



LNG TANKER 160.000m³

NÚMERO 17-05

AUTORA: CARMEN SEOANE FERNÁNDEZ
TUTOR: VICENTE DÍAZ CASÁS

CUADERNO 8

CUADERNA MAESTRA.





GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.017-2018

PROYECTO NÚMERO 17/05

TIPO DE BUQUE: LNG carrier.

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: LNG con una capacidad de 160.000 m³.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 19.5 knots a velocidad de servicio, al 85% MCR + 15% MM y 5000 millas de autonomía.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: bombas de carga y de vapor habituales en buques de este tipo.

PROPULSIÓN: dual-fuel diesel-electric (DFDE)

TRIPULACIÓN Y PASAJE: capacidad para 40 tripulantes en camarotes dobles e individuales.

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

Ferrol, 18 Setiembre 2017

ALUMNA: D^a Carmen Seoane Fernández

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS.....	5
3.	CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE ESCANTILLONADO.....	7
3.1.	CÁLCULO DEL CALADO DE ESCANTILLONADO.....	7
3.2.	CÁLCULO DE LA ESLORA DE ESCANTILLONADO.....	9
3.3.	CÁLCULO DE LA MANGA DE ESCANTILLONADO.....	10
3.4.	CÁLCULO DEL PUNTAL DE ESCANTILLONADO.....	11
3.5.	CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE BLOQUE.....	11
3.6.	RESUMEN DIMENSIONES ESCANTILLONADO.....	11
4.	DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS DE DISEÑO.....	12
4.1.	CÁLCULO PARÁMETROS DE OLA.....	12
4.2.	CÁLCULO DE MOMENTOS FLECTORES.....	13
4.3.	CÁLCULO DE FUERZAS CORTANTES.....	14
4.4.	CONDICIONES DE CARGA.....	15
4.5.	CÁLCULO DEL MÓDULO DE INERCIA MÍNIMA DE LA SECCIÓN MAESTRA.....	16
4.6.	MARGEN DE CORROSIÓN APLICABLE.....	16
5.	CÁLCULO DE LAS PRESIONES EN LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.....	17
5.1.	CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE FONDO.....	18
5.2.	CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE COSTADO.....	20
5.3.	CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE DOBLE FONDO.....	23
5.4.	CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE PANTOQUE.....	25
5.5.	CÁLCULO PRESIONES CHAPA CUBIERTA PRINCIPAL.....	27
6.	CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.....	28
6.1.	ESPELOR DEL FONDO.....	32
6.2.	ESPELOR DEL COSTADO.....	33
6.3.	ESPELOR DEL DOBLE FONDO.....	34
6.4.	ESPELOR DEL PANTOQUE.....	35
6.5.	ESPELOR DE LA CUBIERTA PRINCIPAL.....	36
6.6.	ESPELOR VAGRAS.....	37
6.7.	ESPELOR VARENGAS.....	39
6.8.	ESPELOR BULÁRCAMA.....	40
6.9.	ESPELOR BAO.....	41
7.	RESUMEN ESPESORES DE LAS CHAPAS.....	43
8.	CÁLCULO DE LOS REFUERZOS SECUNDARIOS.....	43
8.1.	REFUERZOS CHAPA DE FONDO.....	44
8.2.	REFUERZOS DE COSTADO.....	45
8.3.	REFUERZOS DE DOBLE FONDO.....	46
8.4.	REFUERZOS DEL PANTOQUE.....	47

8.5.	REFUERZOS DE LA CUBIERTA PRINCIPAL	48
8.6.	RESUMEN REFUERZOS SECUNDARIOS.....	49
9.	CÁLCULO DE LOS REFUERZOS PRIMARIOS EN VAGRAS.	50
9.1.	REFUERZOS EN VAGRAS.....	53
10.	RESUMEN ESPESORES DE CHAPAS Y REFUERZOS.....	55
11.	COMPROBACIÓN MÓDULO RESISTENTE DE LA CUADERNA MAESTRA.....	56
	ANEXO I. TABLA PERFILES REFUERZOS	57
	ANEXO II. RESULTADOS MÓDULO RESISTENTE.....	59

1. INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno se realizará el escantillonado de los diferentes elementos que componen la estructura del buque:

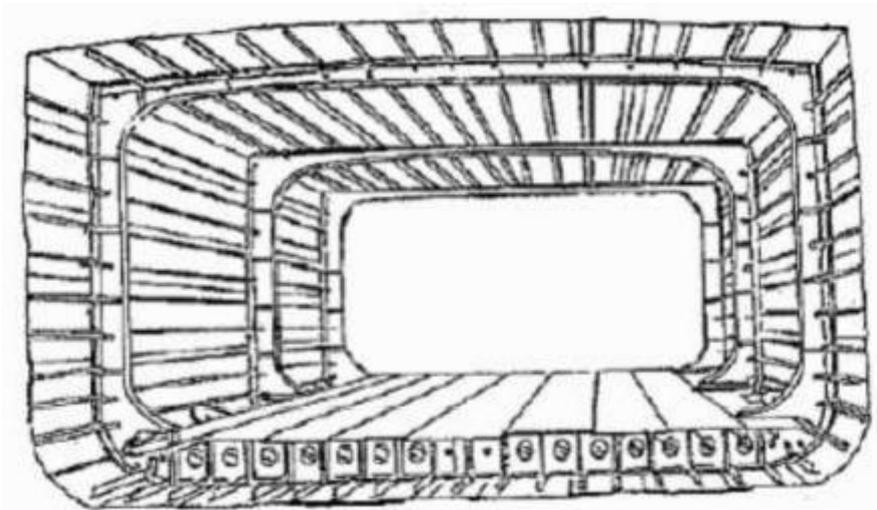
- ESCANTILLONADO LOCAL DE LA CUBIERTA RESISTENTE.
- ESCANTILLONADO LOCAL DEL FONDO.
- ESCANTILLONADO LOCAL DEL COSTADO.

Se comprobará que la estructura resista a los momentos generados en las condiciones de arrufo y de quebranto. Estos cálculos se basarán en el reglamento especificado en la RPA Bureau Veritas. A continuación se muestra una tabla resumen con las características del buque calculadas en anteriores cuadernos.

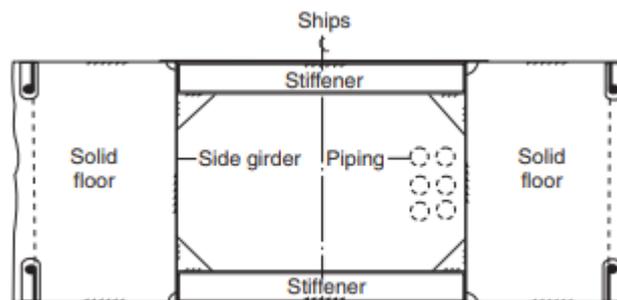
Lpp (m)	271,3
B (m)	45,4
D (m)	26,4
T (m)	12,7
Δ (t)	118826,0
LBD (m ³)	324682,4
Cb	0,745
Cf	0,829
Cm	0,991
Cp	0,752

2. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS.

En este proyecto se ha optado por el diseño de una estructura del tipo longitudinal ya que para buques de gran tamaño es la más utilizada debido a que ofrece mejor resistencia longitudinal. Esto significa que los refuerzos secundarios irán colocados de manera longitudinal y los refuerzos primarios se colocarán transversalmente. Se presenta una imagen de una estructura longitudinal.



Este buque llevará un conducto de la misma altura que el doble fondo, 2,6 metros y de 3,4 metros de manga que se utilizará para el paso de tubería y para los equipos de lastre.



El material utilizado será acero naval clase A, se adjunta la tabla de aceros del reglamento Bureau Veritas.

Steel grades $t \leq 100$ mm	Minimum yield stress R_{eH} , in N/mm ²	Ultimate minimum tensile strength R_m , in N/mm ²
A-B-D-E	235	400 - 520
AH32-DH32 EH32-FH32	315	440 - 570
AH36-DH36 EH36-FH36 EH36CAS-FH36CAS	355	490 - 630
AH40-DH40 EH40- FH40 EH40CAS-FH40CAS	390	510 - 660
EH47 EH47CAS	460	570 - 720

Note 1: Ref.: NR216 Materials and Welding, Ch 2, Sec 1, [2]

El factor del material k, lo define el reglamento. Se tomará k=1.

R_{eH} , in N/mm ²	k
235	1,00
315	0,78
355	0,72
390	0,68 (1)
(1) The material factor k may be taken equal to 0,66 for steels with yield stress equal to 390 N/mm ² , provided that the hull structure is additionally verified for compliance with finite element analysis and spectral fatigue assessment according to NI 611.	

A continuación se muestra el espaciado escogido y se recuerda que se diseñará la zona de carga ya que es donde está la cuaderna maestra:

- Separación entre longitudinales del doble fondo: 810 mm.
- Separación entre longitudinales casco: 820 mm.
- Separación entre longitudinales de cubierta principal: 810 mm.
- Separación entre longitudinales del pantoque: 790 mm
- Separación entre varengas: 2400 mm

3. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE ESCANTILLONADO.

El reglamento exigido por la RPA es el Bureau Veritas. Se calcularán las dimensiones que se utilizarán en el reglamento para el cálculo del escantillonado. Estas dimensiones están definidas en Pt B, Ch 1, Sec 2.

3.1. CÁLCULO DEL CALADO DE ESCANTILLONADO.

3.7 Moulded draught

3.7.1 The moulded draught T is the distance, in m, measured vertically on the midship transverse section, from the moulded base line to the summer load waterline.

In the case of ships with a solid bar keel, the moulded base line is to be taken as defined in [3.5.1].

El francobordo de verano estimado en el cuaderno 1 es de 6530 mm y el puntal del buque 26,4 metros. Al tratarse de un buque de volumen, en ninguna condición de carga nos acercaremos a ese calado, por tanto se escogerá como calado de escantillonado el calado de la condición de carga más desfavorable y se añadirá un margen de 1m. Se muestra la condición de carga más desfavorable: salida de puerto a plena carga.

Draft Amidships m	12,663
Displacement t	118826
Heel deg	0,0
Draft at FP m	11,930
Draft at AP m	13,396
Draft at LCF m	12,667
Trim (+ve by stern) m	1,466
WL Length m	275,708
Beam max extents on WL m	45,400
Wetted Area m ²	15142,251
Waterpl. Area m ²	10257,669
Prismatic coeff. (Cp)	0,751
Block coeff. (Cb)	0,695
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,972
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,819
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	141,191
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	134,967
KB m	6,629
KG fluid m	17,985
BMt m	12,675
BML m	414,648
GMt corrected m	1,318
GML m	403,292
KMt m	19,303
KML m	421,271
Immersion (TPc) tonne/cm	105,141
MTc tonne.m	1766,371
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	2733,697
Max deck inclination deg	0,3095
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3095

Se tomará por tanto, un calado de escantillonado de:

$$T_{esc} = 13,7 \text{ m}$$

3.2. CÁLCULO DE LA ESLORA DE ESCANTILLONADO.

3.1 Rule length

3.1.1 The rule length L is the distance, in m, measured on the summer load waterline, from the fore-side of the stem to the after side of the rudder post, or to the centre of the rudder stock where there is no rudder post. L is to be not less than 96% and need not exceed 97% of the extreme length on the summer load waterline.

3.1.2 In ships without rudder stock (e.g. ships fitted with azimuth thrusters), the rule length L is to be taken equal to 97% of the extreme length on the summer load waterline.

3.1.3 In ships with unusual stem or stern arrangements, the rule length L is considered on a case by case basis.

3.1.4 Ends of rule length

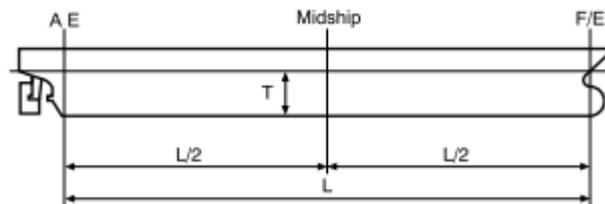
The fore end (FE) of the rule length L , see Fig 1, is the perpendicular to the summer load waterline at the forward side of the stem.

The aft end (AE) of the rule length L , see Fig 1, is the perpendicular to the summer load waterline at a distance L aft of the fore end.

3.1.5 Midship

The midship is the perpendicular to the scantling draught waterline at a distance $0,5L$ aft of the fore end.

Figure 1 : Ends and midship



La eslora escogida será el máximo de:

- 96% de la eslora en la flotación
- Mínimo entre la eslora entre perpendiculares ó el 97% de la eslora en la flotación.

Para saber la eslora en la flotación se muestra el report de las hidrostáticas para el calado de escantillonado.

	Draft Amidships m	13,700
1	Displacement t	129728
2	Heel deg	0,0
3	Draft at FP m	13,700
4	Draft at AP m	13,700
5	Draft at LCF m	13,700
6	Trim (+ve by stern) m	0,000
7	WL Length m	275,959
8	Beam max extents on	45,402
9	Wetted Area m ²	15754,3
10	Waterpl. Area m ²	10363,5
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,752
12	Block coeff. (Cb)	0,737
13	Max Sect. area coeff. (C)	0,981
14	Waterpl. area coeff. (C)	0,827
15	LCB from zero pt. (+ve)	142,721
16	LCF from zero pt. (+ve)	134,293
17	KB m	7,174
18	KG m	12,300
19	BMT m	11,796
20	BML m	389,720
21	GMt m	6,670
22	GML m	384,594
23	KMt m	18,970
24	KML m	396,894
25	Immersion (TPc) tonne/	106,226
26	MTc tonne.m	1839,01
27	RM at 1deg = GMT.Disp.	15101,3
28	Max deck inclination de	0,0000
29	Trim angle (+ve by ster	0,0000

$$L_{escant} = MÁX[96\%L_{WL}; \min(L_{PP}, 97\%L_{WL})]$$

$$L_{escant} = MÁX[264,9; \min(271,3,267,7)]$$

Por tanto, el valor que se tomará como eslora de escantillonado será:

$$L_{escant} = 267,7 \text{ m}$$

3.3. CÁLCULO DE LA MANGA DE ESCANTILLONADO.

3.4 Moulded breadth

3.4.1 *The moulded breadth B is the greatest moulded breadth, in m, measured amidships below the weather deck.*

Será la manga en la flotación.

$$B_{escant} = 45,4 \text{ m}$$

3.4. CÁLCULO DEL PUNTAL DE ESCANTILLONADO.

3.6 Moulded depth

3.6.1 *The moulded depth D , is the vertical distance measured from the top of the keel to the top of the freeboard deck beam at side. Where the form at the lower part of the midship section is of a hollow character or where thick garboards are fitted, the distance is measured from the point where the line of the flat of the bottom continued inwards cuts the side of the keel.*

In ships having rounded gunwales, the moulded depth is to be measured to the point of intersection of the moulded lines of deck and sides, the lines extending as though the gunwales were of angular design.

Where the freeboard deck is stepped and the raised part of the deck extends over the point at which the moulded depth is to be determined, the moulded depth is to be measured to a line of reference extending from the lower part of the deck along a line parallel with the raised part.

Coincide con el puntal de trazado del buque.

$$D_{escant} = 26,4 \text{ m}$$

3.5. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE BLOQUE.

Se calculará a partir de las dimensiones de escantillonado.

$$C_B = \frac{\Delta}{1,025LBT}$$

$$C_b = 0,696$$

3.6. RESUMEN DIMENSIONES ESCANTILLONADO.

L	267,7 m
B	45,4 m
T	13,7 m
D	26,4 m
Δ	118.826 t

Serán las dimensiones que se utilizarán en los cálculos posteriores.

4. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS DE DISEÑO.

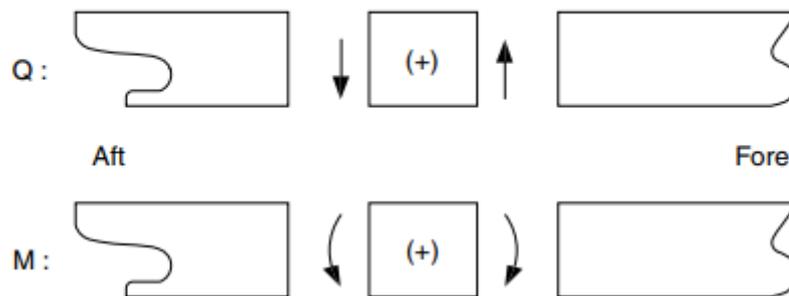
Se deben determinar los coeficientes de navegación en la Pt B, Ch 5, Sec 1:

Table 1 : Navigation coefficients

Navigation notation	Navigation coefficient n	Navigation coefficient n ₁
Unrestricted navigation	1,00	1,00
Summer zone	0,90	0,95
Tropical zone	0,80	0,90
Coastal area	0,80	0,90
Sheltered area	0,65	0,80

En este buque no hay restricciones en cuanto a la navegación por tanto se escogerá el valor 1 de los coeficientes. El criterio de signos que marca el reglamento Pt B, Ch 5, Sec 2 será:

Figure 1 : Sign conventions for shear forces Q and bending moments M



4.1. CÁLCULO PARÁMETROS DE OLA.

C : Wave parameter:

$$C = (118 - 0,36L) \frac{L}{1000} \text{ for } 65\text{m} \leq L < 90\text{m}$$

$$C = 10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5} \text{ for } 90\text{m} \leq L < 300\text{m}$$

$$C = 10,75 \text{ for } 300\text{m} \leq L \leq 350\text{m}$$

$$C = 10,75 - \left(\frac{L - 350}{150} \right)^{1,5} \text{ for } L > 350\text{m}$$

H : Wave parameter:

$$H = 8,13 - \left(\frac{250 - 0,7L}{125} \right)^3$$

without being taken greater than 8,13.

Siendo L la eslora de escantillonado calculada anteriormente. Estos parámetros tienen un valor de:

$$C = 10,57 \text{ m}$$

$$H = 8,00 \text{ m}$$

4.2. CÁLCULO DE MOMENTOS FLECTORES.

Se calcula en Pt B, Ch 5, Sec 2.

Los momentos **generados por olas** para quebranto y arrufo serán:

- hogging conditions:
 $M_{WV,H} = 190 F_M n C L^2 B C_B 10^{-3}$
- sagging conditions:
 $M_{WV,S} = - 110 F_M n C L^2 B (C_B + 0,7) 10^{-3}$

Table 1 : Distribution factor F_M

Hull transverse section location	Distribution factor F_M
$0 \leq x < 0,4 L$	$2,5 \frac{x}{L}$
$0,4 L \leq x \leq 0,65 L$	1
$0,65 L < x \leq L$	$2,86 \left(1 - \frac{x}{L}\right)$

Se tomará el valor de 1.

$C = 10,57 \text{ m}$ Es un parámetro de ola calculado anteriormente.

$$L = 267,7 \text{ m}$$

$$B = 45,4 \text{ m}$$

$$C_b = 0,696$$

$n = 1$ Coeficiente de navegación.

ARRUFO

$$M_{WV,S} = -110 * 1 * 1 * 10,57 * 267,7^2 * 45,4 * (0,696 + 0,7) * 10^{-3}$$

$$M_{WV,S} = -5.280.872,5 \text{ kN.m}$$

QUEBRANTO

$$M_{WV,H} = 190 * 1 * 1 * 10,57 * 267,7^2 * 45,4 * 0,696 * 10^{-3}$$

$$M_{WV,H} = 4.547.685,5 \text{ kN.m}$$

Los momentos generados por **aguas tranquilas** para quebranto y arrufo serán:

- hogging conditions:

$$M_{SWM,H} = 175 n_1 CL^2 B (C_B + 0,7) 10^{-3} - M_{WV,H}$$

- sagging conditions:

$$M_{SWM,S} = 175 n_1 CL^2 B (C_B + 0,7) 10^{-3} + M_{WV,S}$$

Operando los productos se obtiene

ARRUFO

$$M_{SWM,S} = 175 * 1 * 10,57 * 267,7^2 * 45,4 * (0,696 + 0,7) * 10^{-3} - 4.547.685,5$$

$$M_{SWM,S} = 3.853.702,6 \text{ kN.m}$$

QUEBRANTO

$$M_{SWM,H} = 175 * 1 * 10,57 * 267,7^2 * 45,4 * (0,696 + 0,7) * 10^{-3} - 5.280.872,5$$

$$M_{SWM,H} = 3.120.515,6 \text{ kN.m}$$

4.3. CÁLCULO DE FUERZAS CORTANTES.

El reglamento Bureau Veritas no establece valores de fuerza cortante en aguas tranquilas, únicamente inducidos por olas. Se definen en Pt B, Ch 5, Sec 2:

3.4.1 The vertical wave shear force at any hull transverse section is obtained, in kN, from the following formula:

$$Q_{WV} = 30 F_Q n C L B (C_B + 0,7) 10^{-2}$$

Table 3 : Distribution factor F_Q

Hull transverse section location	Distribution factor F_Q	
	Positive wave shear force	Negative wave shear force
$0 \leq x < 0,2 L$	$4,6A \frac{x}{L}$	$-4,6 \frac{x}{L}$
$0,2 L \leq x \leq 0,3 L$	$0,92 A$	$-0,92$
$0,3 L < x < 0,4 L$	$(9,2A - 7) \left(0,4 - \frac{x}{L}\right) + 0,7$	$-2,2 \left(0,4 - \frac{x}{L}\right) - 0,7$
$0,4 L \leq x \leq 0,6 L$	$0,7$	$-0,7$
$0,6 L < x < 0,7 L$	$3 \left(\frac{x}{L} - 0,6\right) + 0,7$	$-(10A - 7) \left(\frac{x}{L} - 0,6\right) - 0,7$
$0,7 L \leq x \leq 0,85 L$	1	$-A$
$0,85 L < x \leq L$	$6,67 \left(1 - \frac{x}{L}\right)$	$-6,67A \left(1 - \frac{x}{L}\right)$
Note 1:		
$A = \frac{190C_B}{110(C_B + 0,7)}$		

Por tanto, $Q_{WV} = 30 * 0,7 * 1 * 10,57 * 267,7 * 45,4 * (0,696 + 0,7) * 10^{-2}$

$$Q_{WV} = (\pm)37.660,3 \text{ kN}$$

4.4. CONDICIONES DE CARGA.

Según se indica en el reglamento de Bureau Veritas Pt B, Ch 5, Sec. 4 existen cuatro condiciones de carga:

- Condición A: El buque esta adrizado y las olas producen únicamente un momento flector y una fuerza cortante.
- Condición B: El barco esta adrizado y las olas producen un momento flector, una fuerza cortante y también movimientos relativos de cabeceo (Pitch) y arfada (Heave).
- Condición C: El barco esta escorado y las olas producen un momento flector, una fuerza cortante vertical, momento flector horizontal, un momento torsor y también movimientos relativos de deriva (Sway), guiñada (Yaw) y balance (Roll).
- Condición D: El barco esta escorado y las olas producen un momento flector vertical, una fuerza cortante vertical, momento flector horizontal, y guiñada movimientos relativos de deriva (Sway), guiñada (Yaw) y balance (Roll).

Se escogerá la condición de carga A para cálculos posteriores.

4.5. CÁLCULO DEL MÓDULO DE INERCIA MÍNIMA DE LA SECCIÓN MAESTRA.

Se hace referencia en Pt B, Ch 6, Sec 2. Todos los parámetros necesarios para calcular el módulo mínimo se han definido con anterioridad.

4.2.2 For ships with C_B less than or equal to 0,8, the gross section moduli Z_{AB} and Z_{AD} at the midship section are to be not less than the value obtained, in m³, from the following formula:

$$Z_{R,MIN} = n_1 C L^2 B (C_B + 0,7) k 10^{-6}$$

$$Z_{R,MIN} = 1 * 10,57 * 267,7^2 * 45,4 * (0,696 + 0,7) * 1 * 10^{-6}$$

$$Z_{R,MIN} = 45,01 m^3$$

En una primera aproximación, se supone que el eje neutro se halla en la mitad del puntal de la sección maestra. Por tanto,

$$N = \frac{26,4}{2} = 13,2 m$$

Una vez calculados los refuerzos y las chapas se comprobará que la sección maestra planteada cumple con el módulo mínimo.

4.6. MARGEN DE CORROSIÓN APLICABLE.

Esta información se encuentra en Pt B, Ch 4, Sec 2

Table 2 : Corrosion additions t_c , in mm, for each exposed side

Compartment type		General (1)	Special cases
Ballast tank (2)		1,00	1,25 in upper zone (7)
Cargo oil tank and fuel oil tank (3)	Plating of horizontal surfaces	0,75	1,00 in upper zone (7)
	Plating of non-horizontal surfaces	0,50	1,00 in upper zone (7)
	Ordinary stiffeners and primary supporting members	0,75	1,00 in upper zone (7)
Independent tank of ships with service notation liquefied gas carrier or LNG bunkering ship (4)		0,00	
Independent gas fuel tanks of ships with the additional service feature gasfuel or dualfuel (5)			
Cofferdam in cargo area of ships with the service notation liquefied gas carrier or LNG bunkering ship		1,00	
Cofferdam adjacent to the gas fuel tank on ships with the additional service feature dualfuel or gasfuel			

En tanques de lastre se tomará de margen de corrosión 1 mm y en los cofferdams de la zona de carga 1 mm también.

5. CÁLCULO DE LAS PRESIONES EN LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA.

Algunas presiones para cálculos iniciales ya han sido definidas en puntos anteriores. Para este cálculo se tendrá en cuenta las presiones que afectan a:

- Chapa del fondo.
- Chapa del costado.
- Chapa del doble fondo.
- Chapa del pantoque.
- Chapa de la cubierta principal.

Y las presiones que afectan a dicho elementos serán:

- Presiones externas inducidas por aguas tranquilas.
- Presiones externas inducidas por olas.
- Presiones internas inducidas en tanques por aguas tranquilas.

Para los cálculos posteriores se utilizará la presión inducida por olas y el valor más alto de las dos presiones calculadas para aguas tranquilas.

5.1. CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE FONDO.

- **Presión externa inducida por aguas tranquilas.**

Las presiones inducidas por aguas tranquilas en el fondo del buque vienen definidas en el reglamento en Pt B, Ch 5, Sec 5:

Table 1 : Still water pressure

Location	Still water pressure p_s , in kN/m ²
Points at and below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g (T_1 - z)$
Points above the waterline ($z > T_1$)	0

El valor de la presión en el fondo será para $z=0$

$$P_s = 1,025 * 9,81 * (13,7 - 0)$$

$$P_s = 137,76 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión externa inducida por olas.**

Las presiones inducidas por olas en el fondo del buque vienen definidas en el reglamento en Pt B, Ch 5, Sec 5:

Table 3 : Wave pressure on sides and bottom in upright ship conditions (load cases "a" and "b")

Location	Wave pressure p_w , in kN/m ²	
	Crest	Trough
Bottom and sides below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g h e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}}$	$-\rho g h e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}}$ without being taken less than $\rho g (z - T_1)$
Sides above the waterline ($z > T_1$)	$\rho g (T_1 + h - z)$ without being taken, for case "a" only, less than $0,15 \phi_1 \phi_2 L$	0,0
Note 1: $h = C_{F1} h_1$ C_{F1} : Combination factor, to be taken equal to: <ul style="list-style-type: none"> • $C_{F1} = 1,0$ for load case "a" • $C_{F1} = 0,5$ for load case "b". 		

En la cresta de la ola y para el fondo habrá una presión de:

$$P_{WBOTTOM} = \rho * g * h * e^{\frac{-2*\pi*(T-Z)}{L}}$$

h_1 Se calcula en Pt B, Ch 5, Sec 3

$$0,42 n C (C_B + 0,7)$$

$$h_1 = 14,36 m$$

$$C_{F1} = 1$$

Por tanto, el valor de la presión en el fondo ($z=0$) producido por olas será:

$$P_{WBOTTOM} = 1,025 * 9,81 * 14,36 * e^{\frac{-2*\pi*13,7}{267,7}}$$

$$P_{WBOTTOM} = 104,69 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión interna inducida en tanques por aguas tranquilas.**

La chapa de fondo estará sometida a los esfuerzos provocados por los tanques de lastre. Este cálculo se encuentra en Pt B, Ch 5, Sec 6:

1.1.1 Still water pressure

The still water pressure to be used in combination with the inertial pressure in [1.1.2] is the greater of the values obtained, in kN/m², from the following formulae:

$$p_s = \rho_L g (z_L - z)$$

$$p_s = \rho_L g (z_{TOP} - z) + 100 p_{PV}$$

In no case is it to be taken, in kN/m², less than:

$$p_s = \rho_L g \left(\frac{0,8L_1}{420 - L_1} \right)$$

z_L : Z co-ordinate, in m, of the highest point of the liquid:

$$z_L = z_{TOP} + 0,5 (z_{AP} - z_{TOP})$$

z_{AP} : Z co-ordinate, in m, of the top of air pipe, to be taken not less than z_{TOP}

$\rho_L = 1,025 \text{ t/m}^3$ La densidad del agua de lastre.

$Z_{AP} = 27,3 \text{ m}$ La altura del tubo de rebose

$Z_{TOP} = 2,6 \text{ m}$ Altura del tanque.

$P_{PV} = 0,7 \text{ bar}$ Presión de las válvulas de seguridad.

$L_1 = 45 \text{ m}$ Eslora del tanque.

Primero calcularemos el punto más alto del líquido.

$$Z_L = 2,6 + 0,5 * (27,3 - 0) \quad Z_L = 16,25 \text{ m}$$

Se debe escoger la mayor de las siguientes presiones:

- $P_S = \rho_L * g * (Z_L - Z) = 1,025 * 9,81 * 16,25 \rightarrow P_S = 163,39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- $P_S = \rho_L * g * (Z_{TOP} - Z) + 100 * P_{PV} = 1,025 * 9,81 * 2,6 + 70 \rightarrow P_S = 96,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

El valor escogido no debe ser inferior a $P_S = \rho_L * g * \frac{0,8 * L}{420 - L} = 0,97 \text{ Kn/m}^2$

Por tanto, la presión interna inducida por aguas tranquilas será:

$$P_S = 163,39 \text{ kN/m}^2$$

5.2. CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE COSTADO.

- **Presión externa inducida por aguas tranquilas.**

Las presiones inducidas por aguas tranquilas en los costados del buque vienen definidas en el reglamento en Pt B, Ch 5, Sec 5:

Table 1 : Still water pressure

Location	Still water pressure p_s , in kN/m^2
Points at and below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g (T_1 - z)$
Points above the waterline ($z > T_1$)	0

La presión para el punto más desfavorable del costado será a la altura del doble fondo 2,6 m.

$$P_S = 1,025 * 9,81 * (13,7 - 2,6)$$

$$P_S = 111,61 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión externa inducida por olas.**

Table 3 : Wave pressure on sides and bottom in upright ship conditions (load cases "a" and "b")

Location	Wave pressure p_w , in kN/m ²	
	Crest	Trough
Bottom and sides below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g h e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}}$	$-\rho g h e^{\frac{-2\pi(T_1-z)}{L}}$ without being taken less than $\rho g (z - T_1)$
Sides above the waterline ($z > T_1$)	$\rho g (T_1 + h - z)$ without being taken, for case "a" only, less than $0,15 \phi_1 \phi_2 L$	0,0
Note 1: $h = C_{F1} h_1$ C_{F1} : Combination factor, to be taken equal to: <ul style="list-style-type: none"> • $C_{F1} = 1,0$ for load case "a" • $C_{F1} = 0,5$ for load case "b". 		

Las presiones inducidas por olas en los costados del buque vienen definidas en el reglamento en Pt B, Ch 5, Sec 5:

La presión en el costado ($z=2,6$ m) por debajo del calado de escantillonado será:

$$P_{WSIDE} = 1,025 * 9,81 * 14,36 * e^{\frac{-2*\pi*(13,7-2,6)}{267,7}}$$

$$P_{WSIDE} = 111,28 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión interna inducida en tanques por aguas tranquilas.**

La chapa de costado estará sometida a los esfuerzos provocados por los tanques de lastre. Este cálculo se encuentra en Pt B, Ch 5, Sec 6:

1.1.1 Still water pressure

The still water pressure to be used in combination with the inertial pressure in [1.1.2] is the greater of the values obtained, in kN/m², from the following formulae:

$$p_s = \rho_L g (z_L - z)$$

$$p_s = \rho_L g (z_{TOP} - z) + 100 p_{PV}$$

In no case is it to be taken, in kN/m², less than:

$$p_s = \rho_L g \left(\frac{0,8L_1}{420 - L_1} \right)$$

z_L : Z co-ordinate, in m, of the highest point of the liquid:

$$z_L = z_{TOP} + 0,5 (z_{AP} - z_{TOP})$$

z_{AP} : Z co-ordinate, in m, of the top of air pipe, to be taken not less than z_{TOP}

$\rho_L = 1,025 \text{ t/m}^3$ La densidad del agua de lastre.

$Z_{AP} = 27,3 \text{ m}$ La altura del tubo de rebose

$Z_{TOP} = 26,4 \text{ m}$ Altura del tanque.

$P_{PV} = 0,7 \text{ bar}$ Presión de las válvulas de seguridad.

$L_1 = 45 \text{ m}$ Eslora del tanque.

Primero calcularemos el punto más alto del líquido.

$$Z_L = 26,4 + 0,5 * (27,3 - 26,4)$$

$$Z_L = 26,9 \text{ m}$$

Se debe escoger la mayor de las siguientes presiones:

- $P_S = \rho_L * g * (Z_L - Z) = 1,025 * 9,81 * (26,9 - 2,6) \rightarrow P_S = 248,36 \frac{kN}{m^2}$
- $P_S = \rho_L * g * (Z_{TOP} - Z) + 100 * P_{PV} = 1,025 * 9,81 * (26,4 - 2,6) + 70$

$$P_S = 309,31 \frac{kN}{m^2}$$

El valor escogido no debe ser inferior a $P_S = \rho_L * g * \frac{0,8*L}{420-L} = 0,97 \text{ Kn/m}^2$

Por tanto, la presión interna inducida por aguas tranquilas será:

$$P_S = 309,31 \text{ kN/m}^2$$

5.3. CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE DOBLE FONDO.

- **Presión externa inducida por aguas tranquilas.**

Las presiones inducidas por aguas tranquilas en la chapa de doble fondo del buque vienen definidas en el reglamento en Pt B, Ch 5, Sec 5:

Table 1 : Still water pressure

Location	Still water pressure p_s , in kN/m^2
Points at and below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g (T_1 - z)$
Points above the waterline ($z > T_1$)	0

$$P_S = 111,61 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión externa inducida por olas.**

La chapa de doble fondo no estará sometida a esta presión.

$$P_{wSIDE} = 0 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión interna inducida en tanques por aguas tranquilas.**

La chapa de doble fondo estará sometida a los esfuerzos provocados por los tanques de lastre o los tanques de carga, tomaremos el valor más desfavorable. Este cálculo se encuentra en Pt B, Ch 5, Sec 6:

1.1.1 Still water pressure

The still water pressure to be used in combination with the inertial pressure in [1.1.2] is the greater of the values obtained, in kN/m², from the following formulae:

$$P_s = \rho_L g (z_L - z)$$

$$P_s = \rho_L g (z_{TOP} - z) + 100 P_{PV}$$

In no case is it to be taken, in kN/m², less than:

$$P_s = \rho_L g \left(\frac{0,8L_1}{420 - L_1} \right)$$

z_L : Z co-ordinate, in m, of the highest point of the liquid:

$$z_L = z_{TOP} + 0,5 (z_{AP} - z_{TOP})$$

z_{AP} : Z co-ordinate, in m, of the top of air pipe, to be taken not less than z_{TOP}

$\rho_L = 1,025 \text{ t/m}^3$ La densidad del agua de lastre.

$Z_{AP} = 27,3 \text{ m}$ La altura del tubo de rebose

$Z_{TOP} = 2,6 \text{ m}$ Altura del tanque.

$P_{PV} = 0$ Presión de las válvulas de seguridad, no hay estas válvulas.

$L_1 = 45 \text{ m}$ Eslora del tanque.

Primero calcularemos el punto más alto del líquido.

$$Z_L = 2,6 + 0,5 * (27,3 - 0) \quad Z_L = 16,25 \text{ m}$$

Se debe escoger la mayor de las siguientes presiones:

$$\circ P_s = \rho_L * g * (Z_L - Z) = 1,025 * 9,81 * (16,25 - 0) \rightarrow P_s = 163,39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\circ P_s = \rho_L * g * (Z_{TOP} - Z) + 100 * P_{PV} = 1,025 * 9,81 * (2,6 - 0) \rightarrow P_s = 26,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

El valor escogido no debe ser inferior a $P_s = \rho_L * g * \frac{0,8*L}{420-L} = 0,97 \text{ Kn/m}^2$

La presión interna inducida por los tanques de carga se calcularía utilizando la misma fórmula:

$$\circ P_S = \rho_L * g * (Z_L - Z) = 0,45 * 9,81 * (16,25 - 2,6) \rightarrow P_S = 60,26 \frac{kN}{m^2}$$

$$\circ P_S = \rho_L * g * (Z_{TOP} - Z) + 100 * P_{PV} = 0,45 * 9,81 * (27,3 - 2,6) \rightarrow P_S = 109,04 \frac{kN}{m^2}$$

Por tanto, la presión interna inducida por aguas tranquilas será la producida por el agua de lastre al ser la más desfavorable:

$$P_S = 163,39 \text{ kN/m}^2$$

5.4. CÁLCULO PRESIONES CHAPA DE PANTOQUE.

- **Presión externa inducida por aguas tranquilas.**

Las presiones inducidas por aguas tranquilas en la chapa de pantoque del buque vienen definidas en el reglamento en Pt B, Ch 5, Sec 5:

Table 1 : Still water pressure

Location	Still water pressure p_s , in kN/m ²
Points at and below the waterline ($z \leq T_1$)	$\rho g (T_1 - z)$
Points above the waterline ($z > T_1$)	0

$$P_S = 1,025 * 9,81 * (13,7 - 0) \frac{kN}{m^2}$$

$$P_S = 137,76 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión externa inducida por olas.**

La chapa de doble fondo no estará sometida a esta presión.

$$P_w = 1,025 * 9,81 * 14,36 * e^{\frac{-2 * \pi * (13,7 - 0)}{267,7}}$$

$$P_w = 104,69 \frac{kN}{m^2}$$

- **Presión interna inducida en tanques por aguas tranquilas.**

La chapa de pantoque estará sometida a los esfuerzos provocados por los tanques de lastre. Este cálculo se encuentra en Pt B, Ch 5, Sec 6:

1.1.1 Still water pressure

The still water pressure to be used in combination with the inertial pressure in [1.1.2] is the greater of the values obtained, in kN/m², from the following formulae:

$$p_s = \rho_L g (z_L - z)$$

$$p_s = \rho_L g (z_{TOP} - z) + 100 p_{PV}$$

In no case is it to be taken, in kN/m², less than:

$$p_s = \rho_L g \left(\frac{0,8L_1}{420 - L_1} \right)$$

z_L : Z co-ordinate, in m, of the highest point of the liquid:

$$z_L = z_{TOP} + 0,5 (z_{AP} - z_{TOP})$$

z_{AP} : Z co-ordinate, in m, of the top of air pipe, to be taken not less than z_{TOP}

$\rho_L = 1,025 \text{ t/m}^3$ La densidad del agua de lastre.

$Z_{AP} = 27,3 \text{ m}$ La altura del tubo de rebose

$Z_{TOP} = 26,4 \text{ m}$ Altura del tanque.

$P_{PV} = 0,7 \text{ bar}$ Presión de las válvulas de seguridad.

$L_1 = 45 \text{ m}$ Eslora del tanque.

Primero calcularemos el punto más alto del líquido.

$$Z_L = 26,4 + 0,5 * (27,3 - 0)$$

$$Z_L = 40,05 \text{ m}$$

Se debe escoger la mayor de las siguientes presiones:

- $P_s = \rho_L * g * (Z_L - Z) = 1,025 * 9,81 * (27,3 - 0) \rightarrow P_s = 274,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- $P_s = \rho_L * g * (Z_{TOP} - Z) + 100 * P_{PV} = 1,025 * 9,81 * (2,6 - 0) + 70 \rightarrow$

$$P_s = 96,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

El valor escogido no debe ser inferior a $P_s = \rho_L * g * \frac{0,8 * L}{420 - L} = 0,97 \text{ Kn/m}^2$

Por tanto, la presión interna inducida por aguas tranquilas será:

$$P_S = 274,71 \text{ kN/m}^2$$

5.5. CÁLCULO PRESIONES CHAPA CUBIERTA PRINCIPAL.

1.2 Pressure on exposed decks

1.2.1 On exposed decks, the pressure due to the load carried is to be considered. This pressure is to be defined by the Designer and, in general, it may not be taken less than $10 \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \text{ kN/m}^2$, where ϕ_1 is defined in Tab 2, and ϕ_2 in Tab 4.

The Society may accept pressure values lower than $10 \cdot \phi_1 \cdot \phi_2 \text{ kN/m}^2$, when considered appropriate on the basis of the intended use of the deck.

Table 2 : Coefficient for pressure on exposed decks

Exposed deck location	ϕ_1
Freeboard deck and below	1,00
Top of lowest tier	0,75
Top of second tier	0,56
Top of third tier	0,42
Top of fourth tier	0,32
Top of fifth tier	0,25
Top of sixth tier	0,20
Top of seventh tier	0,15
Top of eighth tier and above	0,10

ϕ_2 : Coefficient taken equal to:

- $\phi_2 = 1$ if $L \geq 120 \text{ m}$
- $\phi_2 = L/120$ if $L < 120 \text{ m}$

Siendo $\phi_1 = 1$ por ser la cubierta de francobordo y $\phi_2 = 1$ por tener una $L > 120 \text{ m}$.

Por tanto se obtiene que la presión del agua sobre la cubierta expuesta será mayor de:

$$P_S \geq 10 * \phi_1 * \phi_2$$

$$P_S \geq 10 \text{ kN/m}^2$$

6. CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.

A continuación se calculará el espesor de los elementos que contribuyen a la resistencia del buque. Se mostrarán y calcularán los valores que no hubieran aparecido en otros puntos. Se muestra los espesores mínimos requeridos en Pt B, Ch 7, Sec 1 que se comparará con el calculado.

Plating	Minimum net thickness
Keel	$3,8 + 0,040 L k^{1/2} + 4,5 s$
Bottom	
• longitudinal framing	$1,9 + 0,032 L k^{1/2} + 4,5 s$
• transverse framing	$2,8 + 0,032 L k^{1/2} + 4,5 s$
Inner bottom	
• outside the engine room (1)	$1,9 + 0,024 L k^{1/2} + 4,5 s$
• engine room	$3,0 + 0,024 L k^{1/2} + 4,5 s$
Side	
• below freeboard deck (1)	$2,1 + 0,031 L k^{1/2} + 4,5 s$
• between freeboard deck and strength deck	$2,1 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
Inner side	
• $L < 120$ m	$1,7 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s$
• $L \geq 120$ m	$3,6 + 2,20 k^{1/2} + s$

Los espesores de las chapas que se van a dimensionar se calcularán siguiendo los mismos pasos pero modificando las presiones, longitudes de separación y espesores mínimos requeridos. A continuación se explica el proceso y posteriormente se mostrarán los resultados para cada chapa.

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{\lambda_L R_y}}$$

$$\lambda_L = \sqrt{1 - 3 \left(\gamma_m \frac{\tau_1}{R_y} \right)^2 - 0,95 \left(\gamma_m \frac{\sigma_{x1}}{R_y} \right)^2 - 0,225 \gamma_m \frac{\sigma_{x1}}{R_y}}$$

Siendo

Ps y Pw las presiones definidas en el punto anterior. Se escogerá la inducida por olas y la más alta de las calculadas para aguas tranquilas.

γ el factor de seguridad calculado en Pt B, Ch 7, Sec 1

Table 1 : Plating - Partial safety factors

Partial safety factors covering uncertainties regarding:	Symbol	Strength check of plating subjected to lateral pressure				Buckling check
		General	Sloshing pressure	Flooding pressure (1)	Testing check	
		see [3.2], [3.3.1], [3.4.1], [3.5.1] and [4]		see [3.3.2], [3.4.2] and [3.5.2]	see [3.3.3], [3.4.3] [3.5.3]	
Still water hull girder loads	γ_{S1}	1,00	0	1,00	N.A.	1,00
Wave hull girder loads	γ_{W1}	1,15	0	1,15	N.A.	1,15
Still water pressure	γ_{S2}	1,00	1,00	1,00	1,00	N.A.
Wave pressure	γ_{W2}	1,20	1,05	1,20	N.A.	N.A.
Material	γ_m	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Resistance	γ_R	1,20	1,10	1,05 (2)	1,05	1,10

(1) Applies only to plating to be checked in flooding conditions
 (2) For plating of the collision bulkhead, $\gamma_R = 1,25$
Note 1: N.A. = not applicable

σ_{x1} Es la tensión, definida para planchas que contribuyan a la resistencia longitudinal del buque en Pt B, Ch 7, Sec 1.

$$\sigma_{x1} = \gamma_{S1} \sigma_{S1} + \gamma_{W1} C_{FT} (C_{FV} \sigma_{WV1} + C_{FH} \sigma_{WH1} + C_{F\Omega} \sigma_{\Omega})$$

Donde los factores C y las tensiones se definen como:

Condition	σ_{S1} , in N/mm ² (1)	σ_{WV1} , in N/mm ²	σ_{WH1} , in N/mm ²
Lateral pressure applied on the side opposite to the ordinary stiffener, with respect to the plating:			$\left \frac{0,625 M_{WH} y}{I_z} \right 10^{-3}$
• $z \geq N$	$\left \frac{M_{SW,S}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 F_D M_{WV,S}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	
• $z < N$	$\left \frac{M_{SW,H}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 M_{WV,H}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	
Lateral pressure applied on the same side as the ordinary stiffener:			
• $z \geq N$	$\left \frac{M_{SW,H}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 M_{WV,H}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	
• $z < N$	$\left \frac{M_{SW,S}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 F_D M_{WV,S}(z-N)}{I_y} \right 10^{-3}$	

(1) When the ship in still water is always in hogging condition, $M_{SW,S}$ is to be taken equal to 0.
Note 1:
 F_D : Coefficient defined in Ch 5, Sec 2, [4].

Table 4 : Coefficient F_D

Hull transverse section location	Coefficient F_D
$0 \leq x < 0,4 L$	1
$0,4 L \leq x < 0,5 L$	$1 + 10(C_D - 1)\left(\frac{x}{L} - 0,4\right)$
$0,5 L \leq x \leq L$	C_D
Note 1:	
$C_D = 262,5 \frac{A_s}{CLB(C_B + 0,7)} - 0,6$ with $1,0 \leq C_D \leq 1,2$	
A_s : Area, in m ² , defined in [4.1.1].	

Table 4 : Combination factors C_{FV} , C_{FH} and $C_{F\Omega}$

Load case	C_{FV}	C_{FH}	$C_{F\Omega}$
"a"	1,0	0	0
"b"	1,0	0	0
"c"	0,4	1,0	1,0
"d"	0,4	1,0	0
flooding	0,6	0	0

Se muestran los valores calculados anteriormente de los momentos flectores necesarios en este punto para el cálculo de las tensiones:

- Momento en aguas tranquilas en condición de quebranto

$$M_{SW,H} = 3.120.515,6 \text{ kN.m}$$

- Momento en aguas tranquilas en condición de arrufo

$$M_{SWM,S} = 3.853.702,6 \text{ kN.m}$$

- Momento inducido por olas en condición de quebranto

$$M_{WV,H} = 4.547.685,5 \text{ kN.m}$$

- Momento inducido por olas en condición de arrufo

$$M_{WV,S} = -5.280.872,5 \text{ kN/m}$$

R_Y Es 235 N/mm²

$$\tau_1 = \gamma_{S1} \tau_{S1} + 0,625 C_{FV} \gamma_{W1} \tau_{W1}$$

Structural element	τ_{S1}, τ_{W1} in N/mm ²
Bottom, inner bottom and decks (excluding possible longitudinal sloping plates)	0
Bilge, side, inner side and longitudinal bulkheads (including possible longitudinal sloping plates):	
• $0 \leq z \leq 0,25 D$	$\tau_0 \left(0,5 + 2 \frac{z}{D} \right)$
• $0,25 D < z \leq 0,75 D$	τ_0
• $0,75 D < z \leq D$	$\tau_0 \left(2,5 - 2 \frac{z}{D} \right)$
Note 1:	
$\tau_0 = \frac{47}{k} \left\{ 1 - \frac{6,3}{\sqrt{L_1}} \right\} \text{ N/mm}^2$	

Ya están definidos todos los parámetros necesarios para calcular λ_L .

Seguimos definiendo los parámetros necesarios para el cálculo del espesor.

C_a es la relación de aspecto, siendo s la separación refuerzos y l la separación entre varengas 2,4 m. No se tomará un valor superior a 1.

$$c_a = 1,21 \sqrt{1 + 0,33 \left(\frac{s}{l} \right)^2} - 0,69 \frac{s}{l}$$

$$C_a = 1,21 * \sqrt{1 + 0,33 * \left(\frac{0,8}{2,4} \right)^2} - 0,69 * \frac{0,8}{2,4} = 1,002$$

$$C_a = 1$$

C_r Coeficiente de curvatura del panel, se tomará 1 cuando la chapa sea recta y se calculará para la chapa de pantoque al ser una superficie curva.

- c_r : Coefficient of curvature of the panel, equal to:
 $c_r = 1 - 0,5 s / r$
 to be taken not less than 0,5
- r : Radius of curvature, in m

6.1. ESPESOR DEL FONDO.

Se muestra el resultado de los parámetros necesarios que se han definido en el punto anterior. Las presiones también han sido calculadas y se han utilizado los valores mayores para aguas tranquilas.

z (m)	0
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
R_y (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λ_L	0,477
P_s (kN/m ²)	163,39
P_w (kN/m ²)	104,69
t (mm)	18

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

En punto anteriores se ha mostrado la tabla de espesores mínimos, se calculará el espesor mínimo para el fondo con el fin de comprobar el que se ha calculado ahora.

$$t_{QUILLA} = 3,8 + 0,040 * L * K^{1/2} + 4,5 * s$$

$$t_{QUILLA} = 3,8 + 0,040 * 267,7 * 1 + 4,5 * 0,8 = 18 \text{ mm}$$

Los dos cálculos dan el mismo valor. Se tomará 1 mm de margen de corrosión.

$$t_{QUILLA} = 18,0 \text{ mm}$$

Para calcular el espesor mínimo exigido en el resto del fondo se utilizará:

$$t_{FONDomin} = 1,9 + 0,024 * L * K^{1/2} + 4,5 * s$$

$$t_{FONDomin} = 1,9 + 0,024 * 267,7 * 1 + 4,5 * 0,8 = 11,9 \text{ mm}$$

En este caso, para el resto del fondo escogeremos el primer espesor calculado aumentando el margen de corrosión.

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

6.2. ESPESOR DEL COSTADO.

Se muestra una tabla con los cálculos previos. El punto más desfavorable es el punto del costado más inmerso en el agua.

z (m)	2,6
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{vv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,82
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λL	0,477
Ps (kN/m ²)	309,31
Pw (kN/m ²)	111,28
t (mm)	24

$$t = 14,9 C_a C_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

Las presiones utilizadas se han calculado anteriormente. En punto anteriores se ha mostrado la tabla de espesores mínimos, se calculará el espesor mínimo para el costado con el fin de comprobar el que se ha calculado ahora. Se tendrá en cuenta que está situado debajo de la cubierta de francobordo.

$$t_{SIDEmin} = 2,1 + 0,031 * 276,7 * 1 + 4,5 * 0,8$$

$$t_{SIDEmin} = 14,0 \text{ mm}$$

Se escogerá por tanto un espesor para el costado de 15 mm más 1 mm de margen de corrosión.

$$t_{SIDE} = 25 \text{ mm}$$

6.3. ESPESOR DEL DOBLE FONDO.

Se muestran los resultados de los parámetros.

z (m)	2,6
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	145,18
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λ_L	0,652
Ps (kN/m ²)	111,61
Pw (kN/m ²)	0
t (mm)	10

$$t = 14,9 C_a C_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

En punto anteriores se ha mostrado la tabla de espesores mínimos, se calculará el espesor mínimo para el doble fondo con el fin de comprobar el que se ha calculado ahora.

$$t_{DBmin} = 1,9 + 0,024 * 276,7 * 1 + 4,5 * 0,8$$

$$t_{DBmin} = 12 \text{ mm}$$

Se escogerá en este caso, el espesor obtenido a partir de la fórmula de espesor mínimo, 12 mm y se añadirá 1 mm de margen de corrosión.

$$t_{DB} = 13 \text{ mm}$$

6.4. ESPESOR DEL PANTOQUE.

Para este cálculo y teniendo en cuenta el tipo de estructura (Pt B, Ch 7, Sec 1) el reglamento ofrece dos caminos:

2.3.1 The net thickness of the longitudinally framed bilge plating, in mm, is to be not less than the greater of:

- value obtained from [3.3.1]
- value obtained from [5], to be checked as curved panel.

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{\lambda_L R_y}}$$

5.1 General

5.1.1 Application

The requirements of this Article apply for the buckling check of plating subjected to in-plane compression stresses, acting on one or two sides, or to shear stress.

Rectangular plate panels are considered as being simply supported. For specific designs, other boundary conditions may be considered, at the Society's discretion, provided that the necessary information is submitted for review.

Se utilizará la misma fórmula que para los espesores anteriores ya que no se está estudiando el pandeo del panel.

$$t = 14,9 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{\lambda_L R_y}}$$

La situación más desfavorable será el punto más bajo. Se muestran datos utilizados para este cálculo.

z (m)	0
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,79
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
C _a	1
C _r	0,8
λ_L	0,477
P _s (kN/m ²)	274,71
P _w (kN/m ²)	104,69
t (mm)	18

Aplicando 1 mm como margen de corrosión se obtiene un espesor para el pantoque de:

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

6.5. ESPESOR DE LA CUBIERTA PRINCIPAL.

La fórmula a utilizar será la misma, se muestran los resultados.

z (m)	26,4
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	-180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
C _a	1
C _r	1
λ_L	0,830
P _s (kN/m ²)	10
P _w (kN/m ²)	0
t (mm)	3

$$t = 14,9 C_a C_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

En puntos anteriores se ha mostrado la tabla de espesores mínimos, se calculará el espesor mínimo para la cubierta con el fin de comprobar el que se ha calculado ahora

$$t = 1,6 + 0,032 * 267,7 * 1 + 4,5 * 0,8$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

Este es el espesor mínimo requerido pero finalmente se escogerá un espesor de 15 mm ya que, al tratarse de un cálculo interactivo, en el punto 11 de este cuaderno, se comprobó que el módulo de inercia de la cubierta no cumplía con el mínimo calculado en el punto 4. Por tanto se escogerá un espesor de:

$$t = 15 \text{ mm}$$

6.6. ESPESOR VAGRAS.

Son elementos primarios, longitudinales y su espesor se obtiene en Pt B, Ch 7, Sec 1. El espesor de la chapa se calculará de acuerdo con la fórmula utilizada hasta ahora independientemente de que se trate de refuerzos secundarios y primarios.

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{\lambda_L R_y}}$$

El reglamento proporciona una fórmula con espesores mínimos para refuerzos primarios

2.1.1 General

The net thickness of plating which forms the webs of primary supporting members is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formulae:

$$t_{MIN} = 3,7 + 0,015 L k^{1/2} \quad \text{for } L < 120 \text{ m}$$

$$t_{MIN} = 3,7 + 1,8 k^{1/2} \quad \text{for } L \geq 120 \text{ m}$$

El espesor mínimo requerido será

$$t_{MIN} = 6 \text{ mm}$$

Las presiones que se utilizarán serán las mismas que las utilizadas para el cálculo del espesor del doble fondo, costado o cubierta según donde se encuentre situada la vagra. La altura escogida será la más desfavorable.

- Vagra doble fondo.

z (m)	0
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λL	0,477
Ps (kN/m ²)	163,39
Pw (kN/m ²)	0
t (mm)	15

Aplicando 1 mm de margen de corrosión se obtiene que:

$$t = 16 \text{ mm}$$

- Vagra costado.

z (m)	2,6
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	145,18
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,82
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λL	0,652
Ps (kN/m ²)	309,31
Pw (kN/m ²)	111,28
t (mm)	20

Tomando un margen de corrosión se obtiene:

$$t = 21 \text{ mm}$$

- Vagra cubierta.

z (m)	26,4
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	-180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λ_L	0,830
P _s (kN/m ²)	10
P _w (kN/m ²)	0
t (mm)	3

En este caso se escogerá el valor ofrecido por la fórmula de espesor mínimo tomando 1 mm de margen de corrosión.

$$t = 7 \text{ mm}$$

6.7. ESPESOR VARENGAS.

El reglamento proporciona una fórmula con espesores mínimos para refuerzos primarios

2.1.1 General

The net thickness of plating which forms the webs of primary supporting members is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formulae:

$$t_{\text{MIN}} = 3,7 + 0,015 L k^{1/2} \quad \text{for } L < 120 \text{ m}$$

$$t_{\text{MIN}} = 3,7 + 1,8 k^{1/2} \quad \text{for } L \geq 120 \text{ m}$$

El espesor mínimo requerido será $t_{\text{MIN}} = 6 \text{ mm}$

La varenga se estudiará con la misma fórmula al entenderla como una chapa

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

Las presiones utilizadas serán las mayores calculadas anteriormente para la chapa de fondo. Se muestran los resultados obtenidos.

z (m)	0
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
Ca	1
Cr	1
λL	0,477
Ps (kN/m ²)	163,39
Pw (kN/m ²)	104,69
t (mm)	18

Aplicando 1 mm de margen de corrosión se obtiene un espesor para la varenga de:

$$t = 19 \text{ mm}$$

6.8. ESPESOR BULÁRCAMA.

El reglamento proporciona una fórmula con espesores mínimos para refuerzos primarios

2.1.1 General

The net thickness of plating which forms the webs of primary supporting members is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formulae:

$$t_{\text{MIN}} = 3,7 + 0,015 L k^{1/2} \quad \text{for } L < 120 \text{ m}$$

$$t_{\text{MIN}} = 3,7 + 1,8 k^{1/2} \quad \text{for } L \geq 120 \text{ m}$$

El espesor mínimo requerido será

$$t_{\text{MIN}} = 6 \text{ mm}$$

La bulárcama se estudiará con la misma fórmula al entenderla como una chapa.

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

Las presiones utilizadas serán las mayores calculadas anteriormente para la chapa de costado. Se muestran los resultados obtenidos.

z (m)	2,6
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,82
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
C _a	1
C _r	1
λ_L	0,477
P _s (kN/m ²)	309,31
P _w (kN/m ²)	111,28
t (mm)	24

Aplicando 1 mm de margen de corrosión se obtiene un espesor para la bulárcamaa de:

$$t = 25 \text{ mm}$$

6.9. ESPESOR BAO.

El espesor mínimo requerido será igual a los calculados hasta ahora para los refuerzos primarios.

$$t_{MIN} = 6 \text{ mm}$$

El bao se estudiará con la misma fórmula al entenderla como una chapa.

3.3.1 General

The net thickness of laterally loaded plate panels subjected to in-plane normal stress acting on the shorter sides is to be not less than the value obtained, in mm, from the following formula:

$$t = 14,9 C_a C_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{\lambda_L R_y}}$$

Las presiones utilizadas serán las mayores calculadas anteriormente para la chapa de costado. Se muestran los resultados obtenidos.

z (m)	26,4
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	-180,79
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	106,83
s (m)	0,81
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
C _a	1
C _r	1
λ_L	0,830
P _s (kN/m ²)	10
P _w (kN/m ²)	0
t (mm)	3

En este caso, es mayor el espesor mínimo que exige el reglamento al calculado de manera más específica, por tanto tomando 1 mm de margen de corrosión, se escogerá un espesor para el bao de:

$$t = 7 \text{ mm}$$

7. RESUMEN ESPESORES DE LAS CHAPAS.

CHAPA	ESPESOR (mm)
QUILLA	19
FONDO	19
DOBLE FONDO	13
COSTADO	25
CUBIERTA	15
PANTOQUE	19
VAGRAS DF	16
VAGRAS COSTADO	21
VAGRAS CUBIERTA	4
VARENGA	19
BULÁRCAMA	25
BAO	7

8. CÁLCULO DE LOS REFUERZOS SECUNDARIOS.

Se empezará calculando el espesor mínimo exigido para compararlo con el calculado para la chapa correspondiente y el espesor que se escoja, como mínimo, será el menor de ellos. Se calculará el módulo y el área seccional con el fin de escoger un refuerzo que cumpla las exigencias. Los cálculos de las tensiones, presiones y factores de seguridad son los mismos que se han utilizado para el cálculo de la chapa. Para no repetir todos los cálculos para cada refuerzo sólo se mostrará lo referido al refuerzo, obviando los cálculos previos. El espesor mínimo del alma del refuerzo está definido en Pt B, Ch 7, Sec 2.

2.2.1 The net thickness of the web of ordinary stiffeners is to be not less than the lesser of:

- the value obtained, in mm, from the following formulae:

$$t_{\text{MIN}} = 0,8 + 0,004 L k^{1/2} + 4,5 s \quad \text{for } L < 120 \text{ m}$$

$$t_{\text{MIN}} = 1,6 + 2,2 k^{1/2} + s \quad \text{for } L \geq 120 \text{ m}$$

- the net as built thickness of the attached plating.

La separación entre refuerzos ha sido definida al inicio del cuaderno.

Una vez definido el espesor se calculará el módulo y el área seccional.

3.7.3 Single span longitudinal and transverse ordinary stiffeners subjected to lateral pressure

The net section modulus w , in cm³, and the net shear sectional area A_{Sh} , in cm², of longitudinal or transverse ordinary stiffeners subjected to lateral pressure are to be not less than the values obtained from the following formulae:

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{X1})} \left(1 - \frac{s}{2\ell}\right) s \ell^2 10^3$$

$$A_{Sh} = 10 \gamma_R \gamma_m \beta_s \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{R_y} \left(1 - \frac{s}{2\ell}\right) s \ell$$

where:

β_b, β_s : Coefficients defined in [3.4.2].

Table 5 : Coefficients β_b and β_s

Brackets at ends	Bracket lengths	β_b	β_s
0	–	1	1
1	ℓ_b	$\left(1 - \frac{\ell_b}{2\ell}\right)^2$	$1 - \frac{\ell_b}{2\ell}$
2	$\ell_{b1}; \ell_{b2}$	$\left(1 - \frac{\ell_{b1}}{2\ell} - \frac{\ell_{b2}}{2\ell}\right)^2$	$1 - \frac{\ell_{b1}}{2\ell} - \frac{\ell_{b2}}{2\ell}$

Se tomará el valor de 1 al no estar soportado en los extremos.

8.1. REFUERZOS CHAPA DE FONDO.

La separación entre refuerzos longitudinales será de 0,81 m; se recuerda que han sido definidas las distancias entre elementos al inicio del cuaderno.

$$t_{MIN} = 1,6 + 2,2 * 1^{1/2} + 0,81$$

$$t_{MIN} = 4,6 \text{ mm}$$

El espesor escogido para la chapa de fondo y eliminando el margen de corrosión era $t = 18$ mm.

Como ya se ha mencionado se escogerá el menor valor de los dos.

$$t_{ALMA} = 5 \text{ mm}$$

Se muestran los resultados necesarios para obtener el módulo y el área seccional.

z (m)	0
β_b (N/mm ²)	1
β_s (N/mm ²)	1
s (m)	0,81
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{s1} (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_{x1} (N/mm ²)	180,79
Ps (kN/m ²)	163,39
Pw (kN/m ²)	104,69
tmin (mm)	5
w (cm³)	1695,54
Ash (cm²)	18,48

Teniendo en cuenta el módulo de inercia y el espesor mínimo del alma calculado se obtendrá a partir del prontuario un refuerzo comercial. En el anexo se adjunta las tablas de dichos refuerzos.

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF. FONDO	1693,59	18,48	5	1935	94,1	430X15

El refuerzo de 430x15 mm cumple con los mínimos exigidos.

8.2. REFUERZOS DE COSTADO.

La separación entre refuerzos longitudinales será de 0,82 m. La fórmula utilizada será la misma para todos los refuerzos.

$$t_{MIN} = 1,6 + 2,2 * 1^{1/2} + 0,8$$

$$t_{MIN} = 4,6 \text{ mm}$$

El espesor escogido para la chapa del costado y eliminando el margen de corrosión era $t = 15 \text{ mm}$.

Como ya se ha mencionado se escogerá el menor valor de los dos.

$$t_{ALMA} = 5 \text{ mm}$$

Se muestran los resultados necesarios para obtener el módulo y el área seccional.

z (m)	2,6
β_b (N/mm ²)	1
β_s (N/mm ²)	1
s (m)	0,82
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	145,18
σ_{s1} (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_{x1} (N/mm ²)	145,18
Ps (kN/m ²)	309,31
Pw (kN/m ²)	111,28
tmin (mm)	5
w (cm³)	1665,20
Ash (cm²)	31,18

Teniendo en cuenta el módulo de inercia y el espesor mínimo del alma calculado se obtendrá a partir del prontuario un refuerzo comercial. En el anexo se adjunta las tablas de dichos refuerzos.

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF. COSTADO	1665,20	31,18	5	1935	94,1	430X15

El refuerzo de 430x15 mm cumple con los mínimos exigidos.

8.3. REFUERZOS DE DOBLE FONDO.

La separación entre refuerzos longitudinales será de 0,81 m. La fórmula utilizada será la misma para todos los refuerzos.

$$t_{MIN} = 1,6 + 2,2 * 1^{1/2} + 0,8$$

$$t_{MIN} = 4,6 \text{ mm}$$

El espesor escogido para la chapa del doble fondo y eliminando el margen de corrosión era $t = 12$ mm.

Como ya se ha mencionado se escogerá el menor valor de los dos.

$$t_{ALMA} = 5 \text{ mm}$$

Se muestran los resultados necesarios para obtener el módulo y el área seccional.

z (m)	2,6
β_b (N/mm ²)	1
β_s (N/mm ²)	1
s (m)	0,81
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	145,18
σ_{s1} (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_{x1} (N/mm ²)	145,18
P _s (kN/m ²)	163,39
P _w (kN/m ²)	0
t _{min} (mm)	5
w (cm³)	618,04
Ash (cm²)	11,57

Teniendo en cuenta el módulo de inercia y el espesor mínimo del alma calculado se obtendrá a partir del prontuario un refuerzo comercial. En el anexo se adjunta las tablas de dichos refuerzos.

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF.DOUBLE FONDO	618,04	11,57	5	671	46,7	300x11

El refuerzo de 260x10 mm cumple con los mínimos exigidos.

8.4. REFUERZOS DEL PANTOQUE.

La separación entre refuerzos longitudinales será de 0,79 m; se recuerda que han sido definidas las distancias entre elementos al inicio del cuaderno. La fórmula utilizada será la misma para todos los refuerzos.

$$t_{MIN} = 1,6 + 2,2 * 1^{1/2} + 0,8$$

$$t_{MIN} = 4,6 \text{ mm}$$

El espesor escogido para la chapa del pantoque y eliminando el margen de corrosión era $t = 18 \text{ mm}$.

Como ya se ha mencionado se escogerá el menor valor de los dos.

$$t_{ALMA} = 5 \text{ mm}$$

Se muestran los resultados necesarios para obtener el módulo y el área seccional.

z (m)	0
β_b (N/mm ²)	1
β_s (N/mm ²)	1
s (m)	0,79
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_{s1} (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_{x1} (N/mm ²)	180,79
Ps (kN/m ²)	274,71
Pw (kN/m ²)	104,69
tmin (mm)	5
w (cm³)	2585,47
Ash (cm²)	28,18

Teniendo en cuenta el módulo de inercia y el espesor mínimo del alma calculado se obtendrá a partir del prontuario un refuerzo comercial. En el anexo se adjunta las tablas de dichos refuerzos:

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF.PANTOQUE	2585,47	28,18	5	2825	104,1	500x12

El refuerzo de 500x12 mm cumple con los mínimos exigidos.

8.5. REFUERZOS DE LA CUBIERTA PRINCIPAL.

La fórmula utilizada será la misma para todos los refuerzos.

$$t_{MIN} = 1,6 + 2,2 * 1^{1/2} + 0,8$$

$$t_{MIN} = 4,6 \text{ mm}$$

El espesor escogido para la chapa de la cubierta principal y eliminando el margen de corrosión era $t = 5$ mm. Dan el mismo valor, por tanto:

$$t_{ALMA} = 5 \text{ mm}$$

Se muestran los resultados necesarios para obtener el módulo y el área seccional.

z (m)	26,4
β_b (N/mm ²)	1
β_s (N/mm ²)	1
s (m)	0,81
l (m)	2,4
R _y (N/mm ²)	235
σ_{s1} (mismo lado) (N/mm ²)	-180,79
σ_{s1} (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_{x1} (N/mm ²)	-180,79
P _s (kN/m ²)	10
P _w (kN/m ²)	0
t _{min} (mm)	5
w (cm³)	7,84
Ash (cm²)	0,71

Teniendo en cuenta el módulo de inercia y el espesor mínimo del alma calculado se obtendrá a partir del prontuario un refuerzo comercial. En el anexo se adjunta las tablas de dichos refuerzos.

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF.CUBIERTA	7,84	0,71	5	671	46,7	300x11

El perfil seleccionado cumple con los mínimos. Inicialmente el perfil escogido era menor (60x6) el cual cumplía los mínimos pero este cálculo es un proceso interactivo, y en la comprobación del módulo requerido(Punto 11) se comprobó que $W_{CUBIERTA}$ no cumplía con el mínimo calculado en el punto 4 de este cuaderno. Por tanto, se ha modificado para su cumplimiento.

8.6. RESUMEN REFUERZOS SECUNDARIOS.

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF. FONDO	1693,59	18,48	5	1935	94,1	430X15
REF. COSTADO	1665,20	31,18	5	1935	94,1	430X15
REF.DOBLE FONDO	618,04	11,57	5	671	46,7	300x11
REF.PANTOQUE	2585,47	28,18	5	2825	104,1	500x12
REF.CUBIERTA	7,84	0,71	5	671	46,7	300x11

En el anexo se presenta la tabla de dichos perfiles.

9. CÁLCULO DE LOS REFUERZOS PRIMARIOS EN VAGRAS.

El cálculo será muy parecido al utilizado con los refuerzos secundarios. En este caso se utilizarán las fórmulas obtenidas en Pt B, Ch 7, Sec 3 dedicada a refuerzos primarios.

3.7.1 General

The requirements in [3.7.2] and [3.7.3] provide the minimum net section modulus and net shear sectional area of primary supporting members subjected to lateral pressure in intact conditions, complying with the checking criteria indicated in [3.6].

3.7.2 Longitudinal and transverse primary supporting members

The net section modulus w , in cm³, and the net shear sectional area A_{Sh} , in cm², of longitudinal or transverse primary supporting members are to be not less than the values obtained from the following formulae:

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{X1})} s \ell^2 10^3$$

$$A_{Sh} = 10 \gamma_R \gamma_m \beta_s \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{R_y} s \ell$$

where β_b and β_s are the coefficients defined in [3.5.2].

3.7.3 Vertical primary supporting members

The net section modulus w , in cm³, and the net shear sectional area A_{Sh} , in cm², of vertical primary supporting members are to be not less than the values obtained from the following formulae:

$$w = \gamma_R \gamma_m \lambda_b \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_A)} s \ell^2 10^3$$

$$A_{Sh} = 10 \gamma_R \gamma_m \lambda_s \beta_s \frac{\gamma_{S2} P_s + \gamma_{W2} P_w}{R_y} s \ell$$

En este caso, los refuerzos en las vagras serán longitudinales.

Se muestran las definiciones de los diferentes parámetros necesarios para calcular los refuerzos. Serán diferentes a los utilizados en los refuerzos secundarios.

Se definen los factores de seguridad

Table 3 : Primary supporting members analysed through three dimensional models - Partial safety factors

Partial safety factors covering uncertainties regarding:	Symbol	Yielding check (see [4])			Buckling check	
		General	Flooding pressure (1)	Testing check	Plate panels (see [7.1])	Pillars (see [7.2] and [7.3])
Still water hull girder loads	γ_{S1}	1,00	1,00	NA	1,00	1,00
Wave hull girder loads	γ_{W1}	1,05	1,05	NA	1,05	1,05
Still water pressure	γ_{S2}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Wave pressure	γ_{W2}	1,10	1,10	NA	1,10	1,10
Material	γ_m	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Resistance	γ_R	defined in Tab 5	defined in Tab 5	defined in Tab 5	1,02 (2)	for [7.2]: see Tab 13 for [7.3]: 1,15

(1) Applies only to primary supporting members to be checked in flooding conditions
(2) For corrugated bulkhead platings, $\gamma_R = 1,10$
Note 1: For primary supporting members of the collision bulkhead, $\gamma_R = 1,25$

**Table 5 : Primary supporting members analysed through three dimensional or complete ship models
Resistance partial safety factor**

Type of three dimensional model (see Ch 7, App 1)	Resistance partial safety factor γ_R (see [4.4] and [5.3])		
	General	Flooding pressure	Testing check
Beam model	1,20	1,02	1,20
Coarse mesh finite element model	1,20	1,02	1,20
Standard mesh finite element model	1,05	1,02	1,05
Fine mesh finite element model	1,05	1,02	1,05

Parámetros relacionados con la separación entre las chapas.

$$\beta_b = \left(1 - \frac{\ell_{b1}}{2\ell} - \frac{\ell_{b2}}{2\ell}\right)^2$$

$$\beta_s = 1 - \frac{\ell_{b1}}{2\ell} - \frac{\ell_{b2}}{2\ell}$$

ℓ_{b1}, ℓ_{b2} : Lengths of the brackets at ends, in m.

m : Boundary coefficient, to be taken equal to:

- $m = 10$ in general
- $m = 12$ for bottom and side primary supporting members
- for longitudinal primary supporting members contributing to the hull girder longitudinal strength:

$$\sigma_{X1} = \gamma_{S1} \sigma_{S1} + \gamma_{W1} (C_{FV} \sigma_{WV1} + C_{FH} \sigma_{WH1} + C_{F\Omega} \sigma_{\Omega})$$

Table 9 : Hull girder normal stresses - Primary supporting members subjected to lateral pressure

Condition		σ_{S1} , in N/mm ² (1)	σ_{WV1} , in N/mm ²	σ_{WH1} , in N/mm ²
Lateral pressure applied on the side opposite to the primary supporting member, with respect to the plating:	$z \geq N$	$\left \frac{M_{SW,S}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 F_D M_{WV,S}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 M_{WH}}{I_Z} y \right 10^{-3}$
	$z < N$	$\left \frac{M_{SW,H}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 M_{WV,H}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	
Lateral pressure applied on the same side as the primary supporting member:	$z \geq N$	$\left \frac{M_{SW,H}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 M_{WV,H}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	
	$z < N$	$\left \frac{M_{SW,S}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	$\left \frac{0,625 F_D M_{WV,S}}{I_Y} (z - N) \right 10^{-3}$	
(1) When the ship in still water is always in hogging condition, $M_{SW,S}$ is to be taken equal to 0.				
Note 1:				
F_D : Coefficient defined in Ch 5, Sec 2, [4].				

Table 11 : Combination factors C_{FV} , C_{FH} and $C_{F\Omega}$

Load case	C_{FV}	C_{FH}	$C_{F\Omega}$
"a"	1,0	0	0
"b"	1,0	0	0
"c"	0,4	1,0	1,0
"d"	0,4	1,0	0
Flooding	0,6	0	0

9.1. REFUERZOS EN VAGRAS.

Los refuerzos primarios que se utilizarán en las vagras serán verticales. El procedimiento a utilizar se ha explicado en el primer punto. Se adjunta una tabla con los resultados.

$$t_{MIN} = 1,6 + 2,2 * 1^{1/2} + 0,8$$

$$t_{MIN} = 4,6 \text{ mm}$$

El espesor mínimo del alma será de 5 mm.

- Refuerzos en vagras del doble fondo.

Se muestran los resultados necesarios para obtener el módulo y el área seccional teniendo en cuenta las presiones del fondo.

z (m)	0
β_b (N/mm ²)	1,00
β_s (N/mm ²)	1,00
s (m)	0,81
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
σ_1 (mismo lado) (N/mm ²)	180,79
σ_1 (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_{x1} (N/mm ²)	180,79
Ps (kN/m ²)	163,39
Pw (kN/m ²)	104,69
tmin (mm)	5
w (cm³)	1401,75
Ash (cm²)	24,68

Teniendo en cuenta el módulo de inercia y el espesor mínimo del alma calculado se obtendrá a partir del prontuario un refuerzo comercial. En el anexo se adjunta las tablas de dichos refuerzos.

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF. VAGRA DF	1402,75	24,68	5	1580	81,4	400x14

El refuerzo de 400x14 mm cumple con los mínimos exigidos.

- Refuerzos en palmejares del costado.

Se utilizarán las presiones utilizadas para el cálculo del costado. Se muestran los resultados:

z (m)	2,6
β_b (N/mm ²)	1,00
β_s (N/mm ²)	1,00
s (m)	0,82
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
σ_1 (mismo lado) (N/mm ²)	145,18
σ_1 (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_x1 (N/mm ²)	145,18
Ps (kN/m ²)	309,31
Pw (kN/m ²)	111,28
tmin (mm)	5
w (cm³)	1144,42
Ash (cm²)	38,72

El refuerzo escogido para las vagras del costado es:

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF.PALMEJAR	1144,42	38,72	5	1210	69,6	370x13

El perfil 370x13 cumple con los mínimos.

- Refuerzos en vagras de cubierta.

Las presiones a considerar serán las que afectan a la cubierta. Se muestran los datos del cálculo del módulo mínimo así como del perfil seleccionado.

z (m)	26,4
β_b (N/mm ²)	1,00
β_s (N/mm ²)	1,00
s (m)	0,81
l (m)	2,4
Ry (N/mm ²)	235
σ_1 (mismo lado) (N/mm ²)	-180,79
σ_1 (lado opuesto) (N/mm ²)	106,83
σ_{wv1} (mismo lado) (N/mm ²)	112,99
σ_{wv1} (lado opuesto) (N/mm ²)	97,31
σ_x1 (N/mm ²)	-180,79
Ps (kN/m ²)	10,00
Pw (kN/m ²)	0
tmin (mm)	5
w (cm³)	4,86
Ash (cm²)	0,89

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm ³)	Ash (cm ²)	t (mm)	w (cm ³)	Ash (cm ²)	DIM (mm)
REF.VAGRA CUBIERTA	4,86	0,86	5	38	7,74	100x6

El perfil seleccionado cumple con los mínimos. Inicialmente el perfil escogido era menor (60x6) el cual cumplía los mínimos pero este cálculo es un proceso interactivo, y en la comprobación del módulo requerido(Punto 11) se comprobó que $W_{CUBIERTA}$ no cumplía con el mínimo calculado en el punto 4 de este cuaderno. Por tanto, se ha modificado para su cumplimiento.

10. RESUMEN ESPESORES DE CHAPAS Y REFUERZOS.

CHAPA	ESPESOR (mm)
QUILLA	19
FONDO	19
DOBLE FONDO	13
COSTADO	25
CUBIERTA	15
PANTOQUE	19
VAGRAS DF	16
VAGRAS COSTADO	21
VAGRAS CUBIERTA	4
VARENGA	19
BULÁRCAMA	25
BAO	7

	MÍNIMO			PERFIL TIPO BULBO		
	w (cm3)	Ash (cm2)	t (mm)	w (cm3)	Ash (cm2)	DIM (mm)
REF. FONDO	1693,59	18,48	5	1935	94,1	430X15
REF. COSTADO	1665,20	31,18	5	1935	94,1	430X15
REF.DOBLE FONDO	618,04	11,57	5	671	46,7	300x11
REF.PANTOQUE	2585,47	28,18	5	2825	104,1	500x12
REF.CUBIERTA	7,84	0,71	5	671	46,7	300x11
REF. VAGRA DF	1402,75	24,68	5	1580	81,4	400x14
REF.PALMEJAR	1144,42	38,72	5	1210	69,6	370x13
REF.VAGRA CUBIERTA	4,86	0,86	5	38	7,74	100x6

11. COMPROBACIÓN MÓDULO RESISTENTE DE LA CUADERNA MAESTRA.

Para este cálculo se tendrán en cuenta los elementos antes calculados que contribuyen a la resistencia longitudinal, por tanto las varengas, bulárcamas y baos no se tendrán en cuenta. En el punto 4 de este cuaderno se estimó, mediante fórmulas del reglamento, el módulo de inercia mínimo que debía tener la estructura del buque. Ahora se calculará si la cuaderna propuesta en este proyecto cumple con el módulo de inercia mínima calculado. El proceso para este cálculo se realiza con una hoja de Excel programada donde se muestra el área de los elementos y sus distancias con respecto a la línea de base con el fin de calcular la inercia total del conjunto.

Se busca calcular el momento de inercia respecto al eje neutro. Para ello, debemos calcular la inercia respecto a la línea de base y luego, mediante la aplicación del teorema de Steiner, se llegará a la inercia buscada. La inercia respecto de la línea de base se calculará a partir de la inercia propia y utilizando el teorema de Steiner.

- Inercia propia $I_O = \frac{A \cdot H^2}{12}$
- Inercia lb $I_{OX} = \sum I_O + \sum (A \cdot Yg^2)$
- Inercia eje neutro $I_{EN} = I_{OX} - Yg^2 \cdot \sum A$

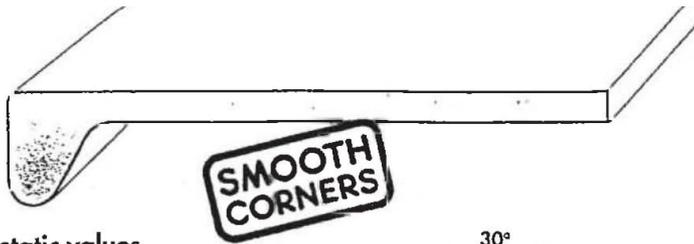
Se calculará el módulo tanto para la cubierta como para el fondo. Se muestran los resultados obtenidos:

Iox	843,25	m ⁴		
Yen	12,09	m		
Ien	655,46	m ⁴		
Ycub	14,31	m		
Yfondo	12,09	m		
Wfondo	54,20	m ³	Wfondo	54,20
Wcubierta	45,81	m ³	Wcubierta	45,81
			OBTENIDO (m ³)	MINIMO (m ³)
			54,20	45,01
			45,81	45,01

La cuaderna propuesta cumple con el mínimo exigido por el reglamento.

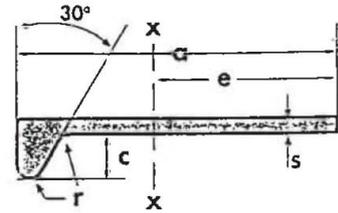
ANEXO I. TABLA PERFILES REFUERZOS

Bulb Flats



Dimension range, weight/m and static values

Width a mm	Thickness s mm	Height c mm	Radius r mm	Area A cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W _x * cm ³
60	4	13	3.5	3.58	2.81	3.82	12.2	13
	5	13	3.5	4.18	3.28	3.70	14.4	14
	6	13	3.5	4.78	3.75	3.62	16.4	16
80	5	14	4	5.40	4.24	4.89	33.8	23
	6	14	4	6.20	4.87	4.78	39.0	25
	7	14	4	7.00	5.50	4.69	43.3	27
Delivery by special agreement. Standard lengths 6-12 m								
100	6	15.5	4.5	7.74	6.08	5.98	76.1	38
	7	15.5	4.5	8.74	6.86	5.87	85.3	41
	8	15.5	4.5	9.74	7.65	5.78	94.3	45
120	6	17	5	9.31	7.31	7.20	133	54
	7	17	5	10.5	8.25	7.07	148	59
	8	17	5	11.7	9.19	6.96	164	63
140	7	19	5.5	12.4	9.74	8.31	241	80
	8	19	5.5	13.8	10.8	8.18	266	87
	9	19	5.5	15.2	11.9	8.07	291	93
160	7	22	6	14.6	11.4	9.66	373	110
	8	22	6	16.2	12.7	9.49	411	118
	9	22	6	17.8	14.0	9.36	448	126
180	8	25	7	18.9	14.8	10.9	609	157
	9	25	7	20.7	16.2	10.7	663	166
	10	25	7	22.5	17.6	10.6	717	177
200	9	28	8	23.6	18.5	12.1	941	225
	10	28	8	25.6	20.1	11.9	1020	237
	11.5	28	8	28.6	22.5	11.7	1126	255
220	10	31	9	29.0	22.8	13.4	1400	302
	11.5	31	9	32.3	25.4	13.1	1550	323
	240	10	34	10	32.4	25.4	14.7	1860
11		34	10	34.9	27.4	14.6	2000	391
12		34	10	37.3	29.3	14.4	2130	406
260	10	37	11	36.1	28.3	16.2	2477	455
	11	37	11	38.7	30.3	16.0	2610	474
	12	37	11	41.3	32.4	15.8	2770	493
280	11	40	12	42.6	33.5	17.4	3330	566
	12	40	12	45.5	35.7	17.2	3550	590
	300	11	43	13	46.7	36.7	18.9	4190
12		43	13	49.7	39.0	18.7	4460	701
13		43	13	52.8	41.5	18.5	4720	728
320	12	46	14	54.2	42.5	20.1	5530	819
	13	46	14	57.4	45.0	19.9	5850	849
	340	12	49	15	58.8	46.1	21.5	6760
14		49	15	65.5	51.5	21.1	7540	1014
370		13	53.5	16.5	69.6	54.6	23.5	9470
	15	53.5	16.5	77.0	60.5	23.0	10490	1278
	400	14	58	18	81.4	63.9	25.5	12930
16		58	18	89.4	70.2	25.0	14220	1666
430		15	62.5	19.5	94.1	73.9	27.4	17260
	17	62.5	19.5	103.0	80.6	26.9	18860	2036



Standard lengths

6-18 m.

Other lengths by special agreement

Plate cross sectional area 60 cm²

Orders

must include the following measurements: a x s.

Plate cross sectional area 100 cm²

Plate cross sectional area 150 cm²

* Inclusive plate as noted

Jumbo Bulb Flats

Welded bulb flats, for very large and ultra large carrier/vessels



Dimension range, weight/m and static values

Width m	Thickness s mm	Height b mm	Bulb bottom f mm	Radius r mm	Area A cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W _x * cm ³
400	12	110	17	5.0	92.1	72.3	28.4	13530	2104
	14	110	17	5.0	98.7	77.5	27.6	14990	2144
450	12	110	17	5.0	98.1	77.0	31.5	18900	2457
	14	110	17	5.0	105.7	83.0	30.6	20920	2512
500	12	110	17	5.0	104.1	81.7	34.5	25440	2825
	14	110	17	5.0	112.7	88.5	33.5	28110	2897
550	12	110	17	5.0	110.1	86.4	37.5	33220	3208
	14	110	17	5.0	119.7	94.0	36.4	36670	3298
600	12	110	17	5.0	116.1	91.1	40.4	42340	3604
	14	110	17	5.0	126.7	99.5	39.3	46700	3714
650	12	110	17	5.0	122.1	95.9	43.3	52870	4014
	14	110	17	5.0	133.7	105.0	42.1	58290	4147

Plate cross
sectional
area 150 cm²

* Inclusive plate as noted

Other dimensions by special agreement.

ANEXO II. RESULTADOS MÓDULO RESISTENTE.

ELEMENTO		ESCANTILLÓN	AREA	Yg	AREA*Yg	AREA*Yg ²	Heq	Io
		mm	cm2	cm	cm3	cm4	m	cm2*m2
VAGRA DF.	1	2400x16	384	12	4608	55296	1,2	46,08
VAGRA DF.	2	2400x16	384	12	4608	55296	1,2	46,08
VAGRA DF.	3	2400x16	384	12	4608	55296	1,2	46,08
VAGRA DF.	4	2400x16	384	12	4608	55296	1,2	46,08
VAGRA DF.	5	2400x26	384	12	4608	55296	1,2	46,08
VAGRA COST.	1	2200x21	462	64,5	29799	1922035,5	6,45	1601,69625
VAGRA COST.	2	2200x21	462	138,5	63987	8862199,5	13,85	7385,16625
VAGRA COST.	3	2200x21	462	212,5	98175	20862187,5	21,25	17385,1563
VAGRA CUB.	1	2400x6	144	301	43344	13046544	30,1	10872,12
VAGRA CUB.	2	2400x6	144	301	43344	13046544	30,1	10872,12
REF.VAGRA DF.	1	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	2	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	3	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	4	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	5	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	6	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	7	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	8	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	9	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	10	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	11	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	12	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	13	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	14	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA DF.	15	400x14	81,4	2	162,8	325,6	0,2	0,27133333
REF.VAGRA COST.	1	370x13	69,6	1,85	128,76	238,206	0,185	0,198505
REF.VAGRA COST.	2	370x13	69,6	1,85	128,76	238,206	0,185	0,198505
REF.VAGRA COST.	3	370x13	69,6	1,85	128,76	238,206	0,185	0,198505
REF.VAGRA COST.	4	370x13	69,6	1,85	128,76	238,206	0,185	0,198505
REF.VAGRA COST.	5	370x13	69,6	1,85	128,76	238,206	0,185	0,198505
REF.VAGRA COST.	6	370x13	69,6	1,85	128,76	238,206	0,185	0,198505
REF.VAGRA CUBT.	1	100x6	7,74	0,3	2,322	0,6966	0,03	0,0005805
REF.VAGRA CUBT.	2	100x6	7,74	0,3	2,322	0,6966	0,03	0,0005805
REF.VAGRA CUBT.	3	100x6	7,74	0,3	2,322	0,6966	0,03	0,0005805
REF.VAGRA CUBT.	4	100x6	7,74	0,3	2,322	0,6966	0,03	0,0005805
REF.FONDO	1	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	2	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	3	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	4	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	5	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	6	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	7	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104

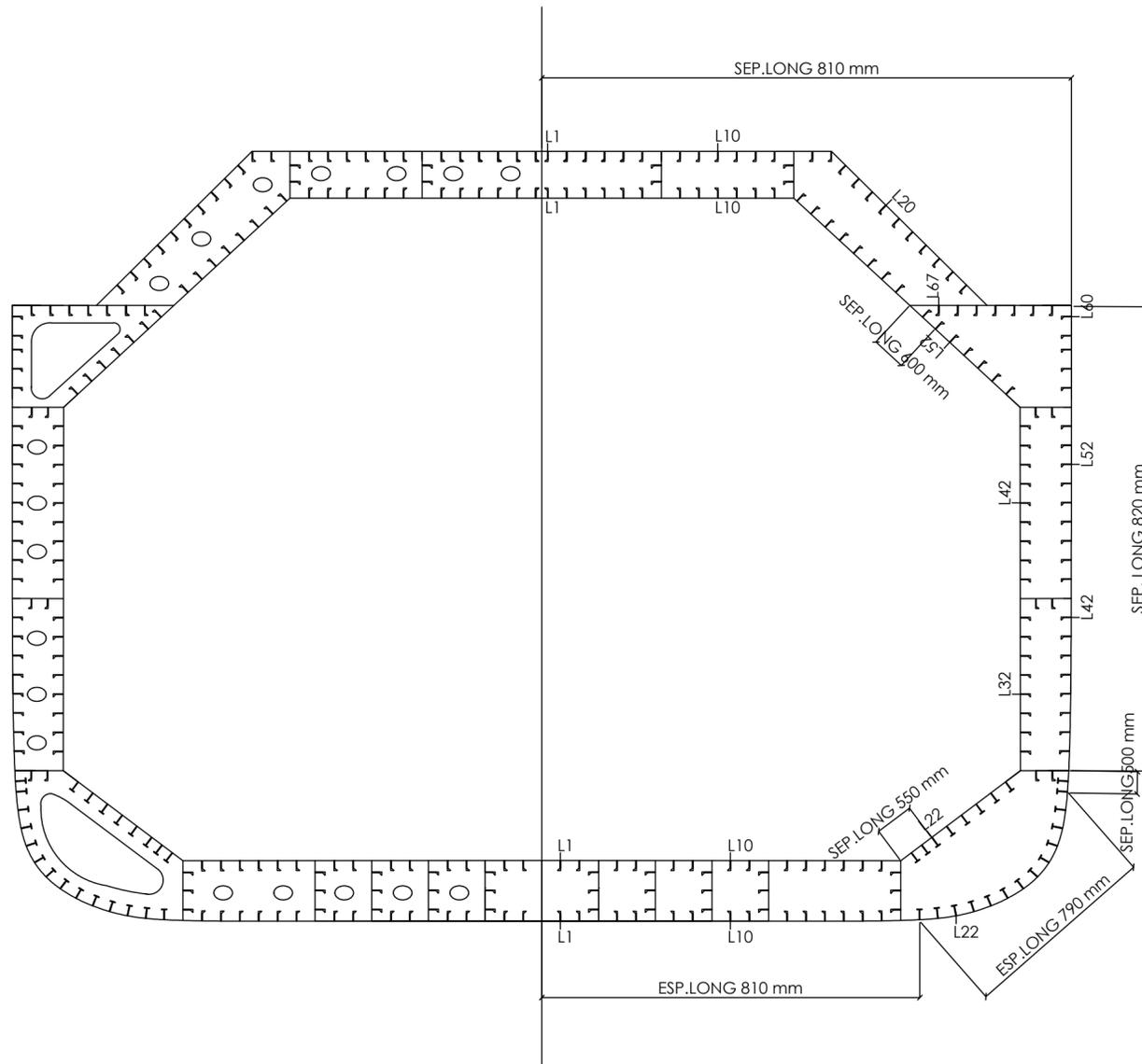
REF.FONDO	8	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	9	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	10	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	11	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	12	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	13	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	14	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	15	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	16	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	17	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	18	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.FONDO	19	430x15	94,1	2,15	202,315	434,97725	0,215	0,36248104
REF.PANTOQUE	20	500x12	155	3	465	1395	0,3	1,1625
REF.PANTOQUE	21	500x12	155	7	1085	7595	0,7	6,32916667
REF.PANTOQUE	22	500x12	155	11	1705	18755	1,1	15,62916667
REF.PANTOQUE	23	500x12	155	15	2325	34875	1,5	29,0625
REF.PANTOQUE	24	500x12	155	19	2945	55955	1,9	46,62916667
REF.PANTOQUE	25	500x12	155	23	3565	81995	2,3	68,32916667
REF.PANTOQUE	26	500x12	155	27	4185	112995	2,7	94,1625
REF.PANTOQUE	27	500x12	155	31	4805	148955	3,1	124,129167
REF.PANTOQUE	28	500x12	155	35	5425	189875	3,5	158,229167
REF.PANTOQUE	29	500x12	155	39	6045	235755	3,9	196,4625
REF.PANTOQUE	30	500x12	155	43	6665	286595	4,3	238,829167
REF.PANTOQUE	31	500x12	155	47	7285	342395	4,7	285,329167
REF.PANTOQUE	32	500x12	155	51	7905	403155	5,1	335,9625
REF.PANTOQUE	33	500x12	155	55	8525	468875	5,5	390,729167
REF.PANTOQUE	34	500x12	155	59	9145	539555	5,9	449,629167
REF.COSTADO	35	430x15	94,1	72,5	6822,25	494613,125	7,25	412,177604
REF.COSTADO	36	430x15	94,1	80,7	7593,87	612825,309	8,07	510,687758
REF.COSTADO	37	430x15	94,1	88,9	8365,49	743692,061	8,89	619,743384
REF.COSTADO	38	430x15	94,1	97,1	9137,11	887213,381	9,71	739,344484
REF.COSTADO	39	430x15	94,1	105,3	9908,73	1043389,27	10,53	869,491058
REF.COSTADO	40	430x15	94,1	113,5	10680,35	1212219,73	11,35	1010,1831
REF.COSTADO	41	430x15	94,1	121,7	11451,97	1393704,75	12,17	1161,42062
REF.COSTADO	42	430x15	94,1	129,9	12223,59	1587844,34	12,99	1323,20362
REF.COSTADO	43	430x15	94,1	138,1	12995,21	1794638,5	13,81	1495,53208
REF.COSTADO	44	430x15	94,1	146,3	13766,83	2014087,23	14,63	1678,40602
REF.COSTADO	45	430x15	94,1	154,5	14538,45	2246190,53	15,45	1871,82544
REF.COSTADO	46	430x15	94,1	162,7	15310,07	2490948,39	16,27	2075,79032
REF.COSTADO	47	430x15	94,1	170,9	16081,69	2748360,82	17,09	2290,30068
REF.COSTADO	48	430x15	94,1	179,1	16853,31	3018427,82	17,91	2515,35652
REF.COSTADO	49	430x15	94,1	187,3	17624,93	3301149,39	18,73	2750,95782
REF.COSTADO	50	430x15	94,1	195,5	18396,55	3596525,53	19,55	2997,1046
REF.COSTADO	51	430x15	94,1	203,7	19168,17	3904556,23	20,37	3253,79686
REF.COSTADO	52	430x15	94,1	211,9	19939,79	4225241,5	21,19	3521,03458
REF.COSTADO	53	430x15	94,1	220,1	20711,41	4558581,34	22,01	3798,81778
REF.COSTADO	54	430x15	94,1	228,3	21483,03	4904575,75	22,83	4087,14646
REF.COSTADO	55	430x15	94,1	236,5	22254,65	5263224,73	23,65	4386,0206

REF.COSTADO	56	430x15	94,1	244,7	23026,27	5634528,27	24,47	4695,44022
REF.COSTADO	57	430x15	94,1	252,9	23797,89	6018486,38	25,29	5015,40532
REF.COSTADO	58	430x15	94,1	261,1	24569,51	6415099,06	26,11	5345,91588
REF.COSTADO	59	430x15	94,1	269,3	25341,13	6824366,31	26,93	5686,97192
REF.COSTADO	60	430x15	94,1	277,5	26112,75	7246288,13	27,75	6038,57344
REF.COSTADO	61	430x15	94,1	283,5	26677,35	7563028,73	28,35	6302,52394
REF.COSTADO	62	430x15	94,1	289,5	27241,95	7886544,53	28,95	6572,12044
REF.COSTADO	63	430x15	94,1	295,5	27806,55	8216835,53	29,55	6847,36294
REF.COSTADO	64	430x15	94,1	301,5	28371,15	8553901,73	30,15	7128,25144
REF.COSTADO	65	430x15	94,1	307,5	28935,75	8897743,13	30,75	7414,78594
REF.COSTADO	66	430x15	94,1	313,5	29500,35	9248359,73	31,35	7706,96644
REF.COSTADO	67	430x15	94,1	319,5	30064,95	9605751,53	31,95	8004,79294
REF.CUB.	1	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	2	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	3	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	4	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	5	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	6	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	7	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	8	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	9	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	10	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	11	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	12	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	13	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	14	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	15	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	16	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	17	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	18	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	19	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	20	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	21	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	22	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	23	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	24	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	25	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.CUB.	26	300x11	46,7	320	14944	4782080	32	3985,06667
REF.DOBLE FONDO	1	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	2	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	3	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	4	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	5	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	6	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	7	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	8	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	9	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOBLE FONDO	10	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292

REF.DOUBLE FONDO	11	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	12	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	13	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	14	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	15	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	16	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	17	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	18	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE FONDO	19	300x11	46,7	24,5	1144,15	28031,675	2,45	23,3597292
REF.DOUBLE PANT.	20	600x12	155	27	4185	112995	2,7	94,1625
REF.DOUBLE PANT.	21	600x12	155	31,5	4882,5	153798,75	3,15	128,165625
REF.DOUBLE PANT.	22	600x12	155	36	5580	200880	3,6	167,4
REF.DOUBLE PANT.	23	600x12	155	40,5	6277,5	254238,75	4,05	211,865625
REF.DOUBLE PANT.	24	600x12	155	45	6975	313875	4,5	261,5625
REF.DOUBLE PANT.	25	600x12	155	49,5	7672,5	379788,75	4,95	316,490625
REF.DOUBLE PANT.	26	600x12	155	54	8370	451980	5,4	376,65
REF.DOUBLE PANT.	27	600x12	155	58,5	9067,5	530448,75	5,85	442,040625
REF.DOUBLE PANT.	28	600x12	155	63	9765	615195	6,3	512,6625
REF.DOUBLE COST.	29	430x15	94,1	72,5	6822,25	494613,125	7,25	412,177604
REF.DOUBLE COST.	30	430x15	94,1	80,5	7575,05	609791,525	8,05	508,159604
REF.DOUBLE COST.	31	430x15	94,1	88,5	8327,85	737014,725	8,85	614,178938
REF.DOUBLE COST.	32	430x15	94,1	96,5	9080,65	876282,725	9,65	730,235604
REF.DOUBLE COST.	33	430x15	94,1	104,5	9833,45	1027595,53	10,45	856,329604
REF.DOUBLE COST.	34	430x15	94,1	112,5	10586,25	1190953,13	11,25	992,460938
REF.DOUBLE COST.	35	430x15	94,1	120,5	11339,05	1366355,53	12,05	1138,6296
REF.DOUBLE COST.	36	430x15	94,1	128,5	12091,85	1553802,73	12,85	1294,8356
REF.DOUBLE COST.	37	430x15	94,1	136,5	12844,65	1753294,73	13,65	1461,07894
REF.DOUBLE COST.	38	430x15	94,1	144,5	13597,45	1964831,53	14,45	1637,3596
REF.DOUBLE COST.	39	430x15	94,1	152,5	14350,25	2188413,13	15,25	1823,6776
REF.DOUBLE COST.	40	430x15	94,1	160,5	15103,05	2424039,53	16,05	2020,03294
REF.DOUBLE COST.	41	430x15	94,1	168,5	15855,85	2671710,73	16,85	2226,4256
REF.DOUBLE COST.	42	430x15	94,1	176,5	16608,65	2931426,73	17,65	2442,8556
REF.DOUBLE COST.	43	430x15	94,1	184,5	17361,45	3203187,53	18,45	2669,32294
REF.DOUBLE COST.	44	430x15	94,1	192,5	18114,25	3486993,13	19,25	2905,8276
REF.DOUBLE COST.	45	430x15	94,1	200,5	18867,05	3782843,53	20,05	3152,3696
REF.DOUBLE COST.	46	430x15	94,1	208,5	19619,85	4090738,73	20,85	3408,94894
REF.DOUBLE COST.	47	430x15	94,1	216,5	20372,65	4410678,73	21,65	3675,5656
REF.DOUBLE COST.	48	430x15	94,1	224,5	21125,45	4742663,53	22,45	3952,2196
REF.DOUBLE COST.	49	430x15	94,1	232,5	21878,25	5086693,13	23,25	4238,91094
REF.DOUBLE COST.	50	430x15	94,1	240,5	22631,05	5442767,53	24,05	4535,6396
REF.DOUBLE COST.	51	430x15	94,1	248,5	23383,85	5810886,73	24,85	4842,4056
REF.DOUBLE COST.	52	430x15	94,1	256,5	24136,65	6191050,73	25,65	5159,20894
REF.DOUBLE COST.	53	430x15	94,1	264,5	24889,45	6583259,53	26,45	5486,0496
REF.DOUBLE COST.	54	430x15	94,1	269,5	25359,95	6834506,53	26,95	5695,4221
REF.DOUBLE COST.	55	430x15	94,1	274,5	25830,45	7090458,53	27,45	5908,71544
REF.DOUBLE COST.	56	430x15	94,1	279,5	26300,95	7351115,53	27,95	6125,9296
REF.DOUBLE COST.	57	430x15	94,1	284,5	26771,45	7616477,53	28,45	6347,0646
REF.DOUBLE COST.	58	430x15	94,1	289,5	27241,95	7886544,53	28,95	6572,12044

REF.DOUBLE COST.	59	430x15	94,1	294,5	27712,45	8161316,53	29,45	6801,0971
REF.DOUBLE COST.	60	430x15	94,1	298	28041,8	8356456,4	29,8	6963,71367
REF.DOUBLE COST.	61	430x15	94,1	301,5	28371,15	8553901,73	30,15	7128,25144
REF.DOUBLE COST.	62	430x15	94,1	305	28700,5	8753652,5	30,5	7294,71042
REF.DOUBLE COST.	63	430x15	94,1	308,5	29029,85	8955708,73	30,85	7463,0906
REF.DOUBLE CUB.	1	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	2	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	3	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	4	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	5	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	6	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	7	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	8	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	9	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	10	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	11	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	12	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	13	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	14	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	15	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	16	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	17	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	18	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	19	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	20	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	21	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
REF.DOUBLE CUB.	22	60x5	4,18	310	1295,8	401698	31	334,748333
CHAPA FONDO	1	15400x19	2926	9,5	27797	264071,5	0,95	220,059583
CHAPA DOBLE F	1	15400x19	2926	35,5	103873	3687491,5	3,55	3072,90958
CHAPA PANT	1	12500x19	2375	25	59375	1484375	2,5	1236,97917
CHAPA DOBL PANT	1	6400x19	1216	50	60800	3040000	5	2533,33333
CHAPA COST.	1	15550x25	3887,5	154	598675	92195950	15,4	76829,9583
CHAPA DOB. COST.	1	15550x25	3887,5	144	559800	80611200	14,4	67176
CHAPA CUBIERTA	1	12400x15	1860	310	576600	178746000	31	148955
CHAPA DOB.CUB.	1	10800x15	1620	298	482760	143862480	29,8	119885,4

SUMATORIO			38441,72		4648587,08	999903071		833252,559
-----------	--	--	----------	--	------------	-----------	--	------------



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO 17/05
PLANO CUADERNA MAESTRA 160.000 m ³	
AUTORA: CARMEN SEOANE FERNÁNDEZ TUTOR: VICENTE DÍAZ CASÁS	ESCALA 1:200