



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

PETROLERO DE 300.000 TPM

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno VIII

CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERIA NAVAL Y OCEÁNICA
CURSO 2016-2017

PROYECTO 17-33

TIPO DE BUQUE: Petrolero de crudo de 300.000 TPM.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS, MARPOL.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Crudo y calefacción de tanques.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos a la velocidad de servicio, 85% MCR y 15% MM.

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

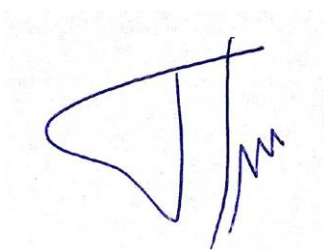
PROPULSIÓN: Motor diésel lento.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 35 tripulantes en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: las habituales en este tipo de buque.

Ferrol, Febrero de 2017

ALUMNO: D. Pedro Carro Allegue



Fernando Junco Ocampo

CUADERNO VIII:
CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA
LONGITUDINAL

ÍNDICE:

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introducción..... | 5 |
| 2 | Definición de las dimensiones reglamentarias. | 6 |
| 3 | Cálculos previos al escantillonado de los elementos estructurales del buque..... | 8 |
| 3.1 | Adición por corrosión: | 8 |
| 3.2 | Materiales a usar. | 9 |
| 3.3 | Cálculo de parámetros principales..... | 9 |
| 3.3.1 | Coefficiente de ola (Cw). | 9 |
| 3.3.2 | Aceleración. | 10 |
| 3.3.3 | Aceleración vertical combinada. | 10 |
| 3.3.4 | Ángulo de cabeceo y de balance..... | 10 |
| 3.3.5 | Presión del agua de mar. | 12 |
| 4 | Cargas de diseño. | 14 |
| 4.1 | Cargas de diseño para el cálculo de estructuras de fondo. | 14 |
| 4.2 | Cargas de diseño para el cálculo de estructuras de costado..... | 15 |
| 4.3 | Cargas de diseño para el cálculo de estructuras de cubierta..... | 17 |
| 4.4 | Cargas de diseño para el cálculo de mamparos. | 19 |
| 5 | Estructura del fondo..... | 22 |
| 5.1 | Espesor de la traca de quilla. | 22 |
| 5.2 | Espesor de las chapas del fondo. | 22 |
| 5.3 | Espesor de las planchas de pantoque..... | 23 |
| 5.4 | Espesor de planchas de doble fondo..... | 24 |
| 5.5 | Espesor de la quilla vertical. | 25 |
| 5.6 | Longitudinales del fondo. | 25 |
| 5.7 | Longitudinales de doble fondo. | 27 |
| 5.8 | Espesor de las vagras de fondo..... | 27 |
| 5.9 | Longitudinales de las vagras de fondo..... | 28 |
| 5.10 | Espesor de las varengas de fondo | 29 |

| | |
|---|----|
| 6 Estructura del forro..... | 30 |
| 6.1 Planchas de costados..... | 30 |
| 6.2 Longitudinales de costados..... | 30 |
| 6.3 Palmejares..... | 31 |
| 6.4 Longitudinales de los palmejares..... | 31 |
| 6.5 Bulárcamas del costado | 32 |
| 6.6 Refuerzos de las bulárcamas del costado..... | 33 |
| 7 Estructura de la cubierta | 35 |
| 7.1 Espesor de las planchas de la cubierta..... | 35 |
| 7.2 Longitudinales de la cubierta..... | 35 |
| 7.3 Esloras de cubierta..... | 36 |
| 7.4 Baos fuertes de cubierta..... | 37 |
| 8 Estructuras de mamparos..... | 38 |
| 8.1 Espesor de los mamparos longitudinales..... | 38 |
| 8.2 Refuerzos longitudinales de los mamparos longitudinales..... | 39 |
| 8.3 Refuerzos verticales de los mamparos longitudinales..... | 39 |
| 8.4 Espesor de los mamparos transversales de la zona de carga | 40 |
| 8.5 Mamparo transversal de colisión y del pique de popa..... | 41 |
| 8.6 Refuerzos transversales de los mamparos transversales..... | 41 |
| 8.7 Espesor de los mamparos transversales estancos para zonas secas..... | 42 |
| 9 Momentos flectores, fuerzas cortantes, módulo e inercia requeridos..... | 43 |
| 9.1 Solicitaciones en aguas tranquilas. | 43 |
| 9.2 Solicitaciones por olas. | 44 |
| 9.3 Módulo resistente requerido. | 45 |
| 10 Cálculo del módulo resistente de la maestra. | 47 |
| 11 Resistencia longitudinal (MAXURF)..... | 54 |
| 12 Bibliografía. | 57 |

ANEXO I: CATÁLOGO DE PERFILES DE BULBO

ANEXO II: REPORT RESISTENCIA LONGITUDINAL

ANEXO III: SECCIÓN MAESTRA

1 INTRODUCCIÓN.

El objetivo del presente cuaderno es establecer el escantillonado de la estructura del buque y analizar su resistencia longitudinal.

En lo que hace referencia a la Cuaderna Maestra, esta será tomada como la más representativa de las secciones en cuanto a estructura y resistencia.

La normativa utilizada para el escantillonado de nuestro buque es:

Det Norske Veritas Rules for Ships, Part 3 Chapter 1, July 2013: “Hull Structural Design, Ships with Length 100 Metres and above”.

Recordamos las dimensiones principales de nuestro buque que son las siguientes:

| Características principales | |
|------------------------------------|---------|
| Eslora entre perpendiculares | 305,5 m |
| Manga máxima | 63 m |
| Puntal | 30 m |
| Calado | 20,8 m |
| Coef. Bloque | 0,83 |

Partiremos de una disposición de la cuaderna maestra, en función de la dispuesta en un buque base, a la que modificaremos para adaptarla a nuestras condiciones de proyecto.

En la la disposición de nuestra cuaderna maestra podemos verla en detalle en el ANEXO III.

Por tanto, vamos a tener las siguientes dimensiones y separaciones entre refuerzos:

- Separación horizontal entre longitudinales del doble fondo: 0.8 metros.
- Separación vertical entre longitudinales doble casco: 0.8 metros.
- Separación horizontal entre longitudinales cubierta principal: 0.8 metros.
- Separación horizontal entre longitudinales de los costados: 0.8 metros.

2 DEFINICIÓN DE LAS DIMENSIONES REGLAMENTARIAS.

- Calado de escantillonado:

El calado máximo de escantillonado, lo podemos definir como:

$$T = \text{Puntal} - \text{Francobordo max. de verano}$$

Entonces nuestro calado de escantillonado será:

$$\mathbf{T = 20.002 m}$$

- Eslora de escantillonado:

La eslora de escantillonado será el valor máximo de los dos siguientes valores:

- 96% de la eslora en la flotación (tomada del MAXURF), medida al calado de escantillonado.

$$0.96 \cdot 313,132 \text{ m} = 300.61 \text{ metros.}$$

- El valor mínimo de entre los siguientes valores:

El 97% de la eslora en la flotación, medida al calado de escantillonado.

$$0.97 \cdot 313,132 \text{ m} = 303.74 \text{ metros.}$$

Eslora entre perpendiculares.

$$L_{pp} = 305.5 \text{ metros}$$

Como podemos observar, nuestro valor final de la eslora de escantillonado es:

$$\mathbf{L = 303.74 m}$$

- Manga de escantillonado:

Será igual a la manga máx. de trazado:

$$\mathbf{B = 63 m}$$

- Puntal de escantillonado:

Será la distancia medida en el costado desde la Línea Base hasta la cara inferior de la cubierta más alta:

$$\mathbf{D = 30 m}$$

- Desplazamiento de escantillonado:

Será el desplazamiento al calado de escantillonado. Podemos definirlo fácilmente con el Maxurf.

$$\Delta = \underline{\underline{336059 \text{ ton}}}$$

- Coeficiente de bloque de escantillonado:

Lo definimos como:

$$C_B = \frac{\Delta/\rho}{L \cdot B \cdot T}$$
$$\underline{\underline{C_B = 0.856}}$$

3 CÁLCULOS PREVIOS AL ESCANTILLONADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL BUQUE.

3.1 Adición por corrosión:

Según 3.1.2. D301 tabla D1, se añadirá a los espesores la siguiente adición por corrosión:

| 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⁾ |
| Plate boundary between given space categories | Tank/hold region | |
| | Within 1.5 m below weather deck tank or hold top | Elsewhere |
| Ballast tank ¹⁾ /Cargo oil tank only | 2.5 | 1.5 (1.0) ²⁾ |
| Ballast tank ¹⁾ /Hold of dry bulk cargo carrier ⁴⁾ | 2.0 | 1.5 |
| Ballast tank ¹⁾ /Other category space ³⁾ | 2.0 | 1.0 |
| Cargo oil tank only/ Other category space ³⁾ | 1.0 | 0.5 (0) ²⁾ |
| Hold of dry bulk cargo carrier ⁴⁾ /Other category space ³⁾ | 0.5 | 0.5 |

1) The term ballast tank also includes combined ballast and cargo oil tanks, but not cargo oil tanks which may carry water ballast according to MARPOL 73/78 Annex I Reg. 18.
 2) The figure in brackets refers to non-horizontal surfaces.
 3) Other category space denotes the hull exterior and all spaces other than water ballast and cargo oil tanks and holds of dry bulk cargo carriers.
 4) Hold of dry bulk cargo carriers refers to the cargo holds, including ballast holds, of vessels with class notations **Bulk Carrier** and **Ore Carrier**, see Pt.5 Ch.2 Sec.5 and Pt.5 Ch.2 Sec.12 respectively.
 5) The figure in brackets refers to webs and bracket plates in lower part of main frames in bulk carrier holds.

$t_k = 1$, Para tanques de carga

$t_k = 1.5$, Para tanques de lastre

- Coefficiente de corrosión para refuerzos:

Es aplicable al cálculo del módulo de los refuerzos en tanques de carga y lastre, y bodegas de carga seca. Lo calculamos según 3.1.3. C1004:

$$w_k = 1 + 0,05 \cdot (t_{kw} + t_{kf}) \text{ para perfiles soldados (alma y ala)}$$

$$w_k = 1 + 0,06 \cdot t_{kw} \text{ para llantas de bulbo}$$

Donde $t_{kw} = t_k$, adición por corrosión, que acabamos de definir.

$w_k = 1.06$ Para tanques de carga

$w_k = 1.09$ Para tanques de lastre

- Factor f2:

Lo calcularemos según Sección 6 A201 como:

$$f_{2b} = \frac{5.7(M_S + M_W)}{Z_B}$$

Siendo a su vez:

ZB: el módulo de fondo la sección maestra.

MS: es el momento flector máximo en aguas tranquilas que aguanta nuestro buque, se toma el mayor entre el momento de arrufo o el de quebranto.

MW: es el momento flector máximo por olas que aguanta nuestro buque, se toma el mayor entre el momento de arrufo o el de quebranto.

Estos valores son calculados en apartados posteriores.

Por tanto:

$$f_{2b} = 0,7573$$

3.2 Materiales a usar.

Usaremos acero de resistencia normal NV-NS con las siguientes características:

- Módulo de Young = $2.06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
- $f_1 = 1$
- Tensión elástica mínima = 235 N/mm^2

3.3 Cálculo de parámetros principales.

3.3.1 Coeficiente de ola (Cw).

Según el reglamento, 3.1.4. B200, este coeficiente podemos definirlo apoyándonos en la siguiente tabla:

| Table B1 Wave coefficient C_W | |
|---|---------------------------------|
| L | C_W |
| $L \leq 100$ | $0.0792 L$ |
| $100 < L < 300$ | $10.75 - [(300 - L)/100]^{3/2}$ |
| $300 \leq L \leq 350$ | 10.75 |
| $L > 350$ | $10.75 - [(L - 350)/150]^{3/2}$ |

$$C_W = 10.75$$

3.3.2 Aceleración.

Según 3.1.4. B203:

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= \frac{3 \cdot C_W}{L} + \frac{C_V \cdot V}{\sqrt{L}} \\ C_V &= \frac{\sqrt{L}}{50}, \text{ max. } 0,2 \end{aligned} \right\}$$

Por tanto:

$$a_0 = 0,278 \text{ m/s}^2$$

3.3.3 Aceleración vertical combinada.

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

$$\begin{aligned} k_v &= 1.3 \text{ aft of A.P.} \\ &= 0.7 \text{ between } 0.3 L \text{ and } 0.6 L \text{ from A.P.} \\ &= 1.5 \text{ forward of F.P.} \end{aligned}$$

Por tanto:

$$a_v = 2,231 \text{ m/s}^2$$

3.3.4 Ángulo de cabeceo y de balance.

- Ángulo de cabeceo (θ):

Según 3.1.4. B500:

$$\theta = 0,25 \frac{a_0}{C_B}$$

$$\theta = 0,081$$

- Período de balance:

Según 3.1.4. B402:

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.

402 The period of roll is generally given by:

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

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

The values of k_r and GM to be used are to give the minimum realistic value of T_R for the load considered.

In case k_r and GM have not been calculated for such condition, the following approximate design values may be used:

$k_r = 0,39 B$ for ships with even transverse distribution of mass
 $= 0,35 B$ for tankers in ballast
 $= 0,25 B$ for ships loaded with ore between longitudinal bulkheads
 $GM = 0,07 B$ in general
 $= 0,12 B$ for tankers and bulk carriers.

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

En donde:

$$GM = 0,12 \cdot B$$

$$k_r = 0,39 \cdot B$$

Por tanto:

$$T_R = 17,872 \text{ s}$$

- Ángulo de balance:

Según 3.1.4. B401:

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

En donde:

$$c = (1.25 - 0.025Tr) \cdot k$$

$$k = 1.2$$

$$\phi = 0,3492169 \text{ rad}$$

3.3.5 Presión del agua de mar.

Definiremos ahora la presión del agua de mar actuante en el fondo, los costados y la cubierta de intemperie del buque. Lo haremos según 3.1.4. C201.

Para ello diferenciamos entre:

- Presión para un punto por debajo de la flotación de verano:

$$p_1 = 10 h_0 + p_{dp} \quad (\text{kN/m}^2)$$

- Presión para un punto por encima de la flotación de verano:

$$\begin{aligned} p_2 &= a (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_0) \quad (\text{kN/m}^2) \\ &= \text{minimum } 6.25 + 0.025 L_1 \text{ for sides} \\ &= \text{minimum } 5 \text{ for weather decks.} \end{aligned}$$

En donde:

$$P_{dp} = p_1 + 135 \frac{y}{B + 75} - 1,2 (T - z) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$p_1 = k_s C_W + k_f$$

$$= (k_s C_W + k_f) \left(0,8 + 0,15 \frac{V}{\sqrt{L}} \right) \text{ if } \frac{V}{\sqrt{L}} > 1,5$$

$$k_s = 3 C_B + \frac{2,5}{\sqrt{C_B}} \text{ at AP and aft}$$

$$= 2 \text{ between } 0,2 L \text{ and } 0,7 L \text{ from AP}$$

$$= 3 C_B + \frac{4,0}{C_B} \text{ at FP and forward.}$$

Between specified areas k_s is to be varied linearly.

$a = 1,0$ for ship's sides and for weather decks forward of $0,15L$ from FP, or forward of deckhouse front, whichever is the foremost position
 $= 0,8$ for weather decks elsewhere

$h_0 =$ vertical distance from the waterline at draught T to the load point (m)

$z =$ vertical distance from the baseline to the load point, maximum T (m)

$y =$ horizontal distance from the centre line to the load point, minimum $B/4$ (m)

$C_W =$ as given in B200

$k_f =$ the smallest of T and f

$f =$ vertical distance from the waterline to the top of the ship's side at transverse section considered, maximum $0,8 C_W$ (m)

$L_1 =$ ship length, need not be taken greater than 300 (m).

1) For ships with service restrictions, p_2 and the last term in p_1 may be reduced by the percentages given in B202. C_W should not be reduced.

Tomamos:

$$K_s = 2 \quad ; \quad K_f = 9,998$$

Por tanto:

$$P_1 = 31,498$$

$a = 1$ para los costados y $a = 0.8$ para la cubierta de intemperie

y : es la distancia horizontal desde crujía al punto de carga (el valor mínimo es $B / 4$)

h_0 : es la distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga.

z : es la distancia vertical desde la Línea Base hasta el punto de carga. Se considerará un valor máximo de $z = T$.

Por tanto:

| | z | Y | h0 | pdp | P1 | P2 |
|--------------------------|--------|-------|--------|----------|----------|----------|
| En fondo | 0 | 20,14 | 20,002 | 27,19777 | 227,2178 | - |
| En costado sumergido | 2,62 | 31,5 | 17,7 | 41,45482 | 218,4548 | - |
| En costado fuera de agua | 20,002 | 31,5 | 0 | 62,31322 | - | 62,31322 |
| En cubierta | 20,002 | 31,5 | 10 | 62,31322 | - | 18,31322 |

4 CARGAS DE DISEÑO.

4.1 Cargas de diseño para el cálculo de estructuras de fondo.

Antes del cálculo de las cargas de diseño, definiremos distintos parámetros necesarios para el correcto cálculo de dichas cargas según la tabla B1.

- h_0 : Distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga considerado (fondo).

$$h_0 = 20,002 \text{ m.}$$

- h_p : Distancia vertical desde el extremo del atmosférico hasta el punto de carga considerado (doble fondo). Tomamos la altura del atmosférico sobre cubierta de 0.76 m.

$$h_p = 27.26 \text{ m.}$$

- h_s : Distancia vertical desde el punto de carga estudiado (doble fondo) hasta el techo del tanque excluyendo brazolas. Es decir entre el fondo del tanque y el techo.

$$h_s = 25 \text{ m.}$$

- h_b : Distancia vertical entre el punto de carga estudiado y la flotación más profunda de equilibrio después de avería. Esta distancia vertical no será menor que la altura hasta la cubierta del mamparo en cuestión.

$$h_b = 25 \text{ m}$$

- ρ : Densidad de diseño del tanque. Aunque normalmente se tomará este valor como mínimo $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$ (para asegurarnos mejor, según aconseja la normativa).

- H : Altura total del tanque.

$$H = 25 \text{ m.}$$

- b : La mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$b = 19 \text{ m}$$

- l : La mayor distancia longitudinal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$l = 50 \text{ m}$$

- bt: Manga del tanque.

$$bt = 19 \text{ m}$$

- lt: Eslora del tanque.

$$lt = 50 \text{ m}$$

- $p_0 = 25 \text{ kN/m}^2$

| Table B1 Design loads | | |
|----------------------------------|--|--|
| Structure | Load type | p (kN/m ²) |
| Outer bottom | Sea pressure | $p_1 = 10 h_0 + p_{do}$ (kN/m ²) ¹⁾ |
| | Net pressure in way of cargo tank or deep tank | $p_2 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s - 10 T_M$ $p_3 = \rho g_0 h_s + p_0 - 10 T_M$ |
| Inner bottom | Dry cargo in cargo holds | $p_4 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) H_C$ |
| | Ballast in cargo holds | $p_5 = (10 + 0.5 a_v) h_s$ |
| | | $p_6 = 6.7(h_s + \phi b) - 1.2 \sqrt{H \phi b_t}$ ²⁾ |
| | | $p_7 = 0.67(10h_p + \Delta p_{dyn})$ |
| | $p_8 = 10h_s + p_0$ | |
| Inner bottom, floors and girders | Liquid cargo in tank above | $p_9 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s$ |
| | | $p_{10} = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi b_t}]$ ²⁾ |
| | | $p_{11} = 0.67(10h_p + \Delta p_{dyn})$ |
| Inner bottom, floors and girders | Pressure on tank boundaries in double bottom | $p_{13} = 0.67(10h_p + \Delta p_{dyn})$ |
| | | $p_{14} = \rho g_0 h_s + p_0$ |
| | Flooded condition | $p_{15} = 10h_b$ |

1) For ships with service restrictions the last term in p_1 may be reduced by the percentages given in Sec.4 B202.
 2) p_8 and p_{10} to be used in tanks/holds with largest breadth $> 0.4 B$.

| CARGAS APLICABLES (kN/mm ²) | | | | | |
|---|----------|-----|-----------|-----|----------|
| p1 | 227,2178 | p11 | 182,642 | p14 | 276,3813 |
| p9 | 279,9675 | p12 | 276,38125 | p15 | 250 |
| p10 | 197,5857 | p13 | 182,642 | | |

4.2 Cargas de diseño para el cálculo de estructuras de costado.

Según la tabla B1 de 3.1.7. B100, calcularemos las cargas de diseño para cada una de las zonas de las estructuras del costado.

Como en el apartado anterior, primero definiremos unos valores preliminares y a continuación haremos el cálculo de las cargas de diseño pertinentes:

- h_0 : Distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga considerado (más bajo del costado).

$$h_0 = 17.5 \text{ m}$$

- h_p : Distancia vertical desde el extremo del atmosférico hasta el punto de carga considerado. Tomamos la altura del atmosférico sobre cubierta de 0.76 m.

$$h_p = 28,26 \text{ m}$$

- h_s : Distancia vertical desde el punto de carga considerado hasta el techo del tanque excluyendo brazolas. Es decir entre la parte más baja del costado y el techo del tanque.

$$h_s = 27.5 \text{ m}$$

- h_b : Distancia vertical entre el punto de carga y el menor calado de diseño (flotación en lastre). Si el punto de carga está encima de la flotación en lastre, $h_b = 0$.

$$h_b = 8.93 \text{ m}$$

- ρ : Densidad de diseño del tanque. Aunque normalmente se tomará este valor como mínimo $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$.

- H : altura total del tanque.

$$H = 30 \text{ m}$$

- b : La mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$b = 3 \text{ m}$$

- l : La mayor distancia longitudinal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$l = 50 \text{ m}$$

- b_t : Manga del tanque.

$$b_t = 3 \text{ m}$$

- l_t : Eslora del tanque.

$$l_t = 50 \text{ m}$$

- $p_0 = 25 \text{ kN/m}^2$

- bb = distancia entre los costados del tanque.

$$bb = 3 \text{ m}$$

| Table B1 Design loads | | |
|---|--|---|
| Load type | | $P \text{ (kN/m}^2\text{)}$ |
| External | Sea pressure below summer load waterline | $p_1 = 10 h_0 + p_{dp} \text{ }^1)$ |
| | Sea pressure above summer load waterline | $p_2 = (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_0)^{1)}$ minimum $6.25 + 0.025 L_1$ |
| Internal | Ballast, bunker or liquid cargo in side tanks in general | $p_3 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s - 10 h_b$ $p_4 = \rho g_0 h_s - 10 h_b + p_o$ $p_5 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn}) - 10 h_b$ |
| | Above the ballast waterline at ballast, bunker or liquid cargo tanks with a breadth $> 0.4 B$ | $p_6 = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi b_t}]$ |
| | Above the ballast waterline and towards ends of tanks for ballast, bunker or liquid cargo with length $> 0.15 L$ | $p_7 = \rho g_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H \theta l_t}]$ |
| | In tanks with no restriction on their filling height ²⁾ | $p_8 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$ |
| 1) For ships with service restrictions, p_2 and the last term in p_1 may be reduced by the percentages given in Sec.4 B202. | | |
| 2) For tanks with free breadth $b_s > 0.56 B$ the design pressure will be specially considered according to Sec.4 C305. | | |

Los tipos de carga a considerar en este caso son:

| CARGAS APLICABLES (kN/mm ²) | | | | | |
|---|----------|----|-------------|----|---------|
| p1 | 216,4548 | p4 | 212,219375 | p8 | 7,28775 |
| p2 | 13,8435 | p5 | 101,0881146 | | |
| p3 | 218,6642 | p7 | 199,3102015 | | |

4.3 Cargas de diseño para el cálculo de estructuras de cubierta.

Según la tabla B1 de 3.1.8. B100, calcularemos las cargas de diseño para cada una de las zonas de las estructuras del costado.

- h_0 : Distancia vertical desde la flotación hasta el punto de carga (cubierta).

$$h_0 = 7.43 \text{ m}$$

- h_p : Distancia vertical desde el extremo del atmosférico hasta el punto de carga considerado (cubierta). Tomamos la altura del atmosférico sobre cubierta de 0.76 m.

$$h_p = 0.76 \text{ m}$$

- h_s : Distancia vertical desde el punto de carga hasta el techo del tanque excluyendo brazolas.

$$h_s = 0 \text{ m}$$

- h_b : Distancia vertical entre el punto de carga estudiado y la flotación más profunda de equilibrio después de avería. Esta distancia vertical no será menor que la altura hasta la cubierta del mamparo en cuestión.

$$h_b = 0 \text{ m}$$

- ρ : Densidad de diseño del tanque. Aunque normalmente se tomará este valor como mínimo:

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

- H : Altura total del tanque.

$$H = 27.5 \text{ m}$$

- b : La mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$b = 3 \text{ m}$$

- l : La mayor distancia longitudinal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$l = 50 \text{ m}$$

- b_t : Manga del tanque.

$$b_t = 3 \text{ m}$$

- l_t : Eslora del tanque.

$$l_t = 50 \text{ m}$$

- $p_0 = 25 \text{ kN/m}^2$

- bb : distancia máx entre los costados de los tanques.

$$bb = 3 \text{ m}$$

- l_b : distancia máx entre los mamparos transversales que delimitan los tanques.
 $l_b = 50 \text{ m}$

- q: carga encima de cubierta, como en nuestro caso no se usa la cubierta para alojar carga, se toma un valor mínimo estipulado que hace referencia a los elementos del propio buque instalados sobre cubierta y demás pesos que supongan una carga para las planchas de cubierta.

$$q = 1.75$$

| Table B1 Design loads | | |
|---|---------------------------------|--|
| Structure | Load type | p (kN/m ²) |
| Weather decks ¹⁾ | Sea pressure | $p_1 = a(p_{dp} - (4 + 0.2k_s)h_0)^2$, minimum 5.0 |
| | Deck cargo | $p_2 = (g_0 + 0.5 a_v) q$ |
| Cargo 'tweendecks | Deck cargo | $p_3 = \rho_c (g_0 + 0.5 a_v) H_C$ |
| Platform deck in machinery spaces | Machinery and equipment | $p_4 = 1.6 (g_0 + 0.5 a_v)$ |
| Accommodation decks | Accommodation in general | $p_5 = 0.35 (g_0 + 0.5 a_v)$, see also Sec.4 C401 |
| Deck as tank bottom in general | Ballast, bunker or liquid cargo | $p_6 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s$ $p_7 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_8 = \rho g_0 h_s + p_0$ |
| Deck as tank top in general | | $p_7 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_8 = \rho g_0 h_s + p_0$ |
| Deck as tank boundary in tanks with breadth > 0.4 B | | $p_9 = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H\phi b}]$ |
| Deck as tank boundary towards ends of tanks with length > 0.15 L | | $p_{10} = \rho g_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H\theta l}]$ |
| Deck as tank boundary in tanks with breadth > 0.4 B ³⁾ | | $p_{11} = \rho \left(3 - \frac{B}{100}\right) b_b$ |
| Deck as tank boundary in tanks with length > 0.1 L ⁴⁾ | | $p_{12} = \rho \left(4 - \frac{L}{200}\right) l_b$ |
| Watertight decks submerged in damaged condition ⁵⁾ | | Sea pressure |

Los tipos de carga a considerar en este caso son:

| CARGAS APLICABLES (kN/mm ²) | | | | | |
|---|----------|----|-------------|-----|----------|
| p1 | 14,65057 | p5 | 3,823945977 | p10 | 14,60924 |
| p2 | 19,11973 | p7 | 5,1201333 | | |
| p4 | 17,4809 | p8 | 10 | | |

4.4 Cargas de diseño para el cálculo de mamparos.

Según la tabla B1 de 3.1.9. B100, calcularemos las cargas de diseño para cada una de las zonas de nuestros mamparos.

- hp: Distancia vertical desde el extremo del atmosférico hasta el punto de carga considerado (cubierta). Tomamos la altura del atmosférico sobre cubierta de 0.76 m.

$$hp = 28.26 \text{ m}$$

- h_s : Distancia vertical desde el punto de carga hasta el techo del tanque excluyendo brazolas.

$$h_s = 27.5 \text{ m}$$

- h_b : Distancia vertical entre el punto de carga estudiado y la flotación más profunda de equilibrio después de avería. Esta distancia vertical no será menor que la altura hasta la cubierta del mamparo en cuestión.

$$h_b = 30 \text{ m}$$

- ρ : Densidad de diseño del tanque. Aunque normalmente se tomará este valor como mínimo:

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

- H : Altura total del tanque.

$$H = 27.5 \text{ m}$$

- b : La mayor distancia transversal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$b = 19 \text{ m}$$

- l : La mayor distancia longitudinal entre el punto de carga y la esquina superior de tanque más distante de dicho punto.

$$l = 50 \text{ m}$$

- b_t : Manga del tanque.

$$b_t = 19 \text{ m}$$

- l_t : Eslora del tanque.

$$l_t = 50 \text{ m}$$

- $p_0 = 25 \text{ kN/m}^2$

- bb : distancia máx entre los costados de los tanques.

$$bb = 19 \text{ m}$$

- l_b : distancia máx entre los mamparos transversales que delimitan los tanques.

$$l_b = 50 \text{ m}$$

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
 PEDRO CARRO ALLEGUE

| Table B1 Design loads | | | |
|---|--|---|---|
| Structure | Load type | p (kN/m ²) | |
| Watertight bulkheads | Sea pressure when flooded or general dry cargo minimum | $p_1 = 10 h_b$ | |
| Cargo hold bulkheads | Dry bulk cargo | $p_2 = \rho_c (\rho_0 + 0.5 a_w) K h_c$ | |
| Tank bulkheads in general | Ballast, bunker or liquid cargo | $p_3 = \rho (\rho_0 + 0.5 a_w) h_s$ | |
| | | $p_4 = 0.67 (\rho \rho_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ | |
| | | $p_5 = \rho \rho_0 h_s + p_0$ | |
| Longitudinal bulkheads as well as transverse bulkheads at sides in wide tanks | | In tanks with breadth $> 0.4 B$ | $p_6 = \rho \rho_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi b}]$ |
| | | Note 1) | $p_7 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$ |
| Transverse bulkheads and longitudinal bulkheads at ends in long tanks | | In tanks with length $> 0.15 L$ | $p_8 = \rho \rho_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H \theta l}]$ |
| | | Note 2) | $p_9 = \rho \left[4 - \frac{L}{200} \right] l_b$ |
| Longitudinal wash bulkheads | | $p_7 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$ | |
| Transverse wash bulkheads | | $p_9 = \rho \left[4 - \frac{L}{200} \right] l_b$ | |

| CARGAS APLICABLES (kN/mm ²) | | | | | |
|---|----------|----|-------------|----|---------|
| p1 | 300 | p5 | 301,519375 | p9 | 185,268 |
| p3 | 307,9642 | p7 | 46,15575 | | |
| p4 | 190,3881 | p8 | 199,8772247 | | |

5 ESTRUCTURA DEL FONDO.

En este apartado calcularemos los módulos y espesores mínimos requeridos por nuestra Sociedad de Clasificación (DNV).

5.1 Espesor de la traca de quilla.

Según la normativa, 3.1.6. C200

C 200 Keel plate

201 A keel plate is to extend over the complete length of the ship. The breadth is not to be less than:
$$b = 800 + 5 L \text{ (mm)}$$

202 The thickness is not to be less than:
$$t = 7,0 + \frac{0,05L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \text{ (mm)}$$

The thickness is in no case to be less than that of the adjacent bottom plate.

Manga mínima:

$$b = 800 + 5L$$

$$b = 2318.7 \text{ mm de manga mínima}$$

Y su espesor:

- t_k : es el margen de corrosión para la traca que nos ocupa, dado por la norma (como ya vimos en el capítulo anterior). $T_k = 1.5 \text{ mm}$

- L_1 : es la eslora. No se tomará mayor de 300 m.

El espesor mínimo es de:

$$t = 7 + \frac{0.05 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

$$\underline{\underline{t = 23.5 \text{ mm}}}$$

5.2 Espesor de las chapas del fondo.

Según 3.1.6 C300:

$$b = 800 + 5L$$

$$b = 2.375 \text{ mm}$$

Y su espesor:

$$t = \frac{15.8 \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

- p: es la presión máxima entre p1, p2, p3. Según corresponda de los calculados en la tabla del apartado anterior.

- s: es el espaciado entre refuerzos longitudinales.

$$s = 0.8 \text{ m}$$

- σ es la tensión admisible para el material.

Para acero normal es $120 \cdot f_1$:

$$\sigma = 120 \text{ MPa}$$

Por tanto:

$$t = 18.98 \text{ mm}$$

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

Pero según 3.1.6 C304 el espesor no será inferior al valor dado por la siguiente expresión:

$$t = 5.0 + \frac{0.04 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

$$t = 18.5 \text{ mm}$$

Luego el espesor considerado es de $t = 19 \text{ mm}$.

5.3 Espesor de las planchas de pantoque.

Según 3.1.6 C307 el espesor de las mismas viene dado por:

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

Donde:

p: es la carga p1 indicada en la Tabla B1.

l: es el espaciado entre refuerzos long (800 mm)

R: es el radio de pantoque (4200 mm)

$$t = 17.88 \text{ mm}$$

Según 3.1.6 C306 el espesor de las mismas no será inferior al mayor espesor de las chapas adyacentes del fondo o costado:

Por tanto t = 19 mm.

5.4 Espesor de planchas de doble fondo.

Según 3.1.6 C401 el espesor de una chapa del fondo será:

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

Donde:

p: es la carga máxima considerada entre p4 y p14

$$\sigma = 120 \cdot f_1$$

t_k es el margen de adición por corrosión.

$$t = 20.68 \text{ mm}$$

Teniendo que cumplir también que según 3.1.6 C402 el espesor no será menor de:

$$t = t_0 + \frac{0.03 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

Donde t₀ = 5 en tanques

$$t = 15.5$$

Por lo que el espesor mínimo será 21.

5.5 Espesor de la quilla vertical.

La quilla vertical la calcularemos de la misma forma que luego veremos el cálculo de las vagras, puesto que como sabemos, la quilla vertical no es más que la vagra central.

El espesor de la quilla vertical no será nunca inferior al mayor de los siguientes valores:

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

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

En donde:

p: presión máxima entre p13 a p15 según corresponda de los calculados en la Tabla B1.

tk: es el margen de corrosión.

σ : la tensión máxima admisible con el valor de 130 x f1 para estructura longitudinal.

El espesor de las vagras será por tanto de 20 mm.

5.6 Longitudinales del fondo.

Según 3.1.6 C701 el módulo requerido será de:

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

Donde:

wk: es el factor de corrosión para los perfiles. Para el caso de perfiles tipo bulbo tenemos:

$$w_k = 1 + 0.06 \times t_{kw} = 1.09$$

- l: hace referencia a la separación entre varengas, que como veremos están dispuestas cada 3 cuadernas, sabiendo que la separación entre cuadernas es de 0.8, entonces:

$$l = 3 \text{ m}$$

- s: Es la separación entre longitudinales del fondo.

- p: presión máxima entre p1, p2, p3. Según corresponda de los calculados en la Tabla B1.

- σ : es la tensión admisible y vendrá dado por el mínimo entre:

$$\sigma = 225 f_1 - 130 f_{2b} - 0,7 \sigma_{db}$$

$$\sigma = 160 \times f_1$$

$$- f_{2b} = 0.7473$$

$$- \sigma_{db} = 50 \times f_1 = 50$$

Por tanto:

$$\sigma = 91.55 \text{ MPa}$$

Ahora que tenemos calculados todos los parámetros necesarios, el módulo mínimo de la sección será de:

$$\underline{Z = 1616,65 \text{ cm}^3}$$

Según 3.1.6. C703 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t_1 = 5,0 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

Donde:

$$k = \text{mín} (0.05 \times L ; 5) : k = 5$$

$$\underline{t_1 = 11.09 \approx 11.5 \text{ mm}}$$

Por lo que después de todos los cálculos realizados podríamos utilizar el siguiente perfil para los longitudinales del fondo, que también serán usados para los longitudinales del pantoque:

Perfil Bulbo de 400 x 16 Z = 1666 cm³

5.7 Longitudinales de doble fondo.

Según 3.1.6 C701 el módulo requerido de la sección será de:

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

Donde:

- $w_k = 1.09 \text{ mm}$
- $l = 3 \text{ m}$
- $s = 0.8 \text{ mm}$
- Los demás factores están calculados anteriormente.

Ahora que tenemos calculados todos los parámetros necesarios, el módulo mínimo de la sección será de:

$$\underline{\underline{Z = 1139,79 \text{ cm}^3}}$$

Según 3.1.6. C703 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

Donde:

$$k = \text{mín} (0.05 \times L ; 5) : k = 5$$

$$t_1 = 11.09 \approx 11.5 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{t_1 = 11.09 \approx 11.5 \text{ mm}}}$$

Por lo que después de todos los cálculos realizados podríamos utilizar el siguiente perfil para los longitudinales del fondo, que también serán usados para los longitudinales del pantoque:

Perfil Bulbo de 370 x 13 Z = 1210 cm³

5.8 Espesor de las vagras de fondo.

El espesor de las vagras de fondo no será nunca inferior a:

$$3.1.6 \text{ C501} \longrightarrow t = \frac{15,8 \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

$$3.1.6 C502 \rightarrow t = 6 + \frac{k \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

En donde $\sigma = 130 \cdot f_1 = 130 \text{ MPa}$

Entonces:

$$t_1 = 19,93 \text{ mm}$$

$$t_2 = 19,5 \text{ mm}$$

Por tanto tomaremos:

$$\underline{t = 20 \text{ mm}}$$

La altura mínima de las vagras no será menor de:

La altura mínima de las vagras y de la quilla vertical, según, 3.1.6 D101 no debe ser menor que el siguiente valor

$$250 + 20 \cdot B + 50 \cdot T = 3010 \text{ mm.}$$

Como la altura de doble fondo es de 3.5 m. cumplimos esta condición.

La distancia entre las vagras, según 3.1.6 D301 no excederá nunca de 5 metros. Nuestra separación es de 3 metros por tanto también cumplimos esta condición.

5.9 Longitudinales de las vagras de fondo.

Según 3.1.6 C901 el módulo requerido de la sección para los refuerzos de las vagras, por ser refuerzos longitudinales será de:

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

Donde:

$$\sigma = 225 f_1 - 110 f_{2b}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 160 \times f_1 = 160$$

$$\sigma = 141.7 \text{ MPa}$$

Por tanto:

$$\underline{Z = 1270.5 \text{ cm}^3}$$

El espesor no será menor de:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

En donde:

$$k = \text{mín} (0.015 \times L_1 ; 5) : k = 4.5$$

$$\mathbf{t = 10.5 \text{ mm}}$$

Optaremos por meter perfil algo mayor que el mínimo en este caso:

$$\mathbf{\underline{\text{Perfil Bulbo de 400 x 14 } Z = 1580 \text{ cm}^3}}$$

5.10 Espesor de las varengas de fondo

Según 3.1.6 D302: “las varengas normalmente no estarán espaciadas una distancia mayor de 3,6 metros”.

3.1.6 C501. El espesor de las varengas no será nunca inferior al mayor de los siguientes valores:

$$3.1.6 \text{ C501} \longrightarrow t = \frac{15,8 \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

$$3.1.6 \text{ C502} \longrightarrow t = 6 + \frac{k \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

El valor de t en el primer caso será de 18,11274 mm y en el segundo de 19,5 mm.

Por tanto, el espesor de las varengas será de:

$$\mathbf{t = 19,5 \text{ mm.}}$$

6 ESTRUCTURA DEL FORRO.

6.1 Planchas de costados.

Según 3.1.7. C101 el espesor mínimo de las planchas de los costados vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

En donde:

- $\sigma = 140$ MPa

- k_a lo tomaremos como 1

Por tanto:

$$t = 16.58$$

Pero en ningún caso será menor que:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

$$t = 18.5$$

Ni menor que:

$$t = 31 (s + 0.7) \left(\frac{BT}{\sigma_f^2} \right)^{\frac{1}{4}} + t_k$$

$$\underline{t = 21.5}$$

Este último será el que tomemos como mínimo, pues es el mayor de los calculados.

6.2 Longitudinales de costados.

El módulo requerido será de:

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

En donde para σ tomaremos el valor de 160.

Por tanto:

$$\underline{Z = 890.21 \text{ cm}^3}$$

Y nunca tendrá un espesor menor de:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$\underline{t = 10.5}$$

Por lo que después de todos los cálculos realizados utilizaremos el siguiente perfil para los longitudinales del costado:

$$\underline{\text{Perfil Bulbo de 340 x 12 } Z = 947 \text{ cm}^3}$$

6.3 Palmejares.

En nuestro caso situaremos 5 palmejares o vagras de costado, espaciados unos de otros 5.20 metros, situando el primero como continuación del doble fondo hasta el costado.

Por lo que consideramos un espesor para los palmejares de 30 mm, que además irán reforzados con longitudinales.

6.4 Longitudinales de los palmejares.

Según 3.1.9 C200 el módulo requerido de la sección será de:

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

Donde:

- σ es la tensión admisible y no podrá ser mayor que $\sigma = 160 \times f_l$

Así, tendremos:

$$Z = 865,7135159$$

Según 3.1.7. C302 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

Donde $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 300 = 4,5$. Por tanto:

$$t = 10,5 \text{ mm}$$

Por lo que después de todos los cálculos realizados utilizaremos el siguiente perfil para los longitudinales de los palmejares:

Perfil Bulbo de 340 x 12 $Z = 947 \text{ cm}^3$

6.5 Bulárcamas del costado

Según 3.1.7 C503 el módulo requerido de las bulárcamas no será menor que el mayor entre:

$$Z = \frac{0.55 l^2 s p w_k}{f_1} \quad (\text{cm}^3) \qquad Z = k \sqrt{\frac{L}{f_1}} \quad (\text{cm}^3)$$

Los valores serán de $276172,1727 \text{ cm}^3$ y $113,2828981 \text{ cm}^3$ respectivamente. Como tengo que quedarme con el mayor, nuestro módulo mínimo requerido será:

$$Z = 276172,173 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.7. C302 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \quad (\text{mm})$$

Donde $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 300 = 4,5$. Por tanto:

$$t = 10,5 \text{ mm}$$

Sabemos que las planchas tanto del costado como del doble casco, se tienen en cuenta para el cálculo del módulo, ya que trabajan con nuestra bulárcama, de manera que el perfil estudiado a efectos prácticos será una doble T, aunque nuestra bulárcama será una chapa.

Tal y como acabamos de explicar, tendremos un espesor para nuestras bulárcamas de 10,5 mm, con un módulo de $Z = 276172,173 \text{ cm}^3$. Cumpliendo tal y como podemos comprobar con el módulo mínimo exigido por la normativa.

Según 3.1.9. C101, si entendemos las bulárcamas como mamparos transversales límites de tanque, el espesor mínimo de las planchas de las bulárcamas vendrá dado por:

Donde, σ es la tensión admisible para el material. Para mamparos transversales se

$$t = \frac{15.8 k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

toma $\sigma = 160 \times f_1 = 160 \times 1 = 160$ Mpa. Y además $k_a = 1$

Por tanto, tenemos:

$$t = 14,776 \text{ mm}$$

Tenemos la restricción de 3.1.9 C102 que dice que el espesor no será inferior al valor dado por:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

Donde $k = 0.02$ para tanques de crudo y lastre y mamparos de doble casco (nuestro caso).

$$t = 12.5 \text{ mm}$$

Por lo que atendiendo a esta forma de estudiar las bulárcamas necesitaríamos un espesor de 16 mm. Tomaremos un valor superior, 30 mm.

6.6 Refuerzos de las bulárcamas del costado

Continuamos considerando las bulárcamas como mamparos transversales, a las que añadimos unos refuerzos transversales.

Para ello según 3.1.9 C302 el módulo requerido de la sección será de:

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

Donde:

- w_K : Factor de corrosión para los perfiles. Para el caso de perfiles tipo bulbo tenemos:

$$w_K = 1 + 0.06 \times t_{kw}; \quad w_K = 1.09$$

- l : hace referencia a los vanos de los refuerzos transversales de las bulárcamas, estos serán de 2.29 m, los 3 metros del doble casco (manga de las bulárcamas) menos la distancia por los refuerzos del costado y doble casco a los que nuestros refuerzos transversales irán acartabonados.
- m : es un parámetro que puede obtener diferentes valores, pero en nuestro caso, para refuerzos transversales que se consideran fijos en sus dos extremos toma un valor de : $m = 10$

El módulo mínimo de la sección será de:

$$Z = 833,2665153 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.9. C303 que a su vez se refiere a 3.1.9. C202, el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t = 10,5 \text{ mm}$$

Perfil Bulbo de 340 x 12 Z = 947 cm³

7 ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA

7.1 Espesor de las planchas de la cubierta

Según 3.1.8. C102 el espesor mínimo de las planchas de la cubierta vendrá dado por:

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

Donde σ es la tensión admisible para el material. Para buques con reforzado longitudinal se toma $\sigma = 120 \times f_1 = 120 \text{ Mpa}$

$$t = 6,545420032 \text{ mm}$$

Pero según 3.1.8. C104 el espesor no será inferior al valor:

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

Donde

- $t_0 = 5.5$, para la cubierta de intemperie o de carga.
- $k = 0.02$, para buques con una única cubierta continua

$$t = 13 \text{ mm}$$

7.2 Longitudinales de la cubierta

Según 3.1.8 C301 el módulo requerido de la sección será de:

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

Ahora que tenemos calculados todos los parámetros necesarios, el módulo mínimo de la sección será de:

$$Z = 103.78572 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.8 C303 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

Donde $k = 0.01 \times L = 3.03$.

$$t = 9,03 \text{ mm}$$

Por lo que redondeando el espesor mínimo de nuestro será de :

$$t = 9 \text{ mm}$$

Por lo que después de realizar los cálculos valdría con el siguiente perfil para los longitudinales de la cubierta:

Perfil Bulbo de 160 x 9 Z = 126 cm³

7.3 Esloras de cubierta

Según 3.1.8 D201 el módulo requerido mínimo a disponer para la sección será de:

$$Z = \frac{100 S^2 b p w_k}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde σ no podrá ser mayor que: $\sigma = 160 \times f_1 = 160$. El módulo mínimo de la sección será de:

$$Z = 351,6835316 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.8. D101 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

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

Donde $k = 6$. Entonces:

$$t = 12.5 \text{ mm}$$

Dispondremos perfiles en T:

$$\underline{\underline{194 \times 1.5 - 40 \times 8 \quad Z = 1492.3 \text{ cm}^3}}$$

7.4 Baos fuertes de cubierta

Según 3.1.8 C401 el módulo requerido de la sección será de:

$$Z = \frac{0.63 l^2 s p w_k}{f_1} \text{ (cm}^3\text{)}, \text{ minimum } 15 \text{ cm}^3$$

Donde:

$$Z = 354,5 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.8 C402 el espesor de la llanta (alma) no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

Donde: $k = 0.015 \times L_1 = 4.5$

$$t = 10.50 \text{ mm}$$

Redondeando tendremos, $t = 11 \text{ mm}$

Debido al gran módulo resistente que requieren los baos, elegiremos perfiles del tipo de T simple.

$$\underline{\underline{194 \times 3 - 40 \times 8 \quad Z = 24927.2 \text{ cm}^3}}$$

8 ESTRUCTURAS DE MAMPAROS

8.1 Espesor de los mamparos longitudinales

Según 3.1.9. C101 el espesor mínimo de las planchas de los mamparos longitudinales vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

Donde $\sigma = 160$ MPa y $k_a = 1$.

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

Pero tenemos en cuenta que, según 3.1.9 C102 y C104, el espesor no será inferior al mayor valor dado por las siguientes expresiones:

Según 3.1.9 C102:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

Donde $k = 0.02$; por tanto:

$$t = 12.5 \text{ mm}$$

Según 3.1.9 C104:

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

$$t = 13,25805294 \text{ mm}$$

Optaremos por un espesor para los mamparos longitudinales de 19 mm

8.2 Refuerzos longitudinales de los mamparos longitudinales

Según 3.1.9 C200 el módulo requerido de la sección será de:

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

Donde σ no podrá ser mayor que $\sigma = 160 \times f_l = 160$

El módulo mínimo de la sección será de:

$$Z = 1253,768537 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.9. C202 el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

Donde: $k = 0.015 \times L_1 = 4.5$. Entonces,

$$t = 10.5 \text{ mm}$$

Por tanto seleccionaremos un bulbo de:

$$\underline{\underline{370 \times 15 \quad Z = 1278 \text{ cm}^3}}$$

8.3 Refuerzos verticales de los mamparos longitudinales

Según 3.1.9 C302 el módulo requerido de la sección será de:

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

Donde l es la luz de los refuerzos verticales que se apoyan en el doble fondo y en los baos, por lo que: $l = 24 \text{ m}$. Tenemos que tener en cuenta el concreto, que divide esto en dos. Por tanto, $l = 12 \text{ m}$. Además, $\sigma = 160$ y $m = 10$

El módulo mínimo de la sección será de:

$$Z = 90633,87013 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.9. C303 que a su vez se refiere a 3.1.9. C202, el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t = 10.5 \text{ mm}$$

Debido al gran módulo necesario utilizaremos para construirlos perfiles en T como los siguientes:

$$\underline{\underline{220 \times 4 - 40 \times 8 \quad Z = 106350 \text{ cm}^3}}$$

8.4 **Espesor de los mamparos transversales de la zona de carga**

Según 3.1.9. C101 el espesor mínimo de las planchas de los mamparos transversales vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8 k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

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

Pero según 3.1.9 C102 el espesor no será inferior al valor dado por la siguiente expresión:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

Donde $k = 0.02$. Entonces:

$$t = 12.5 \text{ mm}$$

Optaremos por un espesor para los mamparos transversales de la zona de carga de 19 mm.

8.5 Mamparo transversal de colisión y del pique de popa

Según 3.1.9. C101 el espesor mínimo de las planchas del mamparo de colisión y del mamparo del pique de popa vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

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

Pero según 3.1.9 C102 el espesor no será inferior al valor dado por la siguiente expresión:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

Optaremos por un espesor para los mamparos transversales de colisión y del pique de popa de 19 mm.

8.6 Refuerzos transversales de los mamparos transversales

Según 3.1.9 C302 el módulo requerido de la sección será de:

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

Donde $l = 19$. Por tanto:

$$Z = 60590,42059 \text{ cm}^3$$

Según 3.1.9. C303, que se refiere a 3.1.9. C202, el espesor de la llanta no será nunca inferior a:

$$t = 4.5 + k + t_k \quad (\text{mm})$$

$$t = 10.5 \text{ mm}$$

Usaremos un reforzado en T como el siguiente:

$$\underline{1750 \times 20 - 500 \times 80} \quad \underline{Z = 65723.17}$$

8.7 Espesor de los mamparos transversales estancos para zonas secas

Según 3.1.9. C101 el espesor mínimo de las planchas de los mamparos transversales estancos vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{15.8k_a s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k$$

Donde $\sigma = 220 \times f_1 = 220$, teniendo en cuenta que en este caso tomamos p_1 como presión.

$$t = 16.26034 \text{ mm}$$

Pero según 3.1.9 C102 el espesor no será inferior en ningún caso al valor dado por la siguiente expresión:

$$t = 5.0 + \frac{k L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

Optaremos por un espesor para el mamparo transversal estanco seco (separa la cámara de máquinas de la cámara de bombas) de 16.5 mm.

9 MOMENTOS FLECTORES, FUERZAS CORTANTES, MÓDULO E INERCIA REQUERIDOS.

9.1 Solicitaciones en aguas tranquilas.

Según el reglamento 3.1.2. B108:

The extent of the constant design bending moments amidships may be adjusted after special consideration.

108 The design values of stillwater shear forces along the length of the ship are normally not to be taken less than:

$$Q_S = k_{sq} Q_{SO} \quad (\text{kN})$$

$$Q_{SO} = 5 \frac{M_{SO}}{L} \quad (\text{kN})$$

M_{SO} = design stillwater bending moments (sagging or hogging) given in 106.

Larger values of Q_S based on load conditions ($Q_S = Q_{SL}$) shall be applied when relevant, see 102. For ships with arrangement giving small possibilities for variation in the distribution of cargo and ballast, Q_{SO} may be dispensed with as design basis

$k_{sq} = 0$ at A.P. and F.P.

= 1.0 between 0.15 L and 0.3 L from A.P.

= 0.8 between 0.4 L and 0.6 L from A.P.

= 1.0 between 0.7 L and 0.85 L from A.P.

106 The design stillwater bending moments amidships (sagging and hogging) are normally not to be taken less than:

$$M_S = M_{SO} \quad (\text{kNm})$$

$M_{SO} = -0.065 C_{WU} L^2 B (C_B + 0.7)$ (kNm) in sagging

= $C_{WU} L^2 B (0.1225 - 0.015 C_B)$ (kNm) in hogging

$C_{WU} = C_W$ for unrestricted service.

Larger values of M_{SO} based on cargo and ballast conditions shall be applied when relevant, see 102.

For ships with arrangement giving small possibilities for variation of the distribution of cargo and ballast, M_{SO} may be dispensed with as design basis.

107 When required in connection with stress analysis or buckling control, the stillwater bending moments at arbitrary positions along the length of the ship are normally not to be taken less than:

$$M_S = k_{sm} M_{SO} \quad (\text{kNm})$$

$M_{SO} =$ as given in 106

$k_{sm} = 1.0$ within 0.4 L amidships

= 0.15 at 0.1 L from A.P. or F.P.

= 0.0 at A.P. and F.P.

$$C_w = 10.75$$

$$C_{wu} = C_w = 10.75$$

Por tanto:

$$MSO = -0.065 \cdot C_{wu} \cdot L^2 \cdot B(C_b + 0.7)$$

$$MSO = -6321819 \text{ KN} \cdot \text{m en arrufo}$$

$$MSO = C_{wu} \cdot L^2 \cdot B(0.1225 - 0.015 C_b)$$

$$MSO = 6851187,68 \text{ KN} \cdot \text{m en quebranto}$$

Y siguiendo el reglamento:

$$QSO = 5 \cdot MSO/L$$

$$\underline{\underline{QSO = -104066 \text{ KN en arrufo}}}$$

$$\underline{\underline{QSO = 112780,47 \text{ KN en quebranto}}}$$

9.2 Solicitaciones por olas.

Según la normativa 3.1.5. B201/B203:

B 200 Wave load conditions

201 The rule vertical wave bending moments amidships are given by:

$$M_W = M_{WO} \text{ (kNm)}$$

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

$$= 0.19 \alpha C_W L^2 B C_B \text{ (kNm) in hogging}$$

$$\alpha = 1.0 \text{ for seagoing conditions}$$

$$= 0.5 \text{ for harbour and sheltered water conditions (enclosed fjords, lakes, rivers).}$$

C_B is not be taken less than 0.6.

203 The rule values of vertical wave shear forces along the length of the ship are given by:

Positive shear force, to be used when positive still water shear force:

$$Q_{WP} = 0.3 \beta k_{wqp} C_W L B (C_B + 0.7) \text{ (kN)}$$

Negative shear force, to be used when negative still water shear force:

$$Q_{WN} = -0.3 \beta k_{wqn} C_W L B (C_B + 0.7) \text{ (kN)}$$

Positive shear force when there is a surplus of buoyancy forward of section considered, see also Fig.1.

Negative shear force when there is a surplus of weight forward of section considered.

$$\beta = 1.0 \text{ for seagoing conditions}$$

$$= 0.5 \text{ for harbour and sheltered water conditions (enclosed fjords, lakes, rivers)}$$

$$k_{wqp} = 0 \text{ at A.P. and F.P.}$$

$$= 1.59 C_B / (C_B + 0.7) \text{ between } 0.2 L \text{ and } 0.3 L \text{ from A.P.}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.7 \text{ between } 0.4 L \text{ and } 0.6 L \text{ from A.P.} \\
 &= 1.0 \text{ between } 0.7 L \text{ and } 0.85 L \text{ from A.P.} \\
 k_{wqn} &= 0 \text{ at A.P. and F.P.} \\
 &= 0.92 \text{ between } 0.2 L \text{ and } 0.3 L \text{ from A.P.} \\
 &= 0.7 \text{ between } 0.4 L \text{ and } 0.6 L \text{ from A.P.} \\
 &= 1.73 C_B / (C_B + 0.7) \text{ between } 0.7 L \text{ and } 0.85 L \text{ from A.P.} \\
 C_W &= \text{as given in 201.}
 \end{aligned}$$

- Momentos flectores:

$$\underline{\underline{MWO = -10698463,28 \text{ KN} \cdot \text{m en arrufo}}}$$

$$\underline{\underline{MWO = 10169094,81 \text{ KN} \cdot \text{m en quebranto}}}$$

- Fuerzas cortantes:

$$\underline{\underline{QWP = 84051.426 \text{ KN en arrufo}}}$$

$$\underline{\underline{QWP = -84051.426 \text{ KN en quebranto}}}$$

9.3 Módulo resistente requerido.

El módulo no debe ser menor de lo indicado en la regla 3.1.5. C303 y 3.1.5. C304:

303 The midship section modulus about the transverse neutral axis shall not be less than:

$$Z_O = \frac{C_{WO}}{f_1} L^2 B (C_B + 0.7) \quad (\text{cm}^3)$$

$$\begin{aligned}
 C_{WO} &= 10.75 - [(300 - L)/100]^{3/2} \quad \text{for } L < 300 \\
 &= 10.75 \quad \text{for } 300 \leq L \leq 350 \\
 &= 10.75 - [(L - 350)/150]^{3/2} \quad \text{for } L > 350
 \end{aligned}$$

Values of C_{WO} are also given in Table C1.

C_B is in this case not to be taken less than 0.60.

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

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

Between specified positions σ_f shall be varied linearly.

$$\underline{\underline{\text{Módulo requerido (Z}_O\text{) = } 97258757.08 \text{ cm}^3 = 872587.75 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}}}$$

Y la inercia mínima será, según 3.1.5. C401:

C 400 Moment of inertia

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

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

Inercia mínima = 88624124624 cm⁴ = 8862412.4624 cm²·m

10 CÁLCULO DEL MÓDULO RESISTENTE DE LA MAESTRA.

El plano de nuestra sección maestra podemos verlo en detalle en el ANEXO III.

Recordamos los valores de módulo e inercia mínimos requeridos por la Sociedad de Clasificación (DNV):

$$\underline{\text{Módulo requerido (Z0)} = 97258757.08 \text{ cm}^3 = 872587.75 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}}$$

$$\underline{\text{Inercia mínima} = 88624124624 \text{ cm}^4 = 8862412.4624 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}}$$

A la hora de realizar el cálculo de la altura equivalente y la posición del centro de gravedad del pantoque, utilizaremos una expresión para buques sin astilla muerta y con un ángulo de pantoque de 90°.

$$y_G = 0,3634 \cdot R$$

$$h_{ef} = 1,066 \cdot \left(R + \frac{e}{2} \right) = 3,691 \text{ m.}$$

Y recordamos nuestro radio de pantoque, que es de 4,200 m.

El espesor del pantoque (e) es de 19 mm.

Por tanto:

$$y_G = 1.526 \text{ metros}$$

$$h_{ef} = 4.487 \text{ metros}$$

La longitud de la curva de pantoque desarrollada es:

$$l_{\text{pantoque}} = \pi/2 \cdot R = 6,597 \text{ m}$$

Las inercias de los elementos las calcularemos como:

$$I_{propia} = \frac{A \cdot h_{eq}}{12}$$

En donde:

- A = área (cm²)

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

PEDRO CARRO ALLEGUE

- heq = altura equivalente (m)

Para perfiles será:

$$I_{propia} = I_x \cdot \cos\alpha$$

En donde:

- I_x es la inercia propia del refuerzo.

- α es el ángulo que forma el refuerzo con el eje vertical.

En el ANEXO I podemos observar un catálogo de bulbos suministrados por un fabricante, los cuales usaremos para definir nuestro reforzado.

A continuación veremos una tabla con los cálculos realizados para obtener el módulo y la inercia de nuestra sección.

| | b (cm) | h (cm) | N e | A (cm ²) | YG (m) | A·YG (cm ² ·m) | A·YG ² (cm ² ·m ²) | heq (m) | Ipropia (cm ⁴) | Ipropia (cm ² ·m ²) |
|----------------------|--------------|----------|--------|----------------------|-------------|---------------------------|--|-----------------|----------------------------|--|
| QUILLA | 115,93 5 | 2,3 5 | 1 | 272,44 73 | 0,011 75 | 3,201255 188 | 0,037614 748 | 0,0235 | 125,3824 948 | 0,0125382 49 |
| FONDO | 2734,0 65 | 1,9 | 1 | 5194,7 24 | 0,009 5 | 49,34987 325 | 0,468823 796 | 0,019 | 1562,745 986 | 0,1562745 99 |
| PANTOQUE | 659,73 45 | 1,9 | 1 | 1253,4 95 | 1,526 28 | 1913,185 064 | 2920,056 1 | 4,487327 | 21033762 ,19 | 2103,3762 19 |
| DOBLE FONDO | 2850 | 2,1 | 1 | 5985 | 0,010 5 | 62,8425 | 0,659846 25 | 0,021 | 2199,487 5 | 0,2199487 5 |
| VAGRAS DE FONDO | 2 | 350 | 7 | 700 | 1,75 | 1225 | 2143,75 | 3,5 | 7145833, 333 | 714,58333 33 |
| VAGRA ESTANCA | 2 | 350 | 1 | 700 | 1,75 | 1225 | 2143,75 | 3,5 | 7145833, 333 | 714,58333 33 |
| LONGITUDINALES FONDO | 400 x 16 | | 2 9 | 2592,6 | 0,25 | 648,15 | 162,0375 | 0,436889 555 | 14220 | 1,422 |
| LONGITUDINALES D.F. | 370 x 13 | | 2 9 | 2018,4 | 3,265 | 6590,076 | 21516,59 814 | 0,425278 813 | 10490 | 1,049 |
| LONG VAGRAS 1 | 400 x 14 | | 8 | 651,2 | 0,875 | 569,8 | 498,575 | 0 | 0 | 0 |
| LONG VAGRAS 2 | 400 x 14 | | 8 | 651,2 | 1,75 | 1139,6 | 1994,3 | 0 | 0 | 0 |
| LONG VAGRAS 3 | 400 x 14 | | 8 | 651,2 | 2,625 | 1709,4 | 4487,175 | 0 | 0 | 0 |
| LONG PANTOQUE 1 | 400 X 16 | | 1 | 89,4 | 0,29 | 25,926 | 7,51854 | 0,431254 488 | 13855,54 232 | 1,3855542 32 |
| LONG PANTOQUE 2 | 400 X 16 | | 1 | 89,4 | 0,458 | 40,9452 | 18,75290 16 | 0,422131 276 | 13275,51 366 | 1,3275513 66 |
| LONG PANTOQUE 3 | 400 X 16 | | 1 | 89,4 | 0,76 | 67,944 | 51,63744 | 0,364130 702 | 9878,042 028 | 0,9878042 03 |
| LONG PANTOQUE 4 | 400 X 16 | | 1 | 89,4 | 1,277 | 114,1638 | 145,7871 726 | 0,326702 522 | 7951,723 087 | 0,7951723 09 |
| LONG PANTOQUE 5 | 400 X 16 | | 1 | 89,4 | 1,91 | 170,754 | 326,1401 | 0,099947 | 744,2172 | 0,0744217 |

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
 PEDRO CARRO ALLEGUE

| | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|---|------|-----|--------|---------|-----|-----|---|
| | | | | | | 4 | 456 | 978 | 3 |
| LONG PANTOQUE 6 | 400 X 16 | 1 | 89,4 | 2,7 | 241,38 | 651,726 | 0 | 0 | 0 |

| COSTADO | 2,15 | 265 0 | 1 | 5697,5 | 26,5 | 150983,7 5 | 4001069, 375 | 26,5 | 33342244 79 | 333422,44 79 |
|---------------|----------|----------|---|--------|------|---------------|-----------------|------|----------------|-----------------|
| LONG COST. 1 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 4,3 | 252,84 | 1087,212 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 2 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 5,1 | 299,88 | 1529,388 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 3 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 5,9 | 346,92 | 2046,828 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 4 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 6,7 | 393,96 | 2639,532 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 5 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 7,5 | 441 | 3307,5 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 6 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 8,3 | 488,04 | 4050,732 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 7 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 9,1 | 535,08 | 4869,228 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 8 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 9,9 | 582,12 | 5762,988 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 9 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 10,7 | 629,16 | 6732,012 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 10 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 11,5 | 676,2 | 7776,3 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 11 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 12,3 | 723,24 | 8895,852 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 12 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 13,1 | 770,28 | 10090,66 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 13 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 14,7 | 864,36 | 12706,09 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 14 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 15,5 | 911,4 | 14126,7 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 15 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 16,3 | 958,44 | 15622,57 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 16 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 17,1 | 1005,48 | 17193,70 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 17 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 17,9 | 1052,52 | 18840,10 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 18 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 18,7 | 1099,56 | 20561,77 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 19 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 19,5 | 1146,6 | 22358,7 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 20 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 20,3 | 1193,64 | 24230,89 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 21 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 21,1 | 1240,68 | 26178,34 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 22 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 21,9 | 1287,72 | 28201,06 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 23 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 22,7 | 1334,76 | 30299,05 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 24 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 23,5 | 1381,8 | 32472,3 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 25 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 25,1 | 1475,88 | 37044,58 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 26 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 25,9 | 1522,92 | 39443,62 8 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 27 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 26,7 | 1569,96 | 41917,93 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 28 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 27,5 | 1617 | 44467,5 | 0 | 0 | 0 |

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
PEDRO CARRO ALLEGUE

| | | | | | | | | | | |
|------------------|----------|---|---|-------|------------|----------|-----------------|-----------------|------|--------|
| LONG COST. 29 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 28,3 | 1664,04 | 47092,33 2 | 0 | 0 | 0 |
| LONG COST. 30 | 340 x 12 | | 1 | 58,8 | 29,1 | 1711,08 | 49792,42 8 | 0 | 0 | 0 |
| PALMEJAR 1 | 300 | 3 | 1 | 900 | 3,5 | 3150 | 11025 | 0,012 | 108 | 0,0108 |
| PALMEJAR 2 | 300 | 3 | 1 | 900 | 8,7 | 7830 | 68121 | 0,012 | 108 | 0,0108 |
| PALMEJAR 3 | 300 | 3 | 1 | 900 | 13,9 | 12510 | 173889 | 0,012 | 108 | 0,0108 |
| PALMEJAR 4 | 300 | 3 | 1 | 900 | 19,1 | 17190 | 328329 | 0,012 | 108 | 0,0108 |
| PALMEJAR 5 | 300 | 3 | 1 | 900 | 24,3 | 21870 | 531441 | 0,012 | 108 | 0,0108 |
| LONG. PALMEJAR 1 | 340 x 12 | | 3 | 176,4 | 3,285 | 579,474 | 1903,572 09 | 0,371428 571 | 6760 | 0,676 |
| LONG. PALMEJAR 2 | 340 x 12 | | 3 | 176,4 | 8,485 | 1496,754 | 12699,95 769 | 0,371428 571 | 6760 | 0,676 |
| LONG. PALMEJAR 3 | 340 x 12 | | 3 | 176,4 | 13,68 5 | 2414,034 | 33036,05 529 | 0,371428 571 | 6760 | 0,676 |
| LONG. PALMEJAR 4 | 340 x 12 | | 3 | 176,4 | 18,88 5 | 3331,314 | 62911,86 489 | 0,371428 571 | 6760 | 0,676 |
| LONG. PALMEJAR 5 | 340 x 12 | | 3 | 176,4 | 24,08 5 | 4248,594 | 102327,3 865 | 0,371428 571 | 6760 | 0,676 |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------|
| CUBIERTA | 6300 | 1,3 | 1 | 8190 | 0,006 5 | 53,235 | 0,346027 5 | 0,013 | 1153,425 | 0,1153425 |
| LONG. CUBIERTA | 160 x 9 | | 2 2 | 391,6 | 62,90 64 | 24634,14 624 | 1549645, 457 | 0,173787 937 | 448 | 0,0448 |
| ESLORAS DE CUBIERTA | 1,5 | 194 | 7 | 291 | 0,97 | 282,27 | 273,8019 | 1,94 | 912673 | 91,2673 |
| ESLORA CENTRAL | 1,5 | 194 | 1 | 291 | 0,97 | 282,27 | 273,8019 | 1,94 | 912673 | 91,2673 |

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|----------|---|------|-------|----------|-----------------|------|----------------|-----------------|
| MAMPAROS | 1,9 | 265 0 | 1 | 5035 | 13,25 | 66713,75 | 883957,1 875 | 26,5 | 29465239 58 | 294652,39 58 |
| DOBLE CASCO | 1,9 | 265 0 | 1 | 5035 | 13,25 | 66713,75 | 883957,1 875 | 26,5 | 29465239 58 | 294652,39 58 |
| LONG. MAMP. LONG. 1 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 4,3 | 331,1 | 1423,73 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 2 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 5,1 | 392,7 | 2002,77 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 3 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 5,9 | 454,3 | 2680,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 4 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 6,7 | 515,9 | 3456,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 5 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 7,5 | 577,5 | 4331,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 6 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 8,3 | 639,1 | 5304,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 7 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 9,1 | 700,7 | 6376,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 8 | 370 x 15 | | 1 | 77 | 9,9 | 762,3 | 7546,77 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. | 370 x 15 | | 1 | 77 | 10,7 | 823,9 | 8815,73 | 0 | 0 | 0 |

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
 PEDRO CARRO ALLEGUE

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|---|----|------|--------|----------|---|---|---|
| LONG. 9 | | | | | | | | | |
| LONG. MAMP. LONG. 10 | 370 x 15 | 1 | 77 | 11,5 | 885,5 | 10183,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 11 | 370 x 15 | 1 | 77 | 12,3 | 947,1 | 11649,33 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 12 | 370 x 15 | 1 | 77 | 13,1 | 1008,7 | 13213,97 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 13 | 370 x 15 | 1 | 77 | 13,9 | 1070,3 | 14877,17 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 14 | 370 x 15 | 1 | 77 | 14,7 | 1131,9 | 16638,93 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 15 | 370 x 15 | 1 | 77 | 15,5 | 1193,5 | 18499,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 16 | 370 x 15 | 1 | 77 | 16,3 | 1255,1 | 20458,13 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 17 | 370 x 15 | 1 | 77 | 17,1 | 1316,7 | 22515,57 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 18 | 370 x 15 | 1 | 77 | 17,9 | 1378,3 | 24671,57 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 19 | 370 x 15 | 1 | 77 | 18,7 | 1439,9 | 26926,13 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 20 | 370 x 15 | 1 | 77 | 19,5 | 1501,5 | 29279,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 21 | 370 x 15 | 1 | 77 | 20,3 | 1563,1 | 31730,93 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 22 | 370 x 15 | 1 | 77 | 21,1 | 1624,7 | 34281,17 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 23 | 370 x 15 | 1 | 77 | 21,9 | 1686,3 | 36929,97 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 24 | 370 x 15 | 1 | 77 | 22,7 | 1747,9 | 39677,33 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 25 | 370 x 15 | 1 | 77 | 23,5 | 1809,5 | 42523,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 26 | 370 x 15 | 1 | 77 | 24,3 | 1871,1 | 45467,73 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 27 | 370 x 15 | 1 | 77 | 25,1 | 1932,7 | 48510,77 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 28 | 370 x 15 | 1 | 77 | 25,9 | 1994,3 | 51652,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 29 | 370 x 15 | 1 | 77 | 26,7 | 2055,9 | 54892,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 30 | 370 x 15 | 1 | 77 | 27,5 | 2117,5 | 58231,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 31 | 370 x 15 | 1 | 77 | 28,3 | 2179,1 | 61668,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. MAMP. LONG. 32 | 370 x 15 | 1 | 77 | 29,1 | 2240,7 | 65204,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 1 | 370 x 15 | 1 | 77 | 4,3 | 331,1 | 1423,73 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE | 370 x 15 | 1 | 77 | 5,1 | 392,7 | 2002,77 | 0 | 0 | 0 |

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
PEDRO CARRO ALLEGUE

| | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---|----|------|--------|----------|---|---|---|
| CASCO 2 | | | | | | | | | |
| LONG. DOBLE CASCO 3 | 370 x 15 | 1 | 77 | 5,9 | 454,3 | 2680,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 4 | 370 x 15 | 1 | 77 | 6,7 | 515,9 | 3456,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 5 | 370 x 15 | 1 | 77 | 7,5 | 577,5 | 4331,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 6 | 370 x 15 | 1 | 77 | 8,3 | 639,1 | 5304,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 7 | 370 x 15 | 1 | 77 | 9,1 | 700,7 | 6376,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 8 | 370 x 15 | 1 | 77 | 9,9 | 762,3 | 7546,77 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 9 | 370 x 15 | 1 | 77 | 10,7 | 823,9 | 8815,73 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 10 | 370 x 15 | 1 | 77 | 11,5 | 885,5 | 10183,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 11 | 370 x 15 | 1 | 77 | 12,3 | 947,1 | 11649,33 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 12 | 370 x 15 | 1 | 77 | 13,1 | 1008,7 | 13213,97 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 13 | 370 x 15 | 1 | 77 | 14,7 | 1131,9 | 16638,93 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 14 | 370 x 15 | 1 | 77 | 15,5 | 1193,5 | 18499,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 15 | 370 x 15 | 1 | 77 | 16,3 | 1255,1 | 20458,13 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 16 | 370 x 15 | 1 | 77 | 17,1 | 1316,7 | 22515,57 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 17 | 370 x 15 | 1 | 77 | 17,9 | 1378,3 | 24671,57 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 18 | 370 x 15 | 1 | 77 | 18,7 | 1439,9 | 26926,13 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 19 | 370 x 15 | 1 | 77 | 19,5 | 1501,5 | 29279,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 20 | 370 x 15 | 1 | 77 | 20,3 | 1563,1 | 31730,93 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 21 | 370 x 15 | 1 | 77 | 21,1 | 1624,7 | 34281,17 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 22 | 370 x 15 | 1 | 77 | 21,9 | 1686,3 | 36929,97 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 23 | 370 x 15 | 1 | 77 | 22,7 | 1747,9 | 39677,33 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 24 | 370 x 15 | 1 | 77 | 23,5 | 1809,5 | 42523,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 25 | 370 x 15 | 1 | 77 | 25,1 | 1932,7 | 48510,77 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 26 | 370 x 15 | 1 | 77 | 25,9 | 1994,3 | 51652,37 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE | 370 x 15 | 1 | 77 | 26,7 | 2055,9 | 54892,53 | 0 | 0 | 0 |

CUADERNO VIII: CUADERNA MAESTRA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
 PEDRO CARRO ALLEGUE

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|---|--------------|------|-----------------|-----------------|---|---|-----------------|
| CASCO 27 | | | | | | | | | |
| LONG. DOBLE CASCO 28 | 370 x 15 | 1 | 77 | 27,5 | 2117,5 | 58231,25 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 29 | 370 x 15 | 1 | 77 | 28,3 | 2179,1 | 61668,53 | 0 | 0 | 0 |
| LONG. DOBLE CASCO 30 | 370 x 15 | 1 | 77 | 29,1 | 2240,7 | 65204,37 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 58057, 77 | | 508612,8 189 | 10846264 ,16 | | | 926453,34 15 |

Ahora calcularemos la línea neutra:

$$Y_G = \frac{\sum A \cdot y_G}{\sum A} = 8,76 \text{ m}$$

A continuación podemos determinar el momento de inercia aplicando Steiner al momento de inercia propio de cada elemento:

$$Y = 2 \cdot \left(I_0 + \sum A \cdot y_G^2 - A \cdot d^2 \right) = 14634069 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^2$$

Ahora procederemos al cálculo del módulo de nuestra sección.

- Módulo en cubierta:

$$W_C = \frac{I_G}{Y_G} = 1670467,85 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$$

- Módulo en fondo:

$$W_C = \frac{I_G}{D - Y_G} = 689001,27 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$$

En el siguiente cuadro resumen podemos comprobar que cumplimos con los requerimientos de módulo y de inercia demandados por el reglamento.

| | Wfondo (m·cm ²) | Wcubierta (m·cm ²) | Inercia (cm ² ·m ²) |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|
| Ofrecido | 689001,2706 | 1670467,85 | 14634069,09 |
| Requerido | 972587,57 | 972587,57 | 8862412,462 |

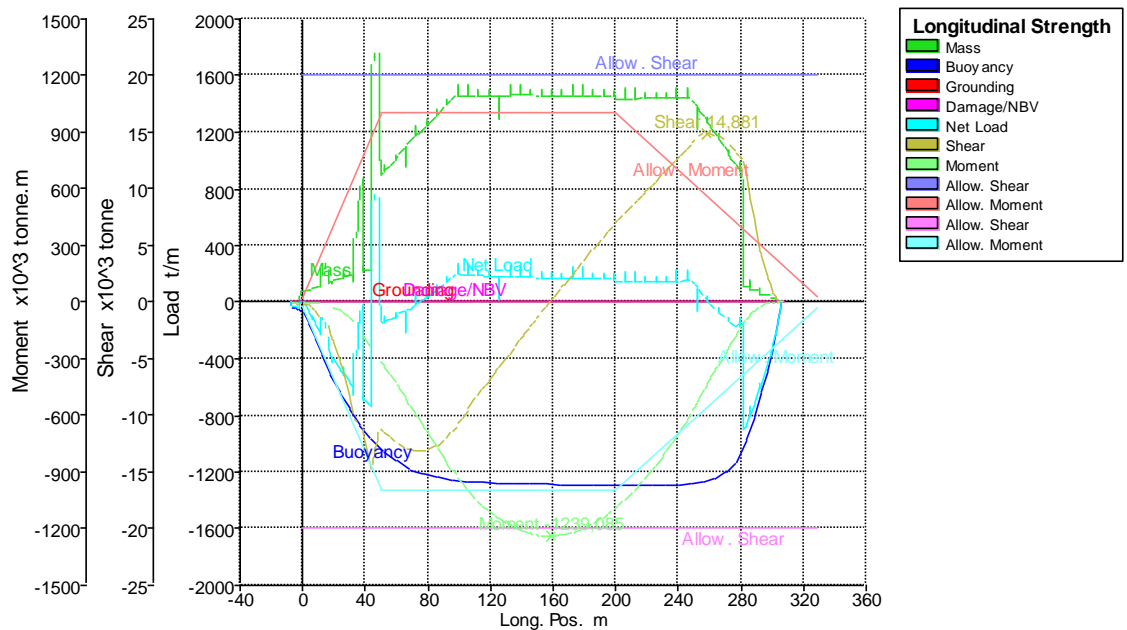
11 RESISTENCIA LONGITUDINAL (MAXURF)

En este apartado, utilizaremos MAXURF, para realizar un cálculo de la resistencia longitudinal del buque.

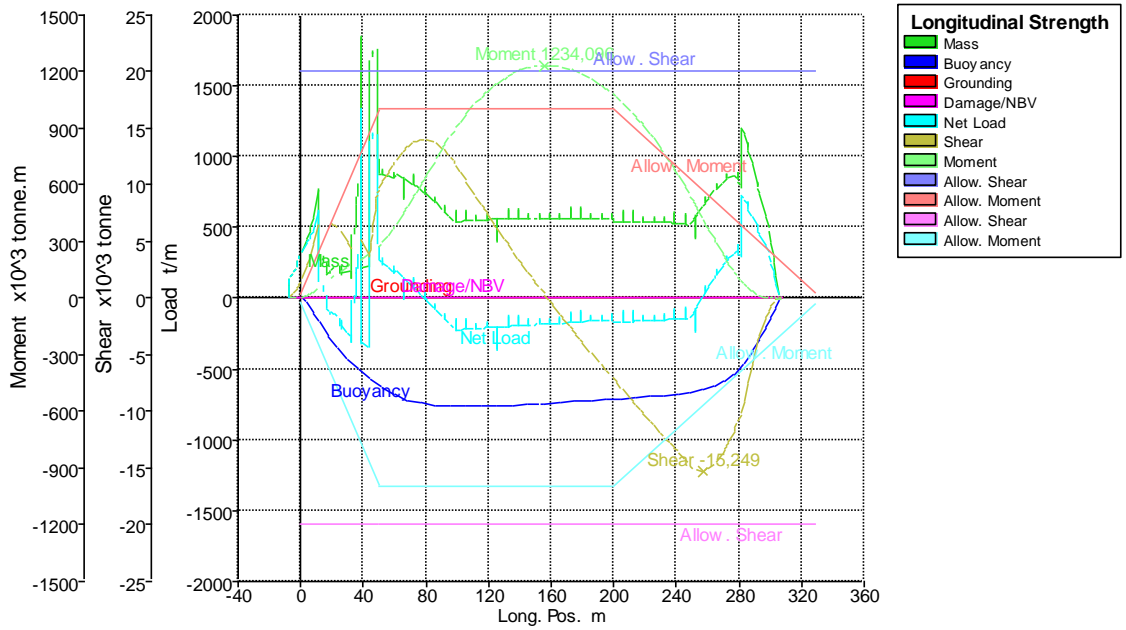
En este apartado, se mostrarán las gráficas de momentos y cortantes a cada condición de carga.

Los resultados completos de los informes, podremos observarlos en el ANEXO II.

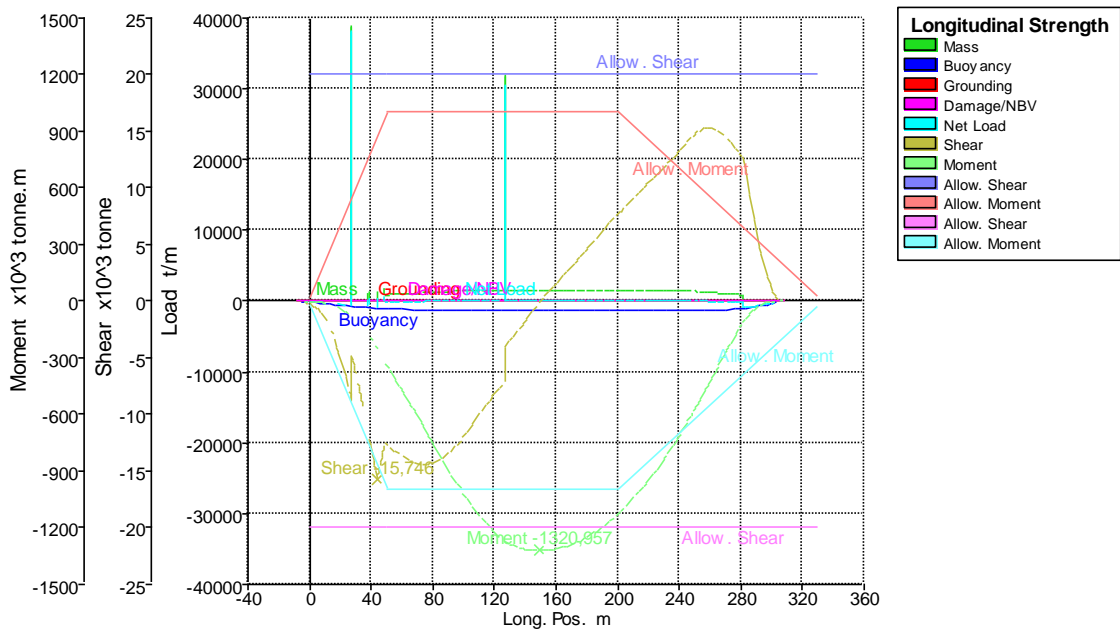
- Condición de carga 1 – Salida a plena carga.



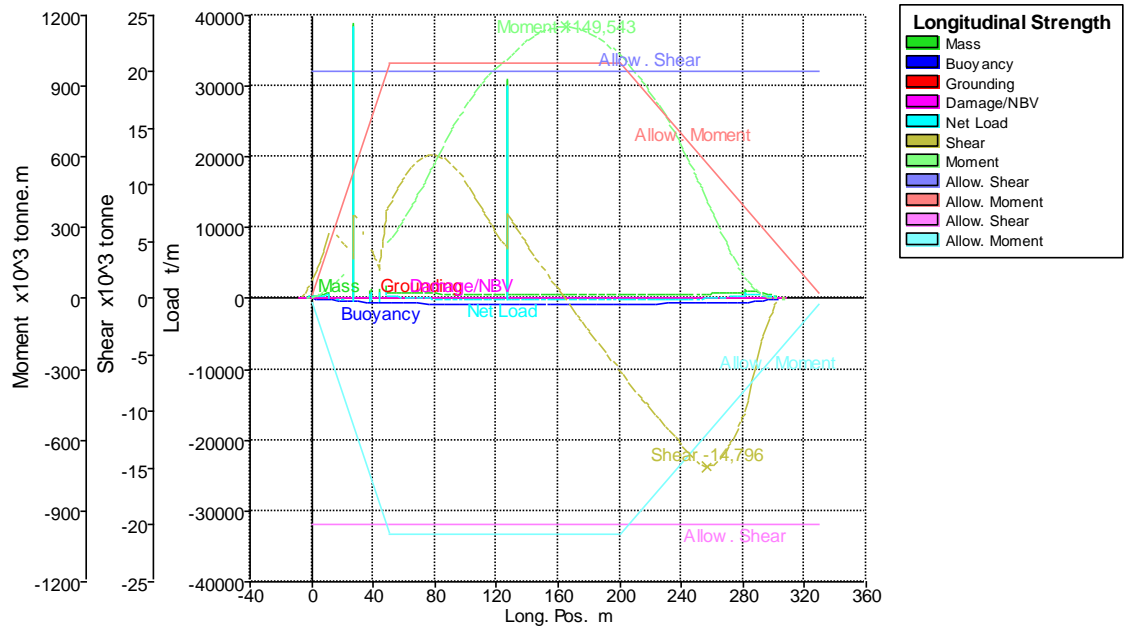
- Condición de carga 2 – Salida en lastre



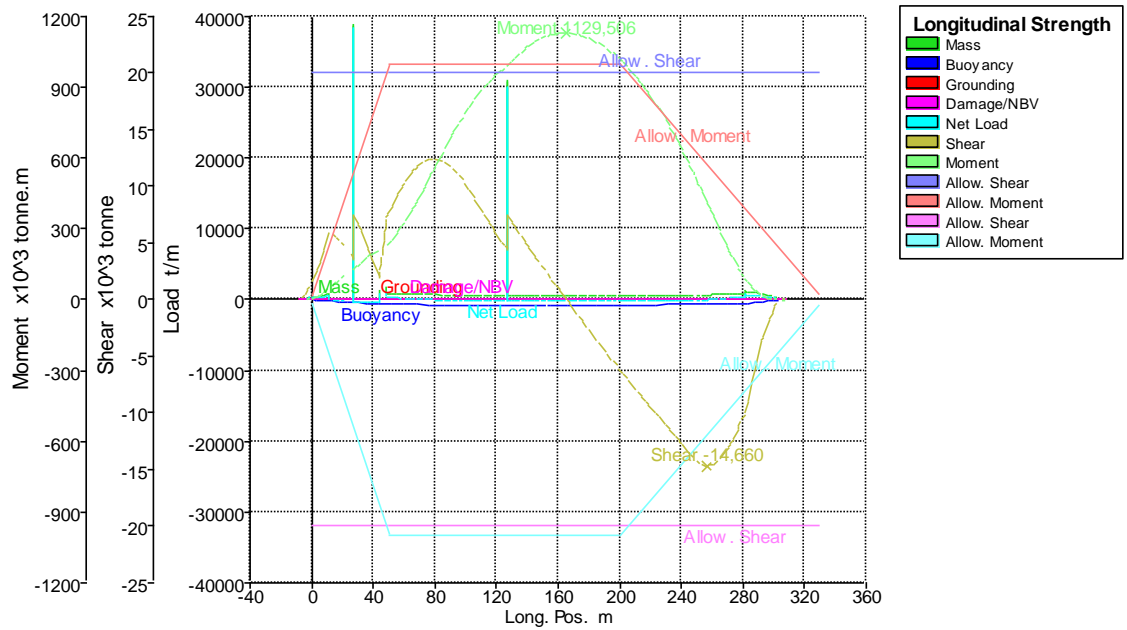
- Condición de carga 3 – Llegada a plena carga.



- Condición de carga 4 – Llegada en lastre.



- Condición de carga 5 – MARPOL



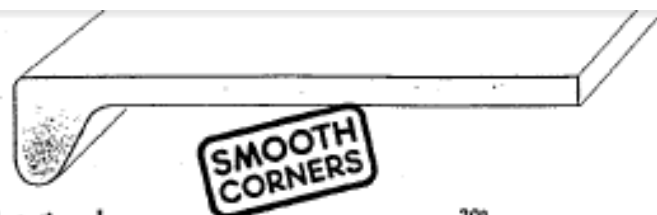
12 BIBLIOGRAFÍA.

- Reglamento Sociedad de Clasificación. (DNV)
- Apuntes asignatura “Métodos computacionales aplicados al proyecto” (GAN)

ANEXO I:

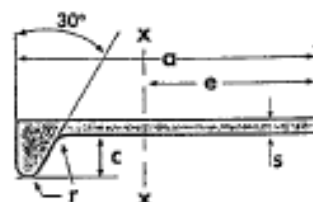
CATÁLOGO PERFILES BULBO

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 | 33.3 | 25.4 | 13.1 | 1550 | 323 |
| | 12 | 31 | 9 | 37.3 | 29.3 | 12.9 | 1700 | 344 |
| 240 | 10 | 34 | 10 | 32.4 | 25.4 | 14.7 | 1860 | 368 |
| | 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 |
| | 13 | 40 | 12 | 48.4 | 38.0 | 17.0 | 3770 | 614 |
| 300 | 11 | 43 | 13 | 46.7 | 36.7 | 18.9 | 4190 | 671 |
| | 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 |
| | 14 | 46 | 14 | 60.6 | 47.5 | 19.7 | 6170 | 879 |
| 340 | 12 | 49 | 15 | 58.8 | 46.1 | 21.5 | 6760 | 947 |
| | 13 | 49 | 15 | 62.1 | 48.7 | 21.3 | 7140 | 999 |
| | 14 | 49 | 15 | 65.5 | 51.5 | 21.1 | 7540 | 1014 |
| 370 | 13 | 53.5 | 16.5 | 69.6 | 54.6 | 23.5 | 9470 | 1210 |
| | 14 | 53.5 | 16.5 | 73.0 | 57.8 | 23.3 | 9900 | 1278 |
| | 15 | 53.5 | 16.5 | 76.4 | 61.0 | 23.1 | 10490 | 1346 |
| 400 | 14 | 58 | 18 | 81.4 | 63.9 | 25.5 | 12930 | 1580 |
| | 15 | 58 | 18 | 85.0 | 67.0 | 25.3 | 13470 | 1656 |
| | 16 | 58 | 18 | 88.6 | 70.2 | 25.0 | 14220 | 1732 |
| 430 | 15 | 62.5 | 19.5 | 94.1 | 73.9 | 27.4 | 17360 | 1935 |
| | 16 | 62.5 | 19.5 | 98.0 | 77.8 | 27.2 | 18060 | 2011 |
| | 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

ANEXO II:
RESISTENCIA LONGITUDINAL

Longitudinal Strength

Longitudinal Strength Calculation - Petrolero 300000TPM

Stability 20.00.04.9, build: 9

Model file: C:\Users\Admin\Desktop\TFM\Maxurf\Petrolero 300000TPM (Medium precision, 66 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Condición1-SalidaPlenaCarga

Damage Case - Intact

Free to Trim

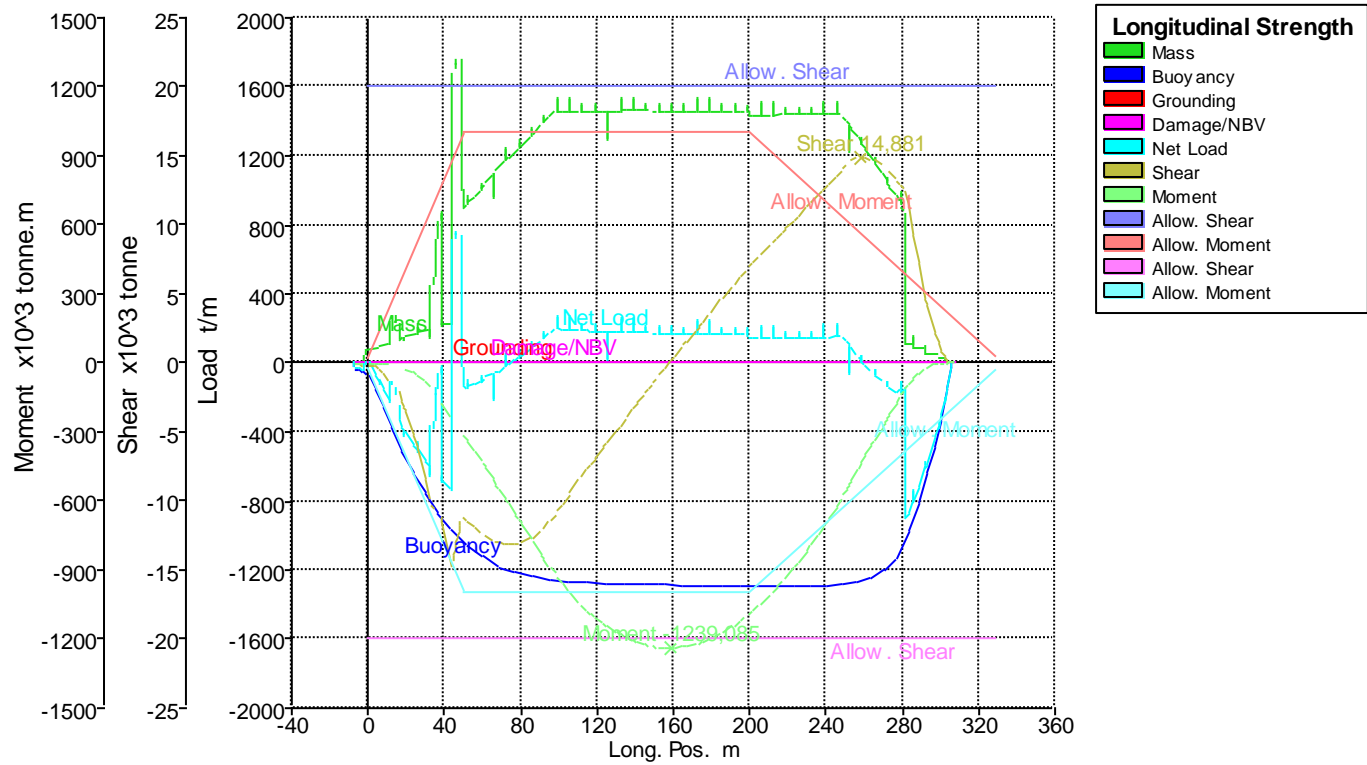
Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Rosca | 1 | 42789,321 | 42789,321 | | | 155,210 | | | 0,000 | 12,530 |
| Pesos de equipo y habilitación | 1 | 3034,130 | 3034,130 | | | 126,650 | 60,000 | 200,000 | 0,000 | 22,820 |
| Peso de la maquinaria | 1 | 3868,780 | 3868,780 | | | 27,310 | -2,000 | 50,000 | 0,000 | 13,600 |
| Total Rosca | | | 49692,231 | | | 143,509 | | | 0,000 | 13,242 |
| Tq Slop Er | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | 14,110 | 17,457 |
| Tq Slop Br | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | -14,110 | 17,457 |
| Total Slop | 100% | 7436,889 | 7436,889 | 7255,501 | 7255,501 | 46,217 | | | 0,000 | 17,457 |
| .Carga | | | | | | | | | | |
| Tq 1 Er | 97% | 15139,129 | 14684,957 | 17042,811 | 16531,529 | 77,447 | | | 16,513 | 16,353 |
| Tq 1 Ctr | 97% | 21915,692 | 21258,224 | 24671,499 | 23931,357 | 73,718 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 1 Br | 97% | 15139,129 | 14684,957 | 17042,811 | 16531,529 | 77,447 | | | -16,513 | 16,353 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq 2 Er | 97% | 21915,694 | 21258,223 | 24671,500 | 23931,355 | 123,718 | | | 19,000 | 16,353 |
| Tq 2 Ctr | 97% | 21915,694 | 21258,223 | 24671,500 | 23931,355 | 123,718 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 2 Br | 97% | 21915,694 | 21258,223 | 24671,500 | 23931,355 | 123,718 | | | -19,000 | 16,353 |
| Tq 3 Er | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 173,718 | | | 19,000 | 16,353 |
| Tq 3 Ctr | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 173,718 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 3 Br | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 173,718 | | | -19,000 | 16,353 |
| Tq 4 Er | 97% | 21915,694 | 21258,222 | 24671,500 | 23931,354 | 223,718 | | | 19,000 | 16,353 |
| Tq 4 Ctr | 97% | 21915,694 | 21258,222 | 24671,500 | 23931,354 | 223,718 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 4 Br | 97% | 21915,694 | 21258,222 | 24671,500 | 23931,354 | 223,718 | | | -19,000 | 16,353 |
| Tq 5 Er | 97% | 9991,830 | 9692,076 | 11248,261 | 10910,815 | 262,745 | | | 16,509 | 16,353 |
| Tq 5 Ctr | 97% | 14464,364 | 14030,433 | 16283,198 | 15794,701 | 265,208 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 5 Br | 97% | 9991,830 | 9692,076 | 11248,261 | 10910,815 | 262,745 | | | -16,509 | 16,353 |
| Total Carga | 97% | 283883,217 | 275366,730 | 319580,346 | 309992,946 | 166,659 | | | 0,000 | 16,353 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq lastre ppp Er | 0% | 3032,821 | 0,000 | 2958,850 | 0,000 | 10,142 | | | 2,000 | 2,151 |
| Tq lastre ppp Br | 0% | 3032,821 | 0,000 | 2958,850 | 0,000 | 10,142 | | | -2,000 | 2,151 |
| Tq lastre 1 Er | 0% | 14758,555 | 0,000 | 14398,591 | 0,000 | 98,416 | | | 0,134 | 0,000 |
| Tq lastre 1 Br | 0% | 14758,555 | 0,000 | 14398,591 | 0,000 | 98,416 | | | -0,134 | 0,000 |
| Tq lastre 2 Er | 0% | 9256,684 | 0,000 | 9030,911 | 0,000 | 148,416 | | | 5,207 | 0,000 |
| Tq lastre 2 Br | 0% | 9256,684 | 0,000 | 9030,911 | 0,000 | 148,416 | | | -5,207 | 0,000 |
| Tq lastre 3 Er | 0% | 9449,566 | 0,000 | 9219,088 | 0,000 | 198,416 | | | 6,757 | 0,000 |
| Tq lastre 3 Br | 0% | 9449,566 | 0,000 | 9219,088 | 0,000 | 198,416 | | | -6,757 | 0,000 |
| Tq lastre 4 Er | 0% | 9347,103 | 0,000 | 9119,125 | 0,000 | 248,416 | | | 0,499 | 0,000 |
| Tq lastre 4 Br | 0% | 9347,103 | 0,000 | 9119,125 | 0,000 | 248,416 | | | -0,499 | 0,000 |
| Tq lastre 5 Er | 0% | 9764,196 | 0,000 | 9526,045 | 0,000 | 281,513 | | | 0,014 | 0,000 |
| Tq lastre 5 Br | 0% | 9764,196 | 0,000 | 9526,045 | 0,000 | 281,513 | | | -0,014 | 0,000 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|-------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Pertrechos | 1 | 100,000 | 100,000 | | | 38,200 | 20,000 | 50,000 | 0,000 | 37,000 |
| Tripulación | 1 | 5,250 | 5,250 | | | 38,500 | 38,500 | 38,500 | 0,000 | 37,000 |
| Total pesos fijos | | | 105,250 | | | 38,215 | | | 0,000 | 37,000 |
| Total Loadcase | | | 335872,939 | 454257,617 | 320722,398 | 159,217 | | | 0,000 | 15,950 |



| Name | Long. Pos. m | Mass t/m | Buoyancy t/m | Grounding t/m | Damage/NBV t/m | Net Load t/m | Shear x10 ³ tonne | Moment x10 ³ tonne.m |
|------|--------------|----------|--------------|---------------|----------------|--------------|------------------------------|---------------------------------|
| -1/4 | -7,637 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0,000 | 77,129 | -71,054 | 0,000 | 0,000 | 6,076 | -0,169 | -0,830 |
| 1/4 | 7,637 | 106,095 | -252,363 | 0,000 | 0,000 | -146,268 | -0,703 | -3,543 |

| Key point | Type | Freeboard m |
|---|--------------------|------------------------|
| Margin Line (freeboard pos = 205,138 m) | | 7,817 |
| Deck Edge (freeboard pos = 205,138 m) | | 7,893 |
| PIP STBD | Downflooding point | 10,252 |
| PIP PORT | Downflooding point | 10,252 |

Longitudinal Strength Calculation - Petrolero 300000TPM

Stability 20.00.04.9, build: 9

Model file: C:\Users\Admin\Desktop\TFM\Maxurf\Petrolero 300000TPM (Medium precision, 66 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Condición2-Salida en lastre

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

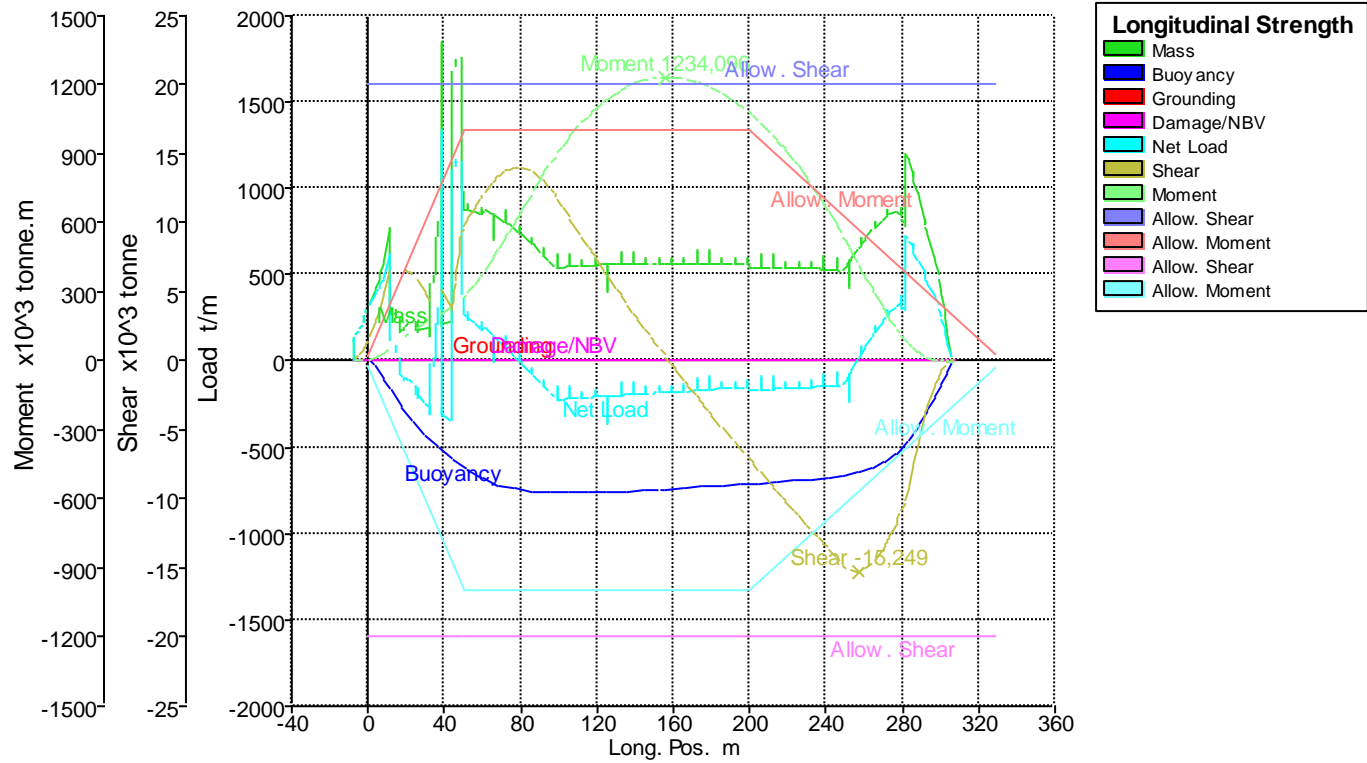
Fluid analysis method: Simulate fluid movement

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Rosca | 1 | 42789,321 | 42789,321 | | | 155,210 | | | 0,000 | 12,530 |
| Pesos de equipo y habilitación | 1 | 3034,130 | 3034,130 | | | 126,650 | 60,000 | 200,000 | 0,000 | 22,820 |
| Peso de la maquinaria | 1 | 3868,780 | 3868,780 | | | 27,310 | -2,000 | 50,000 | 0,000 | 13,600 |
| Total Rosca | | | 49692,231 | | | 143,509 | | | 0,000 | 13,242 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq Slop Er | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | 14,110 | 17,457 |
| Tq Slop Br | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | -14,110 | 17,457 |
| Total Slop | 100% | 7436,889 | 7436,889 | 7255,501 | 7255,501 | 46,217 | | | 0,000 | 17,457 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq 1 Er | 0% | 15139,129 | 0,000 | 17042,811 | 0,000 | 48,984 | | | 13,125 | 3,500 |
| Tq 1 Ctr | 0% | 21915,692 | 0,000 | 24671,499 | 0,000 | 48,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 1 Br | 0% | 15139,129 | 0,000 | 17042,811 | 0,000 | 48,984 | | | -13,125 | 3,500 |
| Tq 2 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 2 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 2 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | -19,000 | 3,500 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq 3 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 3 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 3 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | -19,000 | 3,500 |
| Tq 4 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 4 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 4 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | -19,000 | 3,500 |
| Tq 5 Er | 0% | 9991,830 | 0,000 | 11248,261 | 0,000 | 248,887 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 5 Ctr | 0% | 14464,364 | 0,000 | 16283,198 | 0,000 | 248,887 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 5 Br | 0% | 9991,830 | 0,000 | 11248,261 | 0,000 | 248,887 | | | -19,000 | 3,500 |
| Total Carga | 0% | 283883,217 | 0,000 | 319580,346 | 0,000 | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq lastre ppp Er | 100% | 3032,821 | 3032,821 | 2958,850 | 2958,850 | 4,164 | | | 8,206 | 21,607 |
| Tq lastre ppp Br | 100% | 3032,821 | 3032,821 | 2958,850 | 2958,850 | 4,164 | | | -8,206 | 21,607 |
| Tq lastre 1 Er | 100% | 14758,555 | 14758,555 | 14398,591 | 14398,591 | 70,878 | | | 22,133 | 13,055 |
| Tq lastre 1 Br | 100% | 14758,555 | 14758,555 | 14398,591 | 14398,591 | 70,878 | | | -22,133 | 13,055 |
| Tq lastre 2 Er | 100% | 9256,684 | 9256,684 | 9030,911 | 9030,911 | 123,917 | | | 21,479 | 8,227 |
| Tq lastre 2 Br | 100% | 9256,684 | 9256,684 | 9030,911 | 9030,911 | 123,917 | | | -21,479 | 8,227 |
| Tq lastre 3 Er | 100% | 9449,566 | 9449,566 | 9219,088 | 9219,088 | 173,721 | | | 21,643 | 8,098 |
| Tq lastre 3 Br | 100% | 9449,566 | 9449,566 | 9219,088 | 9219,088 | 173,721 | | | -21,643 | 8,098 |
| Tq lastre 4 Er | 100% | 9347,103 | 9347,103 | 9119,125 | 9119,125 | 223,505 | | | 21,543 | 8,115 |
| Tq lastre 4 Br | 100% | 9347,103 | 9347,103 | 9119,125 | 9119,125 | 223,505 | | | -21,543 | 8,115 |
| Tq lastre 5 Er | 100% | 9764,196 | 9764,196 | 9526,045 | 9526,045 | 266,953 | | | 21,917 | 12,647 |
| Tq lastre 5 Br | 100% | 9764,196 | 9764,196 | 9526,045 | 9526,045 | 266,953 | | | -21,917 | 12,647 |
| Tq lastre ppr Er | 100% | 7481,541 | 7481,541 | 7299,064 | 7299,064 | 290,368 | | | 8,958 | 11,777 |
| Tq lastre ppr Br | 100% | 7481,541 | 7481,541 | 7299,064 | 7299,064 | 290,368 | | | -8,958 | 11,777 |
| Tq lastre CM. Er | 100% | 247,807 | 247,807 | 241,763 | 241,763 | 19,776 | | | 3,341 | 2,145 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m^3 | Total Volume m^3 | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq lastre CM. Br | 100% | 247,807 | 247,807 | 241,763 | 241,763 | 19,776 | | | -3,341 | 2,145 |
| Total Lastre | 100% | 126676,547 | 126676,547 | 123586,875 | 123586,875 | 169,255 | | | 0,000 | 11,034 |
| | | | | | | | | | | |
| Viveres | 1 | 3,325 | 3,325 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tq a. tecn. Er | 100% | 312,375 | 312,375 | 312,375 | 312,375 | 36,825 | | | 5,000 | 25,750 |
| Tq a. tecn. Br | 100% | 312,375 | 312,375 | 312,375 | 312,375 | 36,825 | | | -5,000 | 25,750 |
| T. ad. Er | 100% | 99,960 | 99,960 | 99,960 | 99,960 | 37,700 | | | 14,500 | 25,750 |
| T. ad. Br | 100% | 99,960 | 99,960 | 99,960 | 99,960 | 37,700 | | | -14,500 | 25,750 |
| FO almc Er | 97% | 774,572 | 751,334 | 820,260 | 795,652 | 35,696 | | | 7,750 | 16,865 |
| FO almc Br | 97% | 774,572 | 751,334 | 820,260 | 795,652 | 35,696 | | | -7,750 | 16,865 |
| FO sed. Er | 98% | 104,942 | 102,843 | 111,132 | 108,909 | 36,598 | | | 17,000 | 16,910 |
| FO sed. Br | 98% | 104,942 | 102,843 | 111,132 | 108,909 | 36,598 | | | -17,000 | 16,910 |
| FO ud Er | 98% | 79,956 | 78,357 | 84,672 | 82,979 | 37,099 | | | 20,000 | 16,910 |
| FO ud Br | 98% | 79,956 | 78,357 | 84,672 | 82,979 | 37,099 | | | -20,000 | 16,910 |
| DO Er | 98% | 222,264 | 217,819 | 264,600 | 259,308 | 13,697 | | | 3,000 | 16,910 |
| DO Br | 98% | 222,264 | 217,819 | 264,600 | 259,308 | 13,697 | | | -3,000 | 16,910 |
| Aceite Er | 98% | 73,030 | 71,569 | 79,380 | 77,792 | 12,699 | | | 9,000 | 16,910 |
| Aceite Br | 98% | 73,030 | 71,569 | 79,380 | 77,792 | 12,699 | | | -9,000 | 16,910 |
| Tq lodos | 0% | 75,838 | 0,000 | 75,838 | 0,000 | 25,232 | | | 0,000 | 0,000 |
| Tq aguas grises/negras | 0% | 235,741 | 0,000 | 157,160 | 0,000 | 35,044 | | | 0,000 | 0,000 |
| Tq derrames | 0% | 53,956 | 0,000 | 57,138 | 0,000 | 30,824 | | | 0,000 | 0,000 |
| Total consumos | | | 3271,839 | | | 32,225 | | | 0,000 | 19,138 |
| | | | | | | | | | | |
| Pertrechos | 1 | 100,000 | 100,000 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tripulación | 1 | 5,250 | 5,250 | | | 38,500 | 38,500 | 38,500 | 0,000 | 37,000 |
| Total pesos fijos | | | 105,250 | | | 38,215 | | | 0,000 | 37,000 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|----------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Total Loadcase | | | 187182,756 | 454257,617 | 134316,328 | 155,063 | | | 0,000 | 12,031 |



| Name | Long. Pos. m | Mass t/m | Buoyancy t/m | Grounding t/m | Damage/NBV t/m | Net Load t/m | Shear x10 ³ tonne | Moment x10 ³ tonne.m |
|-------|-----------------|-------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| -1/4 | -7,637 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0,000 | 324,247 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 324,247 | 1,602 | 5,246 |
| 1/4 | 7,637 | 567,229 | -97,327 | 0,000 | 0,000 | 469,901 | 4,629 | 28,570 |
| 1/2 | 15,275 | 249,420 | -220,990 | 0,000 | 0,000 | 28,430 | 6,895 | 75,767 |
| 3/4 | 22,913 | 213,778 | -340,344 | 0,000 | 0,000 | -126,565 | 6,242 | 126,468 |
| 1 | 30,550 | 186,149 | -437,469 | 0,000 | 0,000 | -251,320 | 4,736 | 168,924 |
| 1 1/2 | 45,825 | 1718,663 | -579,890 | 0,000 | 0,000 | 1138,773 | 6,059 | 238,048 |
| 2 | 61,100 | 872,474 | -680,866 | 0,000 | 0,000 | 191,608 | 12,266 | 396,189 |
| 2 1/2 | 76,375 | 765,035 | -736,252 | 0,000 | 0,000 | 28,783 | 13,969 | 599,792 |
| 3 | 91,650 | 620,353 | -760,039 | 0,000 | 0,000 | -139,686 | 13,137 | 809,915 |
| 3 1/2 | 106,925 | 547,529 | -764,899 | 0,000 | 0,000 | -217,371 | 10,038 | 987,937 |
| 4 | 122,200 | 556,867 | -762,251 | 0,000 | 0,000 | -205,383 | 6,811 | 1116,309 |
| 4 1/2 | 137,475 | 559,422 | -754,320 | 0,000 | 0,000 | -194,898 | 3,751 | 1197,096 |
| 5 | 152,750 | 560,878 | -745,086 | 0,000 | 0,000 | -184,209 | 0,856 | 1232,270 |
| 6 | 183,300 | 560,886 | -724,430 | 0,000 | 0,000 | -163,544 | -4,451 | 1175,193 |
| 7 | 213,850 | 540,859 | -703,261 | 0,000 | 0,000 | -162,402 | -9,404 | 964,663 |
| 7 1/2 | 229,125 | 538,323 | -690,867 | 0,000 | 0,000 | -152,543 | -11,809 | 802,309 |
| 8 | 244,400 | 524,806 | -670,380 | 0,000 | 0,000 | -145,575 | -14,090 | 604,459 |
| 8 1/2 | 259,675 | 692,589 | -632,074 | 0,000 | 0,000 | 60,515 | -15,139 | 376,956 |
| 9 | 274,950 | 856,821 | -553,794 | 0,000 | 0,000 | 303,027 | -12,198 | 163,804 |
| 9 1/4 | 282,587 | 1171,375 | -464,060 | 0,000 | 0,000 | 707,315 | -9,458 | 79,644 |
| 9 1/2 | 290,225 | 872,621 | -334,833 | 0,000 | 0,000 | 537,788 | -4,753 | 27,105 |
| 9 3/4 | 297,862 | 534,656 | -193,242 | 0,000 | 0,000 | 341,414 | -1,399 | 3,755 |
| 10 | 305,500 | 0,140 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,140 | 0,000 | -0,004 |

| Key point | Type | Freeboard m |
|--|--------------------|----------------|
| Margin Line (freeboard pos = -7,637 m) | | 14,531 |
| Deck Edge (freeboard pos = -7,637 m) | | 14,607 |
| PIP STBD | Downflooding point | 17,11 |
| PIP PORT | Downflooding point | 17,11 |

Longitudinal Strength Calculation - Petrolero 300000TPM

Stability 20.00.04.9, build: 9

Model file: C:\Users\Admin\Desktop\TFM\Maxurf\Petrolero 300000TPM (Medium precision, 66 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Condición3-LlegadaPlena carga

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

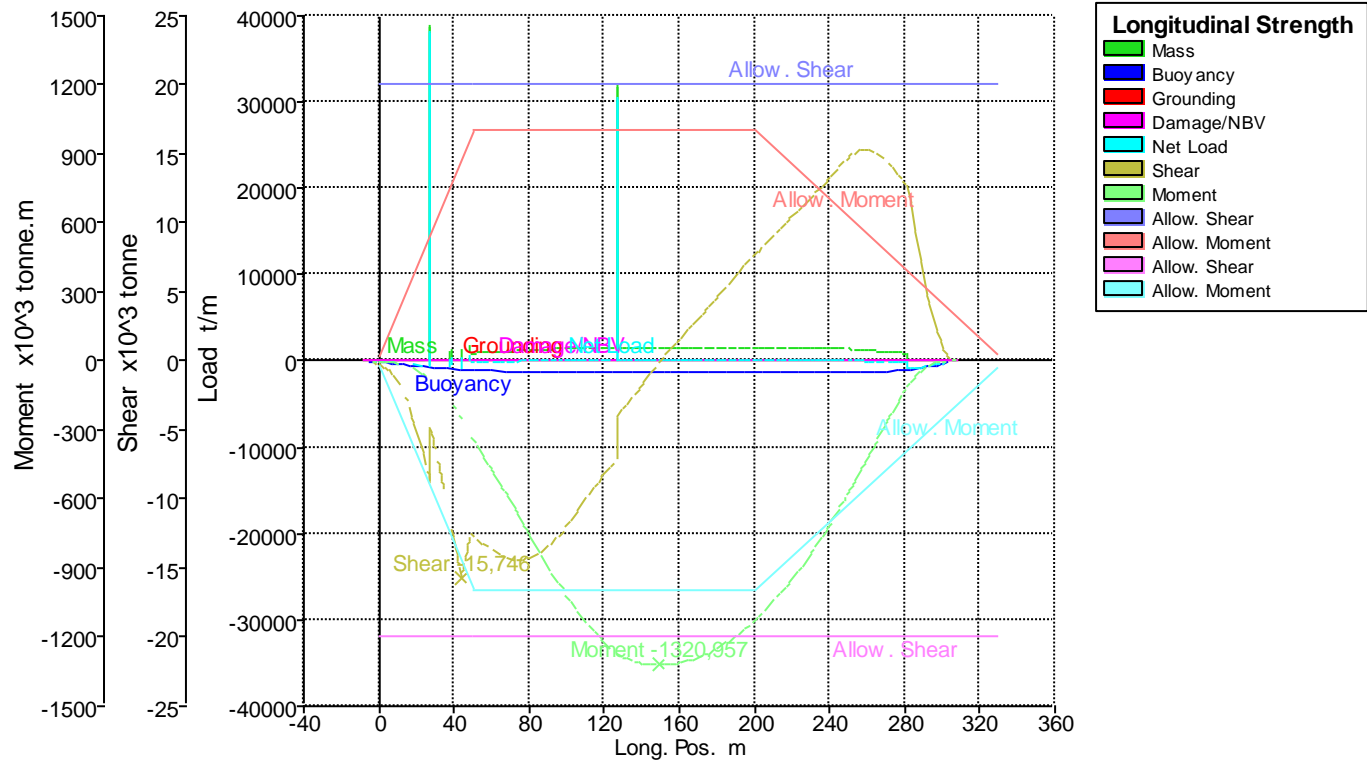
Fluid analysis method: Simulate fluid movement

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Rosca | 1 | 42789,321 | 42789,321 | | | 155,210 | | | 0,000 | 12,530 |
| Pesos de equipo y habilitación | 1 | 3034,130 | 3034,130 | | | 126,650 | 126,650 | 126,650 | 0,000 | 22,820 |
| Peso de la maquinaria | 1 | 3868,780 | 3868,780 | | | 27,310 | 27,310 | 27,310 | 0,000 | 13,600 |
| Total Rosca | | | 49692,231 | | | 143,509 | | | 0,000 | 13,242 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq Slop Er | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | 14,110 | 17,457 |
| Tq Slop Br | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | -14,110 | 17,457 |
| Total Slop | 100% | 7436,889 | 7436,889 | 7255,501 | 7255,501 | 46,217 | | | 0,000 | 17,457 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq 1 Er | 97% | 15139,129 | 14684,956 | 17042,811 | 16531,527 | 77,467 | | | 16,515 | 16,353 |
| Tq 1 Ctr | 97% | 21915,692 | 21258,223 | 24671,499 | 23931,356 | 73,740 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 1 Br | 97% | 15139,129 | 14684,956 | 17042,811 | 16531,527 | 77,467 | | | -16,515 | 16,353 |
| Tq 2 Er | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 123,740 | | | 19,000 | 16,353 |
| Tq 2 Ctr | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 123,740 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 2 Br | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 123,740 | | | -19,000 | 16,353 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq 3 Er | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 173,740 | | | 19,000 | 16,353 |
| Tq 3 Ctr | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 173,740 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 3 Br | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,357 | 173,740 | | | -19,000 | 16,353 |
| Tq 4 Er | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,356 | 223,740 | | | 19,000 | 16,353 |
| Tq 4 Ctr | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,356 | 223,740 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 4 Br | 97% | 21915,694 | 21258,224 | 24671,500 | 23931,356 | 223,740 | | | -19,000 | 16,353 |
| Tq 5 Er | 97% | 9991,830 | 9692,076 | 11248,261 | 10910,814 | 262,754 | | | 16,508 | 16,353 |
| Tq 5 Ctr | 97% | 14464,364 | 14030,433 | 16283,198 | 15794,701 | 265,217 | | | 0,000 | 16,353 |
| Tq 5 Br | 97% | 9991,830 | 9692,076 | 11248,261 | 10910,814 | 262,754 | | | -16,508 | 16,353 |
| Total Carga | 97% | 283883,217 | 275366,734 | 319580,346 | 309992,950 | 166,678 | | | 0,000 | 16,353 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq lastre ppp Er | 0% | 3032,821 | 0,000 | 2958,850 | 0,000 | 10,142 | | | 2,000 | 2,151 |
| Tq lastre ppp Br | 0% | 3032,821 | 0,000 | 2958,850 | 0,000 | 10,142 | | | -2,000 | 2,151 |
| Tq lastre 1 Er | 0% | 14758,555 | 0,000 | 14398,591 | 0,000 | 98,416 | | | 0,134 | 0,000 |
| Tq lastre 1 Br | 0% | 14758,555 | 0,000 | 14398,591 | 0,000 | 98,416 | | | -0,134 | 0,000 |
| Tq lastre 2 Er | 0% | 9256,684 | 0,000 | 9030,911 | 0,000 | 148,416 | | | 5,207 | 0,000 |
| Tq lastre 2 Br | 0% | 9256,684 | 0,000 | 9030,911 | 0,000 | 148,416 | | | -5,207 | 0,000 |
| Tq lastre 3 Er | 0% | 9449,566 | 0,000 | 9219,088 | 0,000 | 198,416 | | | 6,757 | 0,000 |
| Tq lastre 3 Br | 0% | 9449,566 | 0,000 | 9219,088 | 0,000 | 198,416 | | | -6,757 | 0,000 |
| Tq lastre 4 Er | 0% | 9347,103 | 0,000 | 9119,125 | 0,000 | 248,416 | | | 0,499 | 0,000 |
| Tq lastre 4 Br | 0% | 9347,103 | 0,000 | 9119,125 | 0,000 | 248,416 | | | -0,499 | 0,000 |
| Tq lastre 5 Er | 0% | 9764,196 | 0,000 | 9526,045 | 0,000 | 281,513 | | | 0,014 | 0,000 |
| Tq lastre 5 Br | 0% | 9764,196 | 0,000 | 9526,045 | 0,000 | 281,513 | | | -0,014 | 0,000 |
| Tq lastre ppr Er | 0% | 7481,541 | 0,000 | 7299,064 | 0,000 | 296,912 | | | 0,000 | 0,000 |
| Tq lastre ppr Br | 0% | 7481,541 | 0,000 | 7299,064 | 0,000 | 296,912 | | | 0,000 | 0,000 |
| Tq lastre CM. Er | 0% | 247,807 | 0,000 | 241,763 | 0,000 | 25,120 | | | 0,001 | 0,000 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m^3 | Total Volume m^3 | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq lastre CM. Br | 0% | 247,807 | 0,000 | 241,763 | 0,000 | 25,120 | | | -0,001 | 0,000 |
| Total Lastre | 0% | 126676,547 | 0,000 | 123586,875 | 0,000 | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | | | | | |
| Viveres | 1 | 0,333 | 0,333 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tq a. tecn. Er | 10% | 312,375 | 31,238 | 312,375 | 31,238 | 36,832 | | | 5,000 | 21,925 |
| Tq a. tecn. Br | 10% | 312,375 | 31,238 | 312,375 | 31,238 | 36,832 | | | -5,000 | 21,925 |
| T. ad. Er | 10% | 99,960 | 9,996 | 99,960 | 9,996 | 37,702 | | | 14,500 | 21,925 |
| T. ad. Br | 10% | 99,960 | 9,996 | 99,960 | 9,996 | 37,702 | | | -14,500 | 21,925 |
| FO almc Er | 0% | 774,572 | 0,000 | 820,260 | 0,000 | 38,666 | | | 7,750 | 12,500 |
| FO almc Br | 0% | 774,572 | 0,000 | 820,260 | 0,000 | 38,666 | | | -7,750 | 12,500 |
| FO sed. Er | 15% | 104,942 | 15,741 | 111,132 | 16,670 | 36,605 | | | 17,000 | 13,175 |
| FO sed. Br | 15% | 104,942 | 15,741 | 111,132 | 16,670 | 36,605 | | | -17,000 | 13,175 |
| FO ud Er | 98% | 79,956 | 78,357 | 84,672 | 82,979 | 37,100 | | | 20,000 | 16,910 |
| FO ud Br | 98% | 79,956 | 78,357 | 84,672 | 82,979 | 37,100 | | | -20,000 | 16,910 |
| DO Er | 10% | 222,264 | 22,226 | 264,600 | 26,460 | 13,711 | | | 3,000 | 12,950 |
| DO Br | 10% | 222,264 | 22,226 | 264,600 | 26,460 | 13,711 | | | -3,000 | 12,950 |
| Aceite Er | 10% | 73,030 | 7,303 | 79,380 | 7,938 | 12,704 | | | 9,000 | 12,950 |
| Aceite Br | 10% | 73,030 | 7,303 | 79,380 | 7,938 | 12,704 | | | -9,000 | 12,950 |
| Tq lodos | 100% | 75,838 | 75,838 | 75,838 | 75,838 | 28,003 | | | 0,000 | 1,773 |
| Tq aguas grises/negras | 100% | 235,741 | 235,741 | 157,160 | 157,160 | 38,853 | | | 0,000 | 1,764 |
| Tq derrames | 98% | 53,956 | 52,876 | 57,138 | 55,995 | 32,903 | | | 0,000 | 1,730 |
| Total consumos | | | 694,509 | | | 34,343 | | | 0,000 | 9,059 |
| | | | | | | | | | | |
| Pertrechos | 1 | 100,000 | 100,000 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tripulación | 1 | 5,250 | 5,250 | | | 38,500 | 38,500 | 38,500 | 0,000 | 37,000 |
| Total pesos fijos | | | 105,250 | | | 38,215 | | | 0,000 | 37,000 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|----------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Total Loadcase | | | 333295,613 | 454257,617 | 317888,005 | 160,220 | | | 0,000 | 15,905 |



| Key point | Type | Freeboard m |
|---|--------------------|----------------|
| Margin Line (freeboard pos = 223,669 m) | | 7,814 |
| Deck Edge (freeboard pos = 223,669 m) | | 7,89 |
| PIP STBD | Downflooding point | 10,699 |
| PIP PORT | Downflooding point | 10,699 |

Longitudinal Strength Calculation - Petrolero 300000TPM

Stability 20.00.04.9, build: 9

Model file: C:\Users\Admin\Desktop\TFM\Maxurf\Petrolero 300000TPM (Medium precision, 66 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Condición4-Llegada en lastre

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

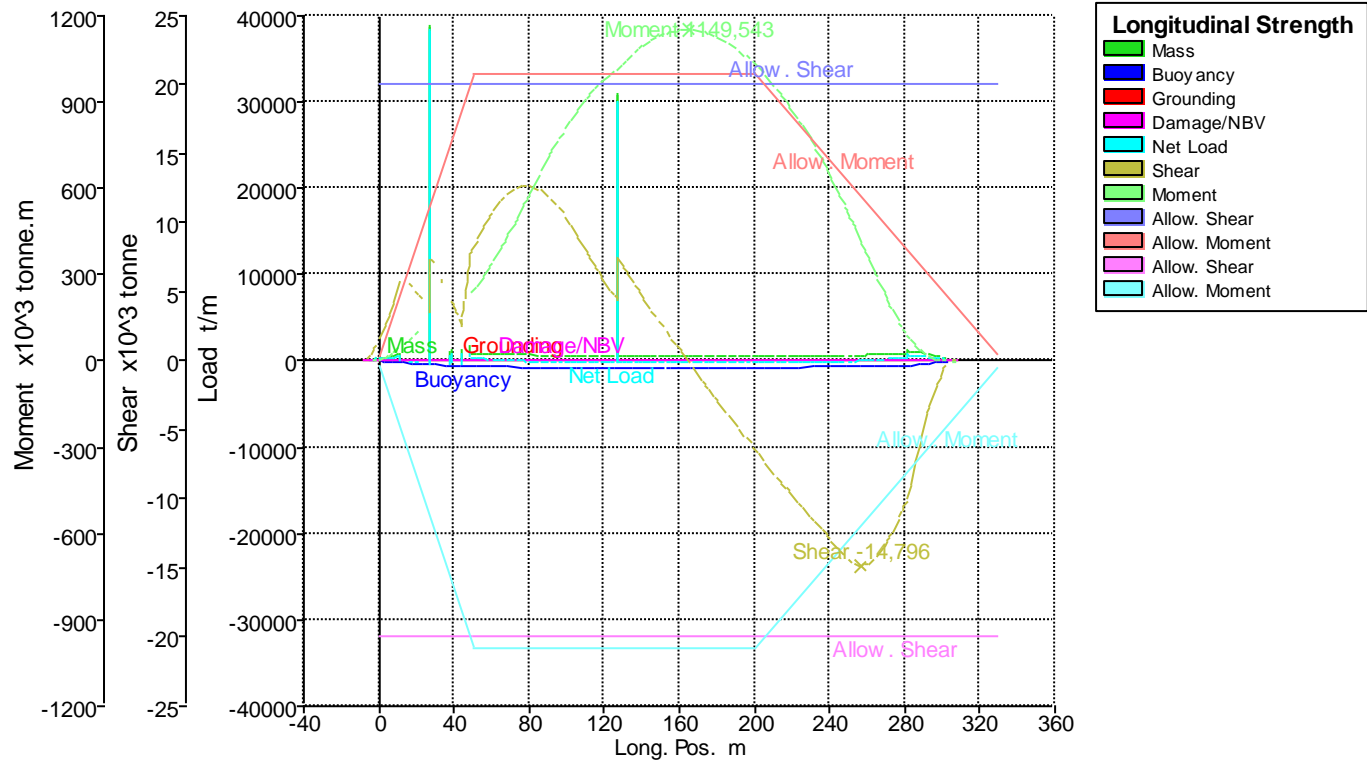
Fluid analysis method: Simulate fluid movement

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Rosca | 1 | 42789,321 | 42789,321 | | | 155,210 | | | 0,000 | 12,530 |
| Pesos de equipo y habilitación | 1 | 3034,130 | 3034,130 | | | 126,650 | 126,650 | 126,650 | 0,000 | 22,820 |
| Peso de la maquinaria | 1 | 3868,780 | 3868,780 | | | 27,310 | 27,310 | 27,310 | 0,000 | 13,600 |
| Total Rosca | | | 49692,231 | | | 143,509 | | | 0,000 | 13,242 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq Slop Er | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | 14,110 | 17,457 |
| Tq Slop Br | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | -14,110 | 17,457 |
| Total Slop | 100% | 7436,889 | 7436,889 | 7255,501 | 7255,501 | 46,217 | | | 0,000 | 17,457 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq 1 Er | 0% | 15139,129 | 0,000 | 17042,811 | 0,000 | 48,984 | | | 13,125 | 3,500 |
| Tq 1 Ctr | 0% | 21915,692 | 0,000 | 24671,499 | 0,000 | 48,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 1 Br | 0% | 15139,129 | 0,000 | 17042,811 | 0,000 | 48,984 | | | -13,125 | 3,500 |
| Tq 2 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 2 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 2 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | -19,000 | 3,500 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq 3 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 3 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 3 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | -19,000 | 3,500 |
| Tq 4 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 4 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 4 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | -19,000 | 3,500 |
| Tq 5 Er | 0% | 9991,830 | 0,000 | 11248,261 | 0,000 | 248,887 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 5 Ctr | 0% | 14464,364 | 0,000 | 16283,198 | 0,000 | 248,887 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 5 Br | 0% | 9991,830 | 0,000 | 11248,261 | 0,000 | 248,887 | | | -19,000 | 3,500 |
| Total Carga | 0% | 283883,217 | 0,000 | 319580,346 | 0,000 | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq lastre ppp Er | 100% | 3032,821 | 3032,821 | 2958,850 | 2958,850 | 4,164 | | | 8,206 | 21,607 |
| Tq lastre ppp Br | 100% | 3032,821 | 3032,821 | 2958,850 | 2958,850 | 4,164 | | | -8,206 | 21,607 |
| Tq lastre 1 Er | 100% | 14758,555 | 14758,555 | 14398,591 | 14398,591 | 70,878 | | | 22,133 | 13,055 |
| Tq lastre 1 Br | 100% | 14758,555 | 14758,555 | 14398,591 | 14398,591 | 70,878 | | | -22,133 | 13,055 |
| Tq lastre 2 Er | 100% | 9256,684 | 9256,684 | 9030,911 | 9030,911 | 123,917 | | | 21,479 | 8,227 |
| Tq lastre 2 Br | 100% | 9256,684 | 9256,684 | 9030,911 | 9030,911 | 123,917 | | | -21,479 | 8,227 |
| Tq lastre 3 Er | 100% | 9449,566 | 9449,566 | 9219,088 | 9219,088 | 173,721 | | | 21,643 | 8,098 |
| Tq lastre 3 Br | 100% | 9449,566 | 9449,566 | 9219,088 | 9219,088 | 173,721 | | | -21,643 | 8,098 |
| Tq lastre 4 Er | 100% | 9347,103 | 9347,103 | 9119,125 | 9119,125 | 223,505 | | | 21,543 | 8,115 |
| Tq lastre 4 Br | 100% | 9347,103 | 9347,103 | 9119,125 | 9119,125 | 223,505 | | | -21,543 | 8,115 |
| Tq lastre 5 Er | 100% | 9764,196 | 9764,196 | 9526,045 | 9526,045 | 266,953 | | | 21,917 | 12,647 |
| Tq lastre 5 Br | 100% | 9764,196 | 9764,196 | 9526,045 | 9526,045 | 266,953 | | | -21,917 | 12,647 |
| Tq lastre ppr Er | 100% | 7481,541 | 7481,541 | 7299,064 | 7299,064 | 290,368 | | | 8,958 | 11,777 |
| Tq lastre ppr Br | 100% | 7481,541 | 7481,541 | 7299,064 | 7299,064 | 290,368 | | | -8,958 | 11,777 |
| Tq lastre CM. Er | 100% | 247,807 | 247,807 | 241,763 | 241,763 | 19,776 | | | 3,341 | 2,145 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m^3 | Total Volume m^3 | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq lastre CM. Br | 100% | 247,807 | 247,807 | 241,763 | 241,763 | 19,776 | | | -3,341 | 2,145 |
| Total Lastre | 100% | 126676,547 | 126676,547 | 123586,875 | 123586,875 | 169,255 | | | 0,000 | 11,034 |
| | | | | | | | | | | |
| Viveres | 1 | 0,333 | 0,333 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tq a. tecn. Er | 10% | 312,375 | 31,238 | 312,375 | 31,238 | 36,814 | | | 5,000 | 21,925 |
| Tq a. tecn. Br | 10% | 312,375 | 31,238 | 312,375 | 31,238 | 36,814 | | | -5,000 | 21,925 |
| T. ad. Er | 10% | 99,960 | 9,996 | 99,960 | 9,996 | 37,697 | | | 14,500 | 21,925 |
| T. ad. Br | 10% | 99,960 | 9,996 | 99,960 | 9,996 | 37,697 | | | -14,500 | 21,925 |
| FO almc Er | 0% | 774,572 | 0,000 | 820,260 | 0,000 | 32,734 | | | 7,750 | 12,500 |
| FO almc Br | 0% | 774,572 | 0,000 | 820,260 | 0,000 | 32,734 | | | -7,750 | 12,500 |
| FO sed. Er | 15% | 104,942 | 15,741 | 111,132 | 16,670 | 36,591 | | | 17,000 | 13,175 |
| FO sed. Br | 15% | 104,942 | 15,741 | 111,132 | 16,670 | 36,591 | | | -17,000 | 13,175 |
| FO ud Er | 98% | 79,956 | 78,357 | 84,672 | 82,979 | 37,099 | | | 20,000 | 16,910 |
| FO ud Br | 98% | 79,956 | 78,357 | 84,672 | 82,979 | 37,099 | | | -20,000 | 16,910 |
| DO Er | 10% | 222,264 | 22,226 | 264,600 | 26,460 | 13,682 | | | 3,000 | 12,950 |
| DO Br | 10% | 222,264 | 22,226 | 264,600 | 26,460 | 13,682 | | | -3,000 | 12,950 |
| Aceite Er | 10% | 73,030 | 7,303 | 79,380 | 7,938 | 12,693 | | | 9,000 | 12,950 |
| Aceite Br | 10% | 73,030 | 7,303 | 79,380 | 7,938 | 12,693 | | | -9,000 | 12,950 |
| Tq lodos | 100% | 75,838 | 75,838 | 75,838 | 75,838 | 28,003 | | | 0,000 | 1,773 |
| Tq aguas grises/negras | 100% | 235,741 | 235,741 | 157,160 | 157,160 | 38,853 | | | 0,000 | 1,764 |
| Tq derrames | 98% | 53,956 | 52,876 | 57,138 | 55,995 | 32,898 | | | 0,000 | 1,730 |
| Total consumos | | | 694,509 | | | 34,338 | | | 0,000 | 9,059 |
| | | | | | | | | | | |
| Pertrechos | 1 | 100,000 | 100,000 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tripulación | 1 | 5,250 | 5,250 | | | 38,500 | 38,500 | 38,500 | 0,000 | 37,000 |
| Total pesos fijos | | | 105,250 | | | 38,215 | | | 0,000 | 37,000 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|----------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Total Loadcase | | | 184605,426 | 454257,617 | 131481,930 | 156,786 | | | 0,000 | 11,894 |



| Name | Long. Pos. m | Mass t/m | Buoyancy t/m | Grounding t/m | Damage/NBV t/m | Net Load t/m | Shear x10 ³ tonne | Moment x10 ³ tonne.m |
|-------|-----------------|-------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| -1/4 | -7,637 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0,000 | 276,077 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 276,077 | 1,508 | 5,153 |
| 1/4 | 7,637 | 510,711 | -87,320 | 0,000 | 0,000 | 423,391 | 4,178 | 26,367 |
| 1/2 | 15,275 | 106,366 | -205,026 | 0,000 | 0,000 | -98,660 | 5,633 | 67,777 |
| 3/4 | 22,913 | 140,567 | -320,014 | 0,000 | 0,000 | -179,447 | 4,521 | 106,859 |
| 1 | 30,550 | 118,174 | -413,997 | 0,000 | 0,000 | -295,824 | 6,536 | 147,479 |
| 1 1/2 | 45,825 | 1620,411 | -553,069 | 0,000 | 0,000 | 1067,342 | 4,741 | 215,778 |
| 2 | 61,100 | 847,739 | -653,973 | 0,000 | 0,000 | 193,766 | 10,915 | 351,390 |
| 2 1/2 | 76,375 | 740,979 | -711,367 | 0,000 | 0,000 | 29,612 | 12,642 | 534,556 |
| 3 | 91,650 | 596,976 | -737,858 | 0,000 | 0,000 | -140,881 | 11,808 | 724,425 |
| 3 1/2 | 106,925 | 524,831 | -745,597 | 0,000 | 0,000 | -220,767 | 8,674 | 881,907 |
| 4 | 122,200 | 534,848 | -745,906 | 0,000 | 0,000 | -211,057 | 5,377 | 988,945 |
| 4 1/2 | 137,475 | 538,082 | -740,950 | 0,000 | 0,000 | -202,869 | 5,247 | 1079,929 |
| 5 | 152,750 | 540,216 | -734,700 | 0,000 | 0,000 | -194,484 | 2,213 | 1136,947 |
| 6 | 183,300 | 541,583 | -720,021 | 0,000 | 0,000 | -178,438 | -3,478 | 1115,756 |
| 7 | 213,850 | 540,859 | -704,823 | 0,000 | 0,000 | -163,963 | -8,703 | 929,082 |
| 7 1/2 | 229,125 | 538,323 | -695,410 | 0,000 | 0,000 | -157,087 | -11,156 | 777,105 |
| 8 | 244,400 | 524,806 | -677,859 | 0,000 | 0,000 | -153,053 | -13,528 | 588,584 |
| 8 1/2 | 259,675 | 692,589 | -642,285 | 0,000 | 0,000 | 50,305 | -14,713 | 368,678 |
| 9 | 274,950 | 856,821 | -565,670 | 0,000 | 0,000 | 291,151 | -11,943 | 160,738 |
| 9 1/4 | 282,587 | 1171,375 | -475,211 | 0,000 | 0,000 | 696,164 | -9,292 | 78,193 |
| 9 1/2 | 290,225 | 872,621 | -344,076 | 0,000 | 0,000 | 528,545 | -4,666 | 26,606 |
| 9 3/4 | 297,862 | 534,656 | -199,522 | 0,000 | 0,000 | 335,134 | -1,372 | 3,685 |
| 10 | 305,500 | 0,140 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,140 | 0,000 | -0,003 |

| Key point | Type | Freeboard m |
|--|--------------------|----------------|
| Margin Line (freeboard pos = 12,715 m) | | 15,165 |
| Deck Edge (freeboard pos = 12,715 m) | | 15,241 |
| PIP STBD | Downflooding point | 17,618 |
| PIP PORT | Downflooding point | 17,618 |

Longitudinal Strength Calculation - Petrolero 300000TPM

Stability 20.00.04.9, build: 9

Model file: C:\Users\Admin\Desktop\TFM\Maxurf\Petrolero 300000TPM (Medium precision, 66 sections, Trimming off, Skin thickness not applied). Long. datum: AP; Vert. datum: Baseline. Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Condición5-MARPOL

Damage Case - Intact

Free to Trim

Specific gravity = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

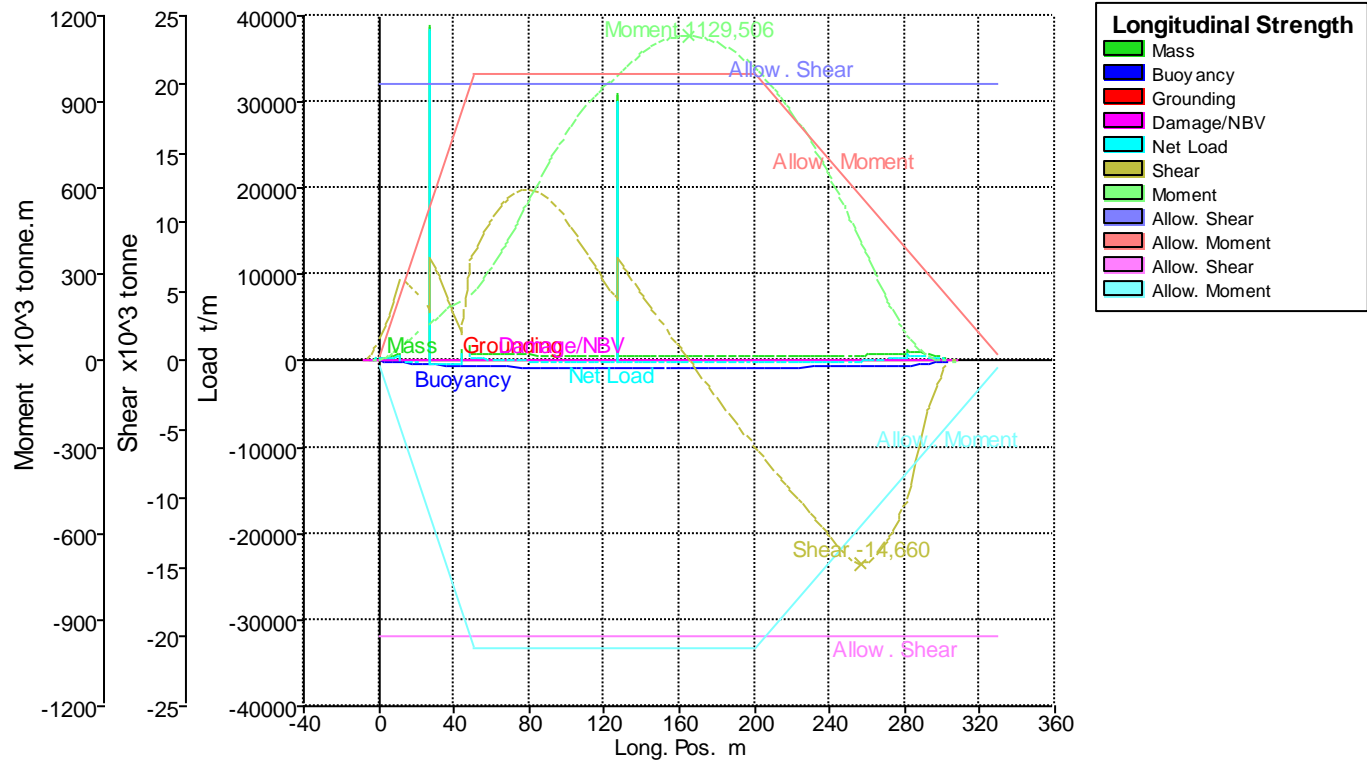
Fluid analysis method: Simulate fluid movement

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|--------------------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Rosca | 1 | 42789,321 | 42789,321 | | | 155,210 | | | 0,000 | 12,530 |
| Pesos de equipo y habilitación | 1 | 3034,130 | 3034,130 | | | 126,650 | 126,650 | 126,650 | 0,000 | 22,820 |
| Peso de la maquinaria | 1 | 3868,780 | 3868,780 | | | 27,310 | 27,310 | 27,310 | 0,000 | 13,600 |
| Total Rosca | | | 49692,231 | | | 143,509 | | | 0,000 | 13,242 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq Slop Er | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | 14,110 | 17,457 |
| Tq Slop Br | 100% | 3718,444 | 3718,444 | 3627,751 | 3627,751 | 46,217 | | | -14,110 | 17,457 |
| Total Slop | 100% | 7436,889 | 7436,889 | 7255,501 | 7255,501 | 46,217 | | | 0,000 | 17,457 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq 1 Er | 0% | 15139,129 | 0,000 | 17042,811 | 0,000 | 48,984 | | | 13,125 | 3,500 |
| Tq 1 Ctr | 0% | 21915,692 | 0,000 | 24671,499 | 0,000 | 48,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 1 Br | 0% | 15139,129 | 0,000 | 17042,811 | 0,000 | 48,984 | | | -13,125 | 3,500 |
| Tq 2 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 2 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 2 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 98,984 | | | -19,000 | 3,500 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq 3 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 3 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 3 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 148,984 | | | -19,000 | 3,500 |
| Tq 4 Er | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 4 Ctr | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 4 Br | 0% | 21915,694 | 0,000 | 24671,500 | 0,000 | 198,984 | | | -19,000 | 3,500 |
| Tq 5 Er | 0% | 9991,830 | 0,000 | 11248,261 | 0,000 | 248,887 | | | 19,000 | 3,500 |
| Tq 5 Ctr | 0% | 14464,364 | 0,000 | 16283,198 | 0,000 | 248,887 | | | 0,000 | 3,500 |
| Tq 5 Br | 0% | 9991,830 | 0,000 | 11248,261 | 0,000 | 248,887 | | | -19,000 | 3,500 |
| Total Carga | 0% | 283883,217 | 0,000 | 319580,346 | 0,000 | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | | | | | |
| Tq lastre ppp Er | 100% | 3032,821 | 3032,821 | 2958,850 | 2958,850 | 4,164 | | | 8,206 | 21,607 |
| Tq lastre ppp Br | 100% | 3032,821 | 3032,821 | 2958,850 | 2958,850 | 4,164 | | | -8,206 | 21,607 |
| Tq lastre 1 Er | 100% | 14758,555 | 14758,555 | 14398,591 | 14398,591 | 70,878 | | | 22,133 | 13,055 |
| Tq lastre 1 Br | 100% | 14758,555 | 14758,555 | 14398,591 | 14398,591 | 70,878 | | | -22,133 | 13,055 |
| Tq lastre 2 Er | 100% | 9256,684 | 9256,684 | 9030,911 | 9030,911 | 123,917 | | | 21,479 | 8,227 |
| Tq lastre 2 Br | 100% | 9256,684 | 9256,684 | 9030,911 | 9030,911 | 123,917 | | | -21,479 | 8,227 |
| Tq lastre 3 Er | 100% | 9449,566 | 9449,566 | 9219,088 | 9219,088 | 173,721 | | | 21,643 | 8,098 |
| Tq lastre 3 Br | 100% | 9449,566 | 9449,566 | 9219,088 | 9219,088 | 173,721 | | | -21,643 | 8,098 |
| Tq lastre 4 Er | 100% | 9347,103 | 9347,103 | 9119,125 | 9119,125 | 223,505 | | | 21,543 | 8,115 |
| Tq lastre 4 Br | 100% | 9347,103 | 9347,103 | 9119,125 | 9119,125 | 223,505 | | | -21,543 | 8,115 |
| Tq lastre 5 Er | 100% | 9764,196 | 9764,196 | 9526,045 | 9526,045 | 266,953 | | | 21,917 | 12,647 |
| Tq lastre 5 Br | 100% | 9764,196 | 9764,196 | 9526,045 | 9526,045 | 266,953 | | | -21,917 | 12,647 |
| Tq lastre ppr Er | 100% | 7481,541 | 7481,541 | 7299,064 | 7299,064 | 290,368 | | | 8,958 | 11,777 |
| Tq lastre ppr Br | 100% | 7481,541 | 7481,541 | 7299,064 | 7299,064 | 290,368 | | | -8,958 | 11,777 |
| Tq lastre CM. Er | 100% | 247,807 | 247,807 | 241,763 | 241,763 | 19,776 | | | 3,341 | 2,145 |

| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m^3 | Total Volume m^3 | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|------------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Tq lastre CM. Br | 100% | 247,807 | 247,807 | 241,763 | 241,763 | 19,776 | | | -3,341 | 2,145 |
| Total Lastre | 100% | 126676,547 | 126676,547 | 123586,875 | 123586,875 | 169,255 | | | 0,000 | 11,034 |
| | | | | | | | | | | |
| Viveres | 0 | 3,325 | 0,000 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tq a. tecn. Er | 0% | 312,375 | 0,000 | 312,375 | 0,000 | 34,971 | | | 5,000 | 21,500 |
| Tq a. tecn. Br | 0% | 312,375 | 0,000 | 312,375 | 0,000 | 34,971 | | | -5,000 | 21,500 |
| T. ad. Er | 0% | 99,960 | 0,000 | 99,960 | 0,000 | 36,711 | | | 14,500 | 21,500 |
| T. ad. Br | 0% | 99,960 | 0,000 | 99,960 | 0,000 | 36,711 | | | -14,500 | 21,500 |
| FO almc Er | 0% | 774,572 | 0,000 | 820,260 | 0,000 | 32,734 | | | 7,750 | 12,500 |
| FO almc Br | 0% | 774,572 | 0,000 | 820,260 | 0,000 | 32,734 | | | -7,750 | 12,500 |
| FO sed. Er | 0% | 104,942 | 0,000 | 111,132 | 0,000 | 34,524 | | | 17,000 | 12,500 |
| FO sed. Br | 0% | 104,942 | 0,000 | 111,132 | 0,000 | 34,524 | | | -17,000 | 12,500 |
| FO ud Er | 0% | 79,956 | 0,000 | 84,672 | 0,000 | 35,518 | | | 20,000 | 12,500 |
| FO ud Br | 0% | 79,956 | 0,000 | 84,672 | 0,000 | 35,518 | | | -20,000 | 12,500 |
| DO Er | 0% | 222,264 | 0,000 | 264,600 | 0,000 | 11,228 | | | 3,000 | 12,500 |
| DO Br | 0% | 222,264 | 0,000 | 264,600 | 0,000 | 11,228 | | | -3,000 | 12,500 |
| Aceite Er | 0% | 73,030 | 0,000 | 79,380 | 0,000 | 11,217 | | | 9,000 | 12,500 |
| Aceite Br | 0% | 73,030 | 0,000 | 79,380 | 0,000 | 11,217 | | | -9,000 | 12,500 |
| Tq lodos | 0% | 75,838 | 0,000 | 75,838 | 0,000 | 25,232 | | | 0,000 | 0,000 |
| Tq aguas grises/negras | 0% | 235,741 | 0,000 | 157,160 | 0,000 | 35,044 | | | 0,000 | 0,000 |
| Tq derrames | 0% | 53,956 | 0,000 | 57,138 | 0,000 | 30,824 | | | 0,000 | 0,000 |
| Total consumos | | | 0,000 | | | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |
| | | | | | | | | | | |
| Pertrechos | 0 | 100,000 | 0,000 | | | 38,200 | 38,200 | 38,200 | 0,000 | 37,000 |
| Tripulación | 0 | 5,250 | 0,000 | | | 38,500 | 38,500 | 38,500 | 0,000 | 37,000 |
| Total pesos fijos | | | 0,000 | | | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |

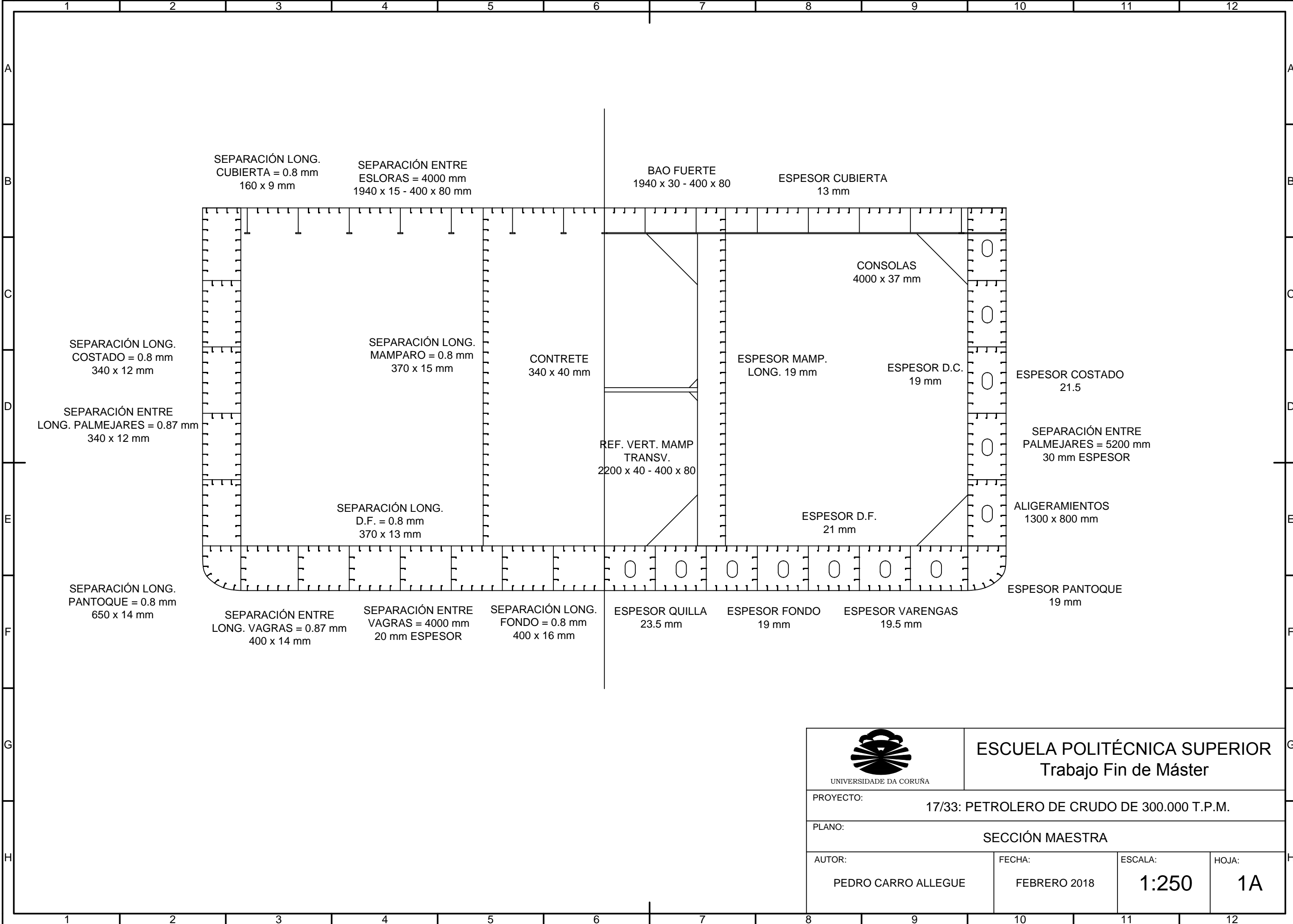
| Item Name | Quantity | Unit Mass tonne | Total Mass tonne | Unit Volume m ³ | Total Volume m ³ | Long. Arm m | Aft. Limit m | Fwd. Limit m | Trans. Arm m | Vert. Arm m |
|----------------|----------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Total Loadcase | | | 183805,667 | 454257,617 | 130842,376 | 157,316 | | | 0,000 | 11,891 |



| Name | Long. Pos. m | Mass t/m | Buoyancy t/m | Grounding t/m | Damage/NBV t/m | Net Load t/m | Shear x10 ³ tonne | Moment x10 ³ tonne.m |
|-------|-----------------|-------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| -1/4 | -7,637 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 0 | 0,000 | 276,077 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 276,077 | 1,508 | 5,158 |
| 1/4 | 7,637 | 510,711 | -84,382 | 0,000 | 0,000 | 426,329 | 4,191 | 26,412 |
| 1/2 | 15,275 | 97,599 | -200,232 | 0,000 | 0,000 | -102,632 | 5,621 | 67,880 |
| 3/4 | 22,913 | 140,567 | -313,860 | 0,000 | 0,000 | -173,292 | 4,547 | 107,026 |
| 1 | 30,550 | 104,591 | -406,869 | 0,000 | 0,000 | -302,277 | 6,536 | 147,714 |
| 1 1/2 | 45,825 | 1620,411 | -544,883 | 0,000 | 0,000 | 1075,527 | 4,195 | 211,332 |
| 2 | 61,100 | 847,739 | -645,736 | 0,000 | 0,000 | 202,003 | 10,496 | 339,578 |
| 2 1/2 | 76,375 | 740,979 | -703,731 | 0,000 | 0,000 | 37,248 | 12,345 | 517,298 |
| 3 | 91,650 | 596,976 | -731,043 | 0,000 | 0,000 | -134,067 | 11,621 | 703,476 |
| 3 1/2 | 106,925 | 524,831 | -739,659 | 0,000 | 0,000 | -214,828 | 8,584 | 858,879 |
| 4 | 122,200 | 534,848 | -740,865 | 0,000 | 0,000 | -206,017 | 5,371 | 965,213 |
| 4 1/2 | 137,475 | 538,082 | -736,814 | 0,000 | 0,000 | -198,732 | 5,311 | 1056,660 |
| 5 | 152,750 | 540,216 | -731,469 | 0,000 | 0,000 | -191,253 | 2,334 | 1115,111 |
| 6 | 183,300 | 541,583 | -718,604 | 0,000 | 0,000 | -177,022 | -3,287 | 1098,848 |
| 7 | 213,850 | 540,859 | -705,219 | 0,000 | 0,000 | -164,359 | -8,497 | 918,414 |
| 7 1/2 | 229,125 | 538,323 | -696,711 | 0,000 | 0,000 | -158,387 | -10,962 | 769,523 |
| 8 | 244,400 | 524,806 | -680,052 | 0,000 | 0,000 | -155,247 | -13,361 | 583,789 |
| 8 1/2 | 259,675 | 692,589 | -645,311 | 0,000 | 0,000 | 47,278 | -14,585 | 366,161 |
| 9 | 274,950 | 856,821 | -569,214 | 0,000 | 0,000 | 287,607 | -11,867 | 159,792 |
| 9 1/4 | 282,587 | 1171,375 | -478,549 | 0,000 | 0,000 | 692,826 | -9,242 | 77,737 |
| 9 1/2 | 290,225 | 872,621 | -346,849 | 0,000 | 0,000 | 525,772 | -4,639 | 26,441 |
| 9 3/4 | 297,862 | 534,656 | -201,409 | 0,000 | 0,000 | 333,248 | -1,364 | 3,655 |
| 10 | 305,500 | 0,140 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,140 | 0,000 | -0,005 |

| Key point | Type | Freeboard m |
|--|--------------------|----------------|
| Margin Line (freeboard pos = 12,715 m) | | 15,344 |
| Deck Edge (freeboard pos = 12,715 m) | | 15,42 |
| PIP STBD | Downflooding point | 17,774 |
| PIP PORT | Downflooding point | 17,774 |

ANEXO III:
SECCIÓN MAESTRA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Trabajo Fin de Máster

PROYECTO: 17/33: PETROLERO DE CRUDO DE 300.000 T.P.M.

PLANO: SECCIÓN MAESTRA

| | | | |
|-------------------------------|------------------------|------------------|-------------|
| AUTOR: PEDRO CARRO ALLEGUE | FECHA: FEBRERO 2018 | ESCALA: 1:250 | HOJA: 1A |
|-------------------------------|------------------------|------------------|-------------|