot B \cdot (Cb + 0,7)$$

$$M_{wo} = 6374062 \text{ kNm}$$

→En situación de quebranto:

$$M_{wo} = -0,19 \cdot \alpha \cdot C_{wu} \cdot L^2 \cdot B \cdot Cb$$

$$M_{wo} = -6040807 \text{ kNm}$$

Por tanto el módulo requerido en condición de carga o lastre es el siguiente:

$$Z = \frac{|M_s + M_w|}{\sigma_l} \cdot 10^3$$

$$Z = \frac{-4099746,15 + 6374062}{175} \cdot 10^3$$

$$Z = 12996090,57 \text{ cm}^3$$

Una vez escantillonada la cuaderna, este valor se comparará con el módulo real obtenido al final de este documento.

4.3.3. Momento de inercia

El momento de inercia se calcula según DNV Pt.3 Ch.1 Sec.5 C401:

C 400 Moment of inertia

401 The midship section moment of inertia about the transverse neutral axis shall not be less than:

$$I = 3 C_W L^3 B (C_B + 0.7) \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$I = 3 \cdot C_w \cdot L^3 \cdot B \cdot (Cb + 0,7)$$

Según en Pt.3 Ch.1 Sec.5 B201, Cw no debe exceder de D/1,4.

$$I = 48375653670 \text{ cm}^4$$

Antes de realizar los cálculos, establezco un boceto de mi cuaderna maestra basada en la de un buque real construido que se muestra al final del cuaderno en el “ANEXO CUADERNA MAESTRA REAL”.

El boceto de mi cuaderna está en el “ANEXO BOCETO CUADERNA MAESTRA” y en ella represento todos los datos calculados a continuación.

Además, en este Anexo adjunto sobre el boceto las distintas alturas que utilizo para calcular los espesores de todas las chapas (fondo, doble fondo, forro, cubierta y mamparo).

3 ESTRUCTURA DEL FONDO

5.
5.1. ALTURA DEL DOBLE FONDO

El proceso de elección de la altura del doble fondo “ d_{DF} ” tiene una estructura similar al de la elección de la anchura del doble casco. Según MARPOL (Anexo I Ch.3 Regla 12A 6):

La distancia mínima de las que a continuación se indican:

$$d_{DF} = \frac{B}{15} = \frac{45,3}{15} = 3,02 \text{ m}$$

$$d_{DF} = 2 \text{ m}$$

Para este buque $d_{DF} = 2$ metros, es la mínima distancia requerida. Sin embargo por motivos de mantenimientos, reparaciones e inspecciones esta distancia es insuficiente, puesto que en todos los buques de este tipo y tamaño se toma una altura de doble fondo superior a 2 metros.

Por lo tanto la altura del doble fondo será: $d_{DF} = 2,5$ metros.

Según Pt3.Ch1-Sec.6 D101 la altura mínima del doble fondo, que es igual a la altura de las vagras y quilla vertical, no será menor de Espesor de la traca de quilla.

$$h = 250 + 20B + 50T$$

$$h = 2041 \text{ m}$$

Por lo tanto la altura mínima del doble fondo será de 2,5 m, impuesta por MARPOL.

5.2. PRESIONES DEL FONDO

Para el cálculo de la presiones en el fondo se utiliza la tabla proporcionada por el reglamento, Part.3 Ch 1.Sec 6 B201, Tabla B1.

5.2.1. Chapa de Fondo

La carga de diseño, p es la carga considerada entre p_1 y p_3 según corresponda Pt3.Ch1- Sec 6 B201:

	TIPO DE CARGA	P(KN/m ²)
	Presión del mar	$p_1 = 10h_o + p_{dp}$
FONDO	Presión neta en tanque de carga o tanque profundo	$p_2 = \rho(g_o + 0,5a_v)h_s - 10T_M$
		$p_3 = \rho g_o h_s + p_o - 10T_M$

Siendo:

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $g_o = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $p_o = 25 \text{ Kn/m}^2$, en general según DNV.
- $h_o = 17,7 \text{ m}$ (distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga).
- $h_s = 3,85 \text{ m}$, se corresponde con la distancia vertical desde el punto de carga hasta el techo del tanque excluyendo brazolas. Desde el fondo del tanque y el techo.
- $T_M = 2 + 0,02 \cdot L = 2 + 0,02 \cdot 278,28 = 7,565 \text{ m}$
- Pt.3 Ch.1 Sec.4 C201: Presión ejercida por el mar.

C 200 Sea pressures

201 The pressure acting on the ship's side, bottom and weather deck shall be taken as the sum of the static and the dynamic pressure as:

— for load point below summer load waterline:

$$p_1 = 10 h_o + p_{dp} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

— for load point above summer load waterline:

$$\begin{aligned} p_2 &= a (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_o) \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ &= \text{minimum } 6.25 + 0.025 L_1 \text{ for sides} \\ &= \text{minimum } 5 \text{ for weather decks.} \end{aligned}$$

The pressure p_{dp} is taken as:

$$p_{dp} = p_1 + 135 \frac{y}{B + 75} - 1.2 (T - z) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_{dp} = p_l + 135 \frac{y}{B + 75} - 1,2(T - z)$$

Siendo:

- $p_l = k_s \cdot C_w + k_f = 29,82$
- $C_w = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^{3/2} = 10,65$
- $K_s = 2$ (entre 0,2L y 0,7L)
- $k_f = \text{el menor de } T \text{ y } f = 0,8 \cdot C_w = 8,52 \text{ m}$
- $z=0$. Es la distancia entre el punto de carga y la línea de base y como se trata del fondo toma valor 0.
- y : distancia horizontal desde crujía hasta el punto de carga, mínimo $B/4$ (m) = 11,325 m

$$p_{dp} = 29,82 + 135 \frac{11,325}{45,3 + 75} - 1,2(17,7 - 0) = 21,3 \text{ kN/m}^2$$

- Pt.3 Ch.1 Sec.4 B601: Aceleración vertical combinada.

B 600 Combined vertical acceleration

601 Normally the combined vertical acceleration (acceleration of gravity not included) may be approximated by:

$$a_v = \frac{k_v g_0 a_0}{C_B} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$a_v = \frac{K_v g_0 a_0}{C_b} = 2,45$$

Donde:

- $K_v = 0,7$ (entre 0,3L y 0,6L)
- Pt.3 Ch.1 Sec.4 B203: Aceleración.

203 A common acceleration parameter is given by:

$$a_0 = \frac{3C_w}{L} + C_v C_{v1}$$

$$C_v = \frac{\sqrt{L}}{50}, \text{ maximum } 0,2$$

$$C_{v1} = \frac{V}{\sqrt{L}}, \text{ minimum } 0,8$$

$$a_0 = \frac{3C_w}{L} + \frac{C_v V}{\sqrt{L}} = \frac{3 \cdot 10,65}{278,28} + \frac{0,2 \cdot 15,8}{\sqrt{278,28}} = 0,304$$

La presión del fondo será la mayor de las calculadas:

$$P = \text{MAX}[p_1, p_2, p_3]$$

$$P = \text{MAX}[198,3 ; -32,1 ; -11,93]$$

$$P_{\text{fondo}} = 198,3 \text{ KN/m}^2$$

5.2.2. Chapa de Doble Fondo:

La carga de diseño, p, es la carga considerada entre p4 y p15 según corresponda Pt.3 Ch1 Sec6 B201 (Tabla B1):

	TIPO DE CARGA	P (KN/m ²)	VALOR OBTENIDO
Doble Fondo	Carga líquida en el tanque superior	$p_9 = \rho(g_o + 0,5a_v)h_s$	243,2
		$p_{10} = \rho g_o(0,67(h_s + \phi b) - 0,12\sqrt{H\phi b_t})$	196,26
		$p_{11} = 0,67(10h_p + \Delta p_{dyn})$	149,9
		$p_{12} = \rho g_o h_s + p_o$	241,19
DF, Pisos y Refuerzos	Presión sobre el Doble Fondo	$p_{13} = 0,67(10h_p + \Delta p_{dyn})$	149,9
		$p_{14} = \rho g_o h_s + p_o$	241,19
	Condición de inundación	$p_{15} = 10h_b$	211,15

Siendo:

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $g_o = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $p_o = 25 \text{ kN/m}^2$
- $a_v = 2,45$

- Distancia vertical desde el punto de carga hasta el techo del tanque excluyendo brazolas. Es decir entre el fondo del tanque y el techo $h_s = 24 - 2,5 = 21,5$ m

$$p_9 = \rho(g_o + 0,5a_v)h_s = 243,2 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{10} = \rho g_o(0,67(h_s + \phi b) - 0,12\sqrt{H\phi b_t})$$

- Altura total del tanque $H = 21,5$ m
- La mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto. $b = 18,15$
- Manga del tanque $b_t = 20,15$ m

- Pt.3 Ch.1 Sec4 B402. Period of roll (periodo de balance)

402 The period of roll is generally given by:

$$T_R = \frac{2k_r}{\sqrt{GM}} \quad (s)$$

k_r = roll radius of gyration in m
 GM = metacentric height in m.

$$T_R = \frac{2k_r}{\sqrt{GM}}$$

Donde:

- $K_r = 0,39 \cdot B = 17,667$ m
- $GM = 0,12 \cdot B = 5,436$ m

$$T_R = 15,15 \text{ s}$$

- Pt.3 Ch.1 Sec4 B401. Roll angle (ángulo de balance)

B 400 Roll motion and acceleration

401 The roll angle (single amplitude) is given by:

$$\phi = \frac{50c}{B+75} \quad (\text{rad})$$

$c = (1,25 - 0,025 T_R) k$
 $k = 1,2$ for ships without bilge keel
 $= 1,0$ for ships with bilge keel
 $= 0,8$ for ships with active roll damping facilities
 $T_R =$ as defined in 402, not to be taken greater than 30.

$$\phi = \frac{50c}{B + 75}$$

Donde:

- $c = (1,25 - 0,025 \cdot T_R)k = 1,045$

- $k=1,2$

$$\phi = 0,434$$

$$p_{10} = 196,26$$

$$p_{11} = 0,67(10h_p + \Delta p_{dyn})$$

Siendo:

- h_p = distancia vertical desde el extremo del atmosférico hasta el punto de carga considerado. Tomamos la altura del atmosférico sobre cubierta de 760 mm.

$$h_p = 21,5 + 0,760 = 22,26 \text{ m}$$

- Δp_{dyn} = Según DNV Part.3 Ch1 Sec4 C300 la presión se incrementa en 1,15.

$$p_{11} = 149,9 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{12} = \rho g_o h_s + p_o = 241,19 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{13} = 0,67(10h_p + \Delta p_{dyn}) = 149,9 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{14} = \rho g_o h_s + p_o = 241,19 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{15} = 10h_b$$

Donde:

- Distancia vertical desde el punto de carga a la flotación de equilibrio en avería, normalmente se toma la cubierta de francobordo. $h_b = 21,15$

$$p_{15} = 211,15 \text{ kN/m}^2$$

La presión en el doble fondo será:

$$P = \text{MAX}[p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}]$$

$$P_{\text{Doble Fondo}} = 243,2 \text{ kN/m}^2$$

5.2.3. Espesor de una traca de quilla.

C 200 Keel plate

201 A keel plate shall extend over the complete length of the ship. The breadth shall not be less than:

$$b = 800 + 5 L \text{ (mm)}$$

202 The thickness shall not be less than:

$$t = 7.0 + \frac{0.05L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \text{ (mm)}$$

Según Pt3 Ch1 Sec6 C200 se debe extender a toda la eslora del buque y la manga mínima de la traca de quilla no ha de ser menor de:

$$b = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 278,28 = 2191,4 \text{ mm}$$

Aplicando Pt3 Ch1 Sec6 C202 el espesor no ha de ser menor que:

$$t = 7 + \frac{0,05 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

Donde:

- f_1 es igual a 1 para acero normal
- t_k es el margen de corrosión para la traca que nos ocupa, dado por la norma Pt3 Ch1 Sec2 Tabla D1, se toma 1,5.

Table D1 Corrosion addition t_k in mm		
Internal members and plate boundary between spaces of the given category	Tank/hold region	
	Within 1.5 m below weather deck tank or hold top	Elsewhere
Ballast tank ¹⁾	3.0	1.5
Cargo oil tank only	2.0	1.0 (0) ²⁾
Hold of dry bulk cargo carriers ⁴⁾	1.0	1.0 (3) ⁵⁾

- L_1 es la eslora reglamentaria.

$$t = 22,414 \text{ mm}$$

El espesor de la traca de quilla con margen es de:

$$t_{traca\ de\ quilla} = 24\ mm$$

5.2.4. Espesor de la chapa de fondo.

C 300 Bottom and bilge plating

301 The breadth of strakes in way of longitudinal bulkhead and bilge strake, which shall be of steel grade higher than A-grade according to Ch.1 Sec.2, shall not be less than:

$$b = 800 + 5L \quad (\text{mm}).$$

302 The thickness requirement corresponding to lateral pressure is given by:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm})$$

La manga mínima de una traca del fondo o del pantoque no será menor que el siguiente valor (DNV Pt3 Ch1 Sec6 C300):

$$b = 800 + 5L = 2191,4\ mm$$

Y su espesor:

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

- K_a es un factor de corrección y se define como:

$$k_a = (1,1 - 0,25 \cdot \frac{s}{l})^2 = 1,012$$

- s es la separación entre refuerzos que es de 750 mm.
- $l = 2\ m$ (clara de refuerzos).
- p es la carga considerada entre p_1 y p_3 según corresponda Pt3 Ch1 Sec6 B201 Tabla B1 (calculada antes):

$$p_{fondo} = 198,3\ kN/m^2$$

- Tensión admisible :

$$\sigma = 120 \cdot f_1 = 120$$

- t_k es el margen de corrosión. Tomo el valor definido para tanques de lastre = 1,5.

$$t = 16,91\ mm$$

Sin embargo, según DNV Pt3 Ch1 Sec6 C304 el espesor no será menor de:

304 The thickness shall not be less than:

$$t = 5.0 + \frac{0.04L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = 5 + \frac{0,04 \cdot L}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

- $f_1 = 1$
- t_k , como se ha dicho, es 1,5.

$$t = 17,63 \text{ mm}$$

Finalmente el espesor que se tendrá en cuenta de la chapa de fondo (con margen) será:

$$t_{\text{Fondo}} = 19 \text{ mm}$$

5.2.5. Espesor de una chapa de pantoque.

307 If the bilge plate is not stiffened, or has only one stiffener inside the curved part, the thickness shall not be less than:

$$t = \frac{\sqrt[3]{R^2 l p}}{900} + t_k$$

El DNV en Pt3 Ch1 Sec6 C307, especifica que el espesor de las chapas de pantoque viene dado por:

$$t = \frac{\sqrt[3]{R^2 \cdot l \cdot p}}{900} + t_k = 21,68 \text{ mm}$$

- R es el radio de curvatura = 3695 mm
- l = 2000 mm. Clara entre refuerzos.
- $p = 2 \cdot p_1 - 10 \cdot h_0 = 2 \cdot 198,3 - 10 \cdot 17,7 = 219,6 \text{ kN/m}^2$

El DNV en Pt3 Ch1 Sec6 C306 indica que el espesor no será inferior al mayor espesor de las chapas adyacentes del fondo o costado, por tanto el espesor será:

306 The thickness of the bilge plate shall not be less than that of the adjacent bottom and side plates, whichever is the greater.

$$t_{pantoque} = 19 \text{ mm}$$

5.2.6. Espesor de una chapa del techo de Doble Fondo.

1) Según DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 C401, el espesor de una plancha del fondo será:

C 400 Inner bottom plating

401 The thickness requirement corresponding to lateral pressure is given by:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 15,81 \text{ mm}$$

Donde:

- k_a es un factor de corrección dado por:

$$k_a = (1,1 - 0,25 \cdot \frac{s}{l})^2 = 1,0125$$

- p es la carga según corresponda entre p_4 y p_{15} según corresponda en Pt.3 Ch1 Sec.6 B201:

$$p_{Doble\ fondo} = 243,2 \text{ kN/m}^2$$

- Tensión admisible $\sigma = 140 \cdot f_1 \text{ N/mm}^2$
- t_k es el margen de corrosión. Tomamos el valor definido para tanques de lastre ya que el fondo de los tanques de carga es el techo de los tanques de lastre de doble fondo. $t_k = 1,5$.
- $s = 750 \text{ mm}$ (separación entre refuerzos).
- $l = 2 \text{ m}$ (clara de refuerzos).

2) Según Pt3 Ch1 Sec6 C402 el espesor no será menor que:

$$t = t_o + \frac{0,03 \cdot L}{\sqrt{f_1}} + t_k = 15,72 \text{ mm}$$

402 The thickness shall not be less than:

$$t = t_0 + \frac{0.03L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

El **espesor** con margen de la **chapa de doble fondo** será de:

$$t_{\text{fondo}} = 18 \text{ mm}$$

5.2.7. Espesor de la quilla vertical

Forma el cierre entre los tanques de lastre de doble fondo de babor y estribor. Según DNV Pt.3 Ch.1 Sec6 C502 el espesor de la quilla vertical no será inferior a:

502 The thickness of longitudinal girders, floors, supporting plates and brackets shall not be less than:

$$t = 6.0 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = 6 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 18,63 \text{ mm}$$

Siendo:

- $K=0,04 \cdot L$
- f_1 toma valor 1 para acero normal
- t_k es el margen de corrosión que vale 1,5 por formar parte de un tanque de lastre.

El espesor de la quilla vertical queda:

$$t_{\text{quilla vertical}} = 19 \text{ mm}$$

5.2.8. Longitudinales del fondo.

Para el cálculo del módulo mínimo el DNV da la expresión en Pt3 Ch.1 Sec6 C701:

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma} = 629,84 \text{ cm}^3$$

Siendo:

- p es la presión del fondo calculada antes = $193,8 \text{ KN/m}^2$
- $\sigma = 225 \cdot f_1 - 130 \cdot f_{2b} - 0,7 \cdot \sigma_{db} = 85,45 \text{ N/mm}^2$
- $f_{2b} = \frac{5,7 \cdot (M_s + M_w)}{Z_B} = 0,966$
- $\sigma = 20 \cdot f_1$ (valor para buques de carga) = 20 N/mm^2
- $w_k = 1 + 0,06 \cdot t_k = 1,09 \text{ mm}$, para refuerzos tipo bulbo.
- s es la separación entre refuerzos que es 750 mm .
- l mide 2 m (clara de refuerzos).

Según DNV Pt.3 Ch.1 Sec6 C703 el espesor de la llanta no será inferior a:

$$t = 4,5 + k + t_k = 4,5 + 5 + 1,5 = 11 \text{ mm}$$

Mirando un catálogo de refuerzos tipo llanta de bulbo (el cual se adjunta como Anexo al final del documento), el perfil para el longitudinal del fondo será:

430x17 con un módulo de $697,1 \text{ cm}^3$

Esto está representado en el boceto de la cuaderna maestra en el “Anexo Cuaderna Maestra”.

5.2.9. Longitudinales del doble fondo.

Para calcular el módulo mínimo siguiendo DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 C701:

C 700 Bottom longitudinals

701 The section modulus requirement is given by:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3)$$

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma} = 772,46 \text{ cm}^3$$

- p es la presión del doble fondo calculada antes = $243,2 \text{ Kn/m}^2$

- $\sigma = 225 \cdot f_1 - 130 \cdot f_{2b} - 0,7 \cdot \sigma_{db} = 85,45 \text{ N/mm}^2$
- $f_{2b} = \frac{5,7 \cdot (M_s + M_w)}{Z_B} = 0,966$
- $\sigma = 20 \cdot f_1$ (valor para buques de carga) = 20 N/mm²
- $w_k = 1 + 0,06 \cdot t_k = 1,09 \text{ mm}$, para refuerzos tipo bulbo.
- s es la separación entre refuerzos que es 750 mm.

Según el DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 C802, el espesor de la llanta no será inferior a:

802 The thickness of web and flange shall not be less than the larger of:

$$t = 4,5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$= 1,5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$t = 4,5 + k + t_k = 4,5 + 5 + 1,5 = 11 \text{ mm}$$

Mirando un catálogo de refuerzos tipo llanta de bulbo (el cual se adjunta como Anexo al final del documento), el perfil para el longitudinal del doble fondo será:

300x13 con un módulo de 254,9 cm³

Esto está representado en el boceto de la cuaderna maestra en el “Anexo Cuaderna Maestra”.

5.2.10. Espesor de los longitudinales primarios del fondo.

El espesor de las vagras no debe ser inferior a:

- 1) DNV Pt.3 Ch.1 Sec.6 C501, el mínimo espesor viene dado por:

C 500 Plating in double bottom floors and longitudinal girders

501 The thickness requirement of floors and longitudinal girders forming boundaries of double bottom tanks is given by:

$$t = \frac{15,8 k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ (mm)}$$

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 15,29 \text{ mm}$$

Donde:

- K_a es un factor de corrección que viene dado por:

$$k_a = \left(1,1 - 0,25 \cdot \frac{s}{l} \right)^2 = 1,0125$$

- Para el valor de p se utiliza el mayor de p_{13} y $p_{15} = 211,15 \text{ kN/m}^2$
- Tensión admisible $\sigma = 130 \cdot f_1$
- t_k es el margen de corrosión 1,5.
- s es la separación entre refuerzos 750 mm
- $l = 3630 \text{ mm}$

2) DNV Pt.3 Ch.1 Sec6 C502, el espesor no será menor que:

502 The thickness of longitudinal girders, floors, supporting plates and brackets shall not be less than:

$$t = 6.0 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = 6 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 13,065 \text{ mm}$$

Siendo $k = 0,02 \cdot L = 5,565$

Añadiendo un margen el **espesor** de las **vagras** será de **17 mm**.

Según DNV Pt.3 Ch.1 Sec6 D101 la altura mínima tanto de las vagras como de la quilla vertical no debe ser menor que el siguiente valor:

D 100 General

101 Where a double bottom is required to be fitted the inner bottom shall be continued out to the ship side in such a manner as to protect the bottom to the turn of bilge. Such protection will be deemed satisfactory if the inner bottom is not lower at any part than a plane parallel with the keel line and which is located not less than a vertical distance h measured from the keel line, as calculated by the formula:

$$h = 1000 \cdot B/20 \text{ (mm), minimum 760 mm}$$

$$h = 1000 \cdot \frac{B}{20} = 2265 \text{ mm}$$

Como la altura de doble fondo son 2500 mm, la altura cumple la condición.

La distancia entre vagras viene marcada en DNV Pt.3 Ch.1 Sec6 C301 y no excederá de 5 m.

Las vagras estarán alineadas con los mamparos longitudinales sin que superen la distancia antes estipulada. Con lo que se colocarán un total de 5, además de la quilla vertical. Cada cinco longitudinales se coloca una vagra.

5.2.11. Espesor de los transversales primarios.

Para el espesor de las varengas el DNV establece una fórmula en Pt. Ch.1 Sec6 C501:

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 21,75 \text{ mm}$$

- $k_a = \left(1,1 - 0,25 \cdot \frac{s}{l}\right)^2 = 1,0125$
- Para el valor de p se coge el mayor entre p_{13} y $p_{15} = 211,15 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma = 190f_1 - 120f_{2b}; \text{Max}(130 \cdot f_1) = 74,08 \text{ N/mm}^2$
- t_k es el margen de corrosión 1,5.
- $s = 750 \text{ mm}$ (separación entre refuerzos)
- $l = 2000 \text{ mm}$ (clara de refuerzos)

El espesor no será inferior a (DNV Pt.3 Ch.1 Sec6 C502):

$$t = 6 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 13,065 \text{ mm}$$

Aplicando un margen de seguridad el **espesor** de las **varengas** será de **23 mm**.

5.3. ESTRUCTURA DEL FORRO.

5.3.1. Presiones del forro.

El DNV Pt3 Ch1 Sec7 nos da una tabla para el cálculo de las presiones del forro (tabla B1):

	TIPO DE CARGA	P (Kn/m ²)	
Externa	Presión Mar debajo de la flotación de verano	$p_1 = 10h_o + p_{dp}$	
	Presión Mar encima de la flotación de verano	$p_2 = (p_{dp} - (4 + 0,2k_s)h_o)$ Mínimo $6,25 + 0,025L_1$	
Interna	Lastre, bunker o carga líquida en tanques laterales (general)	$p_3 = \rho(g_o + 0,5a_v)h_s - 10h_b$	
		$p_4 = \rho g_o h_s - 10h_b + p_o$	
		$p_5 = 0,67(\rho g_o h_p + \Delta p_{dyn}) - 10h_b$	
		$p_6 = \rho g_o (0,67(h_s + \phi b) - 0,12\sqrt{H\phi b_t})$	

$$p_{dp} = p_l + 135 \frac{y}{B + 75} - 1,2(T - z) = 21,3 \text{ kN/m}^2$$

- $p_l = k_s \cdot C_w + k_f = 29,82$

EXTERNAS:

$$p_1 = 10h_o + p_{dp}$$

→ h_o es la distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga = 6,3 m

$$p_1 = 119,04 \text{ kN/m}^2$$

$$p_2 = p_{dp} - (4 + 0,2k_s)h_o = 14,64 \text{ kN/m}^2$$

→ h_o es la distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga = 7,25 m

Pt.3 Ch.1 Sec 4 C201. PRESIÓN EJERCIDA POR EL MAR

The pressure p_{dp} is taken as:

$$p_{dp} = p_l + 135 \frac{y}{B + 75} - 1,2 (T - z) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_{dp} = p_l + 135 \frac{y}{B + 75} - 1,2(T - z) = 43,07 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

- $p_l = 29,82$
- $C_w = 10,75 - \left(\frac{300-L}{100}\right)^{3/2} = 10,65$
- $K_s = 2$
- z vale 10,45 m.
- y es la distancia horizontal desde crujía al punto de carga ($B/4 \text{ min}$) = 22,65 m.

INTERNAS

$$p_3 = \rho(g_o + 0,5a_v)h_s - 10h_b = 77,61 \text{ kN/m}^2$$

$$p_4 = \rho g_o h_s - 10h_b + p_o = 85,60 \text{ kN/m}^2$$

$$p_5 = 0,67(\rho g_o h_p + \Delta p_{dyn}) - 10h_b = 21,80 \text{ kN/m}^2$$

$$p_6 = \rho g_o (0,67(h_s + \phi b) - 0,12\sqrt{H\phi b_t}) = 80,23 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $g_o = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $p_o = 25 \text{ kN/m}^2$

- Distancia vertical desde el punto de carga hasta el techo del tanque excluyendo brazolas. Es decir entre el fondo del tanque y el techo
 $h_s = 13,55 \text{ m}$
- h_b es la distancia vertical desde el punto de carga hasta el calado. Para petroleros se calcula como: $2+0,02L = 7,565 \text{ m}$
- Altura total del tanque $H = 24 \text{ m}$
- La mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto. $b = 2,5 \text{ m}$
- Manga del tanque $b_t = 20,15 \text{ m}$
- $h_p = h_s + 0,8 = 14,35 \text{ m}$
- $\Delta p_{dyn} = (\text{Según DNV Part.3 Ch1 Sec4 C300})$ será 1,15.
- $a_v = 2,45$
- Para calcular ϕ según Pt.3 Ch.1 Sec.4 B401 :

$$\phi = \frac{50c}{B + 75} = 0,401$$

- $c = (1,25 - 0,025 \cdot T_R)k = 0,965$
- $k = 1,2$

La presión del fondo será:

$$P = \text{MAX}[p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6]$$

$$P_{\text{forro}} = 119,04 \text{ kN/m}^2$$

5.3.2. Espesor del forro.

El espesor mínimo de la plancha de costado según Pt.3 Ch.1 Sec7 C101 es de:

C 100 Side plating, general

101 The thickness requirement corresponding to lateral pressure is given by:

$$t = \frac{15,8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 12,56 \text{ mm}$$

Siendo:

- p se obtiene del mayor entre p_1 y $p_6 = 119,04 \text{ kN/m}^2$
- Para la tensión admisible del material: $\sigma = 140 \cdot f_1$
- Factor de corrección $K_a = 1,0125$
- Margen de corrosión $t_k = 1,5$

El DNV en Pt3 Ch1 Sec7 C102 especifica que el espesor no será menor que:

102 The thickness is not for any region of the ship to be less than:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = 31 \cdot (s + 0,7) \cdot \left(\frac{B \cdot T}{\sigma_f^2} \right)^{\frac{1}{4}} + t_k = 17,25 \text{ mm}$$

El **espesor** final para el **costado** será de **18 mm**.

5.3.3. Longitudinales del forro.

El módulo mínimo viene indicado en Pt3 Ch1 Sec7 C301:

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma} = 230,77 \text{ cm}^3$$

El DNV en Pt3 Ch1 Sec7 C302 especifica que el espesor de la llanta no será inferior a:

$$t = 4,5 + k + t_k = 10,17 \text{ mm}$$

Con $k=0,015 \cdot L_1$

Mirando un catálogo de refuerzos tipo llanta de bulbo (el cual se adjunta como Anexo al final del documento), el perfil para el longitudinal del forro será:

300x12 con un módulo de 238 cm³

Esto está representado en el boceto de la cuaderna maestra en el “Anexo Cuaderna Maestra”.

5.3.4. Longitudinales primarios del forro.

El espesor mínimo para los palmejares viene dado por DNV en Pt3 Ch1 Sec7 D101:

D 100 General

101 The thickness of web plates, flanges, brackets and stiffeners of girders shall not be less than:

$$t = 5.0 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = 12 \cdot s + t_k = 10,5 \text{ mm}$$

El **espesor** con margen para los **palmejares** será **12 mm**.

5.4. ESTRUCTURA DE CUBIERTA

5.4.1. Presiones de Cubierta.

Para calcular las presiones en esta zona, el DNV en Pt3 Ch1 Sec8 nos proporciona la siguiente tabla:

ESTRUCTURA	TIPO DE CARGA	p (Kn/m ²)	Valores obtenidos
Cubierta Intemperie	Cubierta de Carga	$p_2 = (g_o + 0,5a_v)q$	14,35
Cubierta como tapa de tanque	Lastre, Carga	$p_7 = 0,67(\rho g_o h_p + \Delta p_{dyn})$	5,89
		$p_8 = \rho g_o h_s + p_o$	25
Cubierta entre tanques >0,4B		$p_9 = \rho g_o (0,67(h_s + \phi b) - 0,12\sqrt{H\phi b_t})$	-10,11
Cubierta entre tanques >0,1B		$p_{12} = \rho \left(4 - \frac{L}{200} \right) l_b$	96,26

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$

- $g_o = 9,81 \text{ m/s}^2$

- $p_o = 25 \text{ kN/m}^2$
- q vale 1,3 para buques con $L > 150 \text{ m}$.
- $a_v = 2,45$
- $h_s = 0$
- Altura total de tanque $H = 21,5 \text{ m}$
- b es la mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto = $2,5 \text{ m}$.
- b_t es la manga del tanque = $22,65 \text{ m}$.
- $h_p = 0,76 \text{ m}$.
- $\Delta p_{dyn} = 1,15$.
- l_b es la distancia entre mamparos transversales = 36 m
- Para calcular ϕ según Pt.3 Ch.1 Sec.4 B401 :

$$\phi = \frac{50c}{B + 75} = 0,401$$

- $c = (1,25 - 0,025 \cdot T_R)k = 0,965$
- $k = 1,2$

La presión en cubierta será la mayor de las anteriores calculadas:

$$p_{cubierta} = 96,26 \text{ kN/m}^2$$

5.4.2. Espesor de cubierta en los tanques de carga.

- 1) El espesor mínimo para una chapa de la cubierta: (Pt.3 Ch1 Sec8 C102)

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 11,75 \text{ mm}$$

- $k_a = 1,0125$
- $\sigma = 120 \cdot f_1$
- $s = 0,75 \text{ m}$

- p es la presión en cubierta = $96,26 \text{ kN/m}^2$
- t_k es el margen de corrosión que toma valor 1 por ser un tanque de carga.

2) Según el DNV en Pt3 Ch1 Sec8 C104, el espesor no será inferior a:

$$t = t_o + \frac{k \cdot L}{\sqrt{f_1}} + t_k = 12,07 \text{ mm}$$

- $t_o = 5,5$ para cubiertas de carga.
- $k=0,02$, para buques de cubierta continua.

El **espesor** con margen de la **chapa de cubierta** será de **14 mm**.

5.4.3. Espesor de la traca de trancañil.

Según DNV Pt3 Ch1 Sec7 C201 el espesor no será menor que:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} = 16 \text{ mm}$$

- t_1 es el espesor de la chapa de costado = 18 mm.
- t_2 es el espesor de la chapa de cubierta = 14 mm.

$$\mathbf{T_{trancañil} = 16 \text{ mm}}$$

5.4.4. Longitudinales de cubierta en tanques de carga.

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma} = 274,08 \text{ cm}^3$$

- l es la clara de refuerzos que vale 2000 mm.
- $s = 0,75 \text{ m}$.
- p es la presión en cubierta = $96,26 \text{ kN/m}^2$
- $w_k = 1,09 \text{ mm}$
- $\sigma = 225 \cdot f_1 - 130 \cdot f_{2d} = 95,32 \text{ N/mm}^2$

Según Pt3 Ch1 Sec8 C303, el espesor de la llanta no será inferior a:

$$t = 4,5 + k + t_k = 11 \text{ mm}$$

Mirando un catálogo de refuerzos tipo llanta de bulbo (el cual se adjunta como Anexo al final del documento), el perfil para el longitudinal del forro será:

320x12,5 con un módulo de 283,4 cm³

Esto está representado en el boceto de la cuaderna maestra en el “Anexo Cuaderna Maestra”.

5.4.5. Transversales primarios de cubierta (BAOS).

Según Pt3 Ch1 Sec8 C400, el módulo mínimo requerido es:

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma}$$

5.5. ESTRUCTURA MAMPAROS.

5.5.1. Presiones de los Mamparos.

Para el cálculo empleo la tabla B1 en Pt3 Ch1 Sec8:

ESTRUCTURA	TIPO DE CARGA	p (kN/m ²)	
Mamparo tanque en general	Lastre, bunker o carga líquida	$p_3 = (g_o + 0,5a_v)h_s$	140,4
		$p_4 = 0,67(\rho g_o h_p + \Delta p_{dyn})$	91,45
		$p_5 = \rho g_o h_s + p_o$	152,7
Mamparo longitudinal y transversal	En tanques con manga >0,4B	$p_6 = \rho g_o (0,67(h_s + \phi b) - 0,12\sqrt{H\phi b_t})$	129,89

Mamparo longitudinal	$p_7 = \rho \left(3 - \frac{B}{200} \right) b_b$	64,39
Mamparo transversal	$p_9 = \rho \left(4 - \frac{L}{100} \right) l_b$	44,91

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $g_o = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $p_o = 25 \text{ kN/m}^2$
- q vale 1,3 para buques con $L > 150 \text{ m}$.
- $a_v = 2,45$
- $h_s = 12,7 \text{ m}$ (distancia vertical desde el punto de carga hasta el techo del tanque excluyendo brazolas).
- Altura total de tanque $H = 21,5 \text{ m}$
- b es la mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto = 22,65 m.
- b_t es la manga del tanque = 22,65 m.
- $h_p = 12,7 + 0,76 \text{ m}$.
- $\Delta p_{dyn} = 1,15$.
- l_b es la distancia entre mamparos transversales = 36 m
- Para calcular ϕ según Pt.3 Ch.1 Sec.4 B401 :

$$\phi = \frac{50c}{B + 75} = 0,401$$

- $c = (1,25 - 0,025 \cdot T_R)k = 0,965$
- $k = 1,2$

Con lo que la presión en el mamparo será mayor de las calculadas:

$$P_{\text{mamparo}} = 152,70 \text{ kN/m}^2$$

5.5.2. Espesor del Mamparo Longitudinal.

El mamparo longitudinal se corresponde con el mamparo colocado en crujía, que separa la zona de carga de babor y estribor.

1) El espesor mínimo según Pt3 Ch1 Sec9 C101 será de:

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 13,22 \text{ mm}$$

- $P_{\text{mamparos}} = 152,70 \text{ kN/m}^2$
- k_a vale 1,0125
- $\sigma = 160 \cdot f_1$
- separación de refuerzos = 750 mm
- clara de refuerzos vale 2000 mm.

2) Según Pt3 Ch1 Sec9 C202, el espesor de la llanta no será menor que:

$$t = 4,5 + k + t_k = 11 \text{ mm}$$

5.5.3. Longitudinales de mamparo de crujía.

En Pt3 Ch1 Sec9 C201 se calcula el módulo como:

C 200 Longitudinals

201 The section modulus requirement for stiffeners and corrugations is given by:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3), \text{ minimum } 15 \text{ cm}^3$$
$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma} = 251,9 \text{ cm}^3$$

- $l = 2000 \text{ mm}$
- separación de refuerzos 750 mm
- $p_{\text{mamparo}} = 152,70 \text{ kN/m}^2$
- $w_k = 1 + 0,06 \cdot t_k = 1,06 \text{ mm}$ (refuerzos tipo bulbo).
- $\sigma = 160 \cdot f_1$

El espesor de la llanta según Pt3 Ch1 Sec9 C202 no será inferior a:

$$t = 4,5 + k + t_k = 10,5 \text{ mm}$$

El perfil para el longitudinal del forro del tanque lateral es:

300x13 con un módulo de 254,9 cm³

Esto está representado en el boceto de la cuaderna maestra en el “Anexo Cuaderna Maestra”.

5.5.4. Refuerzos transversales en mamparos longitudinales.

1) El módulo mínimo requerido según Pt3 Ch1 Sec9 C302:

C 300 Vertical and transverse stiffeners on tank, wash, dry bulk cargo, collision and watertight bulkheads

301 Transverse bulkheads for ballast and bulk cargo holds are normally built with strength members only in the vertical direction (corrugations or double plane bulkheads), having unsupported spans from deck to inner bottom. In larger ships, stool tanks are often arranged at the lower and upper end of the bulkhead. The scantlings of such bulkheads are normally to be based on a direct calculation, taking into account the reactions and supporting effect from double bottom and deck structure, see Sec.12.

302 The section modulus requirement for simple stiffeners and corrugations is given by:

$$Z = \frac{1000 l^2 s p w_k}{\sigma_m} \quad (\text{cm}^3)$$

$$Z = \frac{1000 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma \cdot m} = 287,75 \text{ kN/m}^2$$

- $l = 2000 \text{ mm}$
- $s = 750 \text{ mm}$
- $p_{\text{mamparos}} = 152,70 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma = 160f_1$
- $w_k = 1 + 0,005 \cdot t_{kw} = 1,005 \text{ mm}$, para refuerzos tipo T.
- Para refuerzo transversal $m = 10$.

- 2) El espesor del alma y ala no será menor que el valor dado por Pt3 Ch1 Sec9 C303 :

$$t = 5 + \frac{k \cdot L}{\sqrt{f_1}} + t_k = 9 \text{ mm}$$

5.5.5. Mamparos longitudinales de doble costado.

- 1) Estos mamparos separan el tanque de lastre del tanque de carga. El espesor mínimo para estos mamparos lo marca el DNV en Pt3 Ch1 Sec9 C101:

C 100 Bulkhead plating

101 The thickness requirement corresponding to lateral pressure is given by:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = \frac{15,8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = 11,72 \text{ mm}$$

- $p_{\text{mamparo}} = 152,70 \text{ kN/m}^2$
 - $k_a = 1,0125$
 - $s = 750 \text{ mm}$
 - $\sigma = 160f_1$
 - t_k toma valor de 1,5 por ser un tanque de lastre.
- 2) Según Pt3 Ch1 Sec9 C102, el espesor no debe ser menor que:

$$t = 5 + \frac{k \cdot L}{\sqrt{f_1}} + t_k = 14,5 \text{ mm}$$

- $k = 0,02$, para mamparos longitudinales de doble casco en petroleros.

- 3) Según Pt.3 Ch1 Sec9 C104, el espesor no será menor que:

104 In longitudinal bulkheads within the cargo area the thickness shall not be less than:

$$t = \frac{1000s}{120 - 3\sqrt{L_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = \frac{1000s}{120 - 3\sqrt{L_1}} + t_k = 12,22 \text{ mm}$$

El **espesor** con margen para el **mamparo longitudinal del tanque** será de **16 mm**.

4 CÁLCULO DEL MÓDULO Y DE LA INERCIA

Una vez realizado el escantillón de la cuaderna maestra se procede a realizar el cálculo del módulo y de la inercia de dicha sección, y para ello se tendrán en cuenta únicamente aquellos elementos que influyen en la resistencia longitudinal. A continuación se muestra una tabla en con los cálculos y posteriormente el cálculo del módulo de la cubierta y del fondo, así como de la inercia, y se compararán con el modulo e inercia mínimos.

Se debe tener en cuenta que para el cálculo del escantillonado no se tuvo en cuenta los excesos de módulo de la cubierta y del fondo, por lo que sería necesario dar una segunda vuelta al cálculo, realizando previamente la resistencia longitudinales y teniendo en cuenta estos valores, para así ajusta de manera más precisa los módulos de los refuerzos siendo la espiral del diseño.

		numero	longitud cm	t cm	Area cm^2	zg Cenro de gravedad desde LB	A·ZG	A·zg^2	Ipropia	Ipropia+A·zg^2
Chapa de quilla		1	220	2,4	528	1,2	633,6	513550266	253,44	513550519,4
Chapa de fondo		16	220	1,9	6688	0,95	6353,6	6508268379	2011,973333	6508270391
		2	145	1,9	551	0,95	523,45	536192565	165,7591667	536192731,1
chapa de doble fondo		16	220	1,8	6336	250,9	1589702,4	3437052497	1710,72	3437054207
Chapas de costado BR y ER	ALTURA 1	2	220	1,8	792	495	392040	192043407	3194400	195237807,4
	ALTURA 2	2	220	1,8	792	715	566280	58777122	3194400	61971521,99
	ALTURA 3	2	220	1,8	792	935	740520	2176436,61	3194400	5370836,605
	ALTURA 4	2	220	1,8	792	1155	914760	22241351,2	3194400	25435751,22
	ALTURA 5	2	220	1,8	792	1375	1089000	118971866	3194400	122166265,8
	ALTURA 6	2	220	1,8	792	1595	1263240	292367980	3194400	295562380,5
	ALTURA 7	2	220	1,8	792	1815	1437480	542429695	3194400	545624095,1
	ALTURA 8	2	220	1,8	792	2035	1611720	869157010	3194400	872351409,7
	ALTURA 9	2	220	1,8	792	2255	1785960	1272549924	3194400	1275744324
Chapa mamparo crujia	ALTURA 1	1	220	1,7	374	495	185130	90687164,6	1508466,667	92195631,26
	ALTURA 2	1	220	1,6	352	715	251680	26123165,3	1419733,333	27542898,66
	ALTURA 3	1	220	1,5	330	935	308550	906848,586	1331000	2237848,586
	ALTURA 4	1	220	1,5	330	1155	381150	9267229,68	1331000	10598229,68
	ALTURA 5	1	220	1,4	308	1375	423500	46266836,7	1242266,667	47509103,38
	ALTURA 6	1	220	1,3	286	1595	456170	105577326	1153533,333	106730859,6
	ALTURA 7	1	220	1,3	286	1815	519090	195877390	1153533,333	197030923,2
	ALTURA 8	1	220	1,3	286	2035	582010	313862253	1153533,333	315015786,8
	ALTURA 9	1	220	1,3	286	2255	644930	459531917	1153533,333	460685450,4
Chapa cubierta resistente		20	220	1,4	6160	2400	14784000	1,2292E+10	24845333,33	12316371878

costados tanques BR y ER	ALTURA 1	2	220	1,7	748	495	370260	181374329	3016933,333	184391262,5
	ALTURA 2	2	220	1,6	704	715	503360	52246330,7	2839466,667	55085797,32
	ALTURA 3	2	220	1,5	660	935	617100	1813697,17	2662000	4475697,171
	ALTURA 4	2	220	1,5	660	1155	762300	18534459,4	2662000	21196459,35
	ALTURA 5	2	220	1,4	616	1375	847000	92533673,4	2484533,333	95018206,76
	ALTURA 6	2	220	1,3	572	1595	912340	211154653	2307066,667	213461719,2
	ALTURA 7	2	220	1,3	572	1815	1038180	391754780	2307066,667	394061846,4
	ALTURA 8	2	220	1,3	572	2035	1164020	627724507	2307066,667	630031573,7
	ALTURA 9	2	220	1,3	572	2255	1289860	919063834	2307066,667	921370900,9
Vagra estanca		11	250	1,7	4675	125	584375	3477129644	24348958,33	3501478603
ESLORAS		11	250	1,7	4675	2400	11220000	9328390681	24348958,33	9352739639
palmejares		1	250	1,2	300	1056,7	317010	1439848,27	1562500	3002348,27
palmejares		1	250	1,2	300	1056,7	317010	1439848,27	1562500	3002348,27
FONDO		54	430x17		5544,72	21,5	119211,48	5173249109	1014887,88	5174263997
DOBLE FONDO		46	300x13		2425,58	235	570011,3	1373213716	216505,44	1373430221
OSTADO BR	ALTURA 1	1	340x14		65,54	456,8	29938,672	18453396,6	138,47	18453535,08
	ALTURA 2	1			65,54	531,8	34854,172	13605518	138,47	13605656,45
	ALTURA 3	1	320X14		60,54	606,8	36735,672	8770600,28	112,48	8770712,759
	ALTURA 4	1			60,54	681,8	41276,172	5654712,87	112,48	5654825,347
	ALTURA 5	1	320X12		54,19	756,8	41010,992	2882167,26	100,69	2882267,946
	ALTURA 6	1			54,19	831,8	45075,242	1312378,19	100,69	1312478,875
	ALTURA 7	1	300X12		49,73	906,8	45095,164	323237,305	80,39	323317,6949
	ALTURA 8	1			49,73	981,8	48824,914	1571,59666	80,39	1651,986659
	ALTURA 9	1	280X12		45,42	1056,8	47999,856	218622,807	63,29	218686,0972
	ALTURA 10	1			45,42	1131,8	51406,356	946785,225	63,29	946848,5148
	ALTURA 11	1	260X12		41,25	1206,8	49780,5	1985233,58	45,86	1985279,436
	ALTURA12	1			41,25	1281,8	52874,25	3574668,57	45,86	3574714,425
	ALTURA13	1	230X11		32,97	1356,8	44733,696	4498439,63	27,94	4498467,572
	ALTURA 14	1			32,97	1431,8	47206,446	6510656,67	27,94	6510684,611

	ALTURA 15	1	230X11	32,97	1506,8	49679,196	8893786,21	27,94	8893814,15
	ALTURA 16	1		32,97	1581,8	52151,946	11647828,2	27,94	11647856,19
	ALTURA 17	1	230X11	32,97	1656,8	54624,696	14772782,8	27,94	14772810,73
	ALTURA 18	1		32,97	1731,8	57097,446	18268649,8	27,94	18268677,77
	ALTURA 19	1	230X11	32,97	1806,8	59570,196	22135429,4	27,94	22135457,31
	ALTURA 20	1		32,97	1881,8	62042,946	26373121,4	27,94	26373149,34
	ALTURA 21	1	230X11	32,97	1956,8	64515,696	30981725,9	27,94	30981753,88
	ALTURA 22	1		32,97	2031,8	66988,446	35961243	27,94	35961270,92
	ALTURA 23	1	230X11	32,97	2106,8	69461,196	41311672,5	27,94	41311700,46
	ALTURA 24	1		32,97	2181,8	71933,946	47033014,6	27,94	47033042,5
COSTADO ER	ALTURA 1	1	340x14	65,54	456,8	29938,672	18453396,6	138,47	18453535,08
	ALTURA 2	1		65,54	531,8	34854,172	13605518	138,47	13605656,45
	ALTURA 3	1	320X14	60,54	606,8	36735,672	8770600,28	112,48	8770712,759
	ALTURA 4	1		60,54	681,8	41276,172	5654712,87	112,48	5654825,347
	ALTURA 5	1	320X12	54,19	756,8	41010,992	2882167,26	100,69	2882267,946
	ALTURA 6	1		54,19	831,8	45075,242	1312378,19	100,69	1312478,875
	ALTURA 7	1	300X12	49,73	906,8	45095,164	323237,305	80,39	323317,6949
	ALTURA 8	1		49,73	981,8	48824,914	1571,59666	80,39	1651,986659
	ALTURA 9	1	280X12	45,42	1056,8	47999,856	218622,807	63,29	218686,0972
	ALTURA 10	1		45,42	1131,8	51406,356	946785,225	63,29	946848,5148
	ALTURA 11	1	260X12	41,25	1206,8	49780,5	1985233,58	45,86	1985279,436
	ALTURA12	1		41,25	1281,8	52874,25	3574668,57	45,86	3574714,425
	ALTURA13	1	230X11	32,97	1356,8	44733,696	4498439,63	27,94	4498467,572
	ALTURA14	1		32,97	1431,8	47206,446	6510656,67	27,94	6510684,611
	ALTURA15	1	230X11	32,97	1506,8	49679,196	8893786,21	27,94	8893814,15
	ALTURA16	1		32,97	1581,8	52151,946	11647828,2	27,94	11647856,19
	ALTURA17	1	230X11	32,97	1656,8	54624,696	14772782,8	27,94	14772810,73
	ALTURA18	1		32,97	1731,8	57097,446	18268649,8	27,94	18268677,77
	ALTURA19	1	230X11	32,97	1806,8	59570,196	22135429,4	27,94	22135457,31
	ALTURA20	1		32,97	1881,8	62042,946	26373121,4	27,94	26373149,34

	ALTURA21	1	230X11	32,97	1956,8	64515,696	30981725,9	27,94	30981753,88
	ALTURA22	1		32,97	2031,8	66988,446	35961243	27,94	35961270,92
	ALTURA23	1	230X11	32,97	2106,8	69461,196	41311672,5	27,94	41311700,46
	ALTURA24	1		32,97	2181,8	71933,946	47033014,6	27,94	47033042,5
DOBLE COSTADO BR	ALTURA 1	1	370X13	69,64	456,8	31811,552	19607789,7	176,62	19607966,36
	ALTURA 2	1		69,64	531,8	37034,552	14456641,3	176,62	14456817,94
	ALTURA 3	1	340X15	68,94	606,8	41832,792	9987531,93	145,8	9987677,733
	ALTURA 4	1		68,94	681,8	47003,292	6439311,28	145,8	6439457,083
	ALTURA 5	1	340X13	62,18	756,8	47057,824	3307126,04	131,44	3307257,478
	ALTURA 6	1		62,18	831,8	51721,324	1505880,71	131,44	1506012,148
	ALTURA 7	1	320X13	57,39	906,8	52041,252	373026,12	106,51	373132,6297
	ALTURA 8	1		57,39	981,8	56345,502	1813,67248	106,51	1920,182476
	ALTURA 9	1	300X13	52,73	1056,8	55725,064	253808,468	85,27	253893,7381
	ALTURA 10	1		52,73	1131,8	59679,814	1099163,03	85,27	1099248,302
	ALTURA 11	1	280X13	48,22	1206,8	58191,896	2320677,89	67,37	2320745,261
	ALTURA12	1		48,22	1281,8	61808,396	4178679,23	67,37	4178746,599
	ALTURA13	1	260X13	43,85	1356,8	59495,68	5982911,07	52,45	5982963,517
	ALTURA14	1		43,85	1431,8	62784,43	8659153,63	52,45	8659206,075
	ALTURA15	1	240X12	37,23	1506,8	56098,164	10042937,8	37,39	10042975,23
	ALTURA16	1		37,23	1581,8	58890,414	13152825,2	37,39	13152862,56
	ALTURA17	1	220X11,5	32,24	1656,8	53415,232	14445693,6	26,87	14445720,44
	ALTURA18	1		32,24	1731,8	55833,232	17864157,4	26,87	17864184,3
	ALTURA19	1	220X11	31,14	1806,8	56263,752	20906802,3	25,83	20906828,09
	ALTURA20	1		31,14	1881,8	58599,252	24909281,2	25,83	24909307,01
	ALTURA21	1	220X11	31,14	1956,8	60934,752	29262085,1	25,83	29262110,93
	ALTURA22	1		31,14	2031,8	63270,252	33965214	25,83	33965239,86
	ALTURA23	1	220X11	31,14	2106,8	65605,752	39018668	25,83	39018693,78
	ALTURA24	1		31,14	2181,8	67941,252	44422446,9	25,83	44422472,7
DOBLE COSTADO ER	ALTURA 1	1	370x13	69,64	456,8	31811,552	19607789,7	176,62	19607966,36
	ALTURA 2	1		69,64	531,8	37034,552	14456641,3	176,62	14456817,94

	ALTURA 3	1	340x15	68,94	606,8	41832,792	9987531,93	145,8	9987677,733	
	ALTURA 4	1		68,94	681,8	47003,292	6439311,28	145,8	6439457,083	
	ALTURA 5	1	340x13	62,18	756,8	47057,824	3307126,04	131,44	3307257,478	
	ALTURA 6	1		62,18	831,8	51721,324	1505880,71	131,44	1506012,148	
	ALTURA 7	1	320x13	57,39	906,8	52041,252	373026,12	106,51	373132,6297	
	ALTURA 8	1		57,39	981,8	56345,502	1813,67248	106,51	1920,182476	
	ALTURA 9	1	300x13	52,73	1056,8	55725,064	253808,468	85,27	253893,7381	
	ALTURA 10	1		52,73	1131,8	59679,814	1099163,03	85,27	1099248,302	
	ALTURA 11	1	280x13	48,22	1206,8	58191,896	2320677,89	67,37	2320745,261	
	ALTURA12	1		48,22	1281,8	61808,396	4178679,23	67,37	4178746,599	
	ALTURA13	1	260x13	43,85	1356,8	59495,68	5982911,07	52,45	5982963,517	
	ALTURA14	1		43,85	1431,8	62784,43	8659153,63	52,45	8659206,075	
	ALTURA15	1	240x12	37,23	1506,8	56098,164	10042937,8	37,39	10042975,23	
	ALTURA16	1		37,23	1581,8	58890,414	13152825,2	37,39	13152862,56	
	ALTURA17	1	220x11,5	32,24	1656,8	53415,232	14445693,6	26,87	14445720,44	
	ALTURA18	1		32,24	1731,8	55833,232	17864157,4	26,87	17864184,3	
	ALTURA19	1	220x11	31,14	1806,8	56263,752	20906802,3	25,83	20906828,09	
	ALTURA20	1		31,14	1881,8	58599,252	24909281,2	25,83	24909307,01	
	ALTURA21	1	220x11	31,14	1956,8	60934,752	29262085,1	25,83	29262110,93	
	ALTURA22	1		31,14	2031,8	63270,252	33965214	25,83	33965239,86	
	ALTURA23	1	220x11	31,14	2106,8	65605,752	39018668	25,83	39018693,78	
	ALTURA24	1		31,14	2181,8	67941,252	44422446,9	25,83	44422472,7	
	mamparo tanques	ALTURA 1	1	370x13	69,64	456,8	31811,552	19607789,7	176,62	19607966,36
		ALTURA 2	1		69,64	531,8	37034,552	14456641,3	176,62	14456817,94
ALTURA 3		1	340x15	68,94	606,8	41832,792	9987531,93	145,8	9987677,733	
ALTURA 4		1		68,94	681,8	47003,292	6439311,28	145,8	6439457,083	
ALTURA 5		1	340x13	62,18	756,8	47057,824	3307126,04	131,44	3307257,478	
ALTURA 6		1		62,18	831,8	51721,324	1505880,71	131,44	1506012,148	
ALTURA 7		1	320x13	57,39	906,8	52041,252	373026,12	106,51	373132,6297	
ALTURA 8		1		57,39	981,8	56345,502	1813,67248	106,51	1920,182476	

	ALTURA 9	1	300x13	52,73	1056,8	55725,064	253808,468	85,27	253893,7381
	ALTURA 10	1		52,73	1131,8	59679,814	1099163,03	85,27	1099248,302
	ALTURA 11	1	280x13	48,22	1206,8	58191,896	2320677,89	67,37	2320745,261
	ALTURA12	1		48,22	1281,8	61808,396	4178679,23	67,37	4178746,599
	ALTURA13	1	260x13	43,85	1356,8	59495,68	5982911,07	52,45	5982963,517
	ALTURA14	1		43,85	1431,8	62784,43	8659153,63	52,45	8659206,075
	ALTURA15	1	240x12	37,23	1506,8	56098,164	10042937,8	37,39	10042975,23
	ALTURA16	1		37,23	1581,8	58890,414	13152825,2	37,39	13152862,56
	ALTURA17	1	220x11,5	32,24	1656,8	53415,232	14445693,6	26,87	14445720,44
	ALTURA18	1		32,24	1731,8	55833,232	17864157,4	26,87	17864184,3
	ALTURA19	1	220x11	31,14	1806,8	56263,752	20906802,3	25,83	20906828,09
	ALTURA20	1		31,14	1881,8	58599,252	24909281,2	25,83	24909307,01
	ALTURA21	1	220x11	31,14	1956,8	60934,752	29262085,1	25,83	29262110,93
	ALTURA22	1		31,14	2031,8	63270,252	33965214	25,83	33965239,86
	ALTURA23	1	220x11	31,14	2106,8	65605,752	39018668	25,83	39018693,78
	ALTURA24	1		31,14	2181,8	67941,252	44422446,9	25,83	44422472,7
Cubierta resistente		20	320x12,5	1115,8	2384	2660067,2	2176291108	113395	2176404503
				Σ 60394,1	Σ 59634439,93	Σ 53704599613			

En la tabla siguiente se muestran los valores del eje neutro, módulos de cubierta y fondo e inercia, así como los valores mínimos que deben tener.

	Valor real	Valor mínimo
EJE neutro	987,42	-
Módulo de la cubierta	38018846	12996090,57
Modulo del fondo	54388722	12996090,57
Inercia	53704599613	48375653670

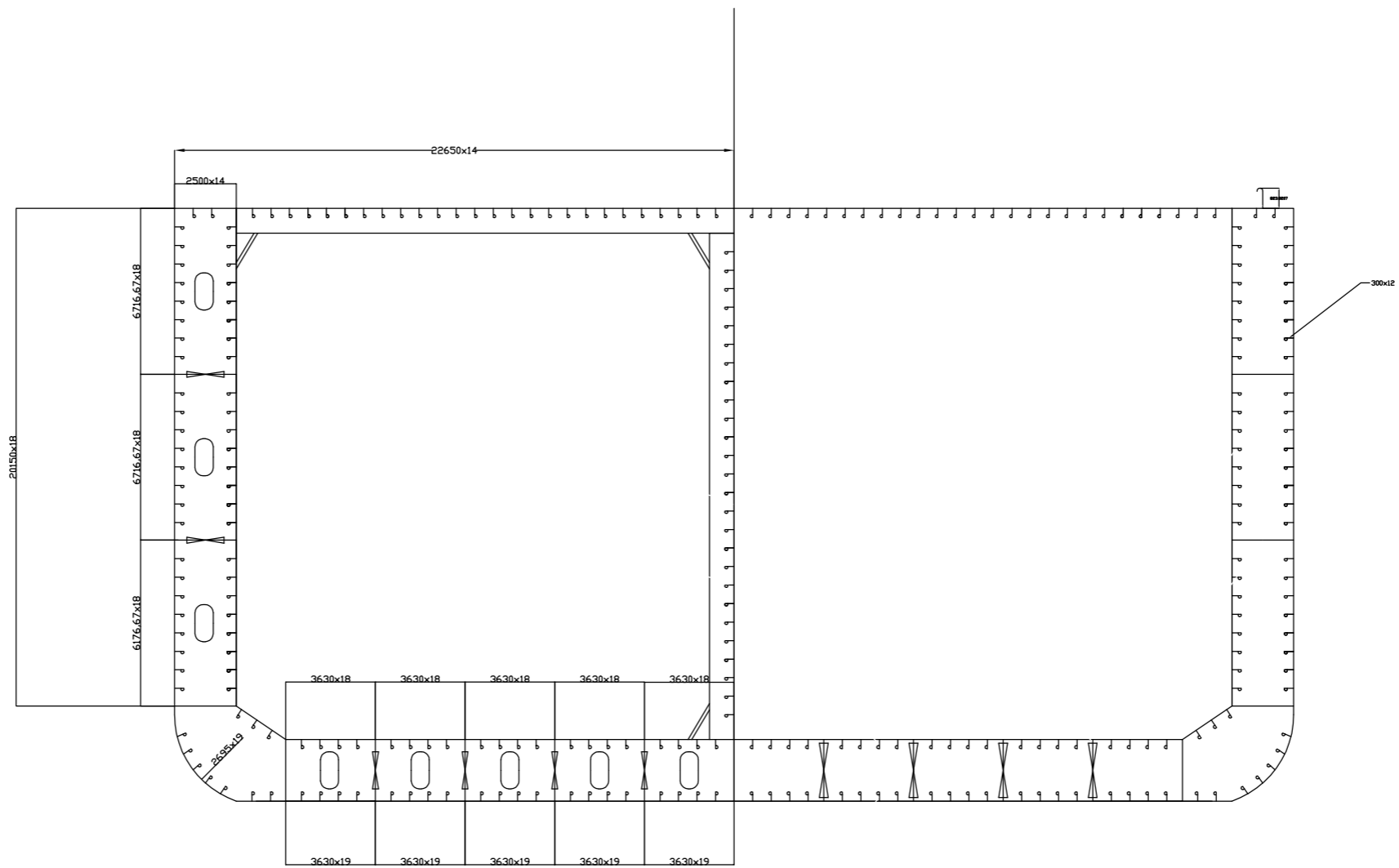
$$Eje\ Neutro = Z_{en} = \frac{A \cdot Z_g}{A} = \frac{59634439,93}{60394} = 987,42\ cm$$

$$Módulo\ de\ la\ cubierta = W_c = \frac{Inercia}{Z_{cubierta} - Z_{EN}} = \frac{53704599613}{2400 - 987,42} = 38018846\ cm^3$$

$$Módulo\ del\ fondo = W_f = \frac{Inercia}{Z_{EN}} = \frac{53704599613}{987,42} = 54388722\ cm^3$$

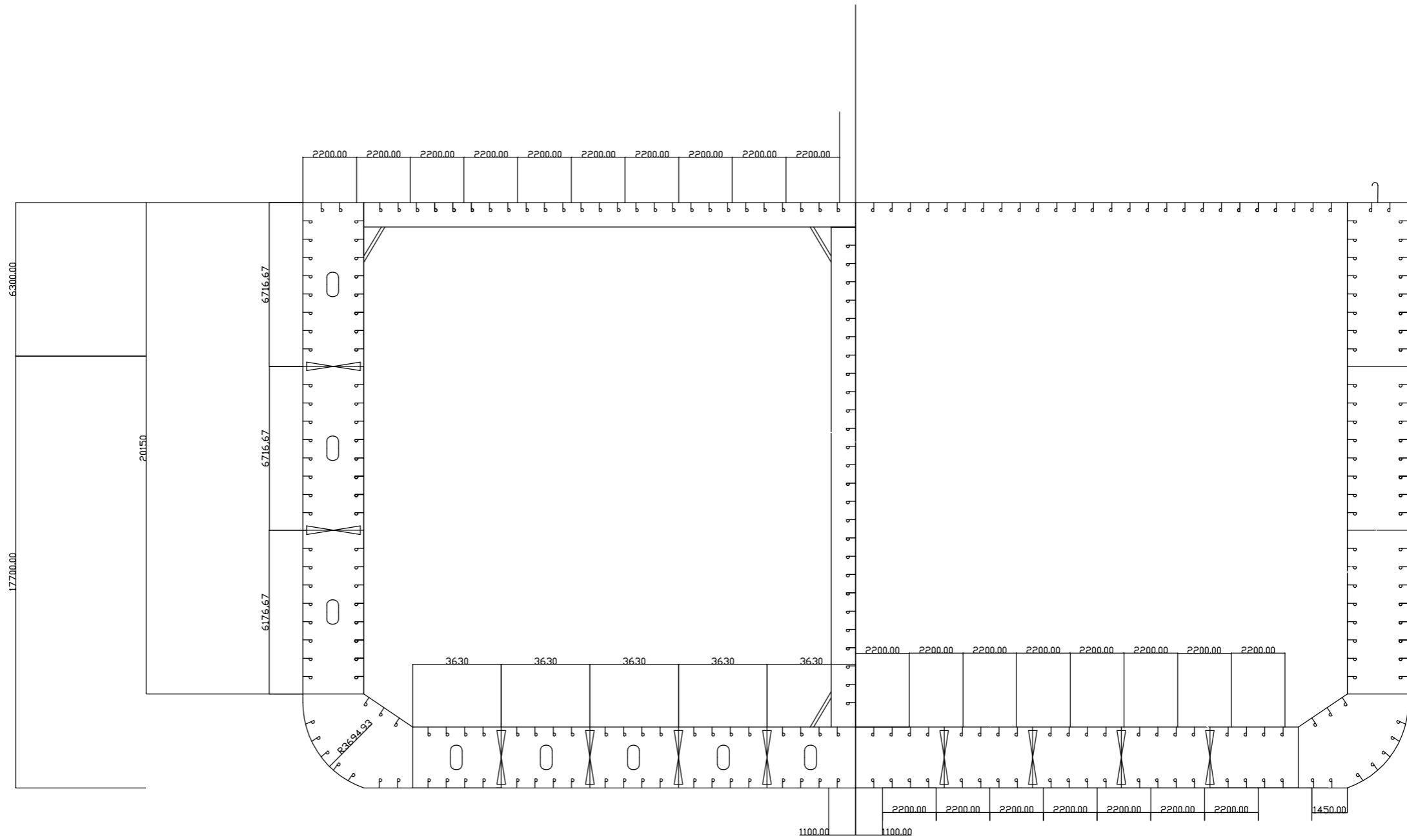
Como se puede observar los valores obtenidos son mucho mayores que los mínimos, por lo que volviendo a hacer los cálculos en una segunda e incluso tercera vuelta se podrían afinar más estos resultados, disminuyendo así los espesores y módulos, lo que conllevaría una reducción del peso de aceros.

ANEXO II “BOCETO CUADERNA MAESTRA Y CÁLCULOS DE ESPESORES”

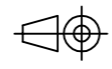


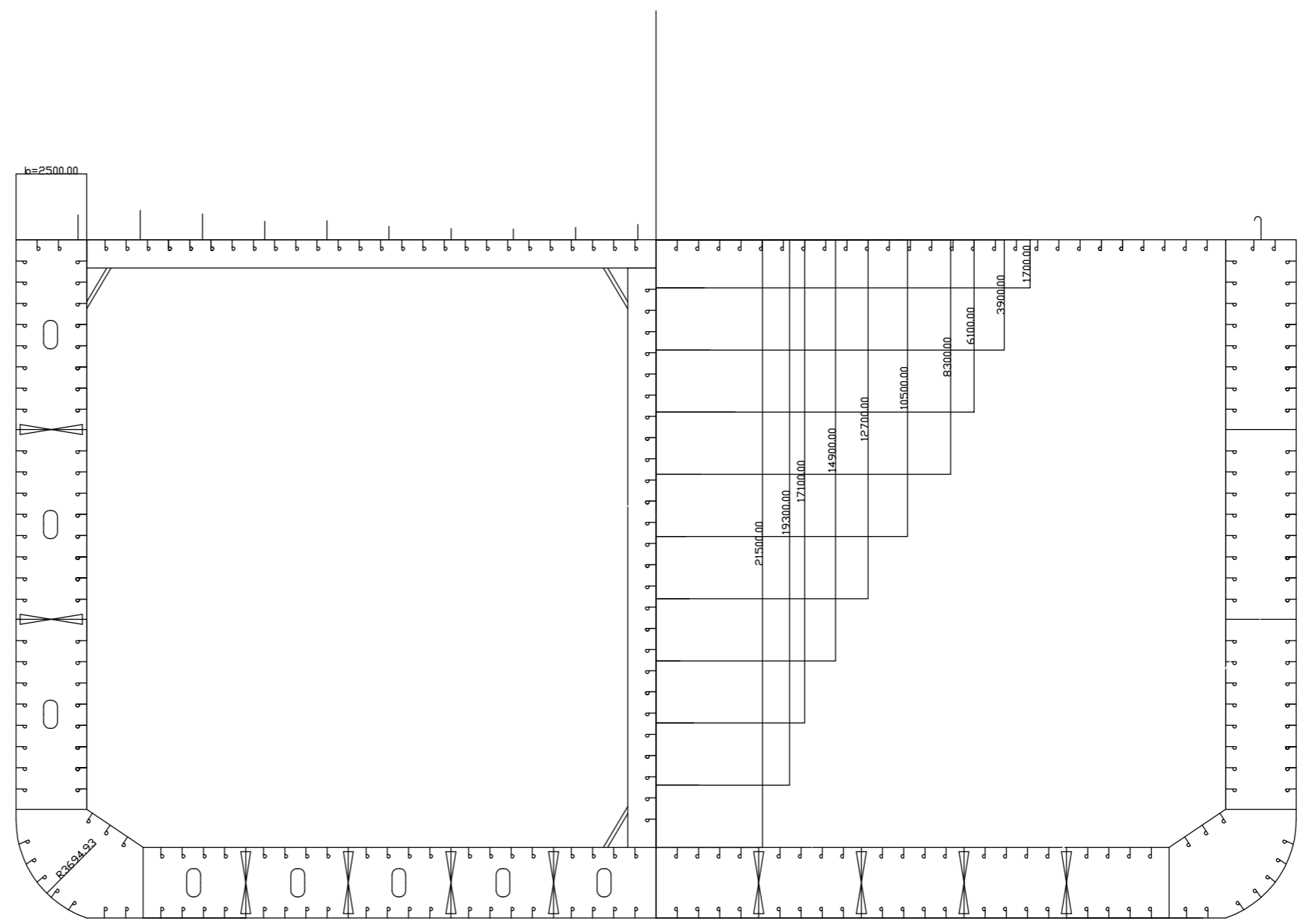
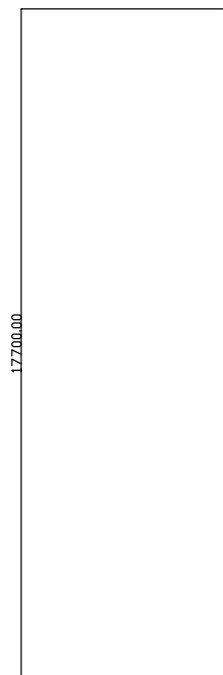
ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE FERROL

ALUMNO	PABLO MARTINEZ MARTINEZ		
TRABAJO	CUADERNA MAESTRA	NUMERO	ESCALA
		1/1	1/250
			FECHA
			23/04/2018

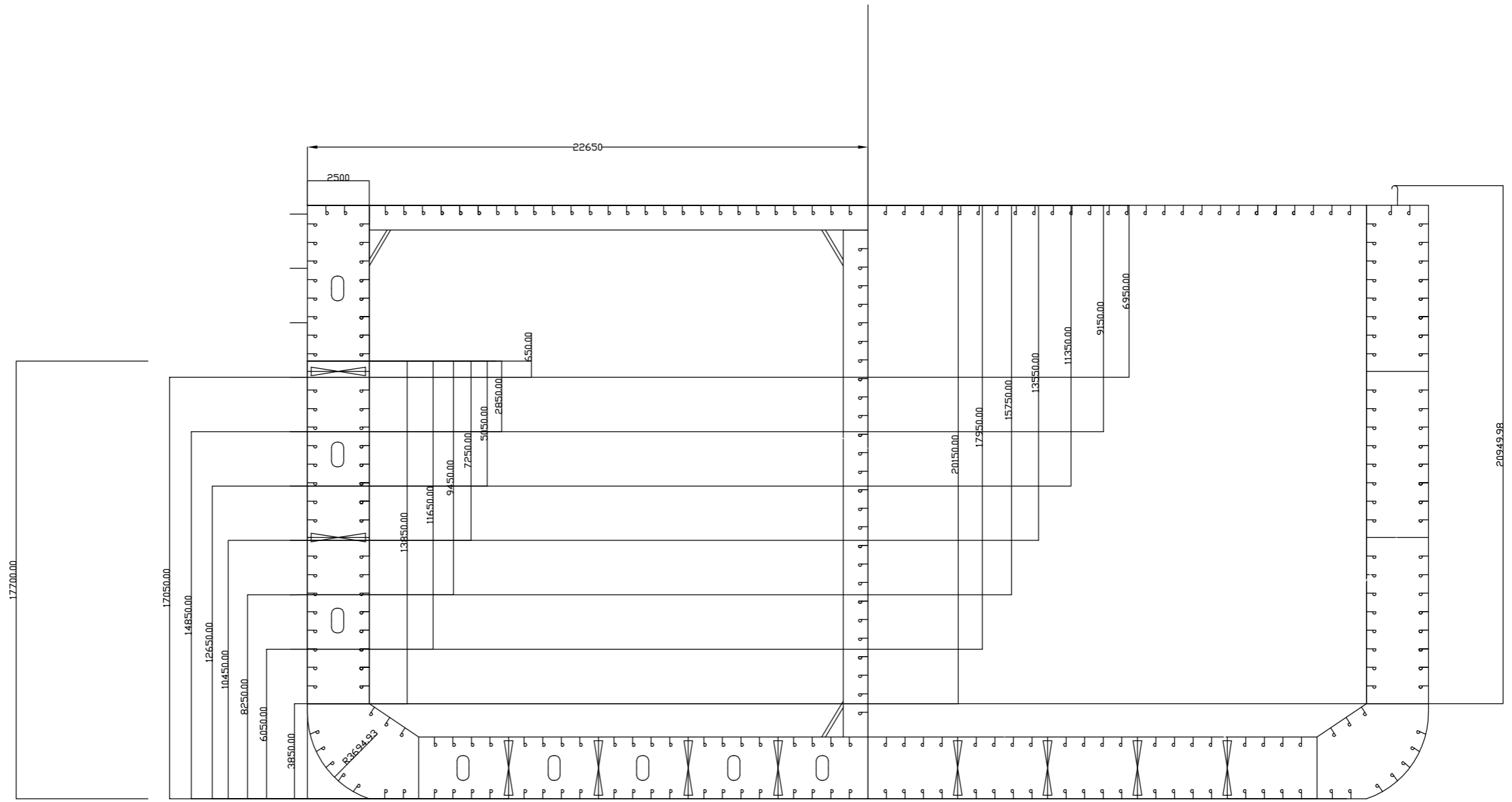


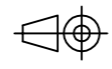
ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE FERROL

ALUMNO	PABLO MARTINEZ MARTINEZ		
TRABAJO	 CÁLCULO CHAPA DE CUBIERTA y FONDO	NUMERO	ESCALA
		1/1	1/200
			FECHA



ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE FERROL			
ALUMNO	PABLO MARTINEZ MARTINEZ		
TRABAJO	 CÁLCULO CHAPA DEL MAMPARO	NUMERO	ESCALA
		1/1	1/200
			24/04/2018

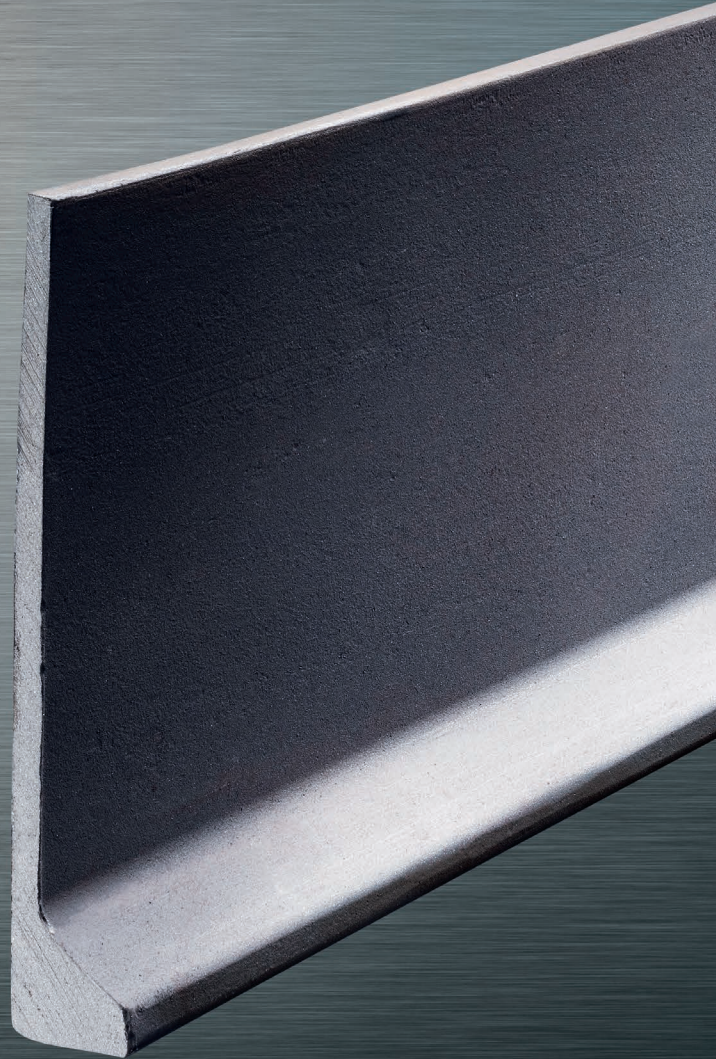


ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE FERROL			
ALUMNO	PABLO MARTINEZ MARTINEZ		
TRABAJO	 CÁLCULO CHAPA DEL FORRO	NUMERO	ESCALA
		1/1	1/200
			FECHA
			24/04/2018

ANEXO III “CATÁLOGO DE REFUERZOS”



**BRITISH
STEEL**



Bulb Flats

Light weight corrosion resistant
solution for plate stiffening

BUILDING STRONGER FUTURES

aircraft carrier
alliance



aircraft carrier
alliance
Delivering the Nation's Flagships
BAE SYSTEMS
THALES
YXON

Prepared To Work Safely? Then Welcome Aboard

aircraft carrier
alliance
Delivering the Nation's Flagships
BAE SYSTEMS
THALES
YXON

Introducing British Steel

British Steel is a world leader in the production of steel with facilities across the UK and France, supplying high quality steel products around the world.

What makes us different is our approach to business. We build collaborative relationships that create new success for our customers, delivering a wide range of products and services either direct to end users or through our extensive stockist network.

We offer guidance and solutions to our customers from the very early design stage to deliver real benefits through optimisation of fabrication and process routes.

CONTENTS

Introduction to steel bulb flats	4
Dimensional tolerances	5-8
Steel types and grades	9
Dimensions and properties	10-11

Introduction to steel bulb flats

Bulb flats are the most cost-effective, efficient and corrosion-resistant solution for plate stiffening requirements. Key advantages include an excellent strength to weight ratio delivering buckling resistance at a lower weight than with flat bars or angles.

The rounded edges of the bulb profile mean there is no need for edge grinding prior to painting, saving time and money during fabrication. Paint degradation and the build up of corrosive debris is also reduced, extending life performance.

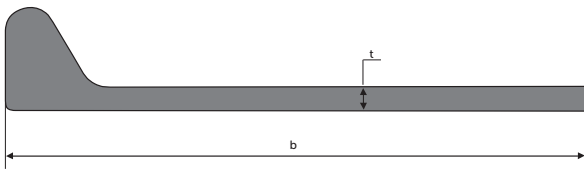
Traceability

At British Steel, we have complete control of our products from receipt of raw iron ore at our port facility, through our blast furnace & concast steel production, to being rolled into the final product at our mill, in the north east of England. Each bulb flat bar has a unique bar identity which allows complete traceability from steelmaking to the finished product.

We hold a wide range of Ship Society Classification Approvals giving our customers the confidence that their fabrication will be using steel components in full compliance with the relevant industry approval standards.

Our production facilities are certified to ISO9001 and ISO14001.

Dimensions



Width, b (mm)	160-430
Thickness, t (mm)	7-20
Length (m)	6-16.5*

*Short cuts and longer lengths up to 18m available on request.

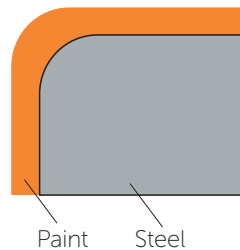
Email: specialprofiles@longssteel.com

Services

- Bulb flats can be shotblasted, to SA2.5, and primed using a range of industry standard pre-fabrication primers for enhanced fabrication performance and product protection.
- Grinding of bulb flats for improved weld edge and width tolerances, making automated fabrication quicker and more accurate .
- Flexible and regular rolling programme of all our products to offer closer project schedule adherence.
- Local representation from our network of international offices.

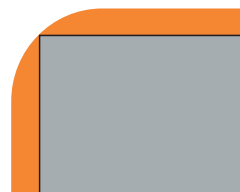
Enhanced paint protection

Bulb flats are manufactured with rounded edges, eliminating the need for the labour-intensive and costly grinding process needed to meet new International Maritime Organisation guidelines and enhancing paint adherence for reduced corrosion.



Bulb flat steel

Uniform paint thickness provides longer lasting protection against degradation.



Alternative steel for plate stiffening

Square edge results in uneven paint distribution therefore offers limited protection against degradation.

Steel types and grades

Special Profiles operations are in accordance with ISO9001:2008

British Steel also have approval of the world's leading classification societies such as: ABS, CCS, BV, DNVGL, LRS and RINA. Other societies available on request.

Our on site LRS inspection and mode 1 approval means material ordered to standard specifications can be available for despatch approx 2 weeks from date of rolling, 3 weeks for all other societies.

Below is a list of sample grades we regularly produce.

Shipbuilding steels

Strength	Grade	
Normal	A, B	■
	D	■
	E	■
High strength	A32	■
	D32	■
	A36	■
	D36	■
	E36	■

Grades that are held in bloom stock, readily available to roll in the next available capacity ■

The following grades are within our capability and steel is made to order ■

Other grades may also be available upon request.

Additional project specs may be considered for larger volume orders

Structural steels

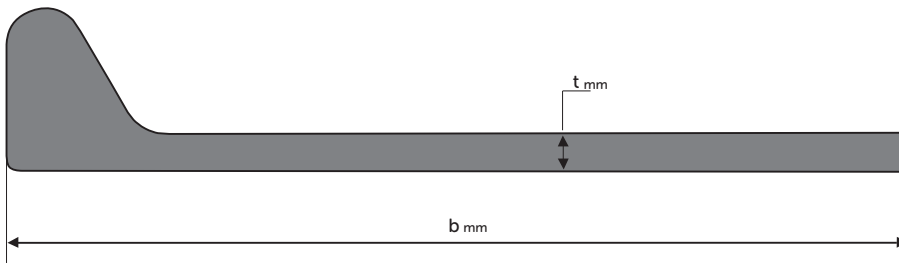
Euronorm	Grade	
ASTM	A572 Gr50	
	S235JR+AR	■
	S235J0+AR	■
EN10025-2	S235J2+AR	■
	S275JR+AR	■
	S275J0+AR	■
	S275J2+AR	■
	S355JR+AR	■
	S355J0+AR	■
	S355J2+AR	■
	S355M	■
EN10025-4	S355M	■
EN10225	G11	■
	G12	■



Photo courtesy of: Aircraft Carrier Alliance

Dimensional tolerances

1.0 Dimensions



1.1 Width

Width b, (mm)	EN10067 Standard	Special 1	Special 2
$\geq 160 \leq 180$	$\pm 2.0\text{mm}$	$\pm 2.0\text{mm}$	$\pm 1.5 \text{ mm}$
$\geq 180 \leq 300$	$\pm 3.0\text{mm}$	$\pm 2.2\text{mm}$	$\pm 1.7 \text{ mm}$
$\geq 300 \leq 430$	$\pm 4.00\text{mm}$	$\pm 3.0\text{mm}$	$\pm 2.0 \text{ mm}$

Our special width tolerances are achieved through an offline 100% weld edge grinding process. This ensures clean flat edges for superior welding.

Even closer tolerances may be accepted after special agreement.

1.2 Thickness

Thickness **t** tolerances for different widths ranges.

Width b, (mm)	EN10067 Standard	Special 1
$\geq 160 \leq 180$	-0.3 / + 1.0mm	-0.2 / + 0.6mm
$> 180 \leq 300$	-0.4 / + 1.0mm	-0.3 / + 0.6mm
$> 300 \leq 430$	-0.4 / + 1.2mm	-0.3 / + 0.6mm

1.3 Length

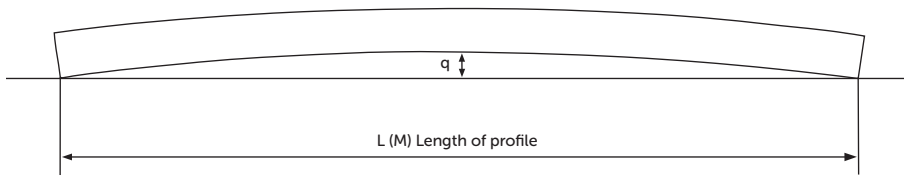
Closer tolerances may be achieved by special agreement.

Length, L	EN10067 Standard
All	-0 / + 100 mm

Individual lengths between 6m and 16.5m are available as a standard stackable length. Lengths outside this range (1.5m to 18m) may be available on request on a limited tonnage basis.

1.4 Straightness - bow and camber

As measured over the length of the bar.



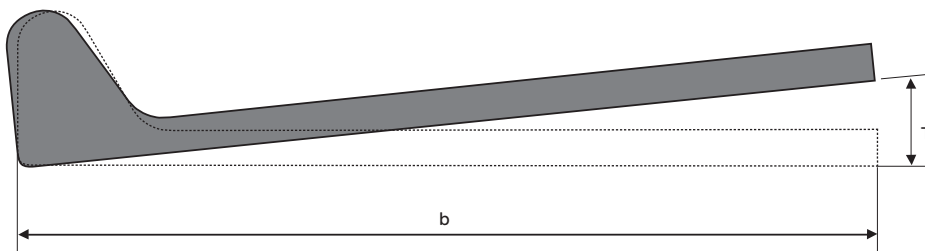
Length	EN10067 Standard	Special 1	Special 2
L ≤ 18m	$q \leq 0.0035 \times L$	$q \leq 0.0025 \times L$	$q \leq 0.00125 \times L$

1.5 Twist

The permissible degree of twist is given as the following:

Length	Standard	Special 1
All	0.5°/m	0.35°/m

Twist can be difficult to measure and is easiest to measure converted into Torsion by measuring the Torsion **T** in mm and applying the following calculations:



Torsion, T (mm) = width (mm) x sin tol degree, x length (M)

Torsion: $T = b \times \sin 0.35^\circ \times L$ - Special steel 1

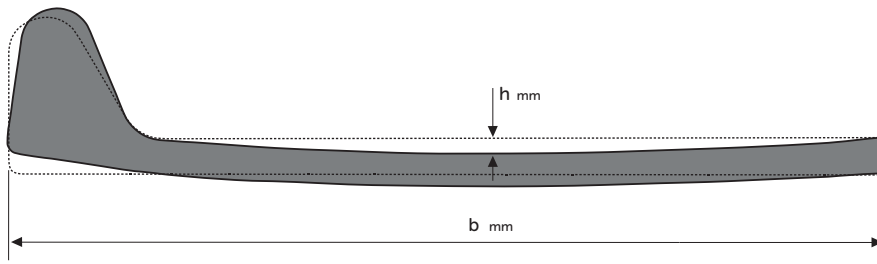
Torsion: $T = b \times \sin 0.5^\circ \times L$ - Standard steel

Length, L	6m		10m		12m		15m		18m	
Permitted twist	0.35°	0.5°	0.35°	0.5°	0.35°	0.5°	0.35°	0.5°	0.35°	0.5°
Width, b (mm)	Torsion, T (mm)									
160	5.86	8.38	9.77	13.96	11.73	16.75	14.66	20.94	17.59	25.13
180	6.60	9.42	11.00	15.71	13.19	18.85	16.49	23.56	19.79	28.27
200	7.33	10.47	12.22	17.45	14.66	20.94	18.33	26.18	21.99	31.42
220	8.06	11.52	13.44	19.20	16.13	23.04	20.16	28.80	24.19	34.56
240	8.80	12.57	14.66	20.94	17.59	25.13	21.99	31.42	26.39	37.70
260	9.53	13.61	15.88	22.69	19.06	27.23	23.82	34.03	28.59	40.84
280	10.26	14.66	17.10	24.43	20.52	29.32	25.66	36.65	30.79	43.98
300	11.00	15.71	18.33	26.18	21.99	31.42	27.49	39.27	32.99	47.12
320	11.73	16.75	19.55	27.92	23.46	33.51	29.32	41.89	35.19	50.26
340	12.46	17.80	20.77	29.67	24.92	35.60	31.15	44.51	37.38	53.41
370	13.56	19.37	22.60	32.29	27.12	38.75	33.90	48.43	40.68	58.12
400	14.66	20.94	24.43	34.91	29.32	41.89	36.65	52.36	43.98	62.83
430	15.76	22.51	26.27	37.52	31.52	45.03	39.40	56.29	47.28	67.54

1.6 Flatness

The plate flatness tolerance **h** is 0.3% of the bulb flat width **b** and is measured as shown below.

Plate flatness tolerance: $h \leq 0.003 \times b$

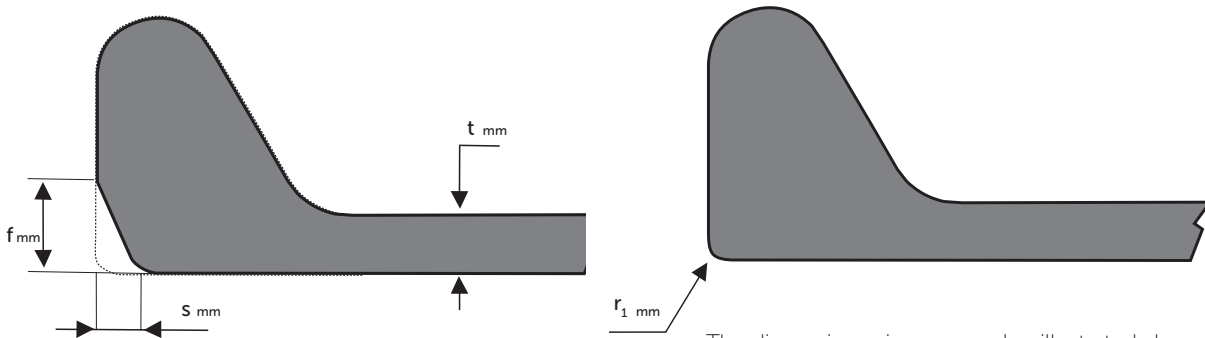


The bulb flatness tolerance of the heel is **n** measured as shown below with a 2mm maximum.

Bulb flatness tolerance: $n \leq 2.0 \text{ mm}$



1.7 Shape



The dimensions **s** and **f** are measured as illustrated above.

Bulb head corner tolerances s

Thickness	Tolerance
$t \leq 9 \text{ mm}$	$s \leq 2.0 \text{ mm}$
$9 < t \leq 13 \text{ mm}$	$s \leq 3.0 \text{ mm}$
$t > 13 \text{ mm}$	$s \leq 4.0 \text{ mm}$

Bulb head corner tolerances f

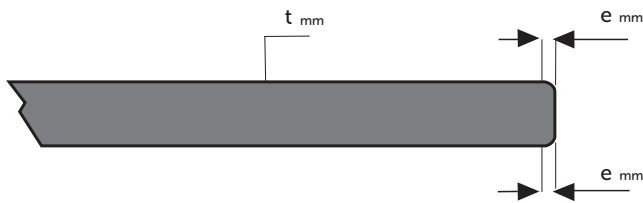
Thickness	Tolerance
$t > 7 \text{ mm}$	$f \leq 0.75 S$

The dimension **r₁** is measured as illustrated above.

Bulb head corner tolerances radius r₁

Radius of curvature of corners **r₁** for thickness

Thickness	r₁ ≤
$5 < t \leq 9$	2.0mm
$9 \leq t < 13$	3.0mm
$13 \leq t \leq 20$	4.0mm

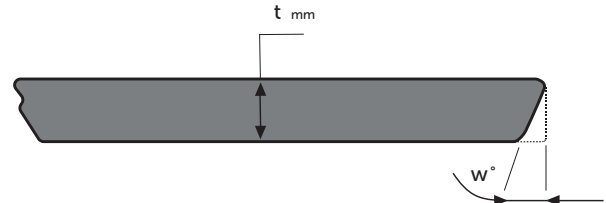


The dimension **e** is measured as illustrated above.

Web edge tolerances **e**

Thickness	EN10067 - Standard
$t \leq 9$ mm	$e \leq 2.0$ mm
$9 < t \leq 13$ mm	$e \leq 3.0$ mm
$t > 13$ mm	$e \leq 4.0$ mm

Tighter tolerances may be available on request through grinding of the web edge.



The dimension **w** is measured as illustrated above.

Web edge tolerances angle **w**

Thickness	Tolerance
$t \leq 9$ mm	$w \leq 4^\circ$
$9 < t \leq 13$ mm	$w \leq 4^\circ$
$t > 13$ mm	$w \leq 4^\circ$

Tighter tolerance on web edge tolerance **e** and angle **w** may be available on request through offline grinding of the web edge.

Surface condition

The surface requirements and repair conditions for shipbuilding profiles are in accordance with EN10163-3:2004, subclass 3, class C. Maximum permissible depth of discontinuities and grinding allowance below minimum specified thickness are given in the table below:

Nominal thickness of the Product, t	Maximum permissible depth of discontinuities (mm)
$3 \leq t < 6$	20% of t
$6 \leq t < 20$	1.2
$20 \leq t < 40$	1.7

Requirements for blast-cleaned and primed material

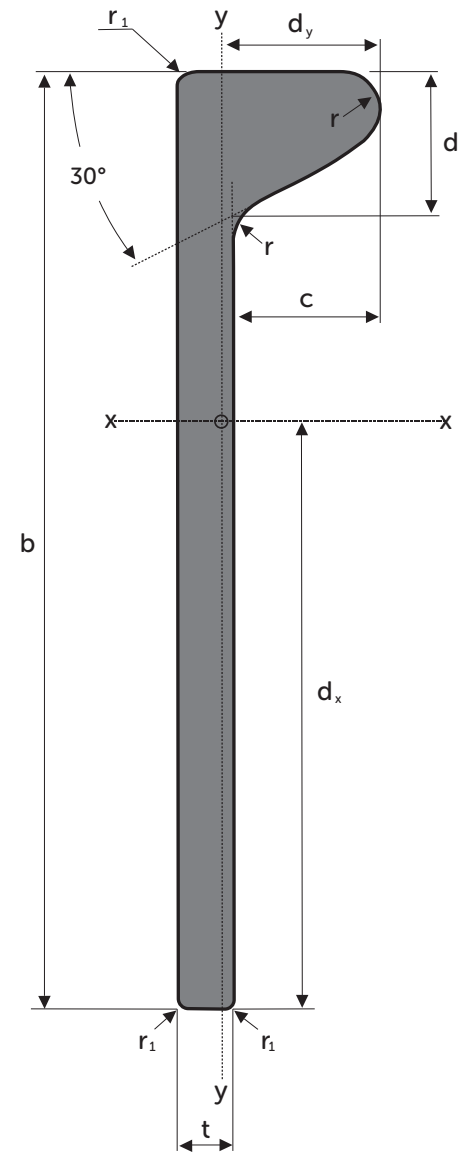
The material can be delivered in blast-cleaned and primed condition in accordance with EN10238:1996. The standard supply conditions are as follows:

Preparation grade:	Sa 2½
Surface roughness:	M (medium in acc. with ISO 8503-2)
Dry film thickness:	20µm ± 5µm
Types of primers:	British Steel have painting facilities capable of applying a wide range of primes and can accommodate most customers preferred paints.

Dimensions and properties

Section description						Mass per metre	Area of section	Surface area per metre	Distance to centre of gravity	
	b mm	t mm	c mm	d mm	r mm	G Kg/m	A cm ²	U m ² /m	dx mm	dy mm
160x7	160	7.0	22.0	22.2	6.0	11.46	14.58	0.365	96.7	6.5
160x8	160	8.0	22.0	22.2	6.0	12.72	16.18	0.367	95.1	6.8
160x9	160	9.0	22.0	22.2	6.0	13.97	17.78	0.370	93.7	7.1
160x10	160	10.0	22.0	22.2	6.0	15.30	19.34	0.371	92.6	7.5
160x11	160	11.0	22.0	22.2	6.0	16.49	20.94	0.373	91.7	7.9
160x11.5	160	11.5	22.0	22.2	6.0	17.30	21.74	0.374	91.3	8.1
180x8	180	8.0	25.0	25.5	7.0	14.80	18.83	0.412	109.0	7.4
180x9	180	9.0	25.0	25.5	7.0	16.22	20.63	0.414	107.4	7.7
180x10	180	10.0	25.0	25.5	7.0	17.63	22.40	0.416	106.0	8.1
180x11	180	11.0	25.0	25.5	7.0	19.04	24.20	0.418	104.8	8.4
180x11.5	180	11.5	25.0	25.5	7.0	19.70	25.10	0.419	104.3	8.6
200x8.5	200	8.5	28.0	28.8	8.0	17.80	22.63	0.458	122.2	8.2
200x9	200	9.0	28.0	28.8	8.0	18.57	23.63	0.459	121.3	8.4
200x10	200	10.0	28.0	28.8	8.0	20.14	25.60	0.460	119.7	8.7
200x11	200	11.0	28.0	28.8	8.0	21.71	27.60	0.463	118.3	9.0
200x11.5	200	11.5	28.0	28.8	8.0	22.50	28.60	0.464	117.6	9.2
200x12	200	12.0	28.0	28.8	8.0	23.28	29.60	0.465	117.0	9.4
220x9	220	9.0	31.0	32.1	9.0	21.00	26.78	0.504	135.5	9.1
220x10	220	10.0	31.0	32.1	9.0	22.77	28.94	0.505	133.7	9.3
220x11	220	11.0	31.0	32.1	9.0	24.50	31.14	0.507	132.0	9.7
220x11.5	220	11.5	31.0	32.1	9.0	25.30	32.24	0.509	131.2	9.8
220x12	220	12.0	31.0	32.1	9.0	26.22	33.34	0.510	130.5	10.0
230x11	230	11.0	32.5	33.75	9.5	25.06	32.97	0.530	138.9	10.0
240x9.5	240	9.5	34.0	35.4	10.0	24.40	31.23	0.549	148.9	9.9
240x10	240	10.0	34.0	35.4	10.0	25.50	32.43	0.550	147.9	10.0
240x10.5	240	10.5	34.0	35.4	10.0	26.40	33.63	0.551	146.9	10.2
240x11	240	11.0	34.0	35.4	10.0	27.39	34.83	0.552	145.9	10.3
240x11.5	240	11.5	34.0	35.4	10.0	28.30	36.03	0.554	145.1	10.5
240x12	240	12.0	34.0	35.4	10.0	29.27	37.23	0.555	144.3	10.6
260x10	260	10.0	37.0	38.7	11.0	28.35	36.05	0.595	162.3	10.7
260x11	260	11.0	37.0	38.7	11.0	30.39	38.65	0.597	160.1	11.0
260x12	260	12.0	37.0	38.7	11.0	32.43	41.25	0.600	158.2	11.3
260x13	260	13.0	37.0	38.7	11.0	34.40	43.85	0.602	156.5	11.6
280x10.5	280	10.5	40.0	42.0	12.0	32.40	41.22	0.641	175.7	11.6
280x11	280	11.0	40.0	42.0	12.0	33.50	42.62	0.642	174.5	11.7
280x12	280	12.0	40.0	42.0	12.0	35.70	45.42	0.645	172.4	11.9
280x13	280	13.0	40.0	42.0	12.0	37.90	48.22	0.647	170.5	12.2
300x11	300	11.0	43.0	45.3	13.0	36.70	46.73	0.687	189.1	12.4
300x12	300	12.0	43.0	45.3	13.0	39.09	49.73	0.690	186.7	12.7
300x13	300	13.0	43.0	45.3	13.0	41.44	52.73	0.692	184.6	12.9
320x11.5	320	11.5	46.0	48.6	14.0	41.20	52.59	0.733	202.5	13.3
320x12	320	12.0	46.0	48.6	14.0	42.60	54.19	0.735	201.3	13.4
320x12.5	320	12.5	46.0	48.6	14.0	43.80	55.79	0.736	200.1	13.5
320x13	320	13.0	46.0	48.6	14.0	45.09	57.39	0.737	199.0	13.6
320x13.5	320	13.5	46.0	48.6	14.0	46.30	58.94	0.737	198.0	13.7
320x14	320	14.0	46.0	48.6	14.0	47.60	60.54	0.738	197.0	13.9
340x12	340	12.0	49.0	52.0	15.0	46.20	58.78	0.780	216.0	14.1
340x12.5	340	12.5	49.0	52.0	15.0	47.50	60.48	0.781	214.7	14.2
340x13	340	13.0	49.0	52.0	15.0	48.86	62.18	0.782	213.5	14.3
340x14	340	14.0	49.0	52.0	15.0	51.50	65.54	0.784	211.3	14.6
340x15	340	15.0	49.0	52.0	15.0	54.20	68.94	0.786	209.2	14.8
370x12.5	370	12.5	53.5	56.9	16.5	53.10	67.79	0.848	236.9	15.4
370x13	370	13.0	53.5	56.9	16.5	54.70	69.64	0.850	235.5	15.5
370x14	370	14.0	53.5	56.9	16.5	57.60	73.30	0.851	233.0	15.7
370x15	370	15.0	53.5	56.9	16.5	60.50	77.00	0.854	230.7	15.9
370x16	370	16.0	53.5	56.9	16.5	63.50	80.70	0.857	228.6	16.1
400x13	400	13.0	58.0	61.9	18.0	60.80	77.43	0.918	257.9	16.6
400x14	400	14.0	58.0	61.9	18.0	63.96	81.38	0.919	255.1	16.8
400x15	400	15.0	58.0	61.9	18.0	67.10	85.38	0.922	252.5	17.0
400x16	400	16.0	58.0	61.9	18.0	70.20	89.38	0.925	250.2	17.2
430x14	430	14.0	62.5	66.8	19.5	70.60	89.78	0.987	277.5	18.0
430x15	430	15.0	62.5	66.8	19.5	73.90	94.08	0.990	274.6	18.1
430x17	430	17.0	62.5	66.8	19.5	80.70	102.68	0.995	269.6	18.5
430x18	430	18.0	62.5	66.8	19.5	83.90	106.98	0.998	267.4	18.8
430x19	430	19.0	62.5	66.8	19.5	87.40	111.28	1.001	265.4	19.0
430x20	430	20.0	62.5	66.8	19.5	90.80	115.58	1.004	263.5	19.3

Second moment of inertia		Elastic modulus		Radius of gyration		Warping constant	Torsional constant
I_x cm ⁴	I_y cm ⁴	Z_x cm ³	Z_y cm ³	r_x cm	r_y cm	Z_y cm ⁶ /10 ³	J cm ⁴
371.10	5.85	38.4	9.0	5.05	0.63	1.11	3.65
409.27	6.54	43.0	9.7	5.03	0.64	1.15	4.57
446.70	7.31	47.7	10.3	5.01	0.64	1.19	5.73
481.31	8.15	52.0	10.9	4.99	0.65	1.22	7.12
517.81	9.09	56.5	11.5	4.97	0.66	1.26	8.86
535.93	9.60	58.7	11.9	4.96	0.66	1.29	9.85
606.55	9.89	55.6	13.3	5.67	0.72	2.41	6.24
661.09	10.92	61.6	14.1	5.66	0.73	2.47	7.57
711.72	12.03	67.1	14.9	5.64	0.73	2.52	9.15
764.60	13.25	72.9	15.7	5.62	0.74	2.60	11.13
790.81	13.90	75.8	16.1	5.61	0.74	2.64	12.26
901.07	15.06	73.7	18.3	6.31	0.82	4.71	9.20
939.14	15.75	77.4	18.8	6.30	0.82	4.76	10.00
1010.47	17.18	84.4	19.8	6.28	0.82	4.83	11.78
1084.33	18.75	91.7	20.8	6.27	0.82	4.95	14.01
1120.89	19.57	95.3	21.3	6.26	0.83	5.02	15.28
1157.23	20.43	98.9	21.8	6.25	0.83	5.09	16.65
1290.48	22.01	95.2	24.3	6.94	0.91	8.61	13.17
1387.89	23.86	103.8	25.5	6.92	0.91	8.72	15.16
1488.07	25.83	112.7	26.8	6.91	0.91	8.90	17.65
1537.57	26.87	117.2	27.4	6.91	0.91	8.99	19.06
1586.73	27.94	121.6	28.0	6.90	0.92	9.10	20.60
1724.98	30.05	124.2	30.1	7.23	0.95	11.69	19.81
1787.40	31.12	120.0	31.4	7.57	1.00	14.83	18.25
1854.67	32.30	125.4	32.2	7.56	1.00	14.94	19.46
1921.25	33.52	130.8	33.0	7.56	1.00	15.06	20.78
1987.20	34.78	136.2	33.8	7.55	1.00	15.19	22.22
2052.60	36.06	141.5	34.5	7.55	1.00	15.33	23.79
2117.50	37.39	146.8	35.2	7.54	1.00	15.48	25.49
2421.72	42.80	149.2	39.9	8.20	1.09	24.54	24.85
2593.45	45.86	162.0	41.8	8.19	1.09	24.87	27.91
2762.00	49.07	174.6	43.6	8.18	1.09	25.25	31.50
2927.94	52.45	187.0	45.3	8.17	1.09	25.69	35.69
3210.10	57.50	182.7	49.7	8.82	1.18	39.05	33.16
3318.79	59.39	190.2	50.8	8.82	1.18	39.27	34.90
3532.99	63.29	205.0	53.0	8.82	1.18	39.77	38.84
3743.56	67.37	219.6	55.1	8.81	1.18	40.34	43.42
4175.43	75.68	220.8	60.9	9.45	1.27	60.10	43.42
4443.49	80.39	238.0	63.5	9.45	1.27	60.72	47.73
4706.64	85.27	254.9	66.1	9.45	1.27	61.45	52.71
5342.16	97.86	263.8	73.7	10.08	1.36	89.86	55.95
5506.76	100.69	273.6	75.3	10.08	1.36	90.25	58.38
5669.75	103.58	283.4	76.8	10.08	1.36	90.68	60.99
5831.26	106.51	293.1	78.3	10.08	1.36	91.15	63.79
5977.59	109.44	301.9	79.7	10.07	1.36	91.35	66.51
6136.58	112.48	311.5	81.1	10.07	1.36	91.89	69.71
6736.30	124.57	311.9	88.2	10.70	1.46	131.02	71.06
6934.97	127.98	323.1	89.9	10.71	1.45	131.53	73.88
7131.73	131.44	334.1	91.7	10.71	1.45	132.09	76.91
7504.42	138.47	355.2	95.0	10.70	1.45	132.97	83.29
7886.99	145.80	377.0	98.3	10.70	1.45	134.41	90.88
9184.55	172.23	387.8	112.1	11.64	1.59	221.07	97.62
9444.05	176.62	401.0	114.2	11.64	1.59	221.76	101.01
9936.79	185.49	426.5	118.5	11.64	1.59	222.83	108.11
10440.07	194.68	452.5	122.6	11.64	1.59	224.72	116.55
10935.90	204.14	478.4	126.6	11.64	1.59	226.88	126.04
12234.74	232.34	474.5	139.7	12.57	1.73	357.80	131.25
12872.91	243.41	504.7	145.0	12.58	1.73	358.96	139.13
13521.89	254.79	535.5	150.1	12.58	1.73	361.32	148.48
14160.53	266.45	566.1	154.9	12.59	1.73	364.08	158.97
16366.61	313.68	589.9	174.7	13.50	1.87	559.02	177.41
17189.22	327.65	626.0	180.8	13.52	1.87	561.76	187.72
18794.22	356.44	697.1	192.5	13.53	1.86	569.01	212.09
19579.84	371.35	732.2	197.9	13.53	1.86	573.41	226.30
20355.95	386.65	767.0	203.4	13.52	1.86	578.26	241.98
21123.62	402.40	801.6	208.6	13.52	1.87	583.53	259.20





**BRITISH
STEEL**

BRITISHSTEEL.CO.UK

A | PO Box 1, Skinningrove, Saltburn by the Sea, TS13 4ET, United Kingdom
T | +44 (0)1287 593124 E | specialprofiles@longssteel.com

Care has been taken to ensure that the contents of this publication are accurate, but British Steel Limited and its subsidiaries and associated undertakings (having the meaning set out in the Companies Act 2006) do not accept responsibility or liability for errors or information that is found to be misleading.

Copyright British Steel 2017

British Steel Limited is registered in England under number 09438207 with registered office at Administration Building, Brigg Road, Scunthorpe, DN16 1BP.

BUILDING STRONGER FUTURES

SPBF.ENG.112017