



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Ferry para navegación en Lago Ontario

15-05

CUADERNO 8: Cuaderna maestra.



Manuel Fraga Seoane



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

PROYECTO NÚMERO 15-05

TIPO DE BUQUE: FERRY PARA NAVEGACION EN LAGO ONTARIO CANADÁ.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS, USCG, SOLAS, MARPOL. ZONA ECA, ICE CLASS (LOW LEVEL).

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 399 PAX EN ASIENTOS, 6 TRAILERS Y 24 TURISMOS SIMULTÁNEAMENTE o 60 TURISMOS SOLO.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 13 NUDOS, 85% MCR, 10 % MM. SIETE DIAS DE OPERACIÓN. EL PERFIL DE LA NAVEGACION SERA DEFINIDO POR EL ALUMNO EN LA ZONA DE NAVEGACION PREVISTA EN EL LAGO ONTARIO A LA VISTA DE LAS CIUDADES DE CONEXION Y DE LOS BUQUES ALLI EXISTENTES.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: RAMPAS DE PROA Y POPA.

PROPULSIÓN: DUAL FUEL.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 399 PAX MAS 20 TRIPULANTES.

Ferrol, marzo de 2016

Índice

1.- INTRODUCCIÓN.....	5
2.- DIMENSIONES DE ESCANTILLONADO	6
2.1.- ESLORA	6
2.2.- MANGA.....	6
2.3.- PUNTAL	6
2.4.- CALADO.....	6
2.5.- COEFICIENTE DE BLOQUE.....	7
2.6.- CLARA DE CUADERNAS	7
2.7.- REBOSE.....	7
3.- CÁLCULOS DE ESCANTILLONADO	8
3.1.- DOBLE FONDO	8
3.1.1.- <i>Altura del doble fondo</i>	8
3.1.2.- <i>Chapa de doble fondo</i>	8
3.1.3.- <i>Chapa de fondo</i>	10
3.1.4.- <i>Vagra central</i>	11
3.1.5.- <i>Vagra lateral</i>	13
3.1.6.- <i>Varengas</i>	13
3.2.- ESTRUCTURA CUBIERTA PRINCIPAL	14
3.2.1- <i>Chapa de cubierta</i>	14
3.2.2.- <i>Baos de cubierta</i>	17
3.2.3.- <i>Esloras</i>	20
3.2.4.- <i>Puntales</i>	21
3.3.- ESTRUCTURA DE COSTADO	23
3.3.1.- <i>Chapa de costado</i>	23
3.3.2.- <i>Cuadernas</i>	24
3.3.4.- <i>Palmejares</i>	25
3.4.- MAMPAROS	26
3.4.1.- <i>Mamparo de colisión y sus refuerzos</i>	26
3.4.2.- <i>Otros mamparos estancos y sus refuerzos</i>	28
3.4.3. <i>Otros mamparos no estancos</i>	30
4.- ESCANTILLONADO POR HIELO	31
4.1.- SELECCIÓN DE LA CATEGORÍA DE HIELO	31
4.2.- DEFINICIÓN DEL CINTURÓN DE HIELO (ICE BELT) Y PRESIONES	32
4.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL CINTURÓN DE HIELO	39
4.3.1.- <i>Proa</i>	39
4.3.2.- <i>Zona central</i>	40
4.4.- SEPARACIÓN DE REFUERZOS EN EL CINTURÓN DE HIELO.....	40
4.5.- ESTRUCTURA DE CUBIERTA	41
4.6.- REFUERZOS DE COSTADO	42
4.6.1.- <i>Refuerzos transversales principales (cuadernas) e intermedios (cuadernas intermedias)</i>	42
4.6.3.- <i>Palmejar contra hielo</i>	44
4.7.- REFUERZOS DE CUBIERTA	45
5.- RESISTENCIA LONGITUDINAL	48
5.1.- DISTRIBUCIÓN DEL PESO EN ROSCA	48
5.2.- DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA	54
5.3.- RESISTENCIA LONGITUDINAL PARA CADA SITUACIÓN DE CARGA.....	55

5.3.1.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 1: Salida de puerto a plena carga, 100% de consumos	56
5.3.2.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 2: Llegada a puerto a plena carga, 100% de consumos	59
5.3.3.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 3: Salida de puerto 100% coches, 100% de consumos	62
5.3.4.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 4: Llegada a puerto 100% coches, 10% de consumos	65
5.3.5.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 5: Salida de puerto sin carga, 100% consumos	68
5.3.6.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 6: Llegada a puerto sin carga, 10% consumos	71
5.4.- ENVOLVENTES EN AGUAS TRANQUILAS	74
5.5.- ENVOLVENTES CON OLAS	75
5.6.- MÓDULO E INERCIA MÍNIMA DE LA CUADERNA MAESTRA.....	76
6. COMPROBACIÓN DEL MÓDULO Y LA INERCIA DE LA CUADERNA MAESTRA	78
7.- BIBLIOGRAFÍA.....	79

Anexo I. Cuaderna maestro

Anexo II. Sección a 15,25 metros desde el centro del buque

1.- Introducción

Este Cuaderno tiene como objetivo el cálculo de los elementos estructurales de la cuaderna maestra del buque proyecto. El reglamento a utilizar será el American Bureau of Shipping, más concretamente el que trata sobre *Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways* (1), que hace referencia a los barcos que navegan en aguas interiores. También se utilizará el reglamento *Steel Vessels Under 90 Meters in Length* (2) que se refiere a los barcos de menos 90 metros de eslora, para complementar al primero. Si es necesario también se recurrirá al reglamento genérico para barcos de acero *Steel Vessels* (3). Las dimensiones utilizadas serán las que se definan para el reglamento que trata sobre los barcos en los ríos y lagos. Si se requiere el uso de otro reglamento, se calcularán las dimensiones para cada apartado en el cual se necesite.

La estructura del buque proyecto será transversal. Se dispondrán cuadernas en los costados y baos en la cubierta de carga. En cuanto al reforzado longitudinal, se tendrá que tener en cuenta las esloras en la cubierta, palmejares en el costado y los mamparos que forman el doble casco. En cuanto al doble fondo, constará de vagras y varengas.

Para comenzar, se definirán las dimensiones de escantillonado. A continuación, se calcularán los módulos resistentes mínimos y espesores de chapas. También se dimensionarán los mamparos estancos del buque. Una vez que se haya dimensionado todo, se escogerán los elementos que se situarán en el buque. Para finalizar, se comprobará que la cuaderna maestra tiene un módulo mayor que el mínimo necesario y también se hará lo propio con la resistencia longitudinal.

Cabe destacar que se utiliza el catálogo de TATA (4) de llantas bulbo para el dimensionamiento de refuerzos. Todos se dimensionarán como llantas bulbo para simplicidad en el cálculo. En la cuaderna maestra se dibujan los refuerzos primarios como T.

La sección escogida para la cuaderna maestra es la sección media del buque. En esta sección se tiene un doble fondo con el límite de un tanque de aguas negras y la cámara de máquinas por encima, junto con un doble casco.

Como el barco está proyectado para la navegación en hielo, se calcularán los refuerzos necesarios para navegar en zonas de hielo sin ningún problema. Se adjunta como Anexo I el plano de la cuaderna maestra y como Anexo II un plano de una sección a 15,25 m del centro del buque, para comprobar la variación del cinturón de hielo del cual se proveerá al buque.

2.- Dimensiones de escantillonado

Las dimensiones de escantillonado se calculan siguiendo las prescripciones de (1), cuando se utilice (2) se calcularán las dimensiones necesarias.

2.1.- Eslora

Se considera la eslora L como la distancia, en metros, medida en la línea de crujía entre la parte interna de las dos chapas de los extremos.

$$L = 61 \text{ m}$$

2.2.- Manga

Se considera la distancia horizontal, en metros, más grande entre las partes internas del casco.

$$B = 17,8 \text{ m}$$

2.3.- Puntal

Se considera la distancia vertical, en metros, medida en la mitad de la eslora desde la línea de base hasta la cara interna de la cubierta.

$$D = 4,73 \text{ m}$$

2.4.- Calado

Se considera la distancia vertical, en metros, desde la línea de base hasta la flotación en máxima carga.

$$d = 3,49 \text{ m}$$

Para no limitar el calado por los cálculos estructurales, se guardará un margen y se tomará el calado como 3,60 m

$$d = 3,60 \text{ m}$$

2.5.- Coeficiente de bloque

Se define como:

$$C_b = \frac{\nabla}{LBd} = \frac{1595 \text{ (obtenido de Maxsurf)}}{61 * 17,8 * 3,6} = 0,408$$

2.6.- Clara de cuadernas

Se define en el Cuaderno 4 como 500 mm.

2.7.- Rebose

Se considera que el rebose de los tanques está un metro por encima de la cubierta principal.

$$h_{rebose} = 5,73 \text{ m}$$

3.- Cálculos de escantillonado

3.1.- Doble fondo

3.1.1.- Altura del doble fondo

En el Cuaderno 4, durante el diseño del compartimentado, se calculó la altura mínima del doble fondo que resultó 0,93 metros. La altura de la cual se dotó el doble fondo del buque proyecto es de 1,3 metros en cámara de máquinas, reduciendo esta distancia a proa y a popa, hasta alcanzar los 1,04 metros en los mamparos de fin de los locales de los motores propulsores. Es decir, no habrá doble fondo desde el local del propulsor de proa hacia proa ni desde el local del propulsor de popa hacia popa.

3.1.2.- Chapa de doble fondo

Para el cálculo de la chapa de doble fondo, se han encontrado dos posible formas de hacerlo. Primero se ha calculado con el reglamento (1) como si fuese un mamparo límite de tanque.

17.3 Construction of Tank Boundary Bulkheads

17.3.1 Plating

Plating is to be of thickness obtained from the following equation:

$$t = (s\sqrt{h}/254) + 1.78 \text{ mm} \quad (\text{min. } t = 5 \text{ mm})$$

$$t = (s\sqrt{h}/460) + 0.07 \text{ in.} \quad (\text{min. } t = 0.20 \text{ in.})$$

where

s = spacing of stiffeners, in mm (in.)

h = vertical distance measured from the lower edge of the plate to the top of the overflow, in m (ft)

Siendo:

s = (separación de refuerzos) 500 mm

h = 4,43 m

$$t = 500 * \frac{\sqrt{4,43}}{254} + 1,78 = 5,92 \text{ mm}$$

Si se atiende ahora a (2), se puede comprobar que tiene un entrada que se refiere explícitamente a la chapa de doble fondo. Además, tiene otra que se refiere a la chapa

límite de tanque por la parte superior. Esta última, sería 1 mm más ancha que aquella calculada como límite de tanque, es decir, 1 mm más que la calculada anteriormente.

7 Tank Top Plating

Tops of tanks are to have plating 1 mm (0.04 in.) thicker than would be required for vertical plating at the same level. The thickness is not to be less than required for deck plating. Beams, girders and pillars are to be as required by Section 3-2-6.

$$t = 6,92 \text{ mm}$$

La entrada explícita para la chapa del doble fondo es la siguiente:

1.13 Inner-bottom Plating

The thickness of the inner-bottom plating throughout the length of the vessel is to be not less than that obtained from the following equation. Where applicable, the plating is to meet deep tank requirements.

$$t = 0.037L + 0.009s + c \text{ mm}$$

$$t = 0.000445L + 0.009s + c \text{ in.}$$

where

t	=	thickness, in mm (in.)
L	=	length of vessel, in m (ft), as defined in 3-1-1/3
s	=	frame spacing, in mm (in.)
c	=	1.5 mm (0.06 in.) in engine space
	=	-0.5 mm (-0.02 in.) elsewhere

Siendo:

$$s = (\text{separación de refuerzos}) 500 \text{ mm}$$

$$c = 1,5 \text{ mm}$$

L , para (2): se considera la distancia, en la flotación de máxima carga, desde la roda hasta el propulsor. No será menor del 96% ni más del 97% de la eslora en esa flotación. El reglamento más genérico que es (3) define la eslora de la misma manera.

$$L \text{ roda} = 54,90 \text{ m}$$

$$L_{\text{waterline}} = 59,81 \text{ m}$$

$$0,96 * L_{\text{waterline}} = 57,42 \text{ m}$$

$$0,97 * L_{\text{waterline}} = 58,02 \text{ m}$$

$$\text{Por lo tanto } L \text{ para (2)} = 57,42 \text{ m}$$

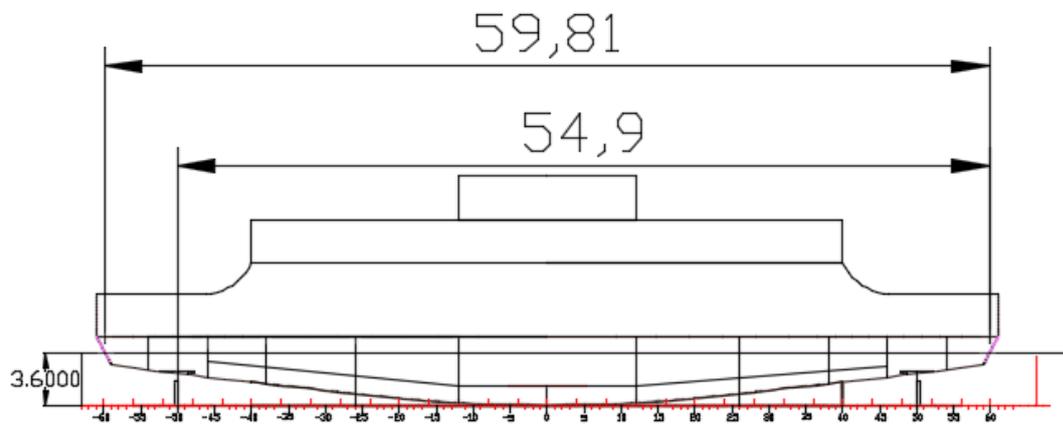


Figura 1.- Justificación de la eslora para (2). Cotas en metros.

$$t = 0,037 * 57,42 + 0,009 * 500 + 1,5 = 8,17 \text{ mm}$$

Si se comparan los dos posibles espesores, se tiene:

- $t = 6,92 \text{ mm}$
- $t = 8,17 \text{ mm}$

El espesor escogido sería 8,17 mm, que sería el más desfavorable.

Por lo tanto, la chapa de doble fondo sería de 9 mm.

$$t_{\text{chapa doble fondo}} = 9 \text{ mm}$$

3.1.3.- Chapa de fondo

Existe un apartado propio para la chapa de fondo, además su espesor no podrá ser menor que el del forro de un tanque situado a esa altura.

19 Shell Plating

The thickness of the bottom, side and bilge plating is to be as required below. In addition, the thickness of plating in these locations is to be not less than as required by 3-2-5/17.3.1 for tank bulkheads where the spacing of the stiffeners is equal to the frame spacing and the value of h is equal to the distance from the lower edge of the plate to the under surface of the deck plating at side.

19.1 Bottom Shell

The thickness of the bottom shell plating throughout is not to be less than determined by the following equation:

$$t = 0.069L + 0.007s - 0.5 \text{ mm} \quad (\text{min. } t = 5 \text{ mm})$$

$$t = 0.000825L + 0.007s - 0.02 \text{ in.} \quad (\text{min. } t = 0.20 \text{ in.})$$

where

$$s = \text{stiffener spacing, in mm (in.)}$$

$$L = \text{length of the vessel, in m (ft)}$$

Siendo:

$$s = (\text{separación de refuerzos}) 500 \text{ mm}$$

$$L = 61 \text{ m}$$

$$t = 0,069 * 61 + 0,007 * 500 - 0,5 = 7,21 \text{ mm}$$

Como forro de tanque:

$$s = (\text{separación de refuerzos}) 500 \text{ mm}$$

$$h = 5,73 \text{ mm}$$

$$t = 500 * \frac{\sqrt{5,73}}{254} + 1,78 = 6,49 \text{ mm}$$

Se tiene:

- $t = 7,21 \text{ mm}$
- $t = 6,49 \text{ mm}$

Se escogería 7,21 mm ya que es más desfavorable. La chapa de fondo tendrá un espesor de 8 mm.

$$t_{\text{chapafondo}} = 8 \text{ mm}$$

3.1.4.- Vagra central

La vagra central se podrá dimensionar como vagra central, pero será necesario comprobar si el espesor necesario para un mamparo de límite de tanque será mayor.

En (1) se encuentra el apartado de mamparo de límite de tanque.

17.3 Construction of Tank Boundary Bulkheads

17.3.1 Plating

Plating is to be of thickness obtained from the following equation:

$$t = (s\sqrt{h}/254) + 1.78 \text{ mm} \quad (\text{min. } t = 5 \text{ mm})$$

$$t = (s\sqrt{h}/460) + 0.07 \text{ in.} \quad (\text{min. } t = 0.20 \text{ in.})$$

where

s = spacing of stiffeners, in mm (in.)

h = vertical distance measured from the lower edge of the plate to the top of the overflow, in m (ft)

$$h = 5,73$$

s = (separación entre refuerzos del mamparo) 500 mm

$$t = 500 * \frac{\sqrt{5,73}}{254} + 1,78 = 6,49 \text{ mm}$$

En (2), da un valor mínimo para el espesor de la vagra central.

1.3 Center Girder

A center girder is to be fitted extending as far forward and aft as practicable. The plates are to be continuous within the midship three-quarters length; elsewhere, they may be intercostal between floors. Where double bottoms are to be used for fuel oil or fresh water, the girders are to be intact, but need not be tested under pressure. This requirement may be modified in narrow tanks at the ends of the vessel or where other intact longitudinal divisions are provided at about $0.25B$ from centerline. Where the girders are not required to be intact, manholes may be cut in every frame space outside the midships three-quarters length; they may be cut in alternate frames spaces within the midships three-quarters length. For vessels which have a length more than 61 m (200 ft) and the length of the cargo hold is greater than $1.2B$, the thickness and depth of center girder plates are to be specially considered based on the results of a direct structural calculation.

1.3.1 Thickness Amidships

The thickness of the center girder within the midship one-half length is not to be less than that obtained from the following equation.

$$t = 0.056L + 5.5 \text{ mm}$$

$$t = 0.00067L + 0.22 \text{ in.}$$

where

t = thickness, in mm (in.)

L = length of vessel, in m (ft), as defined 3-1-1/3

L para (2) = 57,42 m

$$t = 0,056 * 57,42 + 5,5 = 8,72 \text{ mm}$$

Como el valor más restrictivo es el de 8,72 mm, el espesor de la vagra central será de:

$$t_{vagracentral} = 9 \text{ mm}$$

3.1.5.- Vagra lateral

Se dispondrán tres vagras laterales a cada costado. También hay dos opciones para dimensionarlas. Una es la misma que la primera que se realizó para la vagra central, es decir, como límite de tanque. Resultaría exactamente el mismo espesor.

La otra sería por el reglamento (2), el cual vuelve a dar un espesor mínimo.

1.5 Side Girders

Where the distance between the center girder and the side shell exceeds 4.57 m (15 ft), intercostal side girders are to be fitted approximately midway between the center girder and the side shell. The minimum thickness of the intercostal side girders is not to be less than obtained from the following equation.

$$t = 0.036L + c \text{ mm}$$

$$t = 0.00043L + c \text{ in.}$$

where

$$t = \text{thickness, in mm (in.)}$$

$$L = \text{length of vessel, in m (ft), as defined in 3-1-1/3}$$

$$c = 4.7 \text{ mm (0.18 in.)}$$

Siendo:

L para (2) = 57,42 m

$$t = 0,036 * 57,42 + 4,7 = 6,77 \text{ mm}$$

El espesor más restrictivo es el del dimensionamiento de la vagra lateral que son 6,77 mm, por lo que el espesor será:

Se tiene:

- $t = 6,49 \text{ mm}$
- $t = 6,77 \text{ mm}$

El espesor más restrictivo es el que marca el dimensionamiento por vagra lateral. Como no puede ser menor de 6,77 mm se dimensionará con 7 mm.

$$t_{vagrалateral} = 7 \text{ mm}$$

3.1.6.- Varengas

Para las varengas se vuelven a tener dos opciones. La primera es, otra vez, como mamparo límite de tanque.

17.3 Construction of Tank Boundary Bulkheads

17.3.1 Plating

Plating is to be of thickness obtained from the following equation:

$$t = (s\sqrt{h}/254) + 1.78 \text{ mm} \quad (\text{min. } t = 5 \text{ mm})$$

$$t = (s\sqrt{h}/460) + 0.07 \text{ in.} \quad (\text{min. } t = 0.20 \text{ in.})$$

where

s = spacing of stiffeners, in mm (in.)

h = vertical distance measured from the lower edge of the plate to the top of the overflow, in m (ft)

Siendo:

s = (separación entre refuerzos transversales) 500 mm

h = 5,73 m

$$t = 500 * \frac{\sqrt{5,73}}{254} + 1,78 = 6,49 \text{ mm}$$

La otra opción es la que aparece en el reglamento (2), el cual recomienda que no sea menor que el espesor de la vagras laterales obtenidas anteriormente.

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

El espesor más restrictivo es el de 7 mm. Por lo tanto:

$$t_{varenga} = 7 \text{ mm}$$

3.2.- Estructura cubierta principal

En (1) no se pueden dimensionar los refuerzos de cubierta (sí la cubierta) para sostener cubiertas con carga rodada, por ello, se utiliza el (2) para el dimensionamiento de los mismos.

3.2.1- Chapa de cubierta

La cubierta principal del buque proyecto se puede dimensionar como cubierta resistente y como cubierta de carga rodada.

Como cubierta resistente deberá tener 0,01 mm de espesor por cada milímetro de clara de cuadernas.

9 Deck Plating

9.1 Strength Decks

The thickness of strength deck plating throughout is not to be less than 0.01 mm per millimeter (0.01 in. per inch) of the spacing of the beams, s_b .

$$t = 0,01 * 500 = 5 \text{ mm}$$

Como cubierta de carga rodada, el reglamento (1) redirige el cálculo hasta el apartado de barcazas.

19.1.2 Inner Bottom Under Wheel Loading (2014)

Where provision is to be made for the operation or stowage of vehicles having rubber tires, and after all other requirements are met, the thickness of inner bottom plating is to be not less than obtained from the following equation:

$$t = kKn \sqrt{W} \quad \text{mm (in.)}$$

where

- k = 26.4 (1.05)
- K = $[21.99 + 0.316(a/s)^2 - 5.328(a/s) + 2.6(a/s)(b/s) - 0.895(b/s)^2 - 7.624(b/s)]10^{-2}$, derived from the curves indicated in 3-2-2/Figure 13
- n = 1.0 where $\ell/s \geq 2.0$ and 0.85 where $\ell/s = 1.0$, for intermediate values of ℓ/s , n is to be obtained by interpolation
- W = static wheel load, in tf (Ltf)
- a = wheel imprint dimension parallel to the longer edge, ℓ , of the plate panel, in mm (in.)
- b = wheel imprint dimension perpendicular to the longer edge, ℓ , of the plate panel, in mm (in.)
- s = spacing of deck beams or deck longitudinals, in mm (in.)
- ℓ = length of the plate panel, in mm (in.)

Where the wheels are close together, a combined imprint and load are to be used.

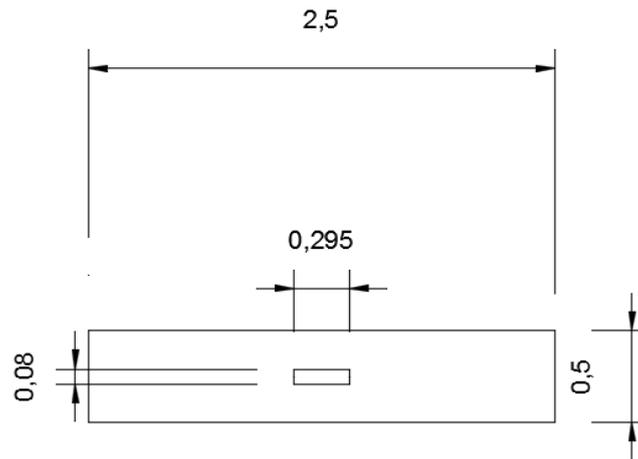


Figura 2.- Justificación huella camión en el buque proyecto.

Cotas en metros. Como se puede comprobar en la disposición de los coches y camiones realizada en el Cuaderno 1, nunca irán dos camiones seguidos en dirección transversal. Se podría dar la situación de que dos coches si que fuesen muy cerca, pero esta situación sería menos desfavorable, ya que la carga de dos ruedas de coche sería menor que una de camión, y la huella de las dos ruedas de coches serían mayor que la de camión, lo que resultaría en una menor presión sobre la chapa. Por lo tanto, se estudiará la opción más desfavorable que es con la rueda de camión.

El valor a de la huella se obtiene de un neumático de camión estándar en Michelin (5). Se dimensiona la chapa para la rueda de un camión, debido a que está preparada para soportar mayor carga.

El valor b se obtiene de la siguiente ecuación:

$$F = P * S$$

La carga o fuerza serían las 26 toneladas máximas de peso que se admiten en el buque por cada camión, dividida entre las ruedas que tenga el camión. Basándose en el dimensionamiento del Cuaderno 1, en la *Figura 6*, se puede apreciar que el camión dispone de 12 ruedas. Siendo el valor de a 295 mm y tomándose un valor de referencia de presión de las ruedas de 9 bar (1 bar = 100 kN/m², 1 bar = 1,01972 kgf/cm²) obtenida de (5) se tiene:

$$26000 * \frac{9,81}{12} = 9 * \frac{100000}{10000} * 29,5 * b$$

Por lo tanto:

$$b = 8,48$$

Siendo:

$$a = 295 \text{ mm}$$

$$b = 80 \text{ mm}$$

$$W = 26 / 12 = 2,17 \text{ t} \rightarrow 2,17 \text{ tf}$$

$$l = (\text{longitud de la plancha}) 2,5 \text{ m}$$

$$s = (\text{separación de refuerzos transversales}) 500 \text{ mm}$$

$$l/s = 2,5/0,5 = 5 \rightarrow n = 1$$

$$a/s = 0,59$$

$$b/s = 0,17$$

$$K = [21,99 + 0,316*(0,59)^2 - 5,382*(0,59) + 2,6*(0,59)*(0,17) - 0,895*(0,17)^2 - 7,624*(0,17)]/100 = 0,1789$$

$$t = 26,4 * 0,1789 * 1 * \sqrt{2,17} = 6,95 \text{ mm}$$

7.9 Wheel Loaded Strength Decks

Where provision is to be made for the operation or stowage of vehicles having rubber tires, and after all other requirements are met, the thickness of strength deck plating is to be not less than 110% of the thickness required for wheel loaded inner bottoms in 3-2-2/19.1.2.

Además, este espesor no será menor del 110% del espesor calculado anteriormente:

$$t = 6,95 * 1,1 = 7,65 \text{ mm}$$

- $t = 5 \text{ mm}$
- $t = 7,65 \text{ mm}$

La cubierta principal deberá tener un espesor de, como mínimo, 7,65 mm. Por lo tanto:

$$t_{\text{cubiertaprincipal}} = 8 \text{ mm}$$

3.2.2.- Baos de cubierta

Para los baos, que son los refuerzan la chapa localmente, se tiene:

1.3 Section Modulus

The section modulus, SM , of each transverse or longitudinal beam, in association with the plating to which it is attached, is not to be less than that obtained from the following equations:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

c	=	1.00	for transverse or longitudinal beams at the tops of tank, with deep tank h
	=	$1/(1.709 - 0.651k)$	for longitudinal beams of strength decks and effective lower decks
	=	0.60	for all other transverse beams
	=	0.70	for all other longitudinal beams

s = beam spacing, in m (ft)

ℓ = unsupported span, in m (ft). At the tops of tanks and bulkhead recesses, the maximum span permissible between supports is 4.57 m (15 ft). Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5, the length, ℓ , may be measured as permitted therein.

h = height, in m (ft), as follows:

= for a deep tank top, is the greatest of the following: two-thirds of the distance from the top of the tank to the top of the overflow, or

- two-thirds of the distance from the top of the tank to the bulkhead deck or freeboard deck, or
- the height to the load line, or
- $0.01L + 0.15 \text{ m}$ ($0.01L + 0.5 \text{ ft}$)

= for a lower deck on which cargo or stores are carried, the tween-deck height at side. Where the cargo weights differ from 7010 N/m^3 (715 kgf/m^3 , 45 lbf/ft^3), h is to be proportionately adjusted.

= for an exposed deck on which cargo is carried, 3.66 m (12 ft). Where it is intended to carry deck cargoes in excess of 25850 N/m^2 (2636 kgf/m^2 , 540 lbf/ft^2), this head is to be increased in proportion to the added loads which will be imposed on the structure.

La carga que se considerará será aquella que pueda coexistir en una zona delimitada por refuerzos, esto es, puede ser que las dos fuerzas de un camión estén situadas dentro de los 2,5 metros de luz de un bao.

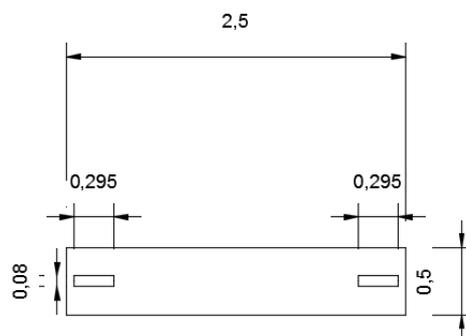


Figura 3.- Justificación huellas camión para la obtención del módulo de los baos.
Cotas en metros.

Por lo tanto, la carga será la que soporten dos ruedas de camión y la superficie será el área de 2,5 m por 0,5 m.

$$P = (2,17 + 2,17)/1,25 = 3,47 \text{ t/m}^2 = 3470 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 34000 \text{ N/m}^2$$

Como esta presión es mayor que la de referencia (25850 N/m^2), se incrementará en proporción, esto es:

$$3,66 \text{ m} \rightarrow 25850 \text{ N/m}^2$$

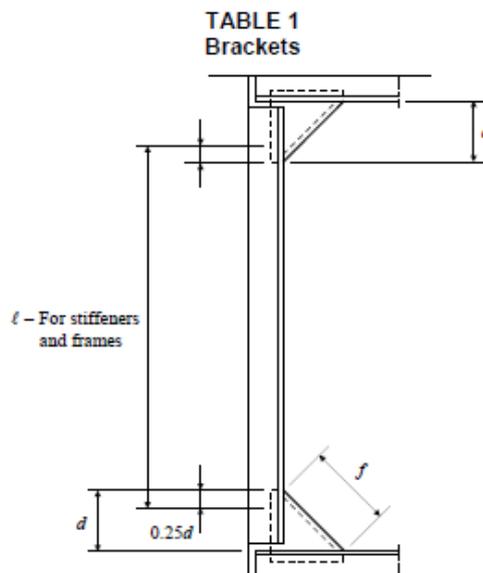
$$h \text{ m} \rightarrow 34008 \text{ N/m}^2$$

$$h = 4,82 \text{ m}$$

$$c = (\text{dry space}) 0,60$$

$$s = (\text{separación entre refuerzos transversales}) 0,50 \text{ m}$$

$$l = (\text{máxima luz del refuerzo}) 2,5 \text{ m}$$



$$SM = 7,8 * 0,60 * 4,82 * 0,5 * 2,5^2 = 71 \text{ cm}^3$$

Para este módulo utilizaremos un perfil llanta bulbo de 160*7 mm.

$$Y_{EN} = \frac{\sum A * Z}{\sum A} = \frac{14,58 * (9,67 + 0,8) + 0,8 * 50 * (0,4)}{14,58 + 0,8 * 50} = 3,09 \text{ cm}$$

$$SM = \frac{371,1 + 14,58 * (9,67 - 3,09)^2 + 50 * \frac{1}{12} * 1,1^3 + 50 * 1,1 * (3,09 - 0,55)^2}{3,09}$$

$$= \frac{1293,94}{3,09} = 419 \text{ cm}^3 \geq 71 \text{ cm}^3$$

3.2.3.- Esloras

Se dispondrá una eslora en el centro y, a cada banda, una a 2,5 m desde crujía. Además, otras dos a 4,5 m y a 6,9 m (también desde crujía) para continuar con los mamparos longitudinales.

3.3 Deck Girders and Transverses Clear of Tanks

Section modulus, SM , of each longitudinal deck girder and deck transverse clear of tanks is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8cbhl^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041cbhl^2 \text{ in}^3$$

where

- c = 0.60
- b = mean breadth of area of deck supported (for girders), or spacing of deck transverses (for transverses), in m (ft)
- h = height, in m (ft), as required by 3-2-6/1.3 for the beams supported
- ℓ = unsupported span, in m (ft). Where brackets are fitted at bulkhead supports, in accordance with 3-1-2/5.5, the length, ℓ , may be measured as permitted therein.

$$c = 0,60$$

$$h = 4,82 \text{ (igual que el apartado anterior)}$$

$$b = \text{(separación máxima entre esloras) } 2,5 \text{ m}$$

$$l = \text{(longitud máxima de las esloras) } 6 \text{ m}$$

$$SM = 7,8 * 0,6 * 3,88 * 2,5 * 6^2 = 2031 \text{ cm}^3$$

Para este módulo utilizaremos un perfil llanta bulbo de 300*13 mm.

$$Y_{EN} = \frac{\sum A * Z}{\sum A} = \frac{25,26 * (11,97 + 0,8) + 0,8 * 250 * (0,40)}{25,26 + 0,8 * 250} = 1,79 \text{ cm}$$

SM

$$= \frac{371,1 + 14,58 * (9,67 - 1,79)^2 + 250 * \frac{1}{12} * 0,8^3 + 250 * 0,8 * (1,79 - 0,40)^2}{1,79}$$

$$= \frac{4025,19}{1,79} = 2253 \text{ cm}^3 \geq 2031 \text{ cm}^3$$

3.2.4.- Puntales

En cuanto a los puntales, necesarios para cortar la luz de las esloras en cámara de máquinas y en otros espacios, se calcularán dos cargas, la que soporta un puntal determinado dentro de la estructura del buque y la que podría llegar a aguantar ese mismo puntal (carga permitida).

13 Stanchions

13.1 Permissible Load

The permissible load, W_a , of each stanchion is to be obtained from the following equation and is to be not less than the calculated load W given in 3-2-5/13.3 below.

$$W_a = [k - n\ell/r]A \quad \text{tf (Ltf)}$$

where

k	=	1.232 (7.83)
n	=	0.00452 (0.345)
ℓ	=	unsupported span of the stanchion, in cm (ft)
r	=	least radius of gyration, in cm (in.)
A	=	cross sectional area of the stanchion, in cm ² (in ²)

Special support is to be arranged at the ends and corners of deckhouses, in machinery spaces, at ends of partial superstructures and under heavy concentrated weights.

13.3 Calculated Load

13.3.1 Bottom Support

Where the stanchions are intended to support bottom structure, the calculated load for each stanchion is to be determined by the following equation:

$$W = nbhs \quad \text{tf (Ltf)}$$

where

n	=	1.07 (0.03)
b	=	mean breadth of the area supported, in m (ft)
h	=	distance from the keel to the design waterline, in m (ft), or $2/3$ of the distance to the main deck, whichever is greater
s	=	spacing of the stanchions, in m (ft)

Se ha utilizado el catálogo de puntales de Conduven (6).

PERFILES SECCIÓN CIRCULAR

DIÁMETRO NOMINAL D, pulgada	DIMENSIONES mm		SECCIÓN A cm ²	PESO kgf/m	PROPIEDADES ESTÁTICAS				
					lx	Sx	Zx	rx	J
					cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ⁴
3	76.2	2.25	5.23	4.1	35.8	9.39	12.3	2.62	71.6
3 1/2	88.9	2.25	6.12	4.81	57.5	12.9	16.9	3.06	115
4 1/2	114	2.5	8.78	6.89	137	24	31.1	3.95	275
5	127	3	11.7	9.17	225	35.4	46.1	4.39	450
5 1/2	140	3.4	14.6	11.4	338	48.4	63.5	4.82	677
6	152	4	18.7	14.6	514	67.4	87.6	5.25	1030
6 5/8	168	4.3	22.2	17.4	745	88.6	115.3	5.8	1490
7 5/8	194	4.5	26.7	21	1200	124	161.6	6.69	2390
8 5/8	219	5.5	36.9	29	2100	192	250.8	7.55	4210
10 3/4	273	7	58.5	45.9	5180	379	495.4	9.41	10360
12 3/4	324	9	89	69.9	11.04	682	893.3	11.1	22080

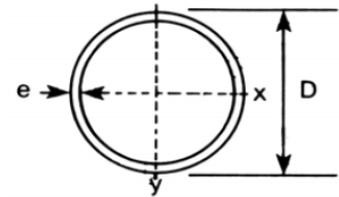
Fy 3230 kgf/cm²

Tabla 1.- Tabla de perfiles circulares.

Se escogerá el de 10 ¾.

Para calcular la carga permitida se tiene:

$b = 2,5$ m, ya que el puntal que más distancia transversal tiene a otros dos puntales o mamparos es el que sujeta la eslora central, que está a 2,5 m de las esloras más cercanas y, por consiguiente, a sus respectivos puntales.

$h = 3,60$ m, ya que es mayor que $2/3 * D = 3,15$ m

$s = 4,5$ m, ya que el puntal que más distancia longitudinal tiene a otros dos puntales o mamparos son los que se disponen en cámara de máquinas, que están a 6 metros del siguiente puntal y a 3 m de un mamparo.

$$W = 1,07 * 2,5 * 3,60 * 4,5 = 43,34 \text{ tf}$$

La carga que podría soportar ese puntal sería la siguiente.

Siendo:

$$l = 343 \text{ cm}$$

$$r = 9,41 \text{ cm}$$

$$A = 58,5 \text{ cm}^2$$

$$W = \left(1,232 - 0,00452 * \frac{343}{9,41} \right) * 58,5 = 62,43 \text{ tf}$$

Como la carga permitida es mayor que a la que está sometido el puntal en el buque, se determina que el puntal escogido es válido.

Para impedir el “vuelco” de las esloras por pandeo la solución estructural más fiable es introducir un tipo de baos, a los que comúnmente se les llama baos fuertes. Estos baos fuertes, con una dimensión al menos igual a las esloras que van a ayudar a no pandear, se establecerán cada cuatro claras, esto es, cada 2000 mm. En las situaciones de los puntales que no coincidan con esa separación de 2000 mm también se situará un bao fuerte. Estos baos no actuarían como refuerzo primario, ya que el refuerzo primario sería la eslora. Solo protegerían a la eslora contra el pandeo.

Como en los buques se tiende a realizar una estructura transversal de forma cerrada, esto es, en anillos transversales, no es normal que esos baos fuertes vayan seguidos de las cuadernas que se dimensionaron anteriormente. Lo más adecuado sería la instalación de bulárcamas (que tampoco actuarían como refuerzos primarios). Debido al compartimentado del buque proyecto, la solución más favorable sería instalar mamparos transversales entre el costado y el doble fondo. El espesor de este tipo de mamparos iría en conjunción con el de los baos fuertes instalados. Estos mamparos no tienen que ser estancos e irán aligerados.

Para completar estos anillos transversales, en el doble fondo, sería conveniente la instalación de una varenga llena.

3.3.- Estructura de costado

3.3.1.- Chapa de costado

La chapa de costado no será nunca menor de 5 mm.

19.3 Side Shell

The thickness of the side shell plating is to be not less than determined by the following equation and not less than 5 mm (0.20 in.).

$$\begin{array}{ll} t = 0.069L + 0.007s - 1.0 \text{ mm} & L < 73 \text{ m} \\ t = 0.069L + 0.007s - 1.5 \text{ mm} & L \geq 73 \text{ m} \\ t = 0.000825L + 0.007s - 0.04 \text{ in.} & L < 240 \text{ ft} \\ t = 0.000825L + 0.007s - 0.06 \text{ in.} & L \geq 240 \text{ ft} \end{array}$$

$$L = 61 \text{ m}$$

s = (separación refuerzos transversales) 500 mm

$$t = 0,069 * 61 + 0,007 * 500 - 1 = 6,71 \text{ mm}$$

- t = 5 mm
- t = 6,71 mm

El más desfavorable sería 6,71 mm, por lo que el espesor de la chapa de costado será de:

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

3.3.2.- Cuadernas

11.3 Side and Deck Framing

Each side frame or deck beam, in association with the plating to which it is attached, is to have a section modulus, SM , not less than obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

c = coefficient appropriate to the type of construction employed as given in 3-2-5/Figure 1 for side frames

- 0.70 for deck longitudinals in dry spaces
- 0.56 for deck beams in dry spaces
- 1.00 for deck beams in way of tanks
- 1.08 for side longitudinals

h = distance, in m (ft), as given in 3-2-5/Figure 1

- for side longitudinals, the vertical distance from the middle of ℓ to the deck at side, in m (ft)
- in way of tanks, the vertical distance from the middle of ℓ to the top of the overflow, in m (ft)
- $0.01L + 0.61$ m ($0.01L + 2.0$ ft) for main decks.
- 0.67 m (2.2 ft) for superstructure decks. Where deck loading may exceed 360 kgf/m^2 , (75 lb/ft^2), h is to be proportionately increased.
- 0.30 m (0.98 ft) for rain covers

s = member spacing, in m (ft)

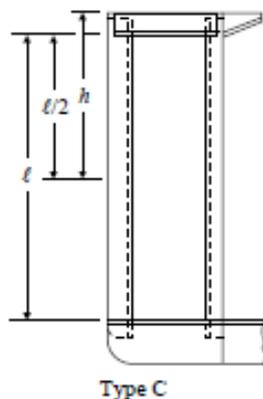
ℓ = as defined in 3-2-5/11.1

$c = 1,45$

$h =$ (altura vertical desde la mitad del refuerzo a la cubierta) $1,73 \text{ m}$

$s =$ (separación entre refuerzos transversales) $0,50 \text{ m}$

$l =$ (máxima luz del refuerzo) $2,09 \text{ m}$



Side Frame	
Type A	$c = 0.80$ (for h)
Type A	$c = 1.38$ (for h)
Type B	$c = 0.90$
Type C	$c = 1.00$
Type D	$c = 1.00$
Type E	$c = 1.00$

A pesar de tener un palmejar, que se dimensionará posteriormente, se toma ese factor debido a que no hay otro factor para estructuras que tengan doble casco y palmejares.

Además, este valor sería más desfavorable que el utilizado para estructura con palmejares (que sería 1), por lo que se guardaría un margen de sobredimensionamiento.

$$SM = 7,8 * 1,45 * 1,73 * 0,5 * 2,09^2 = 43 \text{ cm}^3$$

Para este módulo utilizaremos un perfil llanta bulbo de 160*7 mm.

$$Y_{EN} = \frac{\sum A * Z}{\sum A} = \frac{14,58 * (9,67 + 0,7) + 0,7 * 50 * (0,35)}{14,58 + 0,7 * 50} = 3,30 \text{ cm}$$

$$SM = \frac{371,1 + 14,58 * (9,67 - 3,30)^2 + 50 * \frac{1}{12} * 0,7^3 + 50 * 0,7 * (3,30 - 0,35)^2}{3,30}$$

$$= \frac{1268,66}{3,30} = 385 \text{ cm}^3 \geq 43 \text{ cm}^3$$

Como es el refuerzo más pequeño del catálogo, se deja este.

3.3.4.- Palmejares

11 Side Stringers

11.1 Section Modulus

The section modulus, SM , of each side stringer in association with the plating to which the side stringer is attached is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

- c = 0.915
- = 1.13 in the forepeak of vessel 61 m (200 ft) or greater in length.
- h = vertical distance, in m (ft), from the middle of s to the freeboard deck at side, but not less than $0.02L + 0.46$ m ($0.02L + 1.5$ ft).
- = for stringers above the lowest deck or at a similar height in relation to the design draft, not less than given in 3-2-5/5.3 appropriate to the tween deck location.
- = for stringers in the peaks of vessels 61 m (200 ft) or greater in length, not less than given in 3-2-5/5.5.
- s = sum of the half lengths, in m (ft), (on each side of the stringer) of the frames supported.
- ℓ = span, in m (ft), between web frames, or between web frame and bulkhead. Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5 and are supported by transverse bulkheads, the length, ℓ , may be measured as permitted therein.

$$c = 0,915$$

$$h = 1,56 \text{ m pero no menor de } 0,02 \cdot 61 + 0,46 = 1,68 \text{ m}$$

b = (separación máxima entre palmejares, en este caso máxima separación entre palmejar y cubierta) 2,09 m

NOTA: Se sitúa el palmejar a 30 cm por debajo de la línea de máxima carga, para cumplir con los requerimientos de hielo que se analizarán posteriormente.

l = (longitud máxima del palmejar) 2 m, debido a los mamparos aligerados que se instalan.

$$SM = 7,8 * 0,915 * 1,68 * 2,09 * 2^2 = 101 \text{ cm}^3$$

Para este módulo utilizaremos un perfil llanta bulbo de 160*7 mm.

$$Y_{EN} = \frac{\sum A * Z}{\sum A} = \frac{14,58 * (9,67 + 0,7) + 0,7 * 209 * (0,35)}{14,58 + 0,7 * 209} = 1,26 \text{ cm}$$

$$SM = \frac{371,1 + 14,58 * (9,67 - 1,26)^2 + 50 * \frac{1}{12} * 0,7^3 + 209 * 0,7 * (1,26 - 0,35)^2}{1,26}$$

$$= \frac{1529,40}{1,26} = 1216 \text{ cm}^3 \geq 101 \text{ cm}^3$$

3.4.- Mamparos

3.4.1.- Mamparo de colisión y sus refuerzos

Se dimensiona como mamparo límite de tanque (no hay fórmula para el mamparo de colisión en el reglamento utilizado), ya que es el más restrictivo y la fórmula posee una estructura similar a la del mamparo de colisión en (2).

17.3 Construction of Tank Boundary Bulkheads

17.3.1 Plating

Plating is to be of thickness obtained from the following equation:

$$t = (s \sqrt{h} / 254) + 1.78 \text{ mm} \quad (\text{min. } t = 5 \text{ mm})$$

$$t = (s \sqrt{h} / 460) + 0.07 \text{ in.} \quad (\text{min. } t = 0.20 \text{ in.})$$

where

s = spacing of stiffeners, in mm (in.)

h = vertical distance measured from the lower edge of the plate to the top of the overflow, in m (ft)

s = (separación de refuerzos en el mamparo) 2500 mm

Se toma esta separación de refuerzos en los mamparos de colisión para situar un refuerzo por cada eslora que llegue al mamparo y, como la separación máxima entre esloras se estableció como 2,5 m, también será igual la separación entre refuerzos.

$h = 5,73 - 2,45 = 3,28$ m

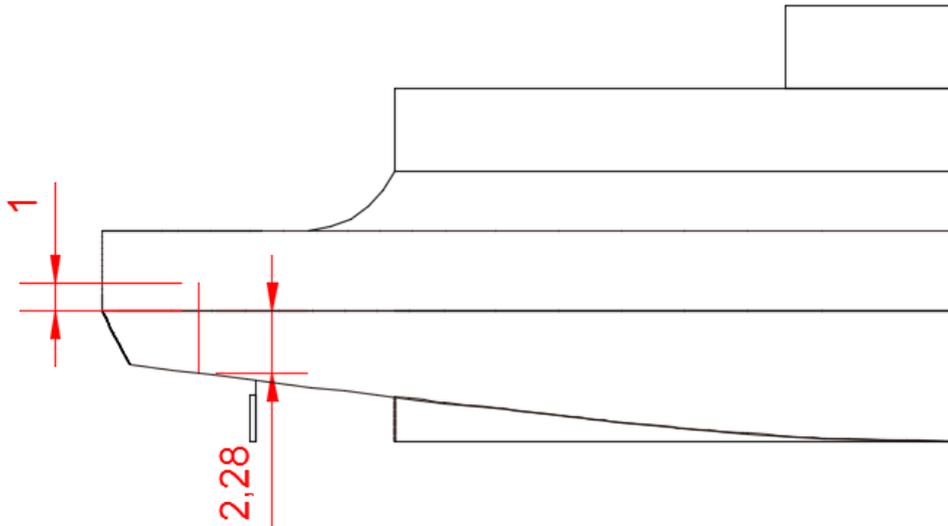


Figura 4.- Justificación altura mamparo de colisión.

$$t = 2500 * \frac{\sqrt{3,28}}{254} + 1,78 = 19,6 \text{ mm}$$

Por lo que el espesor será de:

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

Los refuerzos se dimensionarán como a continuación.

17.3.2 Stiffeners

Each stiffener, in association with the plating to which it is attached, is to have a section modulus, SM , not less than obtained from the following equation. The ends are to be either bracketed or clipped.

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

$$c = 1.00$$

$$h = \text{for double bottom tanks, height from the middle of } \ell \text{ to the tank top, plus } \frac{2}{3} \text{ of the distance from the tank top to the top of the overflow, in m (ft)}$$

$$= \text{for other tanks, vertical distance from the middle of } \ell \text{ to the top of the overflow, in m (ft)}$$

$$s = \text{stiffener spacing, in m (ft)}$$

$$\ell = \text{as defined in 3-2-5/11.1}$$

$$c = 1$$

$$h = (\text{other tanks}) 3,28 - 1/2 = 3,28 - 2,28/2 = 2,14 \text{ m}$$

$$s = (\text{separación entre refuerzos del mamparo}) 2,5 \text{ m}$$

$$l = (\text{altura del mamparo}) 2,28 \text{ m}$$

$$SM = 7,8 * 1 * 2,14 * 2,5 * 2,28^2 = 217 \text{ cm}^3$$

Para este módulo utilizaremos un perfil llanta bulbo de 160*7 mm.

$$Y_{EN} = \frac{\sum A * Z}{\sum A} = \frac{14,58 * (9,67 + 2) + 2 * 250 * (1)}{14,58 + 0,7 * 50} = 10,06 \text{ cm}$$

$$SM = \frac{371,1 + 14,58 * (9,67 - 10,06)^2 + 250 * \frac{1}{12} * 2^3 + 250 * 2 * (10,06 - 0,35)^2}{10,06}$$

$$= \frac{167056,31}{10,06} = 16611 \text{ cm}^3 \geq 217 \text{ cm}^3$$

3.4.2.- Otros mamparos estancos y sus refuerzos

Los transversales de límite de cámara de máquinas y los que separan otros espacios se dimensionarán con el espesor que se calcule a continuación.

17.5 Construction of Other Watertight Bulkheads

17.5.1 Plating

Plating is to be of thickness obtained from the following equation:

$$t = (s\sqrt{h}/290) + 1.0 \text{ mm} \quad (\text{min. } t = 4.5 \text{ mm})$$

$$t = (s\sqrt{h}/535) + 0.04 \text{ in.} \quad (\text{min. } t = 0.18 \text{ in.})$$

where

s = spacing of stiffeners, in mm (in.)

h = vertical distance measured from the lower edge of the plate to the height of the deck at centerline, in m (ft)

$$s = 2500 \text{ mm}$$

$$h = 5,73 - 1,3 = 4,43 \text{ m}$$

$$t = 2500 * \frac{\sqrt{4,43}}{290} + 1 = 19,14 \text{ mm}$$

El espesor de los mamparos estancos será de:

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

Los refuerzos se dimensionarán como a continuación.

17.5.2 Stiffeners

Each stiffener, in association with the plating to which it is attached, is to have a section modulus, SM , not less than obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

$$c = 0.46$$

h = vertical distance from the middle of ℓ to the main deck at centerline, in m (ft)

s = stiffener spacing, in m (ft)

ℓ = as defined in 3-2-5/11.1

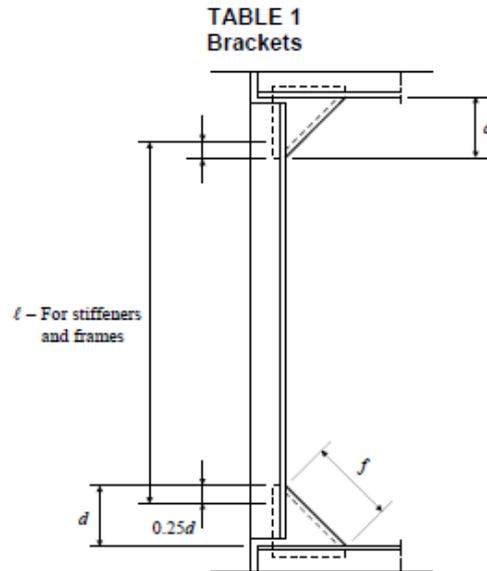
Stiffeners on these bulkheads may have unattached sniped ends provided the above value of SM is increased 25%.

$$c = 0,46$$

$$h = (\text{altura vertical desde la mitad del refuerzo a la cubierta}) 3,43/2 = 1,72 \text{ m}$$

$$s = (\text{separación de refuerzos del mamparo}) 2,5 \text{ m}$$

$$l = 3,43 \text{ m}$$



$$SM = 7,8 * 0,46 * 1,72 * 2,5 * 3,43^2 = 182 \text{ cm}^3$$

Los mamparos longitudinales estancos se dimensionarán de la misma manera, pero con los refuerzos cada 2 m.

$$t = 2000 * \frac{\sqrt{4,43}}{290} + 1 = 15,5 \text{ mm}$$

El espesor de los mamparos longitudinales estancos será de:

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

3.4.3. Otros mamparos no estancos

Los mamparos no estancos y aligerados transversales que se disponen para cerrar anillos transversales tendrán un espesor de 13 mm como los baos fuertes a los que se unen.

Los mamparos longitudinales que se sitúan a 2 metros del costado, están dispuestos para sostener las zonas estancas de cubierta. Tendrán el mismo espesor de 13 mm e irán convenientemente aligerados.

4.- Escantillonado por hielo

Para la totalidad del escantillonado por hielo, utilizamos el reglamento *Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways*, más concretamente la parte de hielo (7).

4.1.- Selección de la categoría de hielo

En la publicación del gobierno canadiense *Ice Navigation in Canadian Waters* (8) se da un valor de espesor de la capa de hielo que existirá en invierno en el lago Ontario que puede variar entre 30 y 60 mm.

TABLE 2
Ice Conditions of First-Year Ice Versus
Concentration and Thickness of Ice Cover

Thickness of First-Year Ice Cover in m (ft)	Concentration of Ice ⁽¹⁾			
	Very Close and Consolidated Ice, Fast Ice (from 10/10 to 9/10 or from 8/8 to 7/8)	Close Ice (from 9/10 to 6/10 or from 7/8 to 5/8)	Open Ice (from 6/10 to 3/10 or from 5/8 to 2/8) and Fresh Channel ⁽²⁾ in Fast Ice (more than 6/10 or 5/8)	Very Open Ice (less than 3/10 or 2/8), Fresh Channel ⁽²⁾ in Fast Ice (6/10 or 5/8 and less) and Brash Ice
1.0 (3.3) and above	Extreme	Extreme	Very severe	Severe
from 0.6 (2) to 1.0 (3.3)	Extreme	Very severe	Severe	Medium
from 0.3 (1) to 0.6 (2)	Very severe	Severe	Medium	Light
less than 0.3 (1)	Severe	Medium	Light	Very light

Notes

- 1 These ratios of mean area density of Ice in a given area are from the "World Meteorological Organization Sea Ice Nomenclature", Appendix B.7, and give the ratio of area of Ice concentration to the total area of sea surface within some large geographic locales.
- 2 Provided the channel is wider than the ship

La publicación anteriormente comentada establece que el *Fast Ice* es aquel hielo que se forma cerca de la costa, con lo que, la columna de la derecha de la tabla, sería la adecuada para el buque proyecto. Hielo cerca de la costa que no sobrepasara los 0,6 metros.

Por lo tanto, la categoría sería la de *Light*.

TABLE 1 (continued)
Regions and Periods for Navigation in Ice
for Selecting Ice Class (1 March 2008)

Ice Class	Navigating independently or when escorted by an icebreaker of the following ice classes	Polar Waters with Multi-year Ice			Year around navigation in water with first-year ice with the ice conditions given in 6-1-1/Table 2
		Central Arctic basin ⁽¹⁾	Arctic offshore shelf ⁽²⁾	Antarctic ice covered waters	
A1, A0	Escorted by A2 or Higher Ice Class Vessel	—	Note 3	Note 3	Extreme
A1	Independently	—	Note 3	—	Very Severe
B0	Escorted by A3 or Higher Ice Class Vessel	—	Note 3	Note 3	Extreme
A0, B0, C0	Escorted by A1 or Higher Ice Class Vessel	—	Note 3	—	Very Severe
A0	Independently	—	—	—	Severe
B0	Independently	—	—	—	Medium
C0	Independently	—	—	—	Light
D0	Independently	—	—	—	Very Light

Atendiendo a la columna de la derecha de la tabla, que es la de navegación en hielo que se forma cada año, se puede comprobar que para *Light*, la categoría indicada será la C0.

4.2.- Definición del cinturón de hielo (Ice Belt) y presiones

7 Extent and Length of Ice Belt Areas

The ice belt for self-propelled vessels is subdivided into the following areas:

- For ice class **A5** through **A1**
Bow, intermediate, lower intermediate, midbody, lower midbody, stern and upper areas.
- For ice class **A0** through **C0**
Bow, midbody and stern areas.
- For ice class **D0**
Bow area.

For ice class **A0** through **D0**, the lowest extent of the bow area need not extend below a line drawn between Q m (ft) below the lower ice waterline at the stem and B m (ft) below the lower ice waterline at the stern. (See 6-1-1/Table 3 for values of Q and B .) The extent and length of each area is shown in 6-1-1/Figure 1 and 6-1-1/Table 3.

TABLE 3
Dimensions of Ice Belt Areas, m (ft)

Ice Class	A	B	C	D	E	F*	G	H	I	K	S	Q
A5	1.8 (6.0)	4.0 (13.1)	0.75D	1.5 + 0.01L (5 + 0.01L)	2.0 (6.5)	0.4L	0.1L	3.0 (10.0)	0.33F	0.15L	0.20L	
A4	1.6 (5.3)	3.0 (10)	0.75D	1.2 + 0.01L (4 + 0.01L)	1.0 (3.3)	0.4L	0.05L	2.0 (6.5)	0.33F	0.10L	0.20L	
A3	1.4 (4.6)	2.0 (6.5)	0.5D	0.9 + 0.0075L (3 + 0.0075L)	1.0 (3.3)	0.4L	0.05L	1.5 (5.0)	0.33F	0.10L	0.20L	
A2	1.2 (4.0)	1.5 (3.3)	0.5D	0.6 + 0.005L (2.0 + 0.005L)	1.0 (3.3)	0.4L	0	1.2 (4.0)	0.33F	0.05L	0.15L	
A1	1.0 (3.3)	0.8 (2.6)	0.5D	0.3 + 0.005L (1 + 0.005L)	1.0 (3.3)	0.4L	0	1.0 (3.3)	0.33F	0.05L	0.15L	
A0	0.8 (2.6)	0.6 (2.0)	0.5D	0.2 + 0.004L (0.7 + 0.004L)	0	0.3L	0	0	0	0	0.10L	10.0 (33.0)
B0	0.6 (2.0)	0.5 (1.6)	0	0.1 + 0.003L (0.3 + 0.003L)	0	0.3L	0	0	0	0	0.10L	9.0 (30.0)
C0	0.6 (2.0)	0.5 (1.6)	0	0.0025L	0	0.3L	0	0	0	0	0.10L	6.6 (22.0)
D0	0.5 (1.6)	0.5 (1.6)	0	0.002L	0	0.3L	0	0	0	0	0	4.5 (15.0)

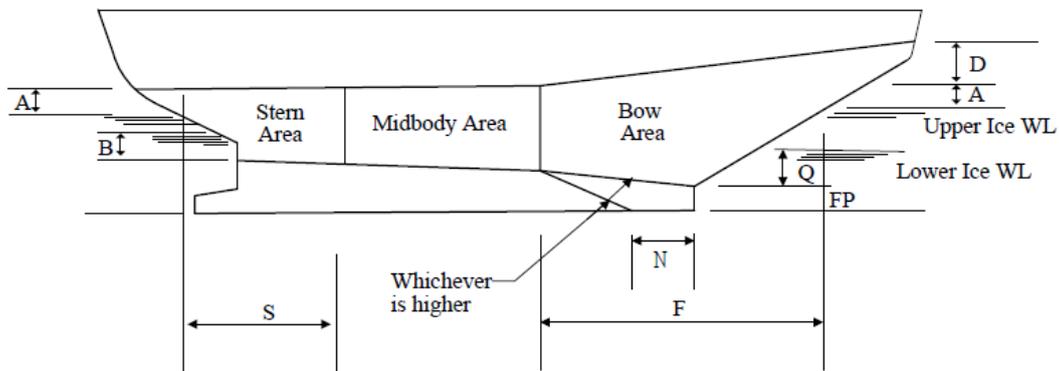
* For ships with upper ice waterline parallel to centerline, *F* is to be as shown in 6-1-1/Figure 1d. In any case, the bow area is to extend aft not less than to a section at:

$M = 0.2L$ abaft the fore-end of the lower ice waterline, or

$N = 0.05L$ abaft point where the molded stem line crosses the baseline, whichever is located aft.

Para la categoría C0 se proveerá de cinturón contra hielo en las dos zonas de proa y en la zona central del buque. Como el buque proyecto se ha diseñado de forma simétrica, para la navegación en dos sentidos, será necesario diseñar el cinturón como zona de proa en los dos extremos del buque.

FIGURE 1b
Ice Class A0 through C0



Los valores que afectarán al buque proyecto serán A, D, Q, F, N, Upper Ice Waterline y Lower Ice Waterline.

Como Upper Ice Waterline se supone el calado de escantillonado que son 3,60 m.

Como Lower Ice Waterline se supone el calado del buque en rosca que son 2,95 m.

El valor de A es 0,6 m; el de D es 0,15 m; el de Q es 6,6 m y el de F es 18,3 m, todos ellos sacados de la tabla 3. N vale 3,05 m.

En la zona central del barco se extenderá el cinturón desde los 18,3 m (en donde acaba la zona de proa) hasta el mismo punto hacia popa, es decir -18,3 m. Verticalmente, desde 4,2 m ($3,60 + 0,6$) hasta 2,45 m ($2,95 - 0,5$).

Esto significa que, el cinturón se extenderá en las dos “proas”, desde la roda hasta 18,3 metros hacia la zona central, longitudinalmente. Verticalmente, desde 4,35 m ($3,60 + 0,60 + 0,15$) de altura hasta el final del costado en la roda, ya que esos 6,6 m son mayores que la altura del forro desde la Lower Ice Waterline.

En la siguiente imagen se adjunta cómo quedaría el cinturón de hielo en el buque proyecto.

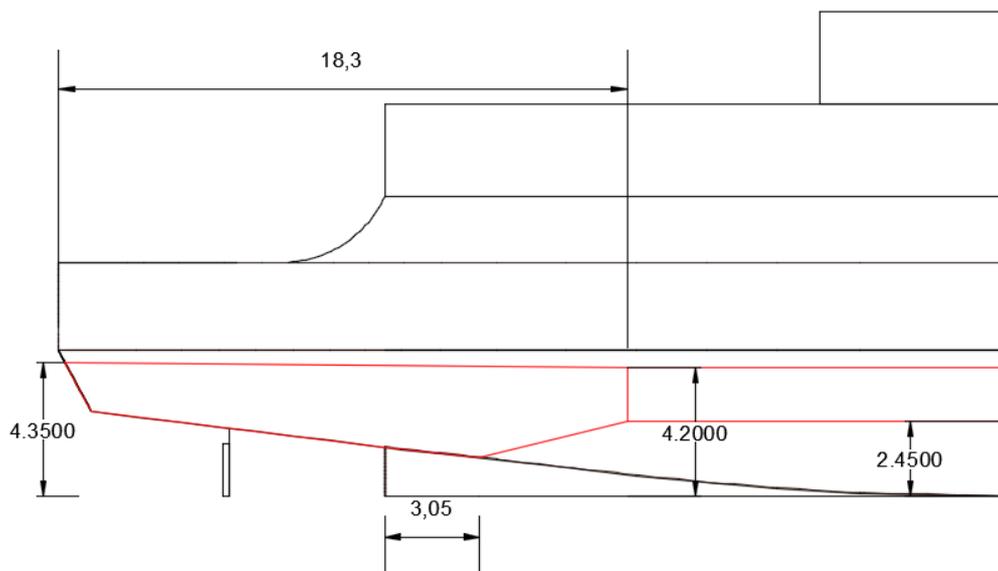


Figura 5.- Cinturón de hielo en el buque proyecto.

A continuación, se dimensionan las cargas a las que estará sometido el buque proyecto cuando navegue en hielo y también sus zonas de alcance, ambas necesarias para el dimensionamiento de los elementos restantes.

Primero se dimensionarán para la zona de proa y, después, para la zona central.

9 Design Ice Loads

9.1 Design Ice Pressure on the Bow Area

The design ice pressure on the bow area is to be not less than that obtained from the following equations:

$$P_b = P_o F_b$$

P_b = design ice pressure on the bow area, in N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)

For ice classes A5 through A1

$$P_o = A(N/k)^{0.2} (D/n)^{0.15}$$

For ice classes A0, B0, C0 and D0

$$P_o = B(D/n)^{0.2}$$

where

A, B = coefficients, as given in 6-1-1/Table 4

N = total maximum continuous power delivered to the propellers, in kW (mhp, hp)

D = displacement, as defined in 6-1-1/5.7

k = 746 (1000, 986)

n = 1000 (1000, 984)

$$F_b = (F_{b1}) (F_{b2})$$

F_{b1} = coefficient is given in 6-1-1/Figure 2. It is to be determined for each bow section at the upper and lower ice waterlines depending on α_b and β_b and the maximum value obtained is to be used; if the values of coefficient F_{b1} obtained for the different sections and at different ice waterlines vary by more than 15%, different coefficients F_{b1} and, correspondingly, different design ice pressures may be used for the appropriate parts of the bow area.

F_{b1} is not to be taken less than 0.80, but need not be taken as more than 1.25 for vessels with conventional bows; for vessels fitted with bulbous bows, the F_{b1} coefficient within the bulb area is to be as given in 6-1-1/Table 4

$$F_{b2} = 1 + i (1.3 + 0.001D)^{-2}$$

i = coefficient given in 6-1-1/Table 4

α_b = angle between the centerline and a tangent to the ice waterline being considered at the bow section being considered

β_b = angle between the vertical and tangent to the bow section at the level of the ice waterline being considered.

TABLE 4
Bow Area Ice Pressure Coefficients

Ice Classes	A N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)	B N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)	i	F_{b1} *
A5	3.70 (0.377, 0.537)	—	5	—
A4	3.08 (0.314, 0.447)	—	4.5	—
A3	2.26 (0.23, 0.328)	—	4	—
A2	1.54 (0.157, 0.224)	—	3	—
A1	0.905 (0.092, 0.132)	—	2.5	1.45
A0	—	0.997 (0.102, 0.142)	2	1.35
B0	—	0.750 (0.076, 0.109)	0	1.25
C0	—	0.60 (0.061, 0.086)	0	1.25
D0	—	0.50 (0.051, 0.071)	0	1.25

* Within the bulbous bow area

$$P_o = B*(D/n)^{0.2}$$

$$B = 0,6$$

$$D = (\text{desplazamiento a 3,60 m de calado}) = 1595 \text{ t}$$

$$n = 1000$$

$$F_{b2} = 1 \text{ (i = 0)}$$

$$P_0 = 0,6 * (1595/1000)^{0,2} = 0,66$$

$$P_b = P_0 * F_{b2} = P_0 * 1 = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

9.3 Design Ice Pressures on Other Ice Belt Areas

Design ice pressures on other parts of the ice belt are to be obtained from the following equations:

- For the intermediate area

$$P_i = P_o F_i$$

- For the midbody

$$P_m = K_m P_o \text{ or } P_m = K_m P_b, \text{ whichever is less}$$

- For the stern

$$P_s = K_s P_b$$

En el caso del buque proyectado P_0 y P_b serían iguales.

- For the lower intermediate area

$$P_{li} = 0.8 P_i$$

- For lower midbody area

$$P_{lm} = 0.7 P_m$$

- For the upper area

$$P_u = 0.3 P_b$$

P_i , P_m , P_s , P_{li} , P_{lm} and P_u = design ice pressures on corresponding area, in N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)

K_s = coefficient, as given in 6-1-1/Table 5

K_m = coefficient, as given in 6-1-1/Table 5 or by $2(3 + 4\sin\beta_m)^{-1}$, whichever is less

F_i = coefficient, as given in 6-1-1/Figure 3. It is to be determined for each section of the intermediate area depending on α_i and β_i and the maximum value obtained is to be used. F_i is not to be less than $0.7F_b$ and need not be taken as more than F_b .

α_i and β_i are defined in similar manner as α_b and β_b but for each section of the intermediate area.

β_m = as defined for β_b (see 6-1-1/9.1), but for the section at amidship.

En la sección correspondiente se tiene la siguiente definición del ángulo β_b :

β_b = angle between the vertical and tangent to the bow section at the level of the ice waterline being considered.

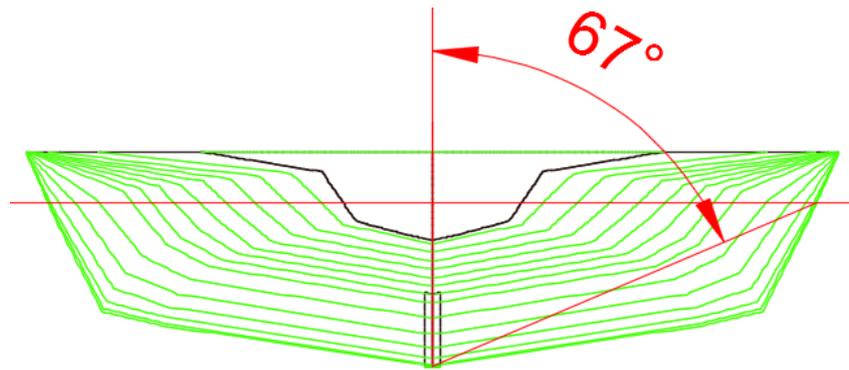


Figura 6.- Justificación ángulo β_b .

TABLE 5
Ice Pressure Coefficients in Other Areas

<i>Ice Class</i>	K_s	K_m
A5	0.75	0.60
A4	0.70	0.60
A3	0.65	0.58
A2	0.60	0.55
A1	0.50	0.50
A0	0.35	0.45
B0	0.22	0.35
C0	0.11	0.22

$$K_m(\text{fórmula}) = 2 \cdot (3 + 4 \cdot \sin(67))^{-1} = 0,3$$

$$K_m(\text{tabla}) = 0,22$$

$$P_m = K_m \cdot P_0 = 0,22 \cdot 0,66 = 0,145$$

9.5 Extent of Design Ice Load

In a vertical direction, the design ice pressure is considered to be uniformly distributed on the side structure. The vertical extent of the design ice pressure is to be obtained from the following equations:

- For the bow

$$b_b = 0.61 + b_o F_{b1} \quad \text{m}$$

$$b_b = 2 + b_o F_{b1} \quad \text{ft}$$

- For the intermediate area

$$b_i = 0.61 + 0.7b_o \quad \text{m}$$

$$b_i = 2 + 0.7b_o \quad \text{ft}$$

- For the midbody

$$b_m = 0.65 + 0.5b_o \quad \text{m}$$

$$b_m = 2.13 + 0.5b_o \quad \text{ft}$$

- For the stern

$$b_s = b_i$$

$$b_o = R (N/k)^{0.25} (D/n)^{0.2}$$

where b_b , b_i , b_m and b_s are the vertical extent of the design ice pressure, in m (ft)

R = coefficient, as given in 6-1-1/Table 6

F_{b1} = coefficient, as given in 6-1-1/9.1

For A1 to C0 ice class vessels fitted with bulbous bows, the extent b_b within the bulbous area of the ice belt is to be 30% more.

**TABLE 6
Extent of Ice Load Coefficients**

Ice Class	R, m (ft)
A5	0.040 (0.131)
A4	0.038 (0.125)
A3	0.035 (0.115)
A2	0.030 (0.098)
A1	0.025 (0.082)
A0	0.020 (0.066)
B0	0
C0	0
D0	0

Como $R = 0$, entonces $b_o = 0$, por lo que para las zonas de proa y la zona central se tendrá:

$$b_b = 0,61 \text{ m}$$

$$b_m = 0,65 \text{ m}$$

4.3.- Dimensionamiento del cinturón de hielo

13.1 Ice Belt with Transverse Framing

The thickness of the ice belt shell plating is to be not less than that obtained from the following equation:

$$t = 0.60s (P/Y)^{1/2} + Ct_0 \text{ mm}$$

$$t = 0.60s (P/Y)^{1/2} + Ct_0 \text{ in.}$$

where

- t = thickness of the shell plating, in mm (in.)
- s = distance measured along the shell between adjacent frames, in mm (in.)
- P = design ice pressure in appropriate region, as given in 6-1-1/9, in N/mm² (kgf/mm², ksi)
- Y = minimum yield strength of the material, in N/mm² (kgf/mm², ksi)
- C = 1 for the bow, intermediate and lower intermediate areas
= 0.80 for the midbody and lower midbody areas
= 0.65 for the stern area
= 0.50 for the upper area
- t_0 = as given in 6-1-1/Table 7

In no case is the thickness of the bow, intermediate, mid and stern areas of the ice belt plating to be less than given in 6-1-1/Table 7.

TABLE 7
Minimum Thickness and Abrasion Allowance of Ice Belt Plating

Ice Class	Minimum Thickness	t_0 ,* mm (in.)
A5	22 (0.87)	6 (0.236)
A4	20 (0.79)	6 (0.236)
A3	18 (0.71)	6 (0.236)
A2	16 (0.63)	5 (0.20)
A1	14 (0.55)	4 (0.16)
A0	12 (0.47)	3 (0.118)
B0	10 (0.39)	3 (0.118)
C0	8 (0.315)	3 (0.118)
D0	8 (0.315)	1 (0.04)

* Values of t_0 may be reduced down to $0.3t_0$, if an abrasive-resistant coating is used for the ice belt plating. Special approval of this will be based on necessary evidence including submission of results of operational experience in ice.

4.3.1.- Proa

$s = 250$ mm (valor que se justificará más adelante, ya que en las zonas de proa se necesitarán refuerzos intermedios entre cuadernas)

$Y = 235$ N/mm², ya que el acero utilizado es acero convencional

$C = 1$

$t_0 = 3$

$$P = 0,66$$

$$t = 0,6 * 250 * \left(\frac{0,66}{235}\right)^{0,5} + 1 * 3 = 10,94 \text{ mm}$$

Por lo que el espesor del cinturón de hielo en la zona de proa sería de:

$$t = 11 \text{ mm}$$

4.3.2.- Zona central

$$s = 500 \text{ mm}$$

$Y = 235 \text{ N/mm}^2$, ya que el acero utilizado es acero convencional

$$C = 1$$

$$t_0 = 3$$

$$P = 0,145$$

$$t = 0,6 * 500 * \left(\frac{0,145}{235}\right)^{0,5} + 0,8 * 3 = 9,85 \text{ mm}$$

Por lo que el espesor del cinturón de hielo en la zona de central sería de:

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

4.4.- Separación de refuerzos en el cinturón de hielo

15.3 Ice Belt Frame Spacing

Except for the midbody and stern areas of ice class C0, spacing between any adjacent frames measured along the centerline is in general not to exceed one half of the standard frame spacing defined in 6-1-1/15.1.3. A larger spacing between any adjacent frames may be approved if the intermediate frames have end fixity similar to that of the main frames. In no case is the spacing between any adjacent frames measured along side plating to exceed 0.75 of the standard frame spacing given in 6-1-1/15.1.3.

El reglamento obliga a que no haya un espacio superior, en las zonas de proa de la clase C0, a la mitad del espaciado máximo definido en el Cuaderno 4. Como se escogió un espacio de 500 mm entre cuadernas, lo más lógico, para situar un refuerzo intermedio entre cuadernas, será situarlo justo a la mitad de distancia entre ambas. Esto es, a 250 mm de cada una.

Estos nuevos refuerzos serán los refuerzos intermedios que define el reglamento.

15 Transverse Framing

15.1 Definitions

15.1.1 Main Frames

Main Frames are the hold, tween deck and peak frames referred to in Section 3-2-5.

15.1.2 Intermediate Frames

Intermediate Frames are the additional frames fitted within the ice belt between the main frames, to comply with 6-1-1/15.3.

15.1.3 Standard Frame Spacing

Standard Frame Spacing is the frame spacing specified by 3-2-5/1.7 and is measured along the centerline.

4.5.- Estructura de cubierta

23 Ice Decks (2012)

23.1 General

The following requirements apply to decks or parts of decks situated within the ice belt. For vessels not having decks in the ice belt, the following requirements apply also to decks or parts of decks above and below the ice belt to which the main and intermediate frames extend. Where there are three or more decks within the ice belt, the deck or parts of the deck situated within the upper area of the ice belt, defined in 6-1-5/7, need not comply with these requirements.

El reglamento establece que deberán cumplir este apartado las cubiertas que estén entre el cinturón o, en caso de que no haya, las que se encuentren por encima o por debajo, a las cuales lleguen los refuerzos que actúan sobre el cinturón. Por lo que afectará a la cubierta principal y a la cubierta de doble fondo.

Para la zona central se tiene:

23.3 Deck Plating

The thickness of the stringer plate is to be not less than:

$$t = k(s^2 b P)^{1/3} \quad \text{mm (in.)}$$

where

$$k = 0.12 \quad (0.257, 0.0523)$$

$$s = \text{distance between the deck beams, in mm (in.)}$$

$$b = \text{as defined in 6-1-5/9.5, in m (ft), for the particular area of the ice belt}$$

$$P = \text{as defined in 6-1-5/9.1 or 6-1-5/9.3, for the particular area of the ice belt}$$

The width of the stringer plate is to be not less than four times the main frame depth for **A0** ice class. For ice class **A0**, the thickness of the deck plating is to be not less than 0.75 times the required thickness of the stringer plate.

Siendo:

$$k = 0,12$$

s = (separación entre baos) 500 mm

b = 0,65 m

P = 0,145 N/mm²

$$t = 0,12 * (500^2 * 0,65 * 0,145)^{\frac{1}{3}} = 3,44 \text{ mm}$$

Para la zona de proa, siendo:

k = 0,12

s = (separación entre baos transversales) 250 mm

b = 0,61 m

P = 0,66 N/mm²

$$t = 0,12 * (250^2 * 0,61 * 0,66)^{\frac{1}{3}} = 3,52 \text{ mm}$$

Cabe destacar que ambas cubiertas se han diseñado con espesores mayores a los calculados en este apartado.

4.6.- Refuerzos de costado

4.6.1.- Refuerzos transversales principales (cuadernas) e intermedios (cuadernas intermedias)

En cuanto al módulo de las cuadernas y cuadernas intermedias no será menor de lo que se calculará a continuación.

13.5 Main and Intermediate Frames

13.5.1 Section Modulus (2015)

The section modulus, SM , of each transverse main and intermediate frame in association with the width of plating, s , to which it is attached is to be not less than that obtained from the following equation:

$$SM = Ks\ell b(P/Y) \quad \text{cm}^3$$

$$SM = 0.144Ks\ell b(P/Y) \quad \text{in}^3$$

where

$$K = (160 - 100b/\ell)K_1K_2$$

s = distance between adjacent frames, in mm (in.), measured along the lowest ice waterline in way of the compartment being considered

ℓ = span of the main frame, in m (ft), measured along the frame between decks or between deck and inner bottom

b = vertical extent of the design ice pressure, as defined in 6-1-5/9.5, in m (ft)

P = the design ice pressure, as defined in 6-1-5/9

Y = minimum yield strength of the material, in N/mm^2 (kgf/mm^2 , ksi)

For framing system with supporting stringers in accordance with 6-1-5/13.9, coefficient K_1 is to be obtained from the equation:

$$K_1 = 2/(3 + j)$$

where j = number of the supporting stringers.

For framing system without supporting stringers, coefficient K_1 is to be as given in 6-1-5/Table 8a.

$K_2 = 1.1$ for the midship area of the ice belt for ice classes A0 through C0

$= 1$ elsewhere

The web thickness, t , of the main and intermediate frames is to be not less than:

$$t = 0.013h + 6 \text{ mm}$$

$$t = 0.013h + 0.24 \text{ in.}$$

where h is the depth of the main and intermediate frame, in mm (in.).

In no case is the web thickness t to be less than the following:

Ice class A0 9 mm (0.35 in.)

Ice class B0 8.5 mm (0.34 in.)

Ice class C0, D0 and E0 8.0 mm (0.31 in.)

Para la zona central:

$$s = 500 \text{ mm}$$

$$l = 3,8 \text{ m}$$

$$b = 0,65 \text{ m}$$

$$P = 0,145 \text{ N/mm}^2$$

$$Y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$K (\text{con palmejares}) = (160 - 100 \cdot b/l) \cdot K_1 \cdot K_2 = 71,97$$

$$K_1 = 2/(3+1) = 0,5$$

$$K_2 = 1,1$$

$$h = 3,43 \text{ m}$$

$$SM = 71,97 * 500 * 3,8 * 0,65 * \left(\frac{0,33}{235}\right) = 55 \text{ cm}^3$$

$$t = 0,013 * 3,43 + 6 = 6,04 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

Para la zona de proa se utilizan los mismos valores excepto:

$$s = 250 \text{ mm}$$

$$b = 0,61 \text{ m}$$

$$P = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$K_2 = 1$$

$$SM = 71,97 * 250 * 3,8 * 0,61 * \left(\frac{0,66}{235}\right) = 119 \text{ cm}^3$$

$$t = 0,013 * 3,43 + 6 = 6,04 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

Habrá que utilizar el mismo perfil anteriormente empleado, pero con un espesor de, al menos, 8 mm. Por consiguiente, también los baos se utilizarán de 8 mm de espesor.

4.6.3.- Palmejar contra hielo

Se dispone la necesidad de llevar palmejares para la clase C0, al menos en la zona proa. Como ya se ha dispuesto en el escantillonado general, la existencia de un palmejar para toda la eslora del buque, se aprovecha para cumplir los criterios de hielo. Deberá tener, como mínimo, el módulo que exija este apartado.

13.9 Ice Stringers

13.9.1 Arrangements (2015)

Deep continuous or intercostal stringers are to be fitted in the bow area of the ice belt for ice class C0, D0 and E0 vessels and within the ice belt throughout the entire length of the vessel for ice class A0 and B0 vessels.

The spacing between adjacent stringers or between the stringer and a deck or the double bottom measured along the shell is to be not more than indicated in 6-1-5/Table 9. One of the ice stringers is to be fitted about 200 to 400 mm (8 to 16 in.) below the upper ice waterline, if there is no deck in this area. For ice class A0, another stringer is to be fitted about 100 to 300 mm (4 to 12 in.) below the lower ice waterline, if there is no deck or similar support in this area.

TABLE 9
Maximum Stringer Spacing, m (ft) (2015)

Ice Class	For Framing without Web Frames	System with Web Frames
A0 through E0	1.5 (5)	2.7 (9)

13.9.2 Scantlings and Connections (2014)

Where ice stringers are intercostal, the following criteria shall be met,

- i) The intercostal stringers shall be fitted between frames and their scantlings are to be not less than those for main frames.
- ii) The intercostal stringers are to be welded to the main and intermediate frames
- iii) The web plate and the flange, or face, of intercostal ice stringers are to be attached to those of the main and intermediate frames.
- iv) The intercostal stringers are to be bracketed to the bulkheads, side transverses, or web frames

Como dice en el reglamento, los palmejes no tendrán menor escantillonado que las cuadernas. Por lo que se utilizará un perfil llanta bulbo de 160*8 mm, como se utilizó para las cuadernas. Y como se dotó el buque de los mamparos que suplirían a las bulárcamas, se colocará un solo palmejar.

4.7.- Refuerzos de cubierta

Se diferenciará entre la zona de proa y la central.

25.5.3 Scantlings

The sectional area of the beams and deck transverses is to be not less than:

$$A = K_1 s b (P/Y) \cos \beta \quad \text{cm}^2$$

$$A = 1.2 K_1 s b (P/Y) \cos \beta \quad \text{in}^2$$

The moment of inertia of the beams is to be not less than:

$$MI = k K_2 s \ell^2 b P \cos \beta \quad \text{cm}^4 \text{ (in}^4\text{)}$$

where

$$k = 1.0 \text{ (9.81, 0.1191)}$$

$$P = \text{as defined in 6-1-1/9.1 or 6-1-1/9.3, in N/mm}^2 \text{ (kgf/mm}^2\text{, ksi), for the particular area of the ice belt}$$

$$b = \text{as defined in 6-1-1/9.5, in m (ft), for the particular area of the ice belt}$$

$$s = \text{distance between the beams, in mm (in.)}$$

$$\ell = \text{the span of the beam, measured in m (ft), between the inboard edge of the frame and the deck longitudinal or deck girder supporting the beam}$$

$$Y = \text{as defined in 6-1-1/13.1}$$

$$\beta = \text{as defined in 6-1-1/9.1 and 6-1-1/9.3, in degrees, for the particular area of the ice belt}$$

$$K_1 = 8.5 \text{ for ice classes A5 to A1}$$

$$= 6.6 \text{ for ice classes A0, B0, C0 and D0}$$

$$K_2 = 0.24 \text{ for ice classes A5 to A1}$$

$$= 0.13 \text{ for ice classes A0, B0, C0 and D0}$$

Para la zona central:

$$K_1 = 6,6$$

$$s = 500 \text{ mm}$$

$$b = 0,65 \text{ m}$$

$$P = 0,145 \text{ N/mm}^2$$

$$Y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 67^\circ$$

$$A = 6,6 * 500 * 0,65 * \frac{0,145}{235} * \cos(67) = 0,52 \text{ cm}^2$$

$$k = 1$$

$$K_2 = 0,13$$

$$l = 2,5 \text{ m}$$

$$MI = 1 * 0,13 * 500 * 2,5^2 * 0,65 * 0,145 * \cos(67) = 15 \text{ cm}^4$$

Para la zona de proa:

$$K_1 = 6,6$$

$$s = 500 \text{ mm}$$

$$b = 0,61 \text{ m}$$

$$P = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$Y = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 67^\circ$$

$$A = 6,6 * 500 * 0,62 * \frac{0,66}{235} * \cos(67) = 2,24 \text{ cm}^2$$

$$k = 1$$

$$K_2 = 0,13$$

$$l = 2,5 \text{ m}$$

$$MI = 1 * 0,13 * 500 * 2,5^2 * 0,61 * 0,66 * \cos(67) = 64 \text{ cm}^4$$

Los baos de cubierta tienen una sección de $14,58 \text{ cm}^2$ y una inercia de 371 cm^4 , por lo tanto, cumplen con este apartado. Tanto esloras como baos fuertes tienen mayor área e inercia, por lo que también cumplen.

5.- Resistencia longitudinal

A continuación, se llevará a cabo el cálculo de la resistencia longitudinal, para poder evaluar el módulo de la cuaderna maestra.

5.1.- Distribución del peso en rosca

Para el cálculo de la resistencia longitudinal de un buque, lo primero es distribuir el peso en rosca. El peso en rosca, obtenido en el Cuaderno 2 es el siguiente:

	Peso	XG	KG	XG*Peso	KG*Peso
Aceros	392,37	0,00	2,52	0,00	988,77
Reforzado por hielo	7,85	0,00	2,52	0,00	19,78
Tecles	6,02	0,00	4,25	0,00	25,59
Tanques no estructurales	20,37	0,00	4,25	0,00	86,57
Motores propulsores	34,10	0,00	3,53	0,00	120,37
Motores generadores	33,80	0,00	3,53	0,00	119,31
diesel electrico	216,20	0,00	3,53	0,00	763,19
Hélices	1,40	0,00	3,53	0,00	4,94
Grupos generadores emergencia	2,40	-5,00	3,53	-12,00	8,47
C.I. Cámara de máquinas	2,25	0,00	3,53	0,00	7,94
Generador agua dulce	3,51	5,00	3,53	17,55	12,39
Instalación eléctrica	28,40	0,00	3,53	0,00	100,25
Rampas de popa/proa	29,07	0,00	5,98	0,00	173,84
Amarre y fondeo	56,00	0,00	4,73	0,00	264,88
Pintura y protección catódica	3,14	0,00	5,44	0,00	17,08
Equipo de navegación	4,00	0,00	14,23	0,00	56,92
Equipos de salvamento	46,60	0,00	10,73	0,00	500,02
Habilitación	148,09	0,58	11,95	85,89	1769,68
Aire acondicionado	13,34	0,58	11,95	7,74	159,41
Tuberías y bombas	39,86	0,00	4,25	0,00	169,41
Chimenea	3,69	0,00	6,43	0,00	23,73
C.I. para carga(mangueras)	2,00	0,00	4,73	0,00	9,46
TOTAL	1094,46			0,09	4,94
Margen	54,72	1,00	0,50	-0,41 ; 0,59	4,69 ; 5,19
TOTAL CON MARGEN	1149,18				

Cada peso se distribuirá en su zona de influencia, para lo que habrá que echar mano del Cuaderno 2. Los pesos que no sean distribuidos se tratarán como cargas puntuales.

Antes de introducir los datos en el programa *Maxsurf*, será necesario calcular el peso de los mamparos transversales, que actúan como cargas puntuales y producen variaciones importantes en la curva de esfuerzos cortantes. El valor del área de los mamparos se calcula tomando la curva de áreas del buque con un calado igual al puntal, para tener en cuenta toda la superficie que ocupa el mamparo. Como se sabe la situación longitudinal de cada mamparo transversal, simplemente se buscará el área y se multiplicará por la densidad del acero ($7,85 \text{ t/m}^3$) y por el espesor de cada mamparo, obtenidos del

Cuaderno 8. Aquí se adjuntarán los cálculos de los mamparos de popa, los de proa serán iguales:

- Mamparo Fin de Cámara de Máquinas:

$$A * espesor * d = 63 * 0,02 * 7,85 = 9,89 t$$

- Mamparo Divisor Espacios Vacíos 1 y 2:

$$A * espesor * d = 52,57 * 0,02 * 7,85 = 8,25 t$$

- Mamparo Fin Tanque Compensación:

$$A * espesor * d = 33,297 * 0,02 * 7,85 = 5,23 t$$

- Mamparo Fin Local Hélice Popa:

$$A * espesor * d = 25,886 * 0,02 * 7,85 = 4,06 t$$

- Mamparo Pique Popa:

$$A * espesor * d = 16,235 * 0,02 * 7,85 = 2,50 t$$

Cabe destacar que el KG de todos los mamparos será el calculado en el Cuaderno 2 como KG del acero, que es 2,52 m.

Además, los tanques de LNG:

$$\begin{aligned} & \text{Tanque} + 2 * \text{Tapa} \\ & = (1,02^2 * \pi * 8 * 7,85 - 1^2 * \pi * 8 * 7,85) + 2 * (1,02^2 * \pi * 0,02 \\ & * 7,85) = 9 t \end{aligned}$$

A continuación, se adjuntan los pesos que se introducen en *Maxsurf*.

Item Name	Quantity	Unit Mass	Total Mass	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Trans. Arm	Vert. Arm
Tecles	1	6,02	6,02	0	-6	6	0	4,25
Tanques no estructurales	1	20,37	20,37	-5	-6	-4	0	4,25
Motores generadores	2	16,9	33,8	0	-2,7	2,7	0	3,53
Motor propulsor proa	1	17,05	17,05	25	23,8	26,2	0	3,53
Motor propulsor popa	1	17,05	17,05	-25	-26,2	-23,8	0	3,53
diesel electrico	1	216,2	216,2	0	-30,5	30,5	0	3,53
Hélice PR	1	0,7	0,7	25	24,8	25,2	0	3,53
Hélice PP	1	0,7	0,7	-25	-25,2	-24,8	0	3,53
Grupos generadores emergencia	1	2,4	2,4	7,5	7	8	0	3,53
C.I. Cámara de máquinas	1	2,25	2,25	0	-6	6	0	3,53
Generador agua dulce	1	3,51	3,51	5	4,5	5,5	0	3,53
Instalación eléctrica	1	28,4	28,4	0	-30,5	30,5	0	3,53
Rampa PR	1	14,535	14,535	30,4	30,3	30,5	0	5,98
Rampa PP	1	14,535	14,535	-30,4	-30,5	-30,3	0	5,98
Amarre y fondeo PR	1	28	28	29	28	30	0	4,73
Amarre y fondeo PP	1	28	28	-29	-30	-28	0	4,73
Pintura y protección catódica	1	3,14	3,14	0	-30,5	30,5	0	5,44
Equipo de navegación	2	2	4	0	-6	6	0	13,73
Equipos de salvamento	1	46,6	46,6	0	-20	20	0	11,73
Habilitación	1	148,09	148,09	0,58	-20	20	0	11,95
Aire acondicionado	1	13,34	13,34	0,58	-20	20	0	11,95
Tuberías y bombas	1	39,86	39,86	0	-30,5	30,5	0	4,25
Chimenea	1	3,69	3,69	0	-6	6	0	6,43
C.I. para carga(mangueras)	1	2	2	0	-30,5	30,5	0	6
Total equipos			694,24	-0,04			0	6,396

Los tecles (el grueso está en cámara de máquinas), los equipos contra incendios en cámara de máquinas y la chimenea se distribuyen por el espacio de cámara de máquinas.

Tanto tanques no estructurales como motores generadores o el generador de agua dulce se distribuyen en su situación dentro de cámara de máquinas.

Los motores propulsores, las hélices, las rampas y los equipos de amarre y fondeo se distribuyen en la zona en la que se localizan.

Todo el cableado perteneciente a la propulsión diésel eléctrica, demás instalación eléctrica, las tuberías y bombas, la pintura y los equipos contra incendios para la carga, se distribuyen a lo largo de todo el buque.

La habilitación y el aire acondicionado se distribuyen desde el inicio hasta el fin de la zona de pasajeros. Los equipos de salvamento también se distribuyen de la misma forma.

Por último, el equipo de navegación se distribuye en el puente y el generador de emergencia se sitúa fuera de cámara de máquinas.

Posteriormente, se adjunta la distribución de mamparos:

Item Name	Quantity	Unit Mass	Total Mass	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Trans. Arm	Vert. Arm
Mamparo pique de PR	1	2,5	2,5	27	27	27	0	2,52
Mamparo pique de PP	1	2,5	2,5	-27	-27	-27	0	2,52
Mamparo local hélice PR	1	4,06	4,06	23	23	23	0	2,52
Mamparo local hélice PP	1	4,06	4,06	-23	-23	-23	0	2,52
Mamparo T.Compensación PR	1	5,23	5,23	20	20	20	0	2,52
Mamparo T.Compensación PP	1	5,23	5,23	-20	-20	-20	0	2,52
Mamparo división espacio vacío	1	8,25	8,25	12	12	12	0	2,52
Mamparo división espacio vacío	1	8,25	8,25	-12	-12	-12	0	2,52
Mamparo CM PP	1	9,89	9,89	6	6	6	0	2,52
Mamparo CM PP	1	9,89	9,89	-6	-6	-6	0	2,52
Tanques LNG PR	1	9	9	21	20	22	0	10,73
Tanques LNG BR	1	9	9	-21	-22	-20	0	10,73
Total Mamparos			77,86	0			0	4,418

Por último, quedaría por distribuir el peso de aceros. Para hallar el total del peso continuo es necesario restarle al Peso de total de aceros (Peso de aceros + Reforzado por hielo) obtenidos en el Cuaderno 2, el peso total de los mamparos.

$$\begin{aligned} \text{Peso continuo} &= \text{Peso total de aceros} - \text{Peso mamparos} \\ &= 392,37 + 7,85 - 77,86 = 322,36 \text{ t} \end{aligned}$$

El peso continuo es igual a la integral del área por la distribución lineal de peso:

$$\text{Peso continuo} = \int A * W$$

Tenemos Peso continuo y A (obtenidas de *Maxsurf*), por lo que tenemos que calcular W, que es igual a 8,24 t/m.

Este cálculo se realiza mediante una plantilla de *Excel*:

W	8,24	t/m		
Am	66,268	m ²		
X (m)	Area (m²)	A/Am	dx (m)	dW (t)
-30,4999	0,0015	0,0000	0,6489	0
-29,8510	7,4679	0,1127	0,6489	0,602363968
-29,2021	10,8854	0,1643	1,2979	1,756033023
-27,9042	14,2654	0,2153	1,2979	2,301297894
-26,6063	17,3689	0,2621	1,2979	2,80194904
-25,3085	20,5088	0,3095	1,2979	3,308478069
-24,0106	23,5595	0,3555	1,2979	3,800618752
-22,7127	26,7150	0,4031	1,2979	4,309656919
-21,4149	29,8111	0,4499	1,2979	4,809120755
-20,1170	33,0529	0,4988	1,2979	5,332093408
-18,8191	36,3487	0,5485	1,2979	5,863770564
-17,5213	39,4531	0,5954	1,2979	6,364566575
-16,2234	42,4785	0,6410	1,2979	6,852620293
-14,9255	45,5353	0,6871	1,2979	7,345756147
-13,6276	48,6483	0,7341	1,2979	7,847939993
-12,3298	51,7085	0,7803	1,2979	8,34159843
-11,0319	54,5692	0,8235	1,2979	8,803091403
-9,7340	57,1663	0,8627	1,2979	9,222067897
-8,4362	59,4960	0,8978	1,2979	9,59787634
-7,1383	61,5066	0,9281	1,2979	9,922238526
-5,8404	63,1449	0,9529	1,2979	10,1865223
-4,5425	64,4229	0,9722	1,2979	10,3926808
-3,2447	65,3083	0,9855	1,2979	10,53552855
-1,9468	65,8907	0,9943	1,2979	10,62947965
-0,6489	66,2681	1,0000	1,2979	10,69035596
0,6489	66,2681	1,0000	1,2979	10,6903642
1,9468	65,8907	0,9943	1,2979	10,62947965
3,2447	65,3083	0,9855	1,2979	10,53552043
4,5425	64,4229	0,9722	1,2979	10,39268881
5,8404	63,1449	0,9529	1,2979	10,1865223
7,1383	61,5066	0,9281	1,2979	9,922238526
8,4362	59,4960	0,8978	1,2979	9,59787634
9,7340	57,1663	0,8627	1,2979	9,222067897
11,0319	54,5692	0,8235	1,2979	8,803091403
12,3298	51,7085	0,7803	1,2979	8,34159843
13,6276	48,6483	0,7341	1,2979	7,847939993
14,9255	45,5353	0,6871	1,2979	7,345756147
16,2234	42,4785	0,6410	1,2979	6,852620293
17,5213	39,4531	0,5954	1,2979	6,364566575
18,8191	36,3487	0,5485	1,2979	5,863770564
20,1170	33,0529	0,4988	1,2979	5,332089299
21,4149	29,8111	0,4499	1,2979	4,80912446
22,7127	26,7150	0,4031	1,2979	4,309656919
24,0106	23,5595	0,3555	1,2979	3,800615823
25,3085	20,5088	0,3095	1,2979	3,308480618
26,6063	17,3689	0,2621	1,2979	2,80194904
27,9042	14,2654	0,2153	1,2979	2,301296121
29,2021	10,8854	0,1643	0,6489	0,878017864
29,8510	7,4679	0,1127	0,6489	0,602363039
30,5000	0,0007	0,0000		
			Pc total	322,36

Se introducen en *Maxsurf* junto con los valores de *Aft extent*, *Forward extent* y *Longitudinal Arm*. Estos valores se calculan como sigue:

-Peso es cada *dW*.

-*Aft extent* será la posición de esa sección.

-*Forward extent* será la posición de la siguiente sección.

-*Longitudinal Arm* será el punto de aplicación del peso, el punto medio entre el *Aft extent* y el *Forward extent*”.

item name	quant	unit mass	long. arm	aft limit	fw limit	trans. arm	vert. Arm
PC1	1	-	30,175	- 30,500	- 29,851	0	2,52
PC2	1	0,602	- 29,527	- 29,851	- 29,202	0	2,52
PC3	1	1,756	- 28,553	- 29,202	- 27,904	0	2,52
PC4	1	2,301	- 27,255	- 27,904	- 26,606	0	2,52
PC5	1	2,802	- 25,957	- 26,606	- 25,308	0	2,52
PC6	1	3,308	- 24,660	- 25,308	- 24,011	0	2,52
PC7	1	3,801	- 23,362	- 24,011	- 22,713	0	2,52
PC8	1	4,310	- 22,064	- 22,713	- 21,415	0	2,52
PC9	1	4,809	- 20,766	- 21,415	- 20,117	0	2,52
PC10	1	5,332	- 19,468	- 20,117	- 18,819	0	2,52
PC11	1	5,864	- 18,170	- 18,819	- 17,521	0	2,52
PC12	1	6,365	- 16,872	- 17,521	- 16,223	0	2,52
PC13	1	6,853	- 15,574	- 16,223	- 14,926	0	2,52
PC14	1	7,346	- 14,277	- 14,926	- 13,628	0	2,52
PC15	1	7,848	- 12,979	- 13,628	- 12,330	0	2,52
PC16	1	8,342	- 11,681	- 12,330	- 11,032	0	2,52
PC17	1	8,803	- 10,383	- 11,032	- 9,734	0	2,52
PC18	1	9,222	- 9,085	- 9,734	- 8,436	0	2,52
PC19	1	9,598	- 7,787	- 8,436	- 7,138	0	2,52
PC20	1	9,922	- 6,489	- 7,138	- 5,840	0	2,52
PC21	1	10,187	- 5,191	- 5,840	- 4,543	0	2,52
PC22	1	10,393	- 3,894	- 4,543	- 3,245	0	2,52
PC23	1	10,536	- 2,596	- 3,245	- 1,947	0	2,52
PC24	1	10,629	- 1,298	- 1,947	- 0,649	0	2,52
PC25	1	10,690	-	- 0,649	0,649	0	2,52
PC26	1	10,690	1,298	0,649	1,947	0	2,52
PC27	1	10,629	2,596	1,947	3,245	0	2,52
PC28	1	10,536	3,894	3,245	4,543	0	2,52
PC29	1	10,393	5,191	4,543	5,840	0	2,52
PC30	1	10,187	6,489	5,840	7,138	0	2,52
PC31	1	9,922	7,787	7,138	8,436	0	2,52
PC32	1	9,598	9,085	8,436	9,734	0	2,52
PC33	1	9,222	10,383	9,734	11,032	0	2,52
PC34	1	8,803	11,681	11,032	12,330	0	2,52
PC35	1	8,342	12,979	12,330	13,628	0	2,52
PC36	1	7,848	14,277	13,628	14,926	0	2,52
PC37	1	7,346	15,574	14,926	16,223	0	2,52
PC38	1	6,853	16,872	16,223	17,521	0	2,52
PC39	1	6,365	18,170	17,521	18,819	0	2,52
PC40	1	5,864	19,468	18,819	20,117	0	2,52
PC41	1	5,332	20,766	20,117	21,415	0	2,52
PC42	1	4,809	22,064	21,415	22,713	0	2,52
PC43	1	4,310	23,362	22,713	24,011	0	2,52
PC44	1	3,801	24,660	24,011	25,308	0	2,52
PC45	1	3,308	25,957	25,308	26,606	0	2,52
PC46	1	2,802	27,255	26,606	27,904	0	2,52
PC47	1	2,301	28,553	27,904	29,202	0	2,52
PC48	1	0,878	29,527	29,202	29,851	0	2,52
PC49	1	0,602	30,175	29,851	30,500	0	2,52

5.2.- Distribución de la carga

Para este apartado se utilizan las distribuciones establecidas en el Cuaderno 1.

Para la situación de carga en la que el buque va lleno de coches, se sigue la siguiente distribución:

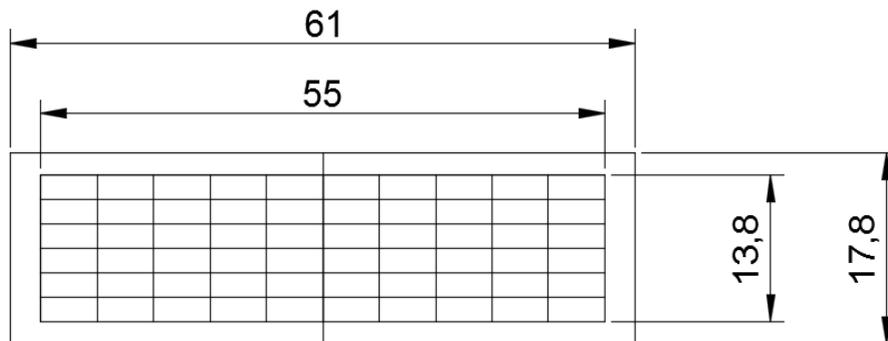


Figura 7.- Distribución coches en cubierta.

El brazo longitudinal será igual a cero.

Para la situación de carga en la que se lleva el buque lleno de coches y camiones (24 y 6 respectivamente) se establece la siguiente distribución:

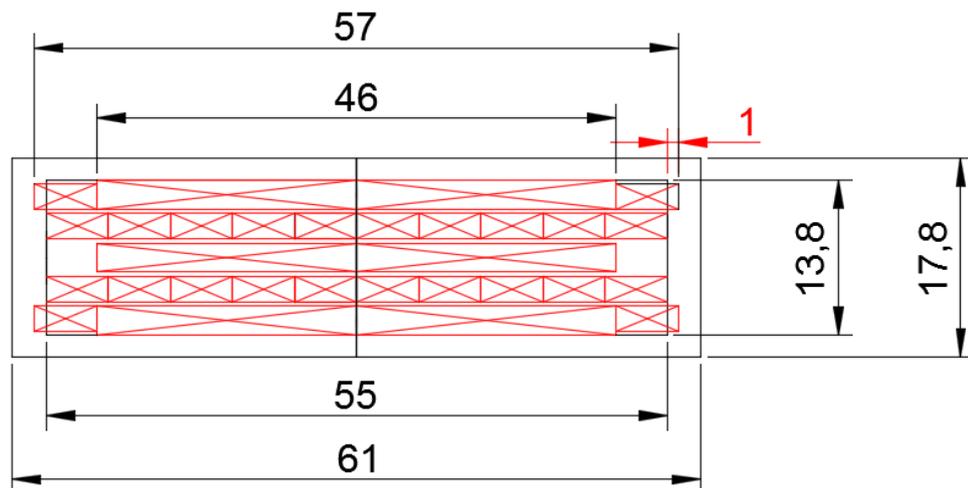


Figura 8.- Distribución coches y camiones en cubierta.

La distribución es uniforme por toda la zona para los camiones. Para los coches sería uniforme sin contar los cuatro vehículos que sobresalen de los límites establecidos en la zona de carga. Como se comentó previamente en el Cuaderno 1, no todos los coches medirán 5,5 m de largo, por lo que se situarían en esas posiciones los más pequeños. En

cuanto a la distribución del peso, se supondrá que se distribuye uniformemente para simplicidad de los cálculos, ya que, a lo sumo, 5 toneladas para proa o popa (2,5 como máximo por cada coche), no supondrían una carga demasiado significativa cuando se tienen 216 toneladas de peso total de la carga.

Para todas las situaciones de carga intermedias se trataría de distribuir la carga lo más uniformemente posible, para evitar problemas en cuanto a la resistencia longitudinal y, lo que también es importante, para corregir los asientos del buque.

5.3.- Resistencia longitudinal para cada situación de carga

Se adjuntarán los pesos de cada situación de carga y sus distribuciones, los datos de momentos y fuerzas cortantes y la gráfica donde se muestran los mismos.

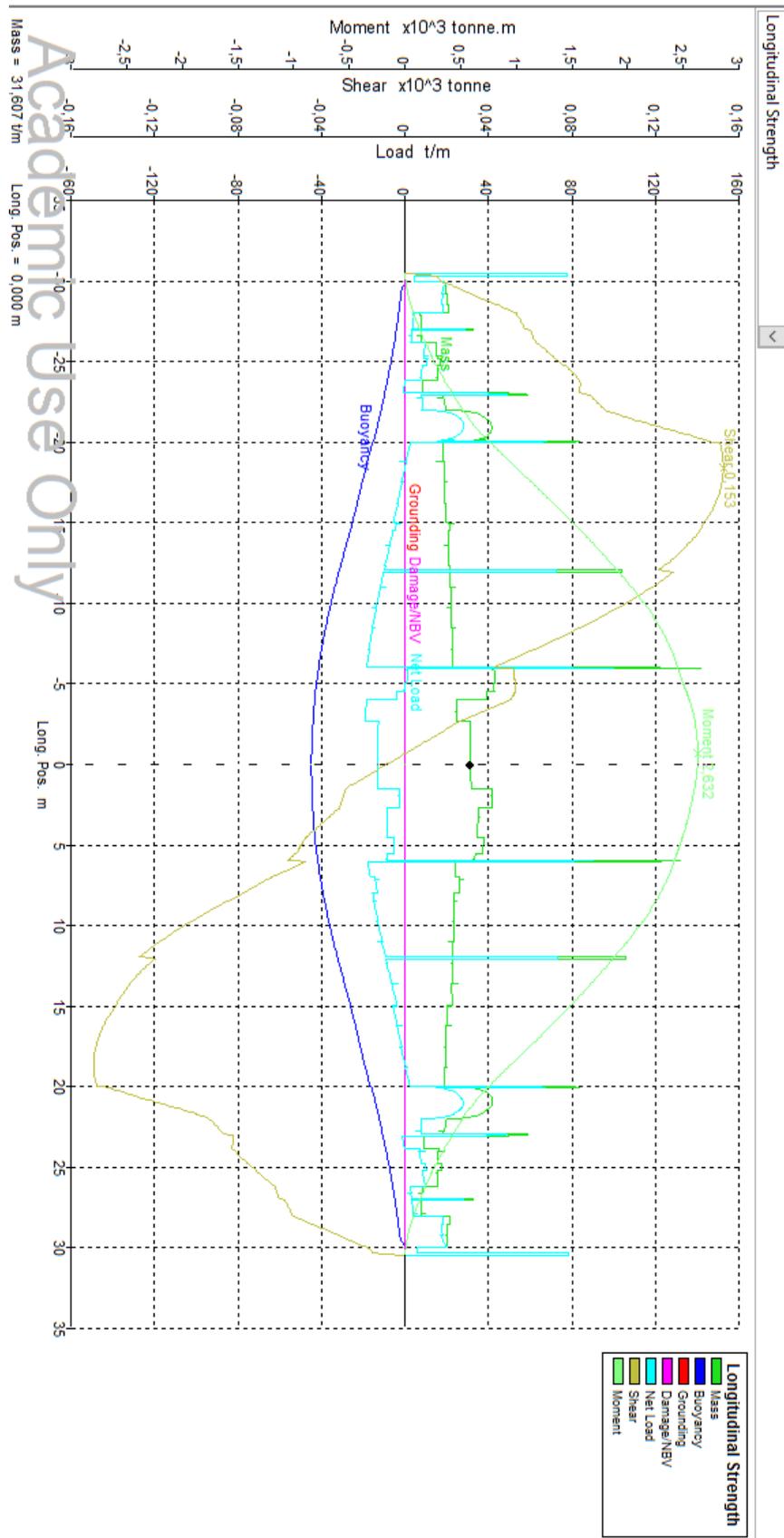
Las unidades de los datos obtenidos se medirán en:

- *Longitudinal Position* en m.
- *Mass* en t/m.
- *Buoyancy* en t/m.
- *Grounding* en t/m.
- *Damage/NBV* en t/m.
- *Net Load* en t/m.
- *Shear* en $t * 10^3$.
- *Moment* en $t * m * 10^3$.

5.3.1.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 1: Salida de puerto a plena carga, 100% de consumos

Item name	Quantity	Sounding	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volume	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Transv. Arm	Vert. Arm
Peso en rosca	1		1094,457	1094,457			0,235			0	5,114
Pasajeros	399		0,1	39,9			2,5	-15	15	0	10,43
Tripulación	7		0,1	0,7			0	-6	6	0	13,43
Maquinas expendedoras	2		0,2	0,4			-14,75	-15	-14,5	0	10,73
Total Pesos Fijos				1135,457			0,219			0	5,308
Hielo cubierta de carga	0		9,5	0			0	0	0	0	4,53
Hielo cubierta de pasajeros	0		5,77	0			0	0	0	0	9,73
Hielo cubierta del puente	0		12,24	0			0	0	0	0	12,73
Hielo cubierta encima puente	0		4,32	0			0	0	0	0	15,73
Hielo lateral	0		6,31	0			0	0	0	0	10,28
Total Hielo				0			0			0	0
Coches	24		2,5	60			0	-28,5	28,5	0	5,73
Camiones	6		26	156			0	-23	23	0	6,73
Total Carga				216			0			0	6,452
Diesel	100%	1,3	10,731	10,731	12,775	12,775	-5,234			0	0,9
Uso diario Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			0,5	1,65
Sedimentación Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			-0,5	1,65
Total Diesel Para Usar	100%		11,883	11,883	14,147	14,147	-5,259			0	0,973
Tanque de lodos	0%	0	0,621	0	0,739	0	-4,003			-2	0,38
Total Diesel Usado	0%		0,621	0	0,739	0	0			0	0
Almacen Aceite	100%	1,3	0,522	0,522	0,567	0,567	-4,249			-0,483	0,719
Total Aceite Para Usar	100%		0,522	0,522	0,567	0,567	-4,249			-0,483	0,719
Aceite sucio	0%	0	0,445	0	0,484	0	-4,003			-1	0,225
Total Aceite Usado	0%		0,445	0	0,484	0	0			0	0
Agua dulce	100%	1,3	42,085	42,085	42,085	42,085	3,656			0	0,879
Agua técnica	100%	1,3	1,459	1,459	1,459	1,459	-4,249			1,375	0,793
Total Agua Para Usar	100%		43,544	43,544	43,544	43,544	3,392			0,046	0,876
Aguas negras	0%	0	30,405	0	30,405	0	-0,02			0	0
Total Agua Sucia	0%		30,405	0	30,405	0	0			0	0
Tanque de comp. PR ER	50%	1,873	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			3,834	3,202
Tanque de comp. PR BR	50%	1,873	23,445	11,723	23,445	11,723	21,363			-3,834	3,202
Tanque de comp. PP ER	50%	1,879	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,36			3,834	3,202
Tanque de comp. PP BR	50%	1,879	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,36			-3,834	3,202
Total Agua Compensación	50%		93,78	46,89	93,78	46,89	0,001			0	3,202
Tanque LNG PR	100%	1,999	24,335	24,335	24,335	24,335	21,001			0,002	10,73
Tanque LNG PP	100%	1,999	24,335	24,335	24,335	24,335	-21,001			0,002	10,73
Total LNG	100%		48,669	48,669	48,669	48,669	0			0,002	10,73
Total Loadcase				1502,966	232,336	153,818	0,289			0,001	5,418

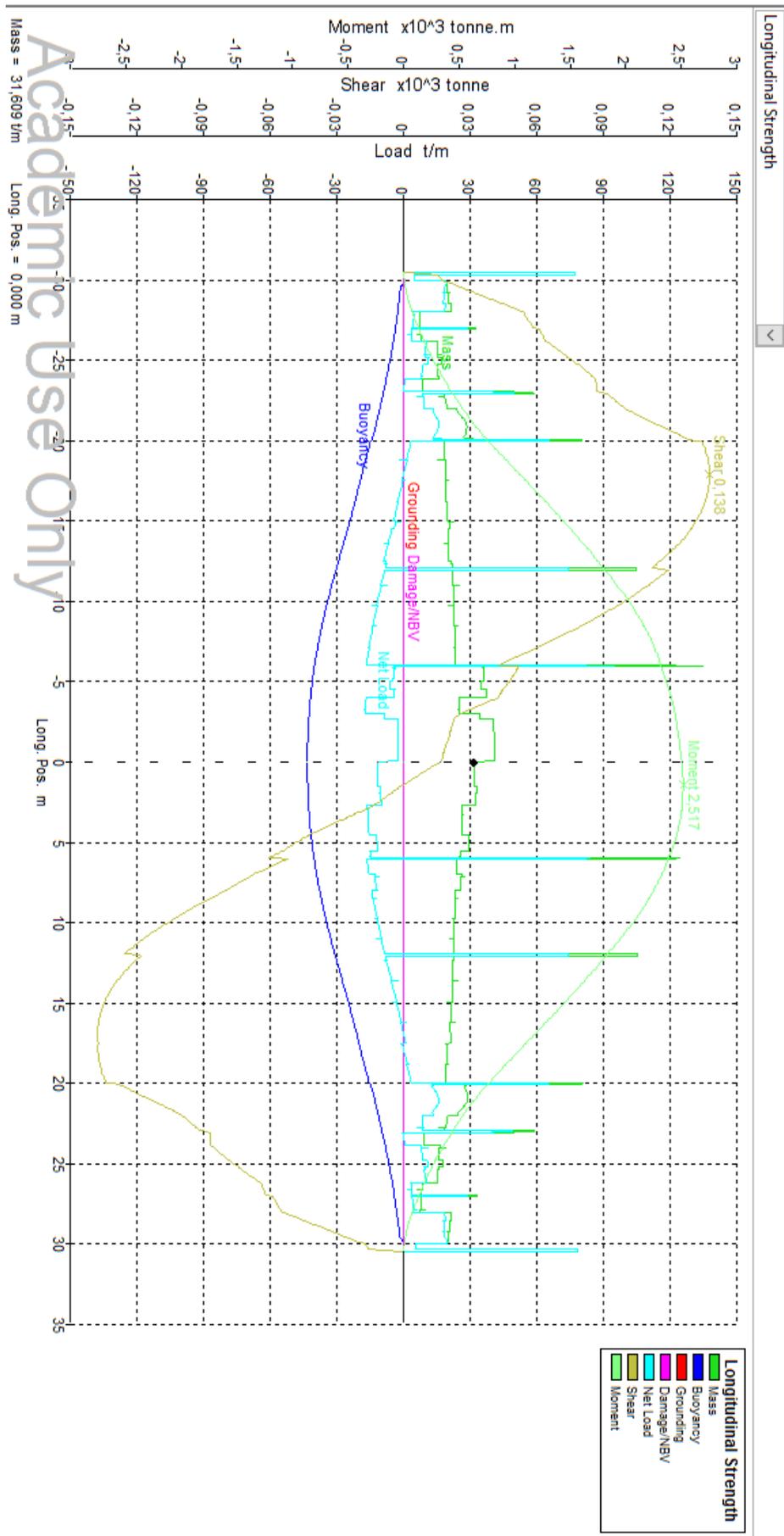
Name	Long. pos	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/NBV	Net Load	Shear	Moment
st -5	-30,5	25,081	0	0	0	25,081	0	0
st -4,75	-28,975	20,101	-2,1	0	0	18	0,036	0,034
st -4,5	-27,45	7,573	-3,58	0	0	3,993	0,056	0,107
st -4,25	-25,925	15,063	-5,405	0	0	9,659	0,065	0,199
st -4	-24,4	15,453	-7,537	0	0	7,916	0,079	0,309
st -3,75	-22,875	17,991	-9,963	0	0	8,028	0,089	0,436
st -3,5	-21,35	40,058	-12,544	0	0	27,514	0,111	0,584
st -3,25	-19,825	18,357	-16,019	0	0	2,337	0,151	0,785
st -3	-18,3	18,777	-18,977	0	0	-0,2	0,153	1,017
st -2,5	-15,25	19,561	-24,754	0	0	-5,193	0,145	1,474
st -2	-12,2	21,519	-31,158	0	0	-9,639	0,123	1,886
st -1,5	-9,15	22,356	-36,896	0	0	-14,54	0,094	2,232
st -1	-6,1	23,052	-41,273	0	0	-18,221	0,044	2,445
st -0,5	-3,05	25,07	-43,824	0	0	-18,754	0,033	2,594
st 0	0	31,607	-44,848	0	0	-13,241	-0,009	2,629
st 0,5	3,05	35,261	-44,009	0	0	-8,748	-0,034	2,554
st 1	6,1	23,885	-41,638	0	0	-17,752	-0,048	2,413
st 1,5	9,15	23,59	-37,437	0	0	-13,847	-0,094	2,193
st 2	12,2	23,134	-31,859	0	0	-8,725	-0,121	1,849
st 2,5	15,25	20,163	-25,595	0	0	-5,432	-0,14	1,447
st 3	18,3	19,429	-19,901	0	0	-0,472	-0,149	1,003
st 3,25	19,825	19,054	-16,958	0	0	2,097	-0,148	0,776
st 3,5	21,35	40,459	-13,478	0	0	26,981	-0,108	0,579
st 3,75	22,875	18,417	-10,866	0	0	7,551	-0,087	0,435
st 4	24,4	15,833	-8,392	0	0	7,441	-0,078	0,31
st 4,25	25,925	15,454	-6,184	0	0	9,27	-0,065	0,2
st 4,5	27,45	7,959	-4,251	0	0	3,708	-0,056	0,108
st 4,75	28,975	20,521	-2,639	0	0	17,882	-0,036	0,034
st 5	30,5	25,066	0	0	0	25,066	0	0



5.3.2.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 2: Llegada a puerto a plena carga, 100% de consumos

Item name	Quantity	Sounding	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volume	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Transv. Arm	Vert. Arm
Peso en rosca	1		1094,457	1094,457			0,235			0	5,114
Pasajeros	399		0,1	39,9			2,5	-12,5	17,5	0	10,43
Tripulación	7		0,1	0,7			0	-6	6	0	13,43
Maquinas expendedoras	2		0,2	0,4			-14,75	-15	-14,5	0	10,73
Total Pesos Fijos				1135,457			0,219			0	5,308
Hielo cubierta de carga	0		9,5	0			0	0	0	0	4,53
Hielo cubierta de pasajeros	0		5,77	0			0	0	0	0	9,73
Hielo cubierta del puente	0		12,24	0			0	0	0	0	12,73
Hielo cubierta encima puente	0		4,32	0			0	0	0	0	15,73
Hielo lateral	0		6,31	0			0	0	0	0	10,28
Total Hielo				0			0			0	0
Coches	24		2,5	60			0	-28,5	28,5	0	5,73
Camiones	6		26	156			0	-23	23	0	6,73
Total Carga				216			0			0	6,452
Diesel	0,33%	0,085	10,731	0,035	12,775	0,042	-5,247			0	0,042
Uso diario Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			0,5	1,65
Sedimentación Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			-0,5	1,65
Total Diesel Para Usar	10%		11,883	1,188	14,147	1,414	-5,492			0	1,602
Tanque de lodos	90%	0,845	0,621	0,559	0,739	0,665	-4,249			-2,924	0,879
Total Diesel Usado	90%		0,621	0,559	0,739	0,665	-4,249			-2,924	0,879
Almacen Aceite	10%	0,258	0,522	0,052	0,567	0,057	-4,243			-0,332	0,177
Total Aceite Para Usar	10%		0,522	0,052	0,567	0,057	-4,243			-0,332	0,177
Aceite sucio	90%	0,977	0,445	0,4	0,484	0,435	-4,249			-1,485	0,756
Total Aceite Usado	90%		0,445	0,4	0,484	0,435	-4,249			-1,485	0,756
Agua dulce	10%	0,45	42,085	4,209	42,085	4,209	3,467			0	0,309
Agua técnica	10%	0,376	1,459	0,146	1,459	0,146	-4,244			0,607	0,265
Total Agua Para Usar	10%		43,544	4,354	43,544	4,354	3,209			0,02	0,308
Aguas negras	90%	1,23	30,405	27,365	30,405	27,365	-1,496			0	0,814
Total Agua Sucia	90%		30,405	27,365	30,405	27,365	-1,496			0	0,814
Tanque de comp. PR ER	50%	1,874	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			3,834	3,202
Tanque de comp. PR BR	50%	1,874	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			-3,834	3,202
Tanque de comp. PP ER	50%	1,878	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,361			3,834	3,202
Tanque de comp. PP BR	50%	1,878	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,361			-3,834	3,202
Total Agua Compensación	50%		93,78	46,89	93,78	46,89	0,001			0	3,202
Tanque LNG PR	10%	0,31	24,335	2,433	24,335	2,433	21			0,002	9,915
Tanque LNG PP	10%	0,31	24,335	2,433	24,335	2,433	-20,998			0,002	9,915
Total LNG	10%		48,669	4,867	48,669	4,867	0,001			0,002	9,915
Total Loadcase				1437,133	232,336	86,048	0,218			-0,001	5,32

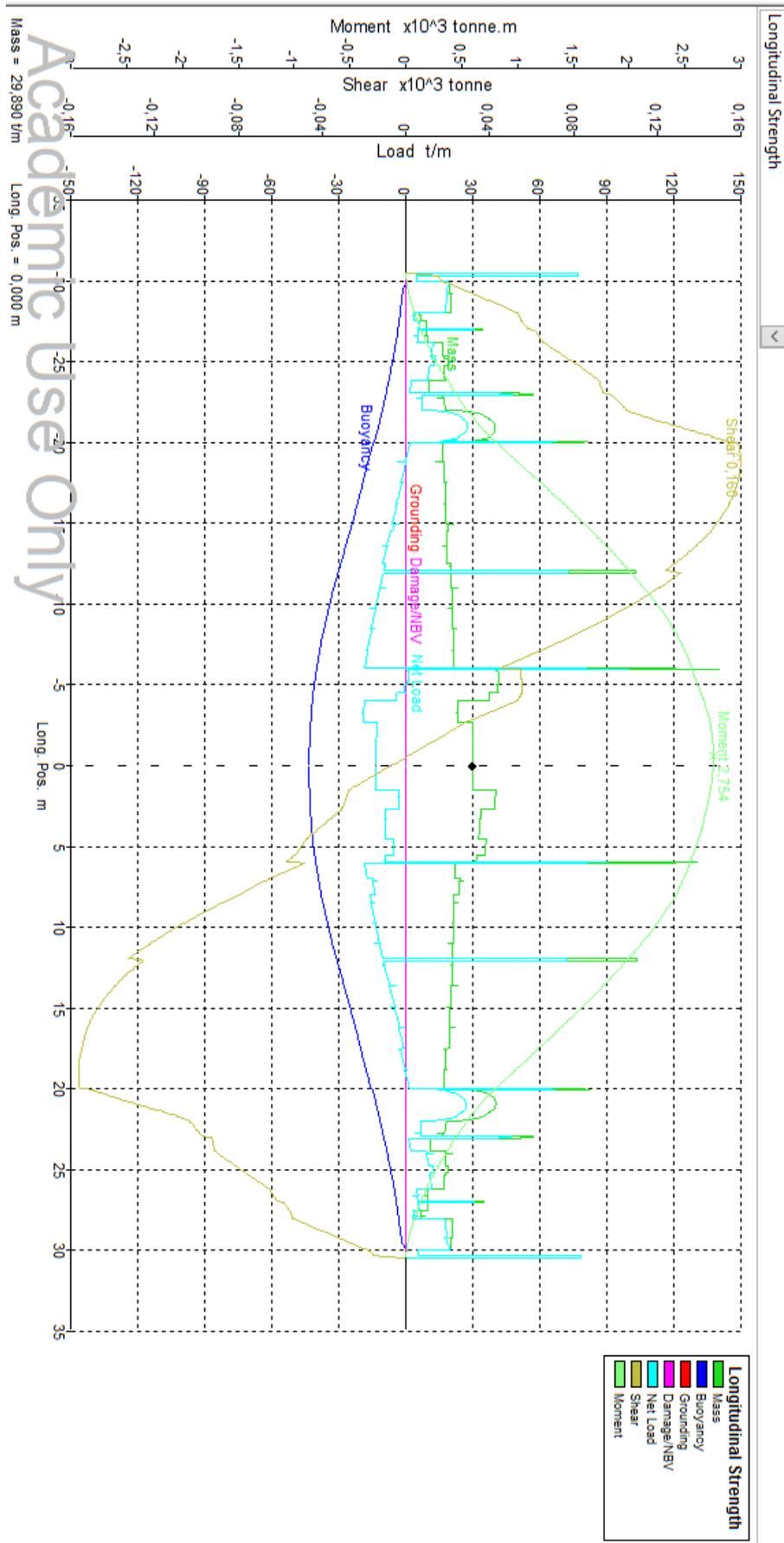
Name	Long. pos	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/NBV	Net Load	Shear	Moment
st -5	-30,5	25,081	0	0	0	25,081	0	0
st -4,75	-28,975	20,101	-1,814	0	0	18,286	0,036	0,034
st -4,5	-27,45	7,573	-3,194	0	0	4,379	0,056	0,108
st -4,25	-25,925	15,063	-4,918	0	0	10,146	0,067	0,201
st -4	-24,4	15,453	-6,954	0	0	8,5	0,082	0,314
st -3,75	-22,875	17,997	-9,289	0	0	8,708	0,092	0,446
st -3,5	-21,35	27,314	-11,778	0	0	15,536	0,109	0,597
st -3,25	-19,825	18,357	-15,166	0	0	3,191	0,135	0,781
st -3	-18,3	18,777	-18,048	0	0	0,729	0,138	0,989
st -2,5	-15,25	19,561	-23,687	0	0	-4,125	0,133	1,405
st -2	-12,2	22,06	-29,976	0	0	-7,916	0,113	1,784
st -1,5	-9,15	22,762	-35,62	0	0	-12,859	0,089	2,106
st -1	-6,1	23,323	-39,933	0	0	-16,61	0,044	2,312
st -0,5	-3,05	25,206	-42,444	0	0	-17,238	0,026	2,444
st 0	0	31,609	-43,431	0	0	-11,821	0,016	2,506
st 0,5	3,05	26,395	-42,563	0	0	-16,168	-0,019	2,503
st 1	6,1	23,615	-40,168	0	0	-16,553	-0,053	2,377
st 1,5	9,15	23,184	-35,968	0	0	-12,784	-0,096	2,147
st 2	12,2	22,593	-30,426	0	0	-7,833	-0,119	1,804
st 2,5	15,25	21,493	-24,226	0	0	-2,733	-0,136	1,412
st 3	18,3	19,429	-18,64	0	0	0,789	-0,137	0,993
st 3,25	19,825	19,054	-15,767	0	0	3,287	-0,134	0,785
st 3,5	21,35	27,722	-12,374	0	0	15,348	-0,109	0,601
st 3,75	22,875	18,411	-9,863	0	0	8,547	-0,092	0,45
st 4	24,4	15,833	-7,496	0	0	8,337	-0,082	0,318
st 4,25	25,925	15,454	-5,409	0	0	10,045	-0,067	0,204
st 4,5	27,45	7,959	-3,615	0	0	4,344	-0,057	0,11
st 4,75	28,975	20,521	-2,151	0	0	18,37	-0,037	0,034
st 5	30,5	25,066	0	0	0	25,066	0	0



5.3.3.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 3: Salida de puerto 100% coches, 100% de consumos

Item name	Quantity	Sounding	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volum	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Transv. Arm	Vert. Arm
Peso en rosca	1		1094,457	1094,457			0,235			0	5,114
Pasajeros	399		0,1	39,9			2,5	-12,5	17,5	0	10,43
Tripulación	7		0,1	0,7			0	-6	6	0	13,43
Maquinas expendedoras	2		0,2	0,4			-14,75	-15	-14,5	0	10,73
Total Pesos Fijos				1135,457			0,219			0	5,308
Hielo cubierta de carga	0		9,5	0			0	0	0	0	4,53
Hielo cubierta de pasajeros	0		5,77	0			0	0	0	0	9,73
Hielo cubierta del puente	0		12,24	0			0	0	0	0	12,73
Hielo cubierta encima puente	0		4,32	0			0	0	0	0	15,73
Hielo lateral	0		6,31	0			0	0	0	0	10,28
Total Hielo				0			0			0	0
Coches	60		2,5	150			0	-27,5	27,5	0	5,73
Camiones	0		26	0			0	-28	28	0	6,73
Total Carga				150			0			0	5,73
Diesel	100%	1,3	10,731	10,731	12,775	12,775	-5,234			0	0,9
Uso diario Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			0,5	1,65
Sedimentación Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			-0,5	1,65
Total Diesel Para Usar	100%		11,883	11,883	14,147	14,147	-5,259			0	0,973
Tanque de lodos	0%	0	0,621	0	0,739	0	-4,003			-2	0,38
Total Diesel Usado	0%		0,621	0	0,739	0	0			0	0
Almacen Aceite	100%	1,3	0,522	0,522	0,567	0,567	-4,249			-0,483	0,719
Total Aceite Para Usar	100%		0,522	0,522	0,567	0,567	-4,249			-0,483	0,719
Aceite sucio	0%	0	0,445	0	0,484	0	-4,003			-1	0,225
Total Aceite Usado	0%		0,445	0	0,484	0	0			0	0
Agua dulce	100%	1,3	42,085	42,085	42,085	42,085	3,656			0	0,879
Agua técnica	100%	1,3	1,459	1,459	1,459	1,459	-4,249			1,375	0,793
Total Agua Para Usar	100%		43,544	43,544	43,544	43,544	3,392			0,046	0,876
Aguas negras	0%	0	30,405	0	30,405	0	-0,02			0	0
Total Agua Sucia	0%		30,405	0	30,405	0	0			0	0
Tanque de comp. PR ER	50%	1,873	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			3,834	3,202
Tanque de comp. PR BR	50%	1,873	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			-3,834	3,202
Tanque de comp. PP ER	50%	1,879	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,36			3,834	3,202
Tanque de comp. PP BR	50%	1,879	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,36			-3,834	3,202
Total Agua Compensación	50%		93,78	46,89	93,78	46,89	0,001			0	3,202
Tanque LNG PR	100%	1,999	24,335	24,335	24,335	24,335	21,001			0,002	10,73
Tanque LNG PP	100%	1,999	24,335	24,335	24,335	24,335	-21,001			0,002	10,73
Total LNG	100%		48,669	48,669	48,669	48,669	0			0,002	10,73
Total Loadcase				1436,966	232,336	153,818	0,302			0,001	5,295

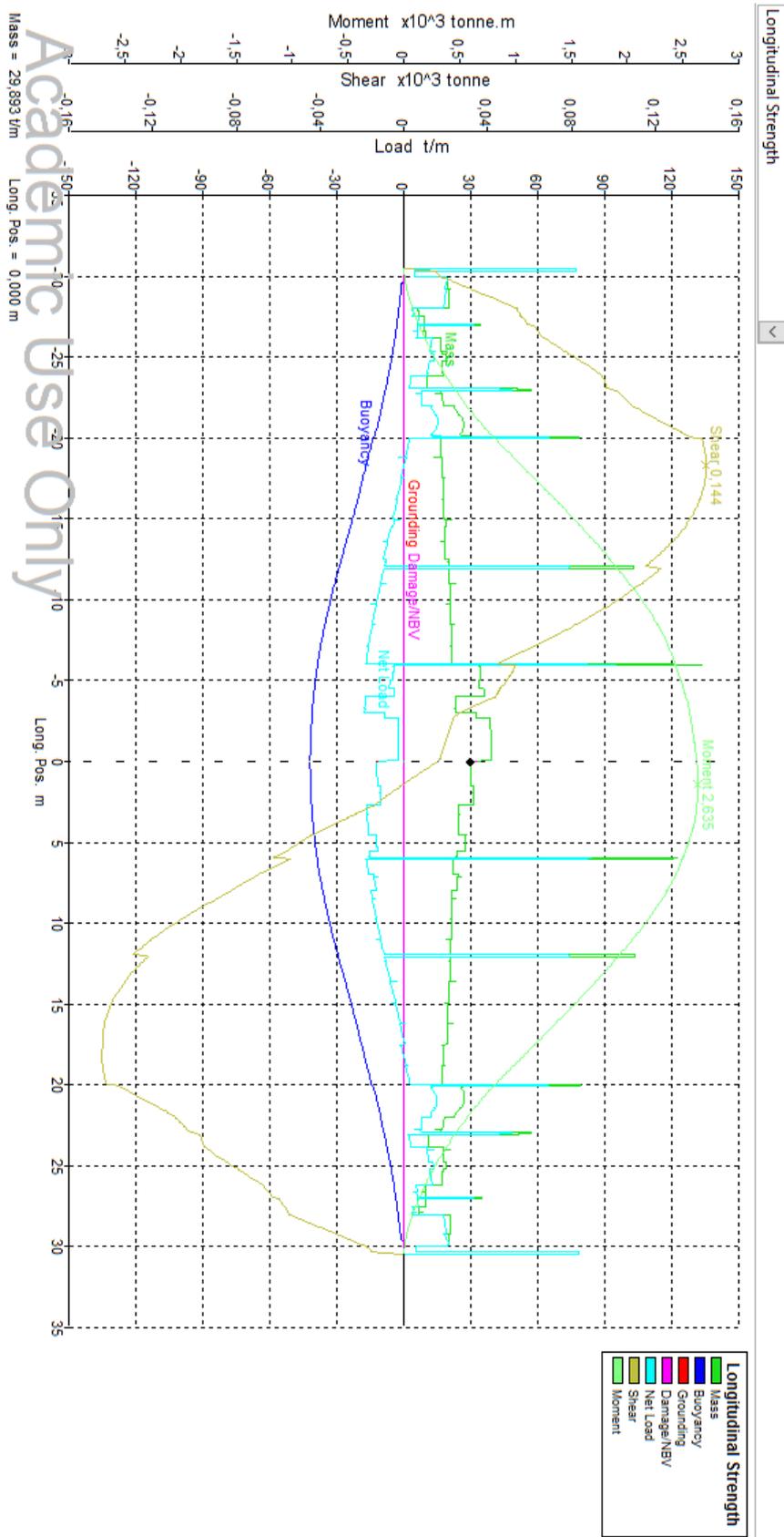
Name	Long. pos	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/NB	Net Load	Shear	Moment
st -5	-30,5	25,081	0	0	0	25,081	0	0
st -4,75	-28,975	20,101	-1,719	0	0	18,381	0,036	0,034
st -4,5	-27,45	9,248	-3,074	0	0	6,174	0,056	0,107
st -4,25	-25,925	16,738	-4,777	0	0	11,961	0,069	0,202
st -4	-24,4	17,128	-6,798	0	0	10,33	0,086	0,32
st -3,75	-22,875	16,274	-9,124	0	0	7,15	0,099	0,461
st -3,5	-21,35	38,341	-11,605	0	0	26,736	0,12	0,623
st -3,25	-19,825	16,64	-14,991	0	0	1,648	0,159	0,837
st -3	-18,3	17,061	-17,876	0	0	-0,815	0,16	1,081
st -2,5	-15,25	17,845	-23,529	0	0	-5,684	0,15	1,556
st -2	-12,2	20,344	-29,843	0	0	-9,5	0,125	1,98
st -1,5	-9,15	21,045	-35,517	0	0	-14,472	0,097	2,333
st -1	-6,1	21,606	-39,861	0	0	-18,255	0,046	2,554
st -0,5	-3,05	23,489	-42,406	0	0	-18,917	0,035	2,711
st 0	0	29,89	-43,426	0	0	-13,536	-0,007	2,752
st 0,5	3,05	33,409	-42,593	0	0	-9,184	-0,034	2,681
st 1	6,1	21,898	-40,23	0	0	-18,332	-0,049	2,54
st 1,5	9,15	21,468	-36,063	0	0	-14,596	-0,097	2,313
st 2	12,2	20,876	-30,551	0	0	-9,675	-0,127	1,957
st 2,5	15,25	19,776	-24,376	0	0	-4,6	-0,148	1,533
st 3	18,3	17,713	-18,806	0	0	-1,094	-0,156	1,067
st 3,25	19,825	17,338	-15,936	0	0	1,402	-0,156	0,829
st 3,5	21,35	38,742	-12,542	0	0	26,2	-0,118	0,619
st 3,75	22,875	16,7	-10,026	0	0	6,674	-0,097	0,46
st 4	24,4	17,507	-7,65	0	0	9,857	-0,085	0,321
st 4,25	25,925	17,128	-5,549	0	0	11,579	-0,068	0,203
st 4,5	27,45	9,634	-3,736	0	0	5,898	-0,056	0,109
st 4,75	28,975	20,521	-2,247	0	0	18,273	-0,037	0,034
st 5	30,5	25,066	0	0	0	25,066	0	0



5.3.4.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 4: Llegada a puerto 100% coches, 10% de consumos

Item name	Quantity	Sounding	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volum	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Transv. Arm	Vert. Arm
Peso en rosca	1		1094,457	1094,457			0,235			0	5,114
Pasajeros	399		0,1	39,9			2,5	-12,5	17,5	0	10,43
Tripulación	7		0,1	0,7			0	-6	6	0	13,43
Maquinas expendedoras	2		0,2	0,4			-14,75	-15	-14,5	0	10,73
Total Pesos Fijos				1135,457			0,219			0	5,308
Hielo cubierta de carga	0		9,5	0			0	0	0	0	4,53
Hielo cubierta de pasajeros	0		5,77	0			0	0	0	0	9,73
Hielo cubierta del puente	0		12,24	0			0	0	0	0	12,73
Hielo cubierta encima puente	0		4,32	0			0	0	0	0	15,73
Hielo lateral	0		6,31	0			0	0	0	0	10,28
Total Hielo				0			0			0	0
Coches	60		2,5	150			0	-27,5	27,5	0	5,73
Camiones	0		26	0			0	-28	28	0	6,73
Total Carga				150			0			0	5,73
Diesel	0,33%	0,085	10,731	0,035	12,775	0,042	-5,247			0	0,042
Uso diario Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			0,5	1,65
Sedimentación Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			-0,5	1,65
Total Diesel Para Usar	10%		11,883	1,188	14,147	1,414	-5,492			0	1,602
Tanque de lodos	90%	0,845	0,621	0,559	0,739	0,665	-4,249			-2,924	0,879
Total Diesel Usado	90%		0,621	0,559	0,739	0,665	-4,249			-2,924	0,879
Almacen Aceite	10%	0,258	0,522	0,052	0,567	0,057	-4,243			-0,332	0,177
Total Aceite Para Usar	10%		0,522	0,052	0,567	0,057	-4,243			-0,332	0,177
Aceite sucio	90%	0,977	0,445	0,4	0,484	0,435	-4,249			-1,485	0,756
Total Aceite Usado	90%		0,445	0,4	0,484	0,435	-4,249			-1,485	0,756
Agua dulce	10%	0,45	42,085	4,209	42,085	4,209	3,467			0	0,309
Agua técnica	10%	0,376	1,459	0,146	1,459	0,146	-4,244			0,607	0,265
Total Agua Para Usar	10%		43,544	4,354	43,544	4,354	3,209			0,02	0,308
Aguas negras	90%	1,23	30,405	27,365	30,405	27,365	-1,496			0	0,814
Total Agua Sucia	90%		30,405	27,365	30,405	27,365	-1,496			0	0,814
Tanque de comp. PR ER	50%	1,874	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			3,834	3,202
Tanque de comp. PR BR	50%	1,874	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			-3,834	3,202
Tanque de comp. PP ER	50%	1,878	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,361			3,834	3,202
Tanque de comp. PP BR	50%	1,878	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,361			-3,834	3,202
Total Agua Compensación	50%		93,78	46,89	93,78	46,89	0,001			0	3,202
Tanque LNG PR	10%	0,31	24,335	2,433	24,335	2,433	21			0,002	9,915
Tanque LNG PP	10%	0,31	24,335	2,433	24,335	2,433	-20,998			0,002	9,915
Total LNG	10%		48,669	4,867	48,669	4,867	0,001			0,002	9,915
Total Loadcase				1371,133	232,336	86,048	0,302			-0,002	5,186

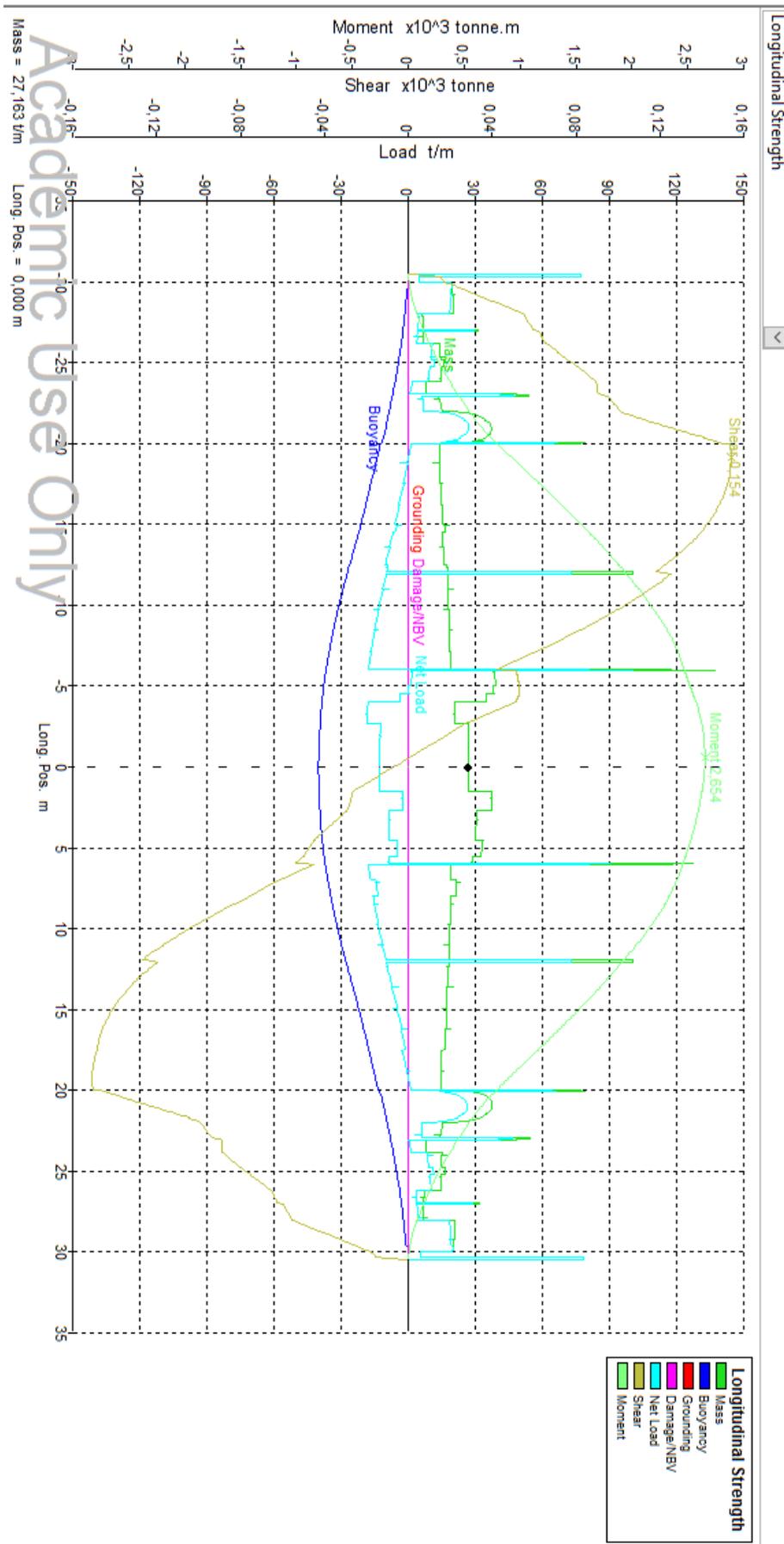
Name	Long. pos	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/NB	Net Load	Shear	Moment
st -5	-30,5	25,081	0	0	0	25,081	0	0
st -4,75	-28,975	20,101	-1,441	0	0	18,659	0,036	0,034
st -4,5	-27,45	9,248	-2,697	0	0	6,551	0,056	0,108
st -4,25	-25,925	16,738	-4,299	0	0	12,438	0,07	0,204
st -4	-24,4	17,128	-6,222	0	0	10,906	0,089	0,325
st -3,75	-22,875	16,28	-8,456	0	0	7,824	0,102	0,47
st -3,5	-21,35	25,597	-10,842	0	0	14,755	0,118	0,636
st -3,25	-19,825	16,64	-14,139	0	0	2,501	0,143	0,833
st -3	-18,3	17,061	-16,947	0	0	0,114	0,144	1,052
st -2,5	-15,25	17,845	-22,461	0	0	-4,616	0,138	1,486
st -2	-12,2	20,344	-28,657	0	0	-8,313	0,117	1,879
st -1,5	-9,15	21,045	-34,235	0	0	-13,19	0,092	2,211
st -1	-6,1	21,606	-38,513	0	0	-16,907	0,046	2,424
st -0,5	-3,05	23,489	-41,017	0	0	-17,529	0,027	2,56
st 0	0	29,893	-42	0	0	-12,108	0,017	2,623
st 0,5	3,05	24,678	-41,139	0	0	-16,461	-0,02	2,619
st 1	6,1	21,898	-38,753	0	0	-16,855	-0,055	2,489
st 1,5	9,15	21,468	-34,59	0	0	-13,122	-0,098	2,253
st 2	12,2	20,876	-29,115	0	0	-8,238	-0,123	1,9
st 2,5	15,25	19,776	-23,007	0	0	-3,231	-0,141	1,493
st 3	18,3	17,713	-17,546	0	0	0,167	-0,144	1,057
st 3,25	19,825	17,338	-14,746	0	0	2,591	-0,142	0,838
st 3,5	21,35	26,006	-11,442	0	0	14,563	-0,118	0,641
st 3,75	22,875	16,694	-9,031	0	0	7,663	-0,102	0,474
st 4	24,4	17,507	-6,763	0	0	10,745	-0,089	0,329
st 4,25	25,925	17,128	-4,786	0	0	12,342	-0,071	0,207
st 4,5	27,45	9,634	-3,113	0	0	6,521	-0,057	0,11
st 4,75	28,975	20,521	-1,771	0	0	18,749	-0,037	0,035
st 5	30,5	25,066	0	0	0	25,066	0	0



5.3.5.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 5: Salida de puerto sin carga, 100% consumos

Item name	Quantity	Sounding	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volum	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Transv. Arm	Vert. Arm
Peso en rosca	1		1094,457	1094,457			0,235			0	5,114
Pasajeros	399		0,1	39,9			2,5	-12,5	17,5	0	10,43
Tripulación	7		0,1	0,7			0	-6	6	0	13,43
Maquinas expendedoras	2		0,2	0,4			-14,75	-15	-14,5	0	10,73
Total Pesos Fijos				1135,457			0,219			0	5,308
Hielo cubierta de carga	0		9,5	0			0	0	0	0	4,53
Hielo cubierta de pasajeros	0		5,77	0			0	0	0	0	9,73
Hielo cubierta del puente	0		12,24	0			0	0	0	0	12,73
Hielo cubierta encima puente	0		4,32	0			0	0	0	0	15,73
Hielo lateral	0		6,31	0			0	0	0	0	10,28
Total Hielo				0			0			0	0
Coches	0		2,5	0			0	-27,5	27,5	0	5,73
Camiones	0		26	0			0	-28	28	0	6,73
Total Carga				0			0			0	0
Diesel	100%	1,3	10,731	10,731	12,775	12,775	-5,234			0	0,9
Uso diario Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			0,5	1,65
Sedimentación Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			-0,5	1,65
Total Diesel Para Usar	100%		11,883	11,883	14,147	14,147	-5,259			0	0,973
Tanque de lodos	0%	0	0,621	0	0,739	0	-4,003			-2	0,38
Total Diesel Usado	0%		0,621	0	0,739	0	0			0	0
Almacen Aceite	100%	1,3	0,522	0,522	0,567	0,567	-4,249			-0,483	0,719
Total Aceite Para Usar	100%		0,522	0,522	0,567	0,567	-4,249			-0,483	0,719
Aceite sucio	0%	0	0,445	0	0,484	0	-4,003			-1	0,225
Total Aceite Usado	0%		0,445	0	0,484	0	0			0	0
Agua dulce	100%	1,3	42,085	42,085	42,085	42,085	3,656			0	0,879
Agua técnica	100%	1,3	1,459	1,459	1,459	1,459	-4,249			1,375	0,793
Total Agua Para Usar	100%		43,544	43,544	43,544	43,544	3,392			0,046	0,876
Aguas negras	0%	0	30,405	0	30,405	0	-0,02			0	0
Total Agua Sucia	0%		30,405	0	30,405	0	0			0	0
Tanque de comp. PR ER	50%	1,873	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			3,834	3,202
Tanque de comp. PR BR	50%	1,873	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			-3,834	3,202
Tanque de comp. PP ER	50%	1,879	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,36			3,834	3,202
Tanque de comp. PP BR	50%	1,879	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,36			-3,834	3,202
Total Agua Compensación	50%		93,78	46,89	93,78	46,89	0,001			0	3,202
Tanque LNG PR	100%	1,999	24,335	24,335	24,335	24,335	21,001			0,002	10,73
Tanque LNG PP	100%	1,999	24,335	24,335	24,335	24,335	-21,001			0,002	10,73
Total LNG	100%		48,669	48,669	48,669	48,669	0			0,002	10,73
Total Loadcase				1286,966	232,336	153,818	0,337			0,001	5,244

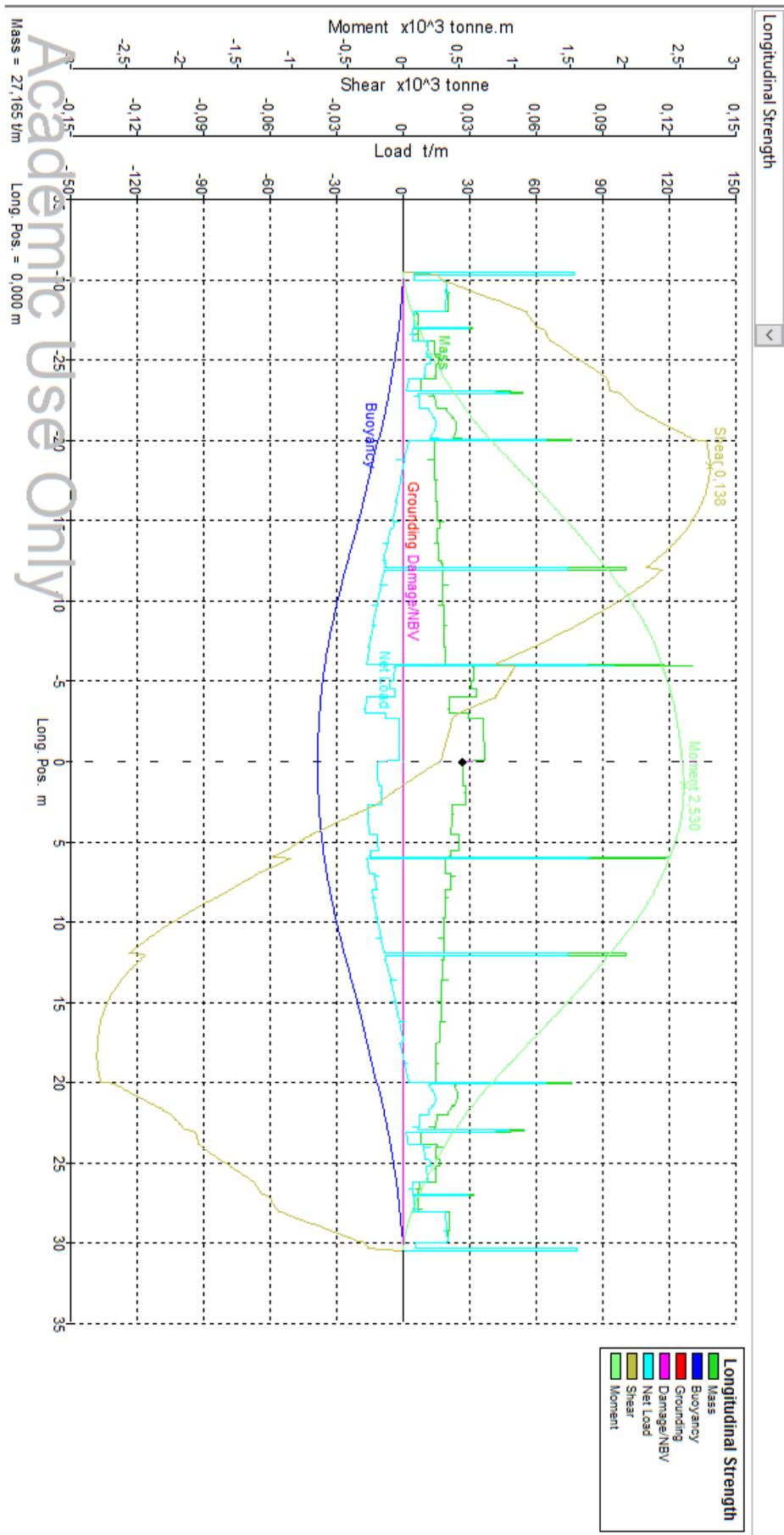
Name	Long. pos	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/NB	Net Load	Shear	Moment
st -5	-30,5	25,081	0	0	0	25,081	0	0
st -4,75	-28,975	20,101	-0,891	0	0	19,209	0,037	0,034
st -4,5	-27,45	6,521	-1,964	0	0	4,557	0,058	0,11
st -4,25	-25,925	14,011	-3,392	0	0	10,619	0,068	0,205
st -4	-24,4	14,401	-5,152	0	0	9,249	0,084	0,321
st -3,75	-22,875	13,546	-7,24	0	0	6,306	0,095	0,458
st -3,5	-21,35	35,614	-9,482	0	0	26,132	0,115	0,613
st -3,25	-19,825	13,913	-12,657	0	0	1,256	0,154	0,82
st -3	-18,3	14,334	-15,371	0	0	-1,038	0,154	1,054
st -2,5	-15,25	15,117	-20,738	0	0	-5,621	0,144	1,511
st -2	-12,2	17,616	-26,837	0	0	-9,221	0,12	1,916
st -1,5	-9,15	18,318	-32,358	0	0	-14,041	0,092	2,254
st -1	-6,1	18,879	-36,624	0	0	-17,745	0,043	2,463
st -0,5	-3,05	20,762	-39,151	0	0	-18,389	0,034	2,613
st 0	0	27,163	-40,162	0	0	-12,999	-0,007	2,652
st 0,5	3,05	30,682	-39,344	0	0	-8,662	-0,032	2,583
st 1	6,1	19,171	-37,005	0	0	-17,834	-0,046	2,449
st 1,5	9,15	18,74	-32,923	0	0	-14,183	-0,093	2,235
st 2	12,2	18,149	-27,566	0	0	-9,417	-0,121	1,895
st 2,5	15,25	17,049	-21,606	0	0	-4,558	-0,142	1,49
st 3	18,3	14,985	-16,321	0	0	-1,336	-0,15	1,042
st 3,25	19,825	14,61	-13,62	0	0	0,991	-0,15	0,812
st 3,5	21,35	36,015	-10,431	0	0	25,583	-0,113	0,61
st 3,75	22,875	13,974	-8,144	0	0	5,83	-0,094	0,457
st 4	24,4	14,78	-5,995	0	0	8,785	-0,083	0,323
st 4,25	25,925	14,401	-4,147	0	0	10,254	-0,068	0,207
st 4,5	27,45	6,906	-2,606	0	0	4,301	-0,058	0,111
st 4,75	28,975	20,521	-1,396	0	0	19,125	-0,037	0,035
st 5	30,5	25,066	0	0	0	25,066	0	0



5.3.6.- Resistencia longitudinal. Situación de carga 6: Llegada a puerto sin carga, 10% consumos

Item name	Quantity	Sounding	Unit Mass	Total Mass	Unit Volume	Total Volum	Long. Arm	Aft. Limit	Fwd. Limit	Transv. Arm	Vert. Arm
Peso en rosca	1		1094,457	1094,457			0,235			0	5,114
Pasajeros	399		0,1	39,9			2,5	-12,5	17,5	0	10,43
Tripulación	7		0,1	0,7			0	-6	6	0	13,43
Maquinas expendedoras	2		0,2	0,4			-14,75	-15	-14,5	0	10,73
Total Pesos Fijos				1135,457			0,219			0	5,308
Hielo cubierta de carga	0		9,5	0			0	0	0	0	4,53
Hielo cubierta de pasajeros	0		5,77	0			0	0	0	0	9,73
Hielo cubierta del puente	0		12,24	0			0	0	0	0	12,73
Hielo cubierta encima puente	0		4,32	0			0	0	0	0	15,73
Hielo lateral	0		6,31	0			0	0	0	0	10,28
Total Hielo				0			0			0	0
Coches	0		2,5	0			0	-27,5	27,5	0	5,73
Camiones	0		26	0			0	-28	28	0	6,73
Total Carga				0			0			0	0
Diesel	0,33%	0,085	10,731	0,035	12,775	0,042	-5,247			0	0,042
Uso diario Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			0,5	1,65
Sedimentación Diesel	100%	0,7	0,576	0,576	0,686	0,686	-5,5			-0,5	1,65
Total Diesel Para Usar	10%		11,883	1,188	14,147	1,414	-5,492			0	1,602
Tanque de lodos	90%	0,845	0,621	0,559	0,739	0,665	-4,249			-2,924	0,879
Total Diesel Usado	90%		0,621	0,559	0,739	0,665	-4,249			-2,924	0,879
Almacen Aceite	10%	0,258	0,522	0,052	0,567	0,057	-4,243			-0,332	0,177
Total Aceite Para Usar	10%		0,522	0,052	0,567	0,057	-4,243			-0,332	0,177
Aceite sucio	90%	0,977	0,445	0,4	0,484	0,435	-4,249			-1,485	0,756
Total Aceite Usado	90%		0,445	0,4	0,484	0,435	-4,249			-1,485	0,756
Agua dulce	10%	0,45	42,085	4,209	42,085	4,209	3,468			0	0,309
Agua técnica	10%	0,376	1,459	0,146	1,459	0,146	-4,244			0,607	0,265
Total Agua Para Usar	10%		43,544	4,354	43,544	4,354	3,21			0,02	0,308
Aguas negras	90%	1,23	30,405	27,365	30,405	27,365	-1,496			0	0,814
Total Agua Sucia	90%		30,405	27,365	30,405	27,365	-1,496			0	0,814
Tanque de comp. PR ER	50%	1,874	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			3,834	3,202
Tanque de comp. PR BR	50%	1,874	23,445	11,722	23,445	11,722	21,363			-3,834	3,202
Tanque de comp. PP ER	50%	1,878	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,361			3,834	3,202
Tanque de comp. PP BR	50%	1,878	23,445	11,722	23,445	11,722	-21,361			-3,834	3,202
Total Agua Compensación	50%		93,78	46,89	93,78	46,89	0,001			0	3,202
Tanque LNG PR	10%	0,31	24,335	2,433	24,335	2,433	21			0,002	9,915
Tanque LNG PP	10%	0,31	24,335	2,433	24,335	2,433	-20,998			0,002	9,915
Total LNG	10%		48,669	4,867	48,669	4,867	0,001			0,002	9,915
Total Loadcase				1221,133	232,336	86,048	0,257			-0,002	5,119

Name	Long. pos	Mass	Buoyancy	Grounding	Damage/NB	Net Load	Shear	Moment
st -5	-30,5	25,081	0	0	0	25,081	0	0
st -4,75	-28,975	20,101	-0,644	0	0	19,456	0,037	0,034
st -4,5	-27,45	6,521	-1,608	0	0	4,913	0,058	0,11
st -4,25	-25,925	14,011	-2,936	0	0	11,075	0,069	0,207
st -4	-24,4	14,401	-4,597	0	0	9,803	0,086	0,326
st -3,75	-22,875	13,552	-6,589	0	0	6,963	0,098	0,466
st -3,5	-21,35	22,87	-8,729	0	0	14,141	0,113	0,625
st -3,25	-19,825	13,913	-11,809	0	0	2,104	0,137	0,814
st -3	-18,3	14,334	-14,445	0	0	-0,112	0,138	1,024
st -2,5	-15,25	15,117	-19,669	0	0	-4,552	0,131	1,439
st -2	-12,2	17,616	-25,644	0	0	-8,028	0,111	1,812
st -1,5	-9,15	18,318	-31,066	0	0	-12,748	0,087	2,128
st -1	-6,1	18,879	-35,26	0	0	-16,382	0,042	2,328
st -0,5	-3,05	20,762	-37,744	0	0	-16,982	0,026	2,457
st 0	0	27,165	-38,716	0	0	-11,55	0,017	2,518
st 0,5	3,05	21,95	-37,869	0	0	-15,919	-0,018	2,517
st 1	6,1	19,171	-35,508	0	0	-16,337	-0,051	2,394
st 1,5	9,15	18,74	-31,432	0	0	-12,692	-0,094	2,171
st 2	12,2	18,149	-26,116	0	0	-7,967	-0,117	1,835
st 2,5	15,25	17,049	-20,23	0	0	-3,181	-0,134	1,447
st 3	18,3	14,985	-15,058	0	0	-0,072	-0,138	1,029
st 3,25	19,825	14,61	-12,429	0	0	2,182	-0,137	0,819
st 3,5	21,35	23,278	-9,338	0	0	13,941	-0,113	0,631
st 3,75	22,875	13,967	-7,164	0	0	6,803	-0,099	0,471
st 4	24,4	14,78	-5,132	0	0	9,648	-0,087	0,33
st 4,25	25,925	14,401	-3,412	0	0	10,989	-0,07	0,211
st 4,5	27,45	6,906	-2,011	0	0	4,896	-0,059	0,112
st 4,75	28,975	20,521	-0,948	0	0	19,573	-0,038	0,035
st 5	30,5	25,066	0	0	0	25,066	0	0



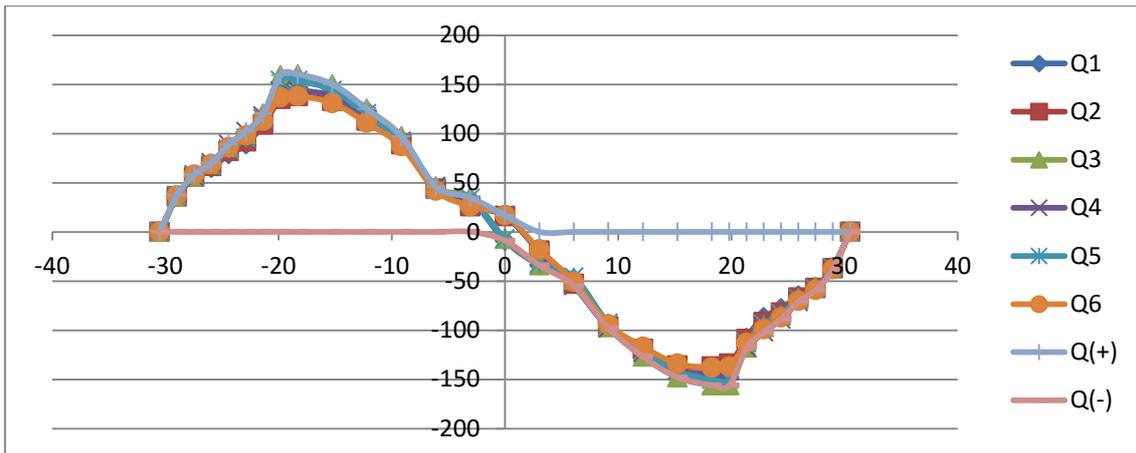
5.4.- Envolventes en aguas tranquilas

El buque proyecto será sometido a un análisis de resistencia longitudinal basándose en (2) y en (1).

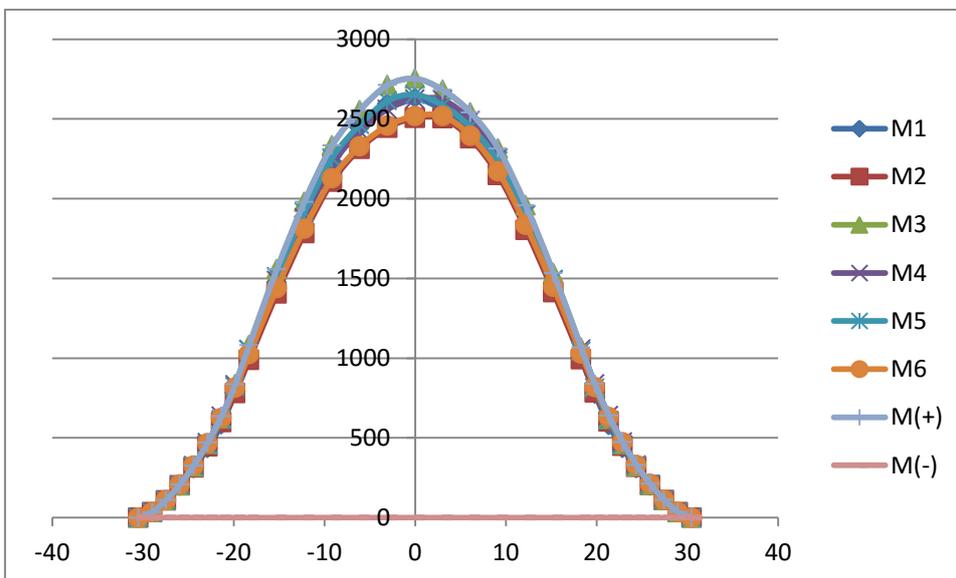
Para el cálculo de las envolventes es necesario calcular los momentos máximos y las fuerzas cortantes máximas de todas las situaciones de carga.

name	Q+ (t)	Q- (t)	M+ (t·m)	M- (t·m)
st -5	0	0	0	0
st -4,75	37	0	34	0
st -4,5	58	0	110	0
st -4,25	70	0	207	0
st -4	89	0	326	0
st -3,75	102	0	470	0
st -3,5	120	0	636	0
st -3,25	159	0	837	0
st -3	160	0	1081	0
st -2,5	150	0	1556	0
st -2	125	0	1980	0
st -1,5	97	0	2333	0
st -1	46	0	2554	0
st -0,5	35	0	2711	0
st 0	17	-9	2752	0
st 0,5	0	-34	2681	0
st 1	0	-55	2540	0
st 1,5	0	-98	2313	0
st 2	0	-127	1957	0
st 2,5	0	-148	1533	0
st 3	0	-156	1067	0
st 3,25	0	-156	838	0
st 3,5	0	-118	641	0
st 3,75	0	-102	474	0
st 4	0	-89	330	0
st 4,25	0	-71	211	0
st 4,5	0	-59	112	0
st 4,75	0	-38	35	0
st 5	0	0	0	0

La gráfica resultante para fuerzas cortantes en aguas tranquilas es la que se adjunta a continuación. Cabe destacar que se muestra con los valores de las fuerzas cortantes en tf.



La gráfica resultante para momentos en aguas tranquilas es la siguiente. Los valores de los momentos se introducen en $\text{tf}\cdot\text{m}$:



5.5.- Envoltentes con olas

En primer lugar, pensando en la zona de navegación que tiene el buque proyecto no parece relevante realizar un análisis de esfuerzos cortantes y momentos con olas.

Atendiendo a los reglamentos utilizados, se obtiene lo siguiente:

- *Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways (1)*

En este reglamento no se menciona nada sobre esfuerzos cortantes ni momento en olas

- *Steel Vessels Under 90 metres (2)*

Este reglamento dispone lo siguiente:

3.3 Vessels 61 m (200 ft) in Length and Over

In addition to meeting the above criteria in 3-2-1/3.1, vessels of 61 m (200 ft) in length or greater are to comply with the following requirements.

A efectos de este reglamento, como se ha calculado anteriormente, el buque proyecto tiene una eslora de 57,42 m, por lo que no se le aplica este apartado.

5.6.- Módulo e inercia mínima de la cuaderna maestra

Para el cálculo del módulo mínimo de la cuaderna maestra se recurre únicamente al reglamento (1) ya que el de buques menores de 90 m no incluye este cálculo para buques menores de 61 m.

7 Longitudinal Strength

7.1 Hull Girder Section Modulus

The hull girder section modulus within the midship $0.5L$ is to be not less than obtained from the following equations *i*) or *ii*), whichever is greater.

$$\begin{aligned} i) \quad SM &= M_{sw}/f_p \\ ii) \quad SM &= C_1 C_2 L^2 B (C_b + 0.7) \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} SM &= \text{minimum required hull girder section modulus, in cm}^2\text{-m (in}^2\text{-ft)} \\ M_{sw} &= \text{maximum calculated still-water bending moment, in tf-m (Ltf-ft), which is to be} \\ &\quad \text{submitted for review.} \\ f_p &= \text{nominal permissible bending stress of 1.34 tf/cm}^2 \text{ (8.5 Ltf/in}^2\text{), but is not to be taken} \\ &\quad \text{greater than 0.8 times the lowest critical buckling stress of the hull girder structure.} \\ C_1 &= 7.32 - 0.033L \text{ (7.32 - 0.01L)} \quad \text{for } L < 61 \text{ m (200 ft)} \\ &= 4.36 + 0.016L \text{ (4.36 + 0.0048L)} \quad \text{for } L \geq 61 \text{ m (200 ft)} \\ C_2 &= 0.01 \text{ (1.44} \times 10^{-4}\text{)} \end{aligned}$$

L , B and C_b are as defined in Section 3-1-1.

Beyond the midship $0.5L$, scantlings may be tapered to their normal requirements at the ends where these are less.

Siendo:

$$C_1 = 7,32 - 0,033 * 61 = 5,34$$

$$f_p = 1,34 \text{ tf/cm}^2 \rightarrow 0,8 * 1,78 = 1,43 \text{ tf/cm}^2$$

$$SM = 5,34 * 0,01 * 61^2 * 17,8 * (0,408 + 0,7) = 3919 \text{ cm}^2 * m$$

Pasándolo a cm^3 :

$$SM = 3919 \text{ cm}^2 * m = 391900 \text{ cm}^3$$

A partir del momento máximo en aguas tranquilas:

$$SM = \frac{2752}{1,34} = 2054 \text{ cm}^2 * m$$

Pasándolo a cm^3 :

$$SM = 2054 \text{ cm}^2 * m = 205400 \text{ cm}^3$$

Se comprueba que el mayor es 391900 cm^3 .

Para la inercia se tiene:

7.3 Hull Girder Moment of Inertia

The hull girder moment of inertia of the vessel at amidships is to be not less than obtained from the following equation:

$$I = L(SM/33.3)$$

where

$$I = \text{minimum required hull girder moment of inertia, in cm}^2\text{-m}^2 \text{ (in}^2\text{-ft}^2\text{)}$$

L and SM are as defined in 3-2-5/7.1.

$$I = 61 * \left(\frac{2054}{33,3} \right) = 3762,6 \text{ cm}^2 * m^2 = 37626000 \text{ cm}^4$$

6. Comprobación del módulo y la inercia de la cuaderna maestra

	Espesor (cm)	Longitud (cm)	Cantidad	Área (cm ²)	Yg desde LB (cm)	A*Yg (cm ³)	A*CG ² (cm ⁴)	lo (cm ⁴)
Chapa de fondo	0,8	733	2	1.173	72	84.060	6.024.969	250
Chapa de costado	0,7	391	2	547	251	137.482	34.529.230	89
Chapa cubierta carga	0,8	1.780	1	1.424	473	674.122	319.129.165	304
Chapa doble fondo	0,7	728	2	1.019	130	132.789	17.309.026	166
Vagra central	0,9	130	1	117	65	7.605	494.325	32
Vagra lateral 1	0,7	92	2	129	84	10.817	908.606	21
Vagra lateral 2	0,7	62	2	86	99	8.517	841.383	14
Vagra lateral 3	0,7	18	2	25	121	2.995	361.905	4
Eslora	1,3	300	3	1.170	447	522.920	233.713.775	659
Palmejar	0,8	160	2	256	317	81.152	25.725.184	55
Mamparo D.C.	16,0	343	2	10.976	302	3.309.264	997.743.096	936.619
Mamparo No Estanco	13,0	343	3	13.377	302	4.033.166	1.215.999.398	753.571
TOTAL				16.922		4.971.722	1.636.780.665	938.213

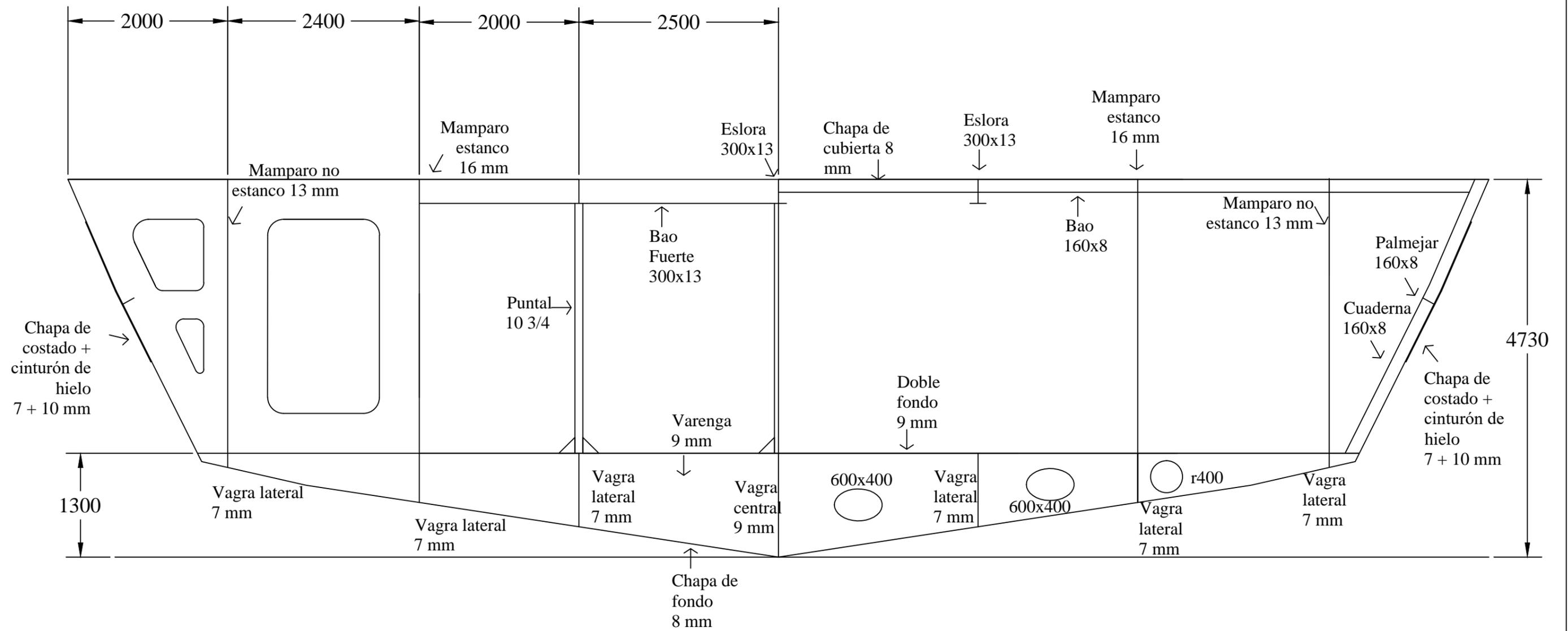
Eje neutro fondo (cm)	293,81	$YF = \frac{\sum(A*Y)}{\sum Area}$
Eje neutro cubierta (cm)	179,19	$Yc = D - YF$
It (cm ⁴)	176.988.636,85	$IT = \sum lo + \sum(Area*Y^2) - \sum(Area*YF^2)$
Inercia mínima	37.626.000,00	
Módulo fondo (cm ³)	602.396,19	$ZF = IT / YF$
Módulo cubierta (cm ³)	987.702,23	$Zc = IT / Yc$
Módulo mínimo (cm ³)	391.900,00	

Como se puede comprobar, la cuaderna maestra cumple con el módulo mínimo y la inercia mínima que dictamina el reglamento (1). Se ha calculado el módulo sin el espesor del cinturón de hielo ya que es más restrictivo.

7.- Bibliografía

1. River_Rules_e.pdf.
2. STEEL VESSELS UNDER 90 METERS (295 FEET) IN.pdf.
3. SVR_Part_3_e.pdf.
4. TATA STEEL Bulb Flats BRO.pdf.
5. MichelinTruck. MICHELIN X® MULTI™ WINTER Z [Internet]. Michelin Poids Lourds ES. [citado 7 de junio de 2016]. Recuperado a partir de: <http://camion.michelin.es/Productos/Un-neumático-para-cada-uso/X-MULTI/MICHELIN-X-MULTI-WINTER-Z>
6. conduven.pdf.
7. RIVER VESSEL Part 6 Ice.pdf.
8. ice-navigation-dans-les-galces-eng.pdf.

Anexo I. Cuaderna maestra



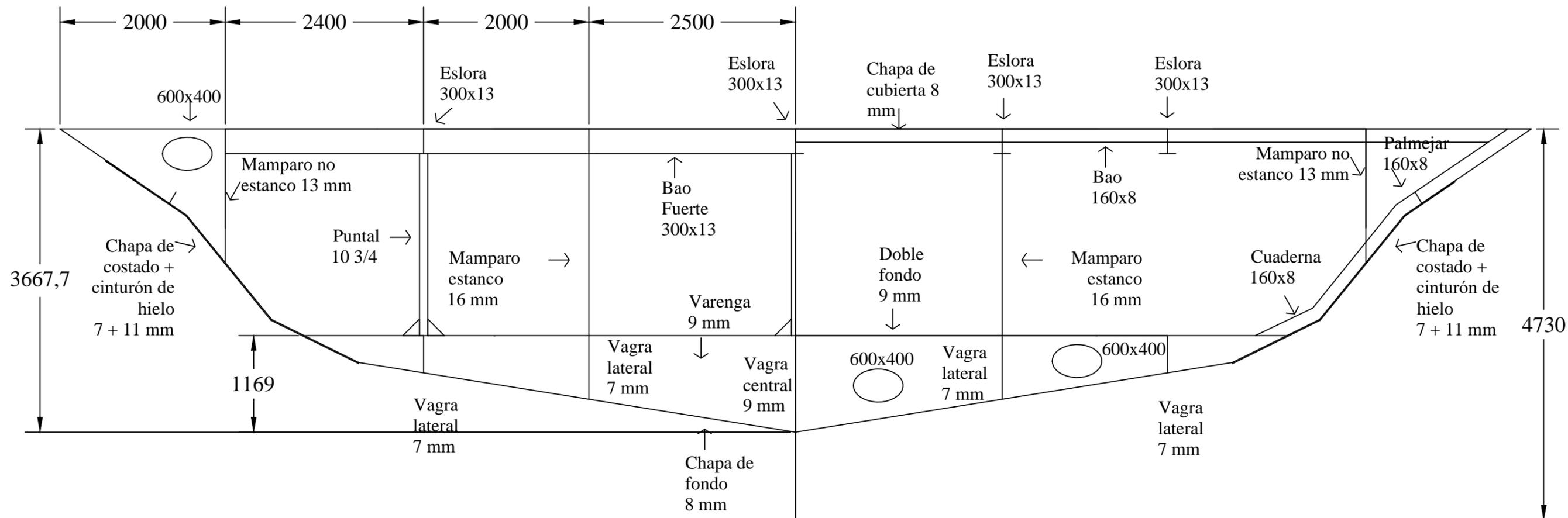
Autor: Manuel Fraga Seoane

Plano: Cuaderna maestra

Proyecto: Ferry para navegación en Lago Ontario (Código 15-05)

Escala: 1:50

Anexo II. Sección a 15,25 metros desde el centro del buque



<p>Autor: Manuel Fraga Seoane</p>	<p>Plano: Sección a 15,25 m desde el centro</p>
<p>Proyecto: Ferry para navegación en Lago Ontario (Código 15-05)</p>	<p>Escala: 1:50</p>