



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2019/ 2010

PSV 8500 TPM

CLEAN DESIGN; FIFI III; DYNPOS AUTR; SF; E0; SPS; SUPPLY VESSEL; OIL
RECOVERY; ICE C

CUADERNO 8: CUADERNA MAESTRA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO: PABLO FERNÁNDEZ CARBAJALES

TUTOR: FERNANDO LAGO RODRÍGUEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2020

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO Nº 1920/ 09

Requerimientos previstos de actividad (RPA) del buque proyecto:

Título del proyecto: PSV 8500 TPM

Clasificación, cota y reglamentos de aplicación: DNV, SPS, SUPPLY VESSEL, SF, EO, ICE C, DYNPOS AUTR, CLEAN DESIGN, FIFI III

Velocidad y autonomía: 15 nudos en condiciones de servicio, 5000 millas

Sistemas y equipos de carga/ descarga: los habituales en este tipo de buques

Propulsión: diésel – eléctrica, propulsores Voith Schneider

Tripulación y pasaje: 38 personas más 12 (personal especial), según SPS

Ferrol, 31 de octubre de 2019

ALUMNO/A: PABLO FERNÁNDEZ CARBAJALES

El buque a proyectar se trata de un buque diseñado para prestar apoyo y suministro a las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, tanto carga líquida como carga seca. Además, presenta la posibilidad de extinguir fuegos exteriores al buque (FIFI III) y recoger vertidos de hidrocarburos en alta mar (OIL RECOVERY).

The vessel to be projected is a vessel designed to provide support and supply to the oil rigs in the North Sea, both liquid and dry cargo. In addition, it has the possibility of extinguishing fires outside the ship (FIFI III) and collecting hydrocarbon spills in the seas (OIL RECOVERY).

O buque que se proxecta é un buque diseñado para proporcionar apoio e subministración ás plataformas petrolíferas do mar do Norte, tanto carga líquida como seca. Ademais, ten a posibilidade de extinguir incendios fora do buque (FIFI III) e recoller derrames de hidrocarburos en alta mar (OIL RECOVERY).

ÍNDICE

1. Presentación (página 5)
2. Introducción (páginas 6 - 10)
3. Tipo de estructura a elegir (páginas 10 – 13)
4. Módulo de la cuaderna maestra según reglamento (páginas 14 – 17)
5. Escantillado de la cuaderna maestra (páginas 17 – 112)
6. Comprobación del módulo mínimo en el fondo y en la cubierta, exigido por el reglamento DNV, y cálculo de la inercia de la cuaderna maestra (páginas 112 – 113)
7. Análisis de la resistencia longitudinal del buque (páginas 113 – 134)
8. Anexos

1. Presentación

El buque proyecto se trata de un PSV (Platform Supply Vessel) destinado a prestar apoyo y suministro a las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, con una capacidad de 8500 TPM, condición fijada en la RPA, además de una velocidad de servicio de 15 nudos. En cuanto a la operatividad del mismo puede suministrar la siguiente carga:

- Diesel oil
- Agua dulce para consumo
- Cemento seco
- Salmuera
- Otros elementos en la cubierta principal (carga seca) como brocas de perforación, cables etc.

También está diseñado para recoger los siguientes productos de la plataforma:

- Barro de perforación

Se ha dotado también la posibilidad de que el buque tenga la capacidad de recoger vertidos de hidrocarburos derramados en alta mar, lo que se conoce como Oil Recovery.

Las cotas de clase que aplican en el diseño del buque proyecto son las siguientes:

- DNV: buque diseñado bajo dicha sociedad de clasificación, se seguirán las normas y recomendaciones que sean de aplicación.
- SPS (special pourpuse ship)
- Supply vessel: buque diseñado para prestar apoyo.
- SF: buque diseñado teniendo en cuenta factores restrictivos en estabilidad en averías
- EO: maquinaria desatendida
- ICE C: buque diseñado para navegar en zonas con presencia de una capa fina de hielo
- DYNPOS AUTR: buque diseñado con la capacidad de mantener la posición sin moverse.
- CLEAN DESIGN: buque que dota de un diseño limpio en cuanto a contaminación
- FIFI III: buque diseñado con la posibilidad de luchar contra fuegos exteriores.
- OIL RECOVERY: buque dotado de la capacidad de recoger y almacenar vertidos de hidrocarburos en alta mar

Las cotas de clase comentadas se irán desarrollando a lo largo de los 13 cuadernos de los que consta el TFG.

2. Introducción

El objetivo del presente cuaderno es realizar un escantillonado óptimo de la cuaderna maestra del buque proyecto, siendo esta la sección más desfavorable de las cuadernas representativas del buque. Hay que distinguir esta con la sección crítica, que es la sección más desfavorable del buque, pero no tiene porqué ser una sección representativa. Para la elección de la sección a dimensionar se ha tenido en cuenta una sección próxima a la sección media del buque y que fuese la más desfavorable, teniendo esto en cuenta, se ha elegido la cuaderna 70 ya que presenta unos tanques de carga de barro de perforación. El barro de perforación es la carga con una mayor densidad que puede transportar el buque (2,8 t/ m³), por lo que se considera la sección más desfavorable para el escantillonado local. Además, dicha sección está próxima a la sección media y es representativa. Cabe destacar que en apartados posteriores a la hora de calcular el calado de escantillonado (T escantillonado) se escoge la condición de carga 1, que es aquella que presenta un calado mayor. No obstante, en esa condición de carga los tanques de barro de perforación van vacíos, ya que es un producto que se recoge en las plataformas. De todas formas, se ha elegido considerar la sección a escantillonar en dichos tanques debido a que ejercen una presión muy grande, lo que repercutirá directamente en el módulo y por tanto en el espesor de la estructura. Se ha dimensionado la cuaderna maestra para la condición más desfavorable que se pueda presentar, por ejemplo, el buque podría ir a suministrar apoyo a las plataformas, recoger barro de perforación y carga en la cubierta principal, adquiriendo el calado de escantillonado.

- Consideraciones sobre las tensiones y resistencia del buque

Cargas ejercidas sobre la estructura:

Las cargas ejercidas sobre el buque se pueden dividir en dos tipos:

- Cargas estáticas: en las que se encontrarían el peso y el empuje, estas cargas variarían en función de la condición de carga en la que se encuentre el buque, ya que habrá una diferencia grande, por ejemplo, entre la condición de lastre y la condición a plena carga.
- Cargas dinámicas: estas cargas, a su vez, las podemos dividir en cargas lentas y cargas rápidas. Entre las cargas lentas encontramos aquellas ejercidas por las olas, inercias y la propia resistencia al avance. Entre las cargas rápidas encontramos las vibraciones producidas por las máquinas instaladas a bordo del buque, el slamming, sloshing y la cavitación.

Modos de fallo de la estructura:

Podemos dividir los tipos de fallo de la estructura en tres grupos:

- Plastificación: es el modo de fallo menos habitual y el más fácil de calcular
- Inestabilidad elástica: se divide en dos tipos, inestabilidad elástica bifurcativa y no bifurcativa. En la no bifurcativa la deformación es progresiva y no se produce de manera brusca
- Fatiga

Estudio de la resistencia del buque:

A la hora de diseñar la estructura del buque hay que tener en cuenta el efecto de todas las cargas comentadas anteriormente. Las tensiones a las que se ve afectado el buque se pueden dividir en:

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_2^* + \sigma_3$$

σ_1 = tensión primaria

σ_2 = tensión de los refuerzos primarios

σ_2^* = tensión secundaria adicional, flexión simple de vigas (tensión de los refuerzos secundarios)

σ_3 = flexión cilíndrica de placas, fuerza que ejercen las chapas sobre los refuerzos secundarios

A modo de resumen, la forma de calcular cada una de ellas es la siguiente:

$\sigma =$	σ_1	σ_2	σ_2^*	σ_3
Cálculo directo	SÍ	SÍ	NO	NO
Reglamento	NO		SÍ	SÍ

La resistencia de los refuerzos primarios lo más habitual es estudiarla mediante cálculo directo, aunque se puede calcular mediante el reglamento, que será lo que se haga en este cuaderno, pero sólo para que los refuerzos no pandeen, es decir, no fallen por inestabilidad elástica.

Estudio de la resistencia longitudinal:

La resistencia primaria (σ_1) se corresponde con la resistencia longitudinal (también conocida como el comportamiento global de la estructura del buque), esta requiere de un análisis global y se estudia mediante la teoría buque – viga. Dicha teoría sólo trabaja con cargas estáticas, las cargas dinámicas habría que modelizarlas, y se supone lo siguiente:

- Buque = viga
- Flexión simple, es decir, pequeñas deformaciones, siempre en campo elástico y la sección transversal plana permanece plana en la deformación.

- Sección recta y constante en toda su longitud

Si estudiásemos las cargas estáticas ejercidas en el buque proyecto, curva de pesos y empujes, llegaríamos a conocer la curva de momentos flectores. Esta curva de momentos flectores es muy importante ya que nos indicaría en que sección del buque tendríamos el momento flector máximo, este momento flector máximo se corresponde con la sección crítica del buque, aquella sección en la cual sufre más la estructura del buque.

Además de estas cargas estáticas, como se comentó anteriormente, habría que estudiar el efecto de las cargas dinámicas sobre la estructura. Para el estudio de las condiciones de olas/ inercias hay tres caminos posibles a seguir:

- Tratamiento estático de la ola
- Aproximación probabilística de la ola
- Olas probabilísticas (reglamento IACS)

El camino más habitual hoy en día para el estudio del efecto de las olas es el de olas probabilísticas (reglamento IACS), el concepto es el mismo que el del cálculo probabilístico pero enunciado de forma empírica. Trabajan normalmente con la peor tormenta en los últimos 20/ 25 años en el Atlántico Norte. La forma de evaluar los tres modos de fallo antes descritos es la siguiente:

$$\sigma_1 = M / W$$

Donde:

- M = momento flector máximo
- W = módulo de la viga

$$W = I / Y$$

Donde:

- I = inercia de la sección
- Y = distancia al eje neutro

Una vez calculado el valor de σ_1 se comparará con los tres modos de fallo comentados anteriormente, para que la estructura sea válida tiene que ser menor o igual que σ_1 para cada modo de fallo, es decir:

- **Para plastificación ($\alpha \times \sigma_y$):**

$$\sigma_1 = \text{Máximo } |M_{sw} + M_{vw}| / \text{Min } (W_{cubierta}, W_{fondo})$$

$$\sigma_1 \leq \alpha \times \sigma_y$$

Donde:

- α es una limitación estructural, es decir, un valor que se le asigna a la estructura como diseñador para que no falle.
- σ_y = límite elástico del material empleado, en este caso el acero. Este valor siempre es el mismo, sólo cambia en aquellos buques que vayan a navegar en zonas de bajas temperaturas, como es el caso del buque proyecto, debido a esto se le aplica al acero un tratamiento.
- M_{sw} = momento en aguas tranquilas, tanto para quebranto como para arrufo.
- M_{vw} = momento en condición de olas, tanto para quebranto como para arrufo.

- **Para inestabilidad elástica ($\beta \times \sigma_e$):**

$$\sigma_1 = |M_{swh} + M_{vwh}| / W_{fondo}$$

$$\sigma_1 = |M_{sws} + M_{vws}| / (W_{cubierta})$$

$$\sigma_1 \leq \beta \times \sigma_e$$

Donde:

- β es una limitación estructural, es decir, un valor que se le asigna a la estructura como diseñador para que no falle.
- σ_e = tensión de Euler. Este valor no siempre es el mismo, depende del espesor de la chapa, para pandeo necesitamos las dos expresiones, tanto para arrufo como para quebranto.
- M_{swh} = momento para quebranto (hogging) en aguas tranquilas
- M_{vwh} = momento para quebranto en condiciones de olas
- M_{sws} = momento para arrufo (sagging) en aguas tranquilas
- M_{vws} = momento para arrufo en condiciones de olas

- **Para fatiga ($\alpha \times \sigma_f$):**

$$\sigma_1 = (|M_{vwh}| + |M_{vws}|) / W_{fondo}, W_{cubierta}$$

Donde:

- α es una limitación estructural, es decir, un valor que se le asigna a la estructura como diseñador para que no falle.
- M_{vwh} = momento para quebranto en condiciones de olas
- M_{vws} = momento para arrufo en condiciones de olas

Efectividad de los elementos estructurales (resistencia longitudinal)

A continuación, se van a detallar aquellos elementos estructurales que son efectivos en cuanto a la resistencia longitudinal del buque:

- Ningún elemento transversal es efectivo, es decir, no ayudan a la tensión primaria.
- Los elementos que no son suficientemente largos a lo largo de la eslora tampoco, en la zona donde el momento flector es relevante, al menos 40 % de la eslora.

Mediante el escantillonado local de los elementos estructurales de la cuaderna maestra estamos resolviendo “los problemas” de σ_2^* y σ_3 , es decir, la tensión secundaria adicional y la tensión terciaria.

Para la realización del cuaderno hay que tener en cuenta la cota de clase ICE C estipulada en la RPA del proyecto, ya que afectará al escantillonado local de diferentes elementos estructurales como se irá comentando. Dicha cota de clase aplica al buque proyecto ya que está destinado a navegar en zonas con presencia de capas finas de hielo, se ha diseñado para dar servicio a las plataformas petrolíferas situadas en el Mar del Norte.

Para garantizar estos requerimientos se usará el reglamento de la sociedad de clasificación DNV, como estipula la RPA, más concretamente se empleará la Parte 3 Capítulo 2 “Hull Structural Design” de dicho reglamento y la Parte 5 Capítulo 1 “Ships for Navigation in Ice”.

3. Tipo de estructura a elegir

Como proyectista, se tienen tres posibilidades a la hora de elegir el tipo de estructura de un buque, que son las siguientes:

- Estructura longitudinal:
- Estructura transversal
- Estructura mixta

La estructura longitudinal se suele emplear en buques de más de 100 m de eslora y tiene los refuerzos secundarios (los más pequeños y numerosos) orientados longitudinalmente, mientras que la estructura transversal se suele usar en buques de eslora reducida y tiene los refuerzos secundarios orientados transversalmente. La estructura mixta es una mezcla entre los dos tipos de estructuras citados anteriormente

Una vez se ha comentado los tres tipos de estructuras, se ha elegido la estructura longitudinal como tipo de estructura para el dimensionamiento de la cuaderna maestra del buque proyecto. Se ha tomado esta decisión debido a un factor importante, la longitud del buque, superando los 100 m de eslora, este tipo de estructura en buques de más de 100 m de eslora disminuye notablemente el peso del acero, aspecto que interesa para aquellos buques de peso muerto, como es el caso del buque proyecto. Además, los buques de apoyo a plataformas petrolíferas, debido a su operatividad,

sufren más por resistencia longitudinal. Debido a estos factores se considera acertada la decisión de elegir una estructura longitudinal.

Hay que destacar que esta decisión se ha tomado para dimensionar la cuaderna maestra, es probable que si avanzamos en el diseño de la estructura del buque en toda la eslora haya zonas en las que sea más conveniente una estructura transversal o mixta, como por ejemplo en las zonas de proa y popa, de hecho, dichas zonas tendrán que soportar cargas y esfuerzos importantes, por ejemplo, en la navegación con presencia de hielo.

Los refuerzos longitudinales se orientarán hacia la línea de base y hacia crujía.

3.1 Calado de escantillonado

El calado para el cual se van a escantillonar todos los elementos estructurales de la cuaderna maestra se corresponde con el calado asociado a la situación más desfavorable, aquella en la que el calado sea mayor, ya que el agua ejercerá una presión hidrostática mayor. El calado será el que se corresponde con la condición de carga 1 calculada en el cuaderno 5: Buque saliendo de puerto a plena carga ($T = 8,193 \text{ m}$), se aplicará un margen de 300 mm que permitirá a la estructura soportar cargas a mayores como por ejemplo debido a embarques de agua en la cubierta principal. Por tanto, el calado de escantillonado es el siguiente:

$$T_{\text{escantillonado}} = 8,193 \text{ m} + 300 \text{ mm} = 8,493 \text{ m}$$

3.2 Eslora de escantillonado

El Reglamento DNV en la Sección 1: “General requirements” define eslora de escantillonado como la mayor entre estos dos casos: un 96 % de la eslora en flotación de verano y la menor distancia entre un 97 % de la eslora de flotación en verano y la eslora entre perpendiculares, esto resulta:

$$L = \text{máx} (0,96 \times L_{\text{flotación}}; \text{mín} ((0,97 \times L_{\text{flotación}}; L_{pp}))$$

$$L_{\text{entre perpendiculares}} = 95 \text{ m}$$

$$L_{\text{en la flotación al calado de escantillonado}} = 97,707 \times 0,97 = 94,775 \text{ m}$$

Por tanto, la eslora que se considerará para el escantillonado será la mayor de las siguientes:

$$L = 0,96 \times 97,707 = 93,798 \text{ m}$$

$$\mathbf{L = 94,775}$$

3.3 Coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque se calculará a partir del desplazamiento al calado de escantillonado, que se obtiene a partir de las curvas hidrostáticas calculadas en el Cuaderno 4: Cálculos de arquitectura naval. El coeficiente de bloque que resulta es el siguiente:

$$C_b = \frac{\Delta}{1,025 \times L \times B \times T} = \frac{14265 \text{ t}}{1,025 \times 94,775 \times 24,618 \times 8,493} = 0,702$$

3.4 Parámetros básicos

Para calcular estos parámetros básicos que se definirán a continuación se recurrirá a la Parte 3 Capítulo 1 Sección 4 del reglamento DNV: “Design Loads”. Los parámetros a calcular son los siguientes: Parámetro de ola (C_w), aceleración (a_0) y aceleración vertical (a_v).

3.4.1 Parámetro de ola

El reglamento establece una fórmula distinta en función de la eslora del buque para calcular el parámetro de ola, como se puede ver en la siguiente tabla:

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

Como se ha calculado en el apartado 2.2 la eslora del buque proyecto es de 94,775 m, por tanto, la fórmula a emplear es la siguiente:

$$C_w = 0,0792 \times L = 0,0792 \times 94,775 \text{ m} = 7,51$$

3.4.2 Aceleración

La aceleración se calcula mediante la siguiente fórmula:

203 A common acceleration parameter is given by:

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

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

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

Values of a_0 according to the above formula may also be found from Fig.2.

$$Cv = \frac{\sqrt{94,775}}{50} = 0,195$$

$$Cv1 = \frac{15}{\sqrt{94,775}} = 1,541$$

El valor de Cv se tomará como 0,2, por tanto:

$$ao = \frac{3 \times 7,51}{94,775} + (0,195 \times 1,541) = 0,54 \text{ m/s}^2$$

3.4.3 Aceleración vertical

La aceleración vertical viene expresada por la siguiente fórmula:

B 600 Combined vertical acceleration

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

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

k_v = 1.3 aft of A.P.
 = 0.7 between 0.3 L and 0.6 L from A.P.
 = 1.5 forward of F.P.

Between mentioned regions k_v shall be varied linearly, see Fig.3.

$$kv = 0,7$$

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

$$Cb = 0,702$$

$$ao = 0,54$$

$$av = \frac{0,7 \times 9,81 \times 0,54}{0,702} = 5,28 \text{ m/s}^2$$

3.4.4 Cuadro resumen

A continuación, se muestra un cuadro resumen de los parámetros básicos calculados para la realización del escantillonado de la cuaderna maestra:

T escantillonado	8,493 m
L escantillonado	94,775 m
B	24,618 m
Cb	0,702
Cw	7,51
ao	0,54 m/s ²
av	5,28 m/s ²

4. Módulo de la cuaderna maestra según reglamento

El objetivo de este apartado es calcular el módulo mínimo necesario para la cuaderna maestra del buque proyecto, cumpliendo con lo establecido por el DNV. Para ello se empleará la Parte 3 Capítulo 1 Sección 5: “Longitudinal Strength”.

Para calcular el módulo de la cuaderna maestra primero tenemos que calcular los momentos cuando el buque se encuentre en arrufo y en quebranto en dos condiciones de mar: aguas tranquilas y en condiciones de olas. Una vez calculados estos momentos se calculará el módulo mínimo necesario de la cuaderna maestra, para el fondo y para la cubierta. Por tanto:

- Momento en aguas tranquilas

Para el cálculo del momento en aguas tranquilas se recurre al apartado B “Still Water and Wave Induced Hull Girder Bending Moments and Shear Forces” más concretamente el apartado B 100 “Stillwater conditions”.

La fórmula que establece el DNV para el momento en aguas tranquilas tanto para arrufo como para quebranto es la siguiente:

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

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

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

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

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

- Momento en aguas tranquilas en arrufo:

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

$$M_{so} = -0,065 \times 7,51 \times (94,775)^2 \times 26,618 \times (0,702 + 0,7)$$

$$M_{so} = -163630,52 \text{ kNm}$$

- Momento en aguas tranquilas en quebranto:

$$M_{so} = C_{wu} \times L^2 \times B \times (0,1225 - 0,015 \times C_b) \text{ (kNm)}$$

$$M_{so} = 7,51 \times (94,775)^2 \times 26,618 \times (0,1225 - 0,015 \times 0,702)$$

$$M_{so} = 201050,25 \text{ kNm}$$

- **Momento en condición de olas**

Para el cálculo del momento en aguas tranquilas se recurre al apartado B “Still Water and Wave Induced Hull Girder Bending Moments and Shear Forces” más concretamente el apartado B 200 “Wave loads conditions”.

La fórmula que establece el DNV para el momento en aguas tranquilas tanto para arrufo como para quebranto es la siguiente:

B 200 Wave load conditions

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

$$M_W = M_{W0} \text{ (kNm)}$$

$$M_{W0} = -0.11 \alpha C_W L^2 B (C_B + 0.7) \text{ (kNm) in sagging}$$

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

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

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

C_B is not be taken less than 0.6.

- **Momento en condición de olas en arrufo:**

$$M_{wo} = -0,11 \times \alpha \times C_w \times L^2 \times B \times (C_b + 0,7) \text{ (kNm)}$$

$$M_{wo} = -0,11 \times 1 \times 7,51 \times (94,775)^2 \times 26,618 \times (0,702 + 0,7)$$

$$M_{wo} = -276913,19 \text{ kNm}$$

- **Momento en condición de olas en quebranto:**

$$M_{wo} = 0,19 \times \alpha \times C_w \times L^2 \times B \times C_b \text{ (kNm)}$$

$$M_{wo} = 0,19 \times 1 \times 7,51 \times (94,775)^2 \times 26,618 \times 0,702$$

$$M_{wo} = 239493,46 \text{ kNm}$$

- **Módulo de la sección maestra**

Una vez calculados los momentos en aguas tranquilas y en condiciones de olas se procederá a calcular el módulo mínimo necesario de la sección maestra, para ello se recurre al apartado C “Bending Strength and Stiffness” más concretamente al apartado C 300 “Section modulus.

El módulo mínimo viene dado por la siguiente fórmula:

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

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

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

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

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

$$C_{WO} = 10.75 - (300 - L/100)^{3/2} = 10.75 - (300 - 94,775/100)^{3/2} = 7,81$$

$f_1 = 1$; debido a que el acero empleado para la estructura del buque pertenece a la clase NV- NS (Sección 2: “Hull Structural Steel”).

Por tanto:

$$Z_O = \frac{7,81}{1} \times (94,775)^2 \times 26,618 \times (0,702 + 0,7) \quad (\text{cm}^3)$$

$$Z_O = 2617954,26 \text{ cm}^3$$

El módulo de la sección maestra con respecto al eje neutro transversal basado en las condiciones de carga y lastre se expresa mediante la siguiente fórmula:

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

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

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

Between specified positions σ_l shall be varied linearly.

$$\sigma_l = 175 \times f_1 = 175 \times 1 = 175 \text{ N/mm}^2$$

$(M_S + M_W)$ es la suma de los valores de los momentos mayores en valor absoluto en aguas tranquilas y en condición de olas.

Como se calculó anteriormente, dichos valores se corresponden con el momento en quebranto en aguas tranquilas y el momento en arrufo en condición de olas, como se muestra a continuación:

Valor mayor Ms = Ms (quebranto) = 201050,25 kNm

Valor mayor Mw (arrufo) = 276913,19 kNm

$$Z_o = \frac{|477963,44|}{175} \times 10^3$$

$$Z_o = 2731219,66 \text{ cm}^3$$

Una vez calculados los dos valores del módulo de la sección maestra (zo) se establece que el valor del módulo del fondo y la cubierta debe ser como mínimo el valor mayor de los dos calculados anteriormente, por tanto:

Z fondo-cubierta >= 2731219,66 cm³

5. Escantillado de la cuaderna maestra

El objetivo de este apartado es dimensionar el escantillado local de la cuaderna maestra, usando para ello, el reglamento DNV, en concreto la Parte 3 Capítulo 1, como se especifica en la RPA.

Lo que se hará con el escantillado local de la cuaderna maestra es estudiar la tensión σ_2^* y la tensión σ_3 , asegurándose que dicha cuaderna cumple con el módulo mínimo requerido por el reglamento. La comprobación del módulo se hará al final del cuaderno.

La separación entre refuerzos primarios (transversales) será de 4 cuadernas, la separación entre cuadernas se había definido en el Cuaderno 4: Cálculos de Arquitectura naval como 600 mm, por tanto, habrá un refuerzo primario cada 2400 mm.

La separación entre refuerzos secundarios (longitudinales) es menor que la separación entre refuerzos primarios y será de 600 mm.

Hay una relación entre la separación de refuerzos primarios y secundarios que se considera aceptable para un buen diseño, dicha separación es la siguiente:

$$3 \leq l/s \leq 5$$

Siendo para el buque proyecto l = separación entre refuerzos primarios (2,4 m) y s = separación entre refuerzos secundarios (0,6 m):

$$3 \leq 2,4/0,6 \leq 5$$

$$3 \leq 4 \leq 5$$

Como se puede comprobar el buque proyecto cumple con la relación establecida.

En la RPA del proyecto se establece la cota de clase ICE C, que se aplicará en el presente apartado. Para tener en cuenta la cota de clase ICE C se seguirán las normas de la Parte 5 Capítulo 1 del DNV: "Ships for Navigation in Ice". Esta parte se utilizará para dotar a la estructura del buque de un refuerzo estructural adicional (cinturón de hielo), encargado de soportar la presión que ejerce el hielo en el casco.

Como proyectista, a la hora de escantillonar la estructura de un buque, debemos lograr que la estructura esté diseñada para que falle la chapa, ya que se puede arreglar fácilmente y no supondría un problema muy grave. Esto es debido a que la chapa está empotrada contra los refuerzos primarios, por tanto, si fallasen los refuerzos primarios "arrastrarían el fallo y se llevarían por delante a los refuerzos secundarios y a la chapa".

Lo primero que se va a hacer en este apartado es calcular el escantillonado de los distintos elementos estructurales de la cuaderna maestra sin aplicar la cota de clase ICE – C. Una vez que se hayan escantillonado dichos elementos se procederá a dotar al buque de un refuerzo estructural extra, como se podrá comprobar al final del presente apartado.

El orden de escantillonamiento de los refuerzos estructurales que se va a seguir es el siguiente:

- Elementos del fondo
- Elementos del costado
- Elementos de la cubierta
- Reforzado estructural debido a la cota de clase ICE-C

El catálogo de perfiles empleado para elegir los refuerzos longitudinales se introducirá en el Anexo I del cuaderno, mientras que el plano de la cuaderna maestra, una vez acabado el escantillonado local en el Anexo II.

5.1 Escantillonado de los elementos del fondo

Se van a dimensionar los elementos estructurales que se detallan a continuación:

- Quilla plana
- Chapa del fondo (forro exterior)
- Longitudinales de la chapa del fondo
- Chapa del doble fondo
- Longitudinales del doble fondo
- Vagras

5.1.1 Quilla plana

La quilla, en el caso del buque proyecto una quilla plana, es de especial interés en la estructura de un buque debido a que es el elemento central del fondo del buque y ayuda a la resistencia longitudinal y a soportar esfuerzos locales durante la construcción del buque.

Para escantillonar la quilla del buque proyecto se recurrirá a la siguiente parte del reglamento DNV: Parte 3 Capítulo 1 Sección 6 "Hull structural design ships with length 100 metres and above" concretamente el punto C 200: "Keel plate".

También se escantillonará la chapa curva del pantoque siguiendo la Parte 3 Capítulo 1 Sección 6 del reglamento DNV, concretamente el punto C 300: "Bottom and bilge plating".

C 200 Keel plate

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

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

202 The thickness shall not be less than:

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

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

La anchura mínima de la chapa de la quilla plana viene determinada por la siguiente expresión:

$$b = 800 + 5 \times L$$

$$b = 800 + 5 \times 94,775 \text{ m} = 1273,875 \text{ mm}$$

El espesor de la chapa mínimo viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = 7 + \frac{0,05 \times L1}{\sqrt{f1}} + tk \quad (\text{mm})$$

L1 = L para buques de eslora < 300 m, como el caso del buque proyecto.

f1 = 1, se empleará un acero de calidad NV-NS.

tk = 2mm, margen por corrosión.

$$t = 7 + \frac{0,05 \times 103,81}{\sqrt{1}} + 1,5 = 13,7 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la **chapa de la quilla** será de **1300 x 14 mm**.

5.1.2 Chapa del fondo (forro exterior)

La función principal de la chapa del fondo es tener la estanqueidad necesaria al agua de mar y tener la suficiente resistencia para aguantar el empuje del agua, y transmitirlo al resto de la estructura interna a través de los distintos refuerzos. Para su dimensionamiento recurrimos al DNV Pt 3 Ch 1 Sec 6 C 300 (Bottom and bilge plating).

La **longitud mínima de la chapa del fondo** se calcula de la misma forma que la quilla plana, por tanto, tendrá una longitud mínima de **1300 mm**.

C 300 Bottom and bilge plating

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

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

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

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

p = p₁ to p₃ (when relevant) in Table B1

σ = 175 f₁ - 120 f_{2b}, maximum 120 f₁ when transverse frames, within 0.4 L

= 120 f₁ when longitudinals, within 0.4 L

= 160 f₁ within 0.1 L from the perpendiculars.

Between specified regions the σ-value may be varied linearly.

f_{2b} = stress factor as given in A 200

303 The longitudinal and combined buckling strength shall be checked according to Sec.13.

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.6 - Page 91

304 The thickness shall not be less than:

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

ka es un factor que depende de la separación entre refuerzos secundarios y primarios, viene dado por la siguiente expresión:

$$ka = (1,1 - 0,25 \times s/l)^2 = (1,1 - 0,25 \times 0,6/2,4)^2 = 1,076$$

El valor ka no puede ser mayor que 1, por tanto, ka = 1.

$$\sigma = 120 \times f1 = 120 \times 1 = 120$$

Ahora tenemos que calcular las presiones P1, P2 y P3 y mirar cual es la más desfavorable para el dimensionamiento de la chapa del forro exterior.

Table B1 Design loads		
Structure	Load type	p (kN/m ²)
Outer bottom	Sea pressure	p ₁ = 10 T + p _{dp} (kN/m ²) ¹⁾
	Net pressure in way of cargo tank or deep tank	p ₂ = ρ (g ₀ + 0.5 a _v) h _s - 10 T _M p ₃ = ρ g ₀ h _s + p ₀ - 10 T _M

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = 10 \times T + Pdp \text{ (Kn/m}^2\text{)}$$

Donde:

- T = calado de escantillonado (m) = 9,493 m
- Pdp es un factor que dependerá de la distancia a la que se considere el punto de carga con respecto a la línea base y crujía.

The pressure p_{dp} is taken as:

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

$$p_l = k_s C_w + k_f$$

$$= (k_s C_w + k_f) \left(0.8 + 0.15 \frac{V}{\sqrt{L}} \right) \text{ if } \frac{V}{\sqrt{L}} > 1.5$$

$$k_s = 3 C_B + \frac{2.5}{\sqrt{C_B}} \text{ at AP and aft}$$

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.4 – Page 57

= 2 between 0.2 L and 0.7 L from AP

$$= 3 C_B + \frac{4.0}{C_B} \text{ at FP and forward.}$$

Between specified areas k_s shall be varied linearly.

$$P1 = k_s \times C_w + k_f$$

Donde:

- $K_s = 2$
- $C_w = 7,51$
- $K_f = \min (T, f)$ siendo como máximo $0,8 \times C_w$, que será el valor que se asuma

$$P1 = 2 \times 7,51 + 0,8 \times 7,51 = 21,028 \text{ kn/m}^2$$

Ya podemos conocer Pdp:

$$Pdp = 21,028 + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - Z)$$

Donde:

- Y = distancia horizontal desde crujía hasta el punto de carga, mínimo B/4, para el cálculo se considerará B/2
- T = calado de escantillonado
- Z = distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga, como estamos dimensionando las chapas del fondo $z = 0$.

$$Pdp = 21,028 + 135 \times (24,618/2/24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 0) = 27,52 \text{ Kn/m}^2$$

$$P1 \text{ (valor máximo)} = 10 \times T + Pdp = 10 \times 8,493 + 27,52 = 112,45 \text{ kn/ m}^2$$

El valor mínimo que podría tomar Pdp se corresponde con el valor mínimo de Y, es decir, B/4, por lo que para este valor Pdp es 19,18, por tanto:

$$P1 \text{ (valor mínimo)} = 10 \times T + Pdp = 10 \times 8,493 + 19,18 = 104,11 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P2:**

$$P2 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs - 10 \times TM$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $go = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $av = 5,28 \text{ m/s}^2$
- hs = distancia vertical desde el punto de carga al tope del tanque, en este caso será 1,5 m, que es el valor de la altura del doble fondo.
- Tm = calado mínimo de diseño, para buques de carga se toma de $0,35 \times T = 0,35 \times 8,493 = 2,973 \text{ m}$

$$P2 = 1,025 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 1,5 - 10 \times 2,973 = - 10,5 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times go \times hs + po - 10 \times TM$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $go = 9,81 \text{ m/s}^2$
- hs = distancia vertical desde el punto de carga al tope del tanque, en este caso será 1,5 m, que es el valor de la altura del doble fondo.
- $po = 15$ para tanques de lastre
- Tm = calado mínimo de diseño, para buques de carga se toma de $0,35 \times T = 0,35 \times 8,493 = 2,973 \text{ m}$

$$P3 = 1,025 \times 9,81 \times 1,5 + 15 - 10 \times 2,973 = 0,353 \text{ kn/ m}^2$$

Una vez calculadas las tres presiones ya podemos conocer el espesor mínimo de la chapa de fondo del forro exterior, que viene determinado por la siguiente fórmula:

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

Dónde:

- $k_a = 1$
- $\sigma = 120$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = 112,45 \text{ kN/m}^2$
- $t_k = 2 \text{ mm}$

- **Dimensionamiento de la chapa:**

Para el cálculo del espesor de las chapas del forro exterior del fondo se van a dividir en dos tramos, es decir, uno asociado al cálculo de Pdp considerando B/2 y otro considerando B/4. De esta forma se consigue un diseño más óptimo y real. Obtenemos los siguientes espesores:

$$t (B/2) = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{112,45 / \sqrt{120}}) + 1,5 \text{ mm} = 10,67 \text{ mm}$$

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

$$t (B/4) = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{104,11 / \sqrt{120}}) + 1,5 \text{ mm} = 10,33 \text{ mm}$$

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

De los cálculos anteriores obtenemos “dos tramos” de chapas con diferente espesor, el primero que iría desde la quilla hasta un valor de semimanga de B/4 y el otro tramo desde B/4 hasta B/2.

5.1.3 Longitudinales de la chapa del fondo

En este apartado se dimensionarán los refuerzos longitudinales de la chapa del fondo (forro exterior), se calculará su espesor y módulo mínimo necesarios según estipula el reglamento DNV en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 6 C 700 (Bottom longitudinals), una vez calculados ambos valores se elegirán unos perfiles comerciales de llantas bulbo, que será el tipo de perfiles que llevará el buque proyecto. Las funciones que tienen estos elementos estructurales son las siguientes:

- Son elementos eficaces para la resistencia longitudinal del buque
- Soportar la chapa del forro exterior para evitar que pandee

El DNV estipula lo siguiente:

C 700 Bottom longitudinals

701 The section modulus requirement is given by:

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

$p = p_1$ to p_3 (when relevant) as given in Table B1

$\sigma =$ allowable stress (maximum $160 f_1$) given by:

— within 0.4 L:

Single bottom	Double bottom
$225 f_1 - 130 f_{2b}$	$225 f_1 - 130 f_{2b} - 0.7 \sigma_{db}$

For bilge longitudinals the allowable stress σ shall be taken as $225 f_1 - 130 f_2 (z_n - z_a)/z_n$, where z_n, z_a are taken as defined in Sec.7 A201.

— within 0.1 L from perpendiculars: $\sigma = 160 f_1$

Between specified regions the σ value may be varied linearly.

$\sigma_{db} =$ mean double bottom stress at plate flanges, normally not to be taken less than:

= $20 f_1$ for cargo holds in general cargo vessels

= $50 f_1$ for holds for ballast

= $85 f_1 b/B$ for tanks for liquid cargo

$f_{2b} =$ stress factor as given in A200

$b =$ breadth of tank at double bottom.

Longitudinals connected to vertical girders on transverse bulkheads shall be checked by a direct stress analysis, see Sec.12 C.

702 The buckling strength of longitudinals shall be checked according to Sec.13.

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

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

Lo primero que haremos es calcular el módulo:

Donde:

- Las presiones que aplican (P) son las mismas que las calculadas cuando se dimensionó la chapa del forro exterior, resultando:

$$P1 (B/2) = 112,45 \text{ kn/ m}^2$$

$$P1 (B/4) = 104,11 \text{ kn/ m}^2$$

- $\sigma = 225 \times f_1 - 130 \times f_{2b} - 0,7 \times \sigma_{db}$
- $l =$ separación entre refuerzos primarios, se había definido al principio del cuaderno en 2400 mm.
- $s =$ separación entre refuerzos secundarios, se había definido al principio del cuaderno en 600 mm.

Lo primero que tenemos que hacer es calcular el valor de σ , para ello tenemos que calcular los siguientes valores:

- $f_{2b} =$ factor de estrés, se muestra en la sección A 200 y viene dado por la siguiente fórmula:

$$f_{2b} = 5,7 \times (Ms + Mw) / Zb$$

Donde:

- M_s = momento en aguas tranquilas = 201050,25 knm
- M_w = momento en condición de olas = 276913,19 knm
- Z_b = módulo del fondo de la sección maestra en cm^3 = 2731219,66 cm^3

$$f2b = 5,7 \times (201050,25 + 276913,19) / 2731219,66 = 0,997$$

Ahora calculamos el valor de σ_{2b} :

$$\sigma_{2b} = 50 \times f1 \text{ para tanques de lastre con } f1 = 1, \text{ por tanto, } \sigma = 50 \times 1 = 50$$

Una vez conocidos estos valores ya podemos calcular σ :

$$\sigma = 225 \times 1 - 130 \times 0,997 - 0,7 \times 50 = 60,39$$

Ahora tenemos que calcular el valor de w_k , que se trata de un factor de corrosión, para tanques como es el caso presenta la siguiente fórmula:

$$Wk = 1 + 0,06 \times tkw$$

Donde:

- $tkw = 3$

Por tanto, ya podemos calcular w_k :

$$Wk = 1 + 0,06 \times 3 = 1,18$$

Ahora ya podemos calcular el módulo requerido, de la misma forma que se hizo al dimensionar la chapa del forro del fondo se van a "considerar2 dos tramos, teniendo dos presiones distintas de P_1 , que se corresponde para $B/2$ y $B/4$. El módulo de los perfiles queda definido de la siguiente forma:

$$Z (B/2) = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times P1(B/2) \times 1,18) / 60,39$$

$$Z (B/2) = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 112,45 \times 1,18) / 60,39 = 630,27 \text{ cm}^3$$

Mirando en el catálogo se escogen unos perfiles llantas de bulbo 300 x 11 mm.

$$Z (B/4) = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times P1(B/4) \times 1,18) / 60,39$$

$$Z (B/4) = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 104,11 \times 1,18) / 60,39 = 583,53 \text{ cm}^3$$

Se escogen unos perfiles llantas de bulbo 280 x 12 mm.

El espesor de los refuerzos debe ser por lo menos de:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,557$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$
- $L1 = 103,81 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor del espesor mínimo:

$$t = 4,5 + 1,557 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}$$

5.1.4 Chapa del doble fondo

En este apartado se dimensionará la chapa de la cubierta del doble fondo, cuyas funciones más importantes son:

- Contribuir a la resistencia transversal y longitudinal
- Crear una superficie plana y resistente para los tanques de carga
- Delimitar el espacio de los tanques de lastre del doble fondo y proteger de inundaciones por una posible rotura de la chapa del forro exterior

Para el estudio de la chapa de la cubierta del doble fondo se va a dividir en dos tramos, uno correspondiente a la chapa situada debajo de los tanques de barro de perforación y otro tramo en la cámara de bombas. Dicha chapa se calculará teniendo en cuenta la presión que ejercen los tanques de lastre por debajo de la misma y los tanques de barro de perforación por encima, cuya densidad es muy alta.

Para este cálculo se recurrirá al DNV Parte 3 Capítulo 1 Sección 6 C 400 (Inner bottom plating), en el cual se establece lo siguiente:

C 400 Inner bottom plating

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

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

p = p_4 to p_{15} (whichever is relevant) as given in Table B1

σ = $200 f_1 - 110 f_{2b}$, maximum $140 f_1$ when transverse frames, within 0.4 L
 = $140 f_1$ when longitudinals, within 0.4 L
 = $160 f_1$ within 0.1 L from the perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

f_{2b} = stress factor as given in A200.

402 The thickness shall not be less than:

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

t_0 = 7.0 in holds below dry cargo hatchway opening if ceiling is not fitted.

= 6.0 elsewhere in holds if ceiling is not fitted

= 5.0 in general if ceiling is fitted.

= 5.0 in void spaces, machinery spaces and tanks.

Las cargas que aplican para calcular el espesor de la chapa del doble fondo son de la 4 a la 15, las cuales se muestran a continuación:

Table B1 Design loads		
Structure	Load type	p (kN/m ²)
Outer bottom	Sea pressure	$p_1 = 10 T + p_{dp}$ (kN/m ²) ¹⁾
	Net pressure in way of cargo tank or deep tank	$p_2 = \rho(g_0 + 0.5 a_v) h_s - 10 T_M$ $p_3 = \rho g_0 h_s + p_0 - 10 T_M$
Inner bottom	Dry cargo in cargo holds	$p_4 = \rho(g_0 + 0.5 a_v) H_C$
	Ballast in cargo holds	$p_5 = (10 + 0.5 a_v) h_s$ $p_6 = 6.7(h_s + \phi b) - 1.2 \sqrt{H \phi b_t}$ ²⁾ $p_7 = 0.67(10 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_8 = 10 h_s + p_0$
	Liquid cargo in tank above	$p_9 = \rho(g_0 + 0.5 a_v) h_s$ $p_{10} = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi b_t}]$ ²⁾ $p_{11} = 0.67(\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_{12} = \rho g_0 h_s + p_0$
Inner bottom, floors and girders	Pressure on tank boundaries in double bottom	$p_{13} = 0.67(10 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_{14} = 10 h_s + p_0$
	Minimum pressure	$p_{15} = 10 T$

1) For ships with service restrictions the last term in p_1 may be reduced by the percentages given in Sec.4 B202.
2) p_6 and p_{10} to be used in tanks/holds with largest breadth > 0.4 B.

Las cargas P6 y P10 no aplican ya que ninguno de los tanques a considerar tienen una manga mayor que 0,4 x B, siendo B la manga del buque (24,618 m)

Para la chapa situada debajo de la cámara de bombas las presiones aplicables son las siguientes: P13 y P14, mientras que para la chapa situada debajo de los tanques de barro de perforación son: P9, P11, P12, P13 y P14.

Procedemos a calcular dichas presiones:

- **Cálculo de presiones para la chapa situada debajo de la cámara de bombas:**
- **Cálculo de P13:**

$$P_{13} = 0,67 \times (10 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- h_p = distancia vertical medida en metros desde el punto de carga considerado hasta el rebose del tanque, se estima de unos 10,5 m.
- ΔP_{dyn} (Sec 4 C 300) = 25 kn/ m2 por ser tanques de lastre

Ya podemos calcular el valor de P13:

$$P_{13} = 0,67 \times (10 \times 10,5 + 25) = 87,1 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P14:**

$$P_{14} = 10 \times h_s + p_0$$

Donde:

- h_s = distancia vertical desde el punto de carga al tope del tanque = 1,5 m

- $p_o = 25 \text{ kn/ m}^2$

Ya podemos calcular el valor de P14:

$$P14 = 10 \times 1,5 + 25 = 40 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de la mínima presión que establece el DNV**

$$P = 10 \times T$$

Donde:

- $T = \text{calado de escantillonado} = 8,493 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de la mínima presión requerida:

$$P \text{ mínima} = 10 \times 8,493 = 84,93 \text{ kn/ m}$$

Como se puede comprobar la presión 13 (P13) es mayor que la presión mínima requerida.

- **Cálculo de presiones para la chapa situada debajo de los tanques de barro de perforación:**

- **Cálculo de P9:**

$$P9 = \rho \times (g_o + 0,5 \times a_v) \times h_s$$

Donde:

- $\rho = \text{densidad del barro de perforación} = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_o = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $a_v = \text{aceleración vertical} = 5,28 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = \text{distancia vertical al tope del tanque} = 10 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P9:

$$P9 = 2,8 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P11:**

$$P11 = 0,67 \times (\rho \times g_o \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/m}^3$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $h_p =$ distancia vertical al rebose del tanque = 10,5 m
- $\Delta P_{dyn} = 0$ normalmente para tanques de carga.

Ya podemos calcular el valor de P11:

$$P11 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 10,5 + 0) = 193,24 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P12:**

$$P12 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $h_s =$ distancia vertical al tope del tanque = 10 m
- $p_0 = 25 \text{ kn/m}^2$

Ya podemos calcular el valor de P13:

$$P13 = 2,8 \times 9,81 \times 10 + 25 = 299,68 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P13:**

$$P13 = 0,67 \times (10 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $h_p =$ distancia vertical medida en metros desde el punto de carga considerado hasta el rebose del tanque, se estima de unos 10,5 m.
- $\Delta P_{dyn} = 0$, normalmente para tanques de carga

Ya podemos calcular el valor de P13:

$$P13 = 0,67 \times (10 \times 10,5 + 0) = 70,35 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P14:**

$$P14 = 10 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $h_s =$ distancia vertical al tope del tanque = 10 m
- $p_0 = 25 \text{ kn/m}^2$

Ya podemos calcular el valor de P14:

$$P_{14} = 10 \times 10 + 25 = 125 \text{ kn/m}^2$$

Una vez se han calculado todas las presiones ejercidas sobre la chapa del doble fondo podemos dimensionar su espesor según la siguiente fórmula:

$$t = ((15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma}) + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $\sigma = 140 \times f_1 = 140$
- $P =$ la mayor presión ejercida aplicable
- $t_k = 1,5 \text{ mm}$
- $s = 0,6 \text{ m}$

- **Cálculo del espesor de la chapa del doble fondo debajo de la cámara de bombas**

Usaremos la fórmula anterior teniendo en cuenta que la presión máxima se corresponde con $P_{13} = 87,1 \text{ kn/m}^2$, por tanto:

$$t = ((15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{87,1}) / \sqrt{140}) + 1,5 = 8,97 \text{ mm}$$

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

- **Cálculo del espesor de la chapa del doble fondo debajo de los tanques de barro de perforación**

Usaremos la misma fórmula comentada en el dimensionamiento anterior, pero esta vez, teniendo en cuenta la presión máxima que se corresponde con $P_9 = 348,6 \text{ kn/m}^2$, por tanto:

$$t = ((15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{348,6}) / \sqrt{140}) + 1,5 = 14,9 \text{ mm}$$

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

Como se puede comprobar este espesor es mucho mayor que el calculado anteriormente para la chapa del doble fondo debajo de la cámara de bombas, esto es debido a que hay unos tanques de carga de barro de perforación muy grandes, este producto además tiene una densidad elevada de $2,8 \text{ t/m}^3$, por lo que ejerce una gran presión sobre el doble fondo.

5.1.5 Longitudinales del doble fondo

Para el escantillonado local de los refuerzos longitudinales del doble fondo recurriremos al reglamento DNV en concreto a la Sección 6 C 800 (Inner bottom longitudinals). Las cargas aplicadas serán las mismas que las calculadas en el apartado anterior cuando dimensionábamos el espesor de la chapa del doble fondo. En el DNV se estipula lo siguiente:

C 800 Inner bottom longitudinals

801 The section modulus requirement is given by:

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

- p = p_4 to p_{15} (whichever is relevant) as given in Table B1
 σ = $225 f_1 - 100 f_{2B} - 0.7 \sigma_{db}$ within 0.4 L (maximum $160 f_1$)
 = $160 f_1$ within 0.1 L from the perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

- σ_{db} = mean double bottom stress at plate flanges, normally not to be taken less than:
 = $20 f_1$ for cargo holds in general cargo vessels
 = $50 f_1$ for holds for ballast
 = $85 f_1 b/B$ for tanks for liquid cargo
 f_{2b} = stress factor as given in A200
 b = breadth of tank at double bottom.

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

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

Para dimensionar estos refuerzos longitudinales seguiremos el mismo procedimiento que el seguido a la hora de dimensionar la chapa, se dividirán los refuerzos en dos tramos, uno situado bajo la cámara de bombas y el otro bajo los tanques de barro de perforación.

- **Cálculo de los longitudinales bajo la cámara de bombas**

La fórmula para evaluar el módulo de dichos refuerzos será la que se muestra a continuación:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times p \times Wk) / \sigma$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = carga máxima ejercida = 87,1 kn/ m²
- Wk = factor de corrección = 1,18 (calculado en apartados anteriores para perfiles tipo llantas bulbo)

Tenemos que calcular el valor de σ :

$$\sigma = 225 \times f1 - 100 \times f2b - 0,7 \times \sigma db$$

Donde:

- $f1 = 1$
- $f2b = 0,997$ (calculado en apartados anteriores)
- $\sigma dB = 85 \times f1 \times (b/B)$, donde b = manga del tanque en el doble fondo (8,809 m) y B = manga del buque (24,618 m): $\sigma dB = 85 \times 1 \times (8,809/ 24,618) = 30,42$

Ya podemos conocer el valor de σ :

$$\sigma = 225 \times 1 - 100 \times 0,997 - 0,7 \times 30,42 = 104$$

Una vez conocidos todos los parámetros necesarios calculamos el módulo requerido para los longitudinales:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 87,1 \times 1,18) / 104$$

$$\mathbf{Z = 283,477 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas de bulbo 220 x 10 mm.

Una vez conocido el módulo vamos a calcular el espesor mínimo como estipula el DNV:

El espesor de los refuerzos debe ser por lo menos de:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,557$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$
- $L1 = 103,81 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor del espesor mínimo:

$$\mathbf{t = 4,5 + 1,557 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}}$$

- **Cálculo de los longitudinales bajo los tanques de barro de perforación**

Usamos la misma fórmula que la empleada anteriormente, pero cambiando la presión ejercida por $P9 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$, resultando lo siguiente:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 348,6 \times 1,18) / 104$$

$$\mathbf{Z = 1134,56 \text{ cm}^3}$$

Se escogen unos perfiles llantas de bulbo 370 x 13 mm.

El espesor de los refuerzos debe ser por lo menos de:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,557$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$
- $L1 = 103,81 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor del espesor mínimo:

$$t = 4,5 + 1,557 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}$$

5.1.6 Vagras

Las vagras son elementos estructurales longitudinales del doble fondo que participan en la resistencia longitudinal del buque, además de reforzar a las varengas (refuerzos transversales del fondo) contra deformaciones por pandeo, el pandeo se trata de un tipo de deformación elástica. Al tener definida una estructura longitudinal en el buque proyecto el número de vagras es menor que si tuviéramos una estructura transversal. Hay que distinguir entre vagras estancas y vagras aligeradas, las cuales las dimensionaremos a continuación:

- Vagras estancas

Para el cálculo de las vagras estancas, al ser un tipo de refuerzo primario este debería hacerse por cálculo directo y no por formulación. En este cuaderno lo que se hará para dimensionar este tipo de refuerzos es calcularlo como un mamparo, para este dimensionamiento se siguen las recomendaciones del reglamento DNV más concretamente la Parte 3 Capítulo 1 Sección 9 C 100 (bulkhead plating). Se va a dimensionar la vagra estanca del doble fondo como se puede ver en el plano de la cuaderna maestra, el resto de vagras son aligeradas. El DNV establece lo siguiente:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $160 f_1$ for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= $140 f_1$ for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as $160 f_1$ when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= $160 f_1$ for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= $220 f_1$ for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

$$t = 5.0 + \frac{kL_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

El espesor requerido viene determinado por la siguiente expresión:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P} / \sqrt{\sigma}) + t_k \text{ mm}$$

Donde:

$$- k_a = (1,1 - 0,25 \times s/l)^2$$

Donde:

- s = altura de la vagra a dimensionar, en este caso se corresponde con la altura del doble fondo = 1,5 m
- l = separación entre varengas, se había definido la separación entre refuerzos primarios al inicio del cuaderno en 2,4 m

Ya podemos conocer el valor de k_a :

$$k_a = (1,1 - 0,25 \times 1,5/2,4)^2 = 0,891$$

La presión a considerar es $P_{13} = 87,1 \text{ kn/m}^2$, calculada a la hora de dimensionar la chapa del doble fondo.

$$P_{13} = 87,1 \text{ kn/m}^2$$

Por último, calculamos el valor de $\sigma = 220 \times f_1$ para mamparos estancos siendo $f = 1$, por tanto, $\sigma = 220$.

Ya podemos conocer el valor del espesor requerido:

$$t = (15,8 \times 0,891 \times 1,5 \times \sqrt{87,1} / \sqrt{220}) + 1,5 \text{ mm} = 14,78 \text{ mm}$$

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

- Longitudinales de la vagra estanca

Para el cálculo de los refuerzos longitudinales de la vagra estanca el DNV establece lo siguiente en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 9 C 200:

C 200 Longitudinals

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

$$\sigma = 225f_1 - 130f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}, \text{ maximum } 160 f_1$$

within 0.4 L amidships

= 160 f_1 within 0.1 L from perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly. For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 to p_7 and with sloshing pressure p_9 .

The allowable stress may be increased by 60 f_1 for watertight bulkheads, except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

f_2 = stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis

= stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

El módulo mínimo requerido viene determinado por la siguiente expresión.

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- $l = 1,5 \text{ m}$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_9 = 348,6 \text{ kn/m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 225 \times f_1 - 130 \times f_2 \times (z_n - z_s / z_n)$

Donde:

- $f_1 = 1$
- $f_2 = f_{2b} = 0,997$
- $(z_n - z_a) / z_n = 1$

Ya podemos conocer el valor de σ :

$$\sigma = 225 \times 1 - 130 \times 0,997 \times 1 = 95,39$$

Con estos parámetros calculados ya podemos conocer el valor del módulo mínimo requerido:

$$Z = (83 \times 1,5^2 \times 0,6 \times 348,6 \times Wk) / 95,39$$

$$\mathbf{Z = 483 \text{ cm}^3}$$

Se escogen unos perfiles llantas bulbo de 260 x 12 mm.

En cuanto al espesor mínimo requerido se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,56$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$

Ya podemos conocer el valor del espesor mínimo:

$$\mathbf{t = 4,5 + 1,56 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}}$$

- **Vagras aligeradas**

Las vagras aligeradas permiten el paso del fluido a través de las mismas, se dimensionarán como si fuera un mamparo teniendo en cuenta que $k = 0,02 \times L$. Se dimensionarán tres vagras aligeradas, entre las que se encuentra la vagra central, teniendo en cuenta las presiones ya calculadas para el dimensionamiento de la chapa del doble fondo.

- **Dimensionamiento de la vagra central aligerada**

Para calcular el espesor mínimo requerido se recurre a la siguiente fórmula:

$$t = 5 + (k \times L1 / \sqrt{f1}) + tk \text{ mm}$$

Donde:

- $L1 = 103,81 \text{ m}$
- $f1 = 1$

Ya podemos conocer el espesor mínimo requerido:

$$t = 5 + (0,02 \times 103,81) + 1,5 = 8,6 \text{ mm}$$

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

- **Dimensionamiento de las vagras laterales aligeradas**

Se suponen también de 9mm, como el espesor de la vagra central aligerada.

5.2 Escantillonado de los elementos del costado

Se van a dimensionar los elementos estructurales que se detallan a continuación:

- Chapa del costado
- Longitudinales del costado
- Chapa del doble costado
- Longitudinales del doble costado
- Bulárcama
- Palmejar
- Cinturón de hielo (cota de clase ICE C):
 - Chapa del cinturón de hielo
 - Longitudinales del cinturón de hielo

5.2.1 Dimensionamiento de la chapa del costado (forro exterior)

Para el dimensionamiento de la chapa del forro exterior del costado se ha decidido dividir esta en tres tramos, es decir, teniendo tres puntos de carga a evaluar, uno estará situado a la altura del doble fondo (1,5 m), otro a una altura de 6,5 m y el último se correspondería a la chapa por encima de T escant. El dimensionamiento de dicha chapa se seguirá lo establecido por el reglamento DNV en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 7 (Side structures). Las cargas que se han de evaluar son las que se muestran a continuación:

relevant loads in each case.

Table B1 Design loads		
<i>Load type</i>		<i>P (kN/m²)</i>
External	Sea pressure below summer load waterline	$p_1 = 10 h_0 + p_{dp} \text{ }^1$
	Sea pressure above summer load waterline	$p_2 = (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s) h_0)^1$ minimum $6.25 + 0.025 L_1$
Internal	Ballast, bunker or liquid cargo in side tanks in general	$p_3 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s - 10 h_b$ $p_4 = \rho g_0 h_s - 10 h_b + p_o$ $p_5 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn}) - 10 h_b$
	Above the ballast waterline at ballast, bunker or liquid cargo tanks with a breadth > 0.4 B	$p_6 = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H} \phi b_t]$
	Above the ballast waterline and towards ends of tanks for ballast, bunker or liquid cargo with length > 0.15 L	$p_7 = \rho g_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H \theta} l_t]$
	In tanks with no restriction on their filling height ²⁾	$p_8 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$
1) For ships with service restrictions, p_2 and the last term in p_1 may be reduced by the percentages given in Sec.4 B202.		
2) For tanks with free breadth $b_s > 0.56 B$ the design pressure will be specially considered according to Sec.4 C305.		

- **Dimensionamiento de chapa del primer tramo, comprendido entre el doble fondo y una altura a 5 m sobre la línea base**

Las cargas a evaluar serán las correspondientes sobre la carga externa (P1 y P2) y las cargas internas ejercidas por los tanques de lastre del costado (P3, P4 y P5). La presión P2 no aplica en este apartado.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = 10 \times ho + Pdp$$

Donde:

- ho = distancia vertical desde el punto de carga considerado hasta el calado de escantillonado = 8,493 m – 1,5 m = 6,993 m

Ahora tenemos que calcular el valor de Pdp, que sigue la siguiente expresión:

$$Pdp = Pl + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - z)$$

Donde:

- Pl = ks x Cw x kf
- ks = 2
- kf = valor más pequeño entre el calado de escantillonado y f, siendo f la distancia vertical entre el punto de carga y la cubierta principal = 10 m. Este valor como máximo puede valer 0,8 x Cw, es decir, 0,8 x 7,51 = 6,008
- Y = B/2 ya que estamos dimensionando la chapa del forro exterior
- B = manga del buque (24,618 m)
- T = calado de escantillonado (8,493 m)
- Z = distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga = 1,5 m – 0 m = 1,5 m

Ya podemos conocer el valor de pl:

$$pl = 2 \times 7,51 \times 6,008 = 90,24$$

Ahora ya podemos conocer el valor de Pdp:

$$Pdp = 90,24 + 135 \times (24,618/2 / 24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 1,5) = 98,6$$

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 10 \times 6,993 + 98,6 = 168,53 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs - 10 \times hb$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $a_v = 5,28 \text{ m/ s}^2$
- $h_s =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = 10 m
- $h_b =$ distancia vertical entre el punto de carga y $0,35 \times T = (0,35 \times 8,493) - 1,5 = 1,47 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 1,025 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 - 10 \times 1,47 = 112,91 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = \rho \times g_0 \times h_s - 10 \times h_b + p_0$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 10 \text{ m}$
- $h_b = 1,47 \text{ m}$
- $p_0 = 15 \text{ kn/ m}^2$ para tanques de lastre

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 1,025 \times 9,81 \times 10 - 10 \times 1,47 + 15 = 100,85 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn}) - 10 \times h_b$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p =$ distancia vertical entre el punto de carga considerado y el rebose del tanque = $12 - 1,5 \text{ m} = 10,5 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 25$
- $h_b = 1,47 \text{ m}$

Ya podemos conocer el valor de P5:

$$P5 = 0,67 \times (1,025 \times 9,81 \times 10,5 + 25) - 10 \times 1,47 = 72,79 \text{ kn/ m}^2$$

- **Dimensionamiento de la chapa**

El DNV estipula lo siguiente para calcular el espesor de la chapa:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Side plating, general

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

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

p = $p_1 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $140 f_1$ for longitudinally stiffened side plating at neutral axis, within 0.4 L amidship

= $120 f_1$ for transversely stiffened side plating at neutral axis, within 0.4 L amidship.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor f_1 as for the plating considered

= $160 f_1$ within 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

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

$$t = 5.0 + \frac{kL_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

El espesor viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_1 = 168,53 \text{ Kn/ m}^2$
- $\sigma = 140 \times f_1 = 140$

Ya podemos calcular el espesor de la chapa:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{168,53}) / \sqrt{140} + 1,5 = 12,69 \text{ mm}$$

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

El espesor mínimo debe ser de:

$$t = 5 + (0,02 \times 103,81) / 1 + 1,5 = 8,6 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de chapa del segundo tramo, comprendido entre una altura de 5 m sobre la línea de base y el calado de escantillonado (8,493 m)**

Las cargas a evaluar serán las correspondientes sobre la carga externa (P1 y P2) y las cargas internas ejercidas por los tanques de lastre del costado (P3, P4 y P5). La presión P2 no aplica en este apartado.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = 10 \times ho + Pdp$$

Donde:

- ho = distancia vertical desde el punto de carga considerado hasta el calado de escantillonado = 8,493 m – 5 m = 3,993 m

Ahora tenemos que calcular el valor de Pdp, que sigue la siguiente expresión:

$$Pdp = Pl + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - z)$$

Donde:

- Pl = ks x Cw x kf
- ks = 2
- kf = valor más pequeño entre el calado de escantillonado y f, siendo f la distancia vertical entre el punto de carga y la cubierta principal = 5 m. Este valor como máximo puede valer 0,8 x Cw, es decir, 0,8 x 7,51 = 6,008
- Y = B/2 ya que estamos dimensionando la chapa del forro exterior
- B = manga del buque (24,618 m)
- T = calado de escantillonado (8,493 m)
- Z = distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga = 5 m – 0 m = 5 m

Ya podemos conocer el valor de pl:

$$pl = 2 \times 7,51 \times 5 = 75,1$$

Ahora ya podemos conocer el valor de Pdp:

$$Pdp = 75,1 + 135 \times (24,618/2 / 24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 5) = 87,6$$

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 10 \times 3,993 + 87,6 = 127,53 \text{ kn}/m^2$$

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs - 10 \times hb$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $a_v = 5,28 \text{ m/ s}^2$
- $h_s =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = $10 \text{ m} - 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$
- $h_b =$ distancia vertical entre el punto de carga y $0,35 \times T = 5 - (0,35 \times 8,493) = 2,03 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 1,025 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 5 - 10 \times 2,03 = 43,5 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = \rho \times g_0 \times h_s - 10 \times h_b + p_0$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 5 \text{ m}$
- $h_b = 2,03 \text{ m}$
- $p_0 = 15 \text{ kn/ m}^2$ para tanques de lastre

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 1,025 \times 9,81 \times 5 - 10 \times 2,03 + 15 = 44,9 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn}) - 10 \times h_b$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p =$ distancia vertical entre el punto de carga considerado y el rebose del tanque = $12 - 5 \text{ m} = 7 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 25$
- $h_b = 2,03 \text{ m}$

Ya podemos conocer el valor de P5:

$$P5 = 0,67 \times (1,025 \times 9,81 \times 7 + 25) - 10 \times 2,03 = 43,61 \text{ kn/ m}^2$$

- Dimensionamiento de la chapa

El DNV estipula lo siguiente para calcular el espesor de la chapa:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Side plating, general

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

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

p = $p_1 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $140 f_1$ for longitudinally stiffened side plating at neutral axis, within 0.4 L amidship

= $120 f_1$ for transversely stiffened side plating at neutral axis, within 0.4 L amidship.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor f_1 as for the plating considered

= $160 f_1$ within 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

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

$$t = 5.0 + \frac{kL_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

El espesor viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_1 = 127,53 \text{ Kn/ m}^2$
- $\sigma = 140 \times f_1 = 140$

Ya podemos calcular el espesor de la chapa:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{127,53}) / \sqrt{140} + 1,5 = 11,24 \text{ mm}$$

$$\mathbf{t = 11,5 \text{ mm}}$$

El espesor mínimo debe ser de:

$$t = 5 + (0,02 \times 103,81) / 1 + 1,5 = 8,6 \text{ mm}$$

El espesor de esta chapa se ha subido a 12 mm después de calcular el espesor mínimo del cinturón de hielo, ya que quedaba una traca de menos de 1300 mm con el espesor de 11,5 mm, no cumpliendo con el tamaño mínimo de tracas definido en el punto 5.1.2. De esta forma tiene el mismo espesor que la parte superior del cinturón de hielo.

- **Dimensionamiento de chapa del tercer tramo, comprendido entre el calado de escantillonado (8,493 m) y la cubierta principal**

Las cargas a evaluar serán las correspondientes sobre la carga externa (P1 y P2) y las cargas internas ejercidas por los tanques de lastre del costado (P3, P4 y P5). La presión P2 y P1 no aplican en este apartado.

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (g_0 + 0,5 \times a_v) \times h_s - 10 \times h_b$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $a_v = 5,28 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = \text{distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque} = 10 \text{ m} - 8,493 \text{ m} = 1,51 \text{ m}$
- $h_b = \text{distancia vertical entre el punto de carga y } 0,35 \times T = 8,493 - (0,35 \times 8,493) = 5,52 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 1,025 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 1,51 - 10 \times 5,52 = -35,9 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = \rho \times g_0 \times h_s - 10 \times h_b + p_0$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 1,51 \text{ m}$
- $h_b = 5,52 \text{ m}$
- $p_0 = 15 \text{ kn/ m}^2$ para tanques de lastre

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 1,025 \times 9,81 \times 1,51 - 10 \times 5,52 + 15 = -25 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn}) - 10 \times h_b$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p = \text{distancia vertical entre el punto de carga considerado y el rebose del tanque}$
 $= 12 - 8,493 \text{ m} = 3,51 \text{ m}$
- $h_b = 5,52 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 25$

Ya podemos conocer el valor de P5:

$$P5 = 0,67 \times (1,025 \times 9,81 \times 3,51 + 25) - 10 \times 5,52 = -14,8 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P2:**

Para este cálculo cogeremos el valor mínimo, estipulado por la siguiente fórmula:

$$P2 = 6,25 + 0,025 \times L1$$

Donde:

- $L1 = 103,81 \text{ m}$

Ya podemos conocer el valor de P2:

$$P2 = 6,25 + 0,025 \times 103,81 = 8,84 \text{ kn/ m}^2$$

- Dimensionamiento de la chapa

El DNV estipula lo siguiente para calcular el espesor de la chapa:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Side plating, general

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

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

p = $p_1 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $140 f_1$ for longitudinally stiffened side plating at neutral axis, within 0.4 L amidship

= $120 f_1$ for transversely stiffened side plating at neutral axis, within 0.4 L amidship.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor f_1 as for the plating considered

= $160 f_1$ within 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

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

$$t = 5.0 + \frac{kL_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

El espesor viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = (15,8 \times ka \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + tk$$

Donde:

- $ka = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P3 = 35,9 \text{ Kn/ m}^2$
- $\sigma = 140 \times f1 = 140$

Ya podemos calcular el espesor de la chapa:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{35,9}) / \sqrt{140} + 1,5 = 6,66 \text{ mm}$$

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

El espesor mínimo debe ser de:

$$t = 5 + (0,02 \times 103,81) / 1 + 1,5 = 8,6 \text{ mm}$$

Por lo que, comparando ambos espesores, la chapa será de **t = 9mm**.

5.2.2 Dimensionamiento de los longitudinales del costado

Para el dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del costado se seguirán las recomendaciones estipuladas por el reglamento DNV en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 7 C 300 (longitudinals). Para su dimensionamiento se seguirán los tres tramos definidos a la hora de dimensionar el espesor de la chapa del forro exterior del costado.

- **Dimensionamiento de los longitudinales de la chapa del forro exterior del primer tramo, comprendido entre el doble fondo y una altura sobre la línea de base de 5 m**

El DNV establece la siguiente fórmula para el cálculo del módulo mínimo de dichos refuerzos longitudinales del costado:

C 300 Longitudinals

301 The section modulus requirement is given by:

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

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.7 – Page 106

p = $p_1 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1
 σ = allowable stress (maximum $160 f_1$) given by:

Within 0.4 L amidships:

$$\sigma = 225 f_1 - 130 f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}$$

= maximum $130 f_1$ for longitudinals supported by side verticals in single deck constructions.

Within 0.1 L from perpendiculars:

$$\sigma = 160 f_1$$

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 and p_8 .

f_2 = stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
= stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

k = 0.01 L_1 in general

= 0.015 L_1 in peaks and in cargo oil tanks and ballast tanks in cargo area

La fórmula establecida para el cálculo de los refuerzos longitudinales es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = presión máxima ejercida sobre el tramo a considerar, se han calculado en el apartado anterior = P1 = 168,53 kn/ m2
- Wk = 1,18
- $\sigma = 225 \times f1 - 130 \times f2 \times (zn - za) / zn = 225 \times 1 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Conociendo el valor de todos los parámetros ya podemos calcular el módulo mínimo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 168,53 \times 1,18) / 95,39 = 598 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 598 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 300 x 11 mm

El espesor mínimo será el siguiente:

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

Donde:

- $k = 0,01 \times L1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$

Calculamos el espesor mínimo:

$$t = 4,5 + 1,0381 + 1,5 = 7,04 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los longitudinales de la chapa del forro exterior del segundo tramo, comprendido entre una altura sobre la línea base de 6,5 m y el calado de escantillonado (8,493 m)**

El DNV establece la siguiente fórmula para el cálculo del módulo mínimo de dichos refuerzos longitudinales del costado:

C 300 Longitudinals

301 The section modulus requirement is given by:

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

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.7 – Page 106

p = $p_1 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1
 σ = allowable stress (maximum $160 f_1$) given by:

Within 0.4 L amidships:

$$\sigma = 225 f_1 - 130 f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}$$

= maximum $130 f_1$ for longitudinals supported by side verticals in single deck constructions.

Within 0.1 L from perpendiculars:

$$\sigma = 160 f_1$$

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 and p_8 .

f_2 = stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
= stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = 0.01 L_1 \text{ in general}$$

$$= 0.015 L_1 \text{ in peaks and in cargo oil tanks and ballast tanks in cargo area}$$

La fórmula establecida para el cálculo de los refuerzos longitudinales es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \quad (\text{cm}^3)$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = presión máxima ejercida sobre el tramo a considerar, se han calculado en el apartado anterior = $P_1 = 127,53 \text{ kn/m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 225 \times f_1 - 130 \times f_2 \times (z_n - z_a) / z_n = 225 \times 1 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Conociendo el valor de todos los parámetros ya podemos calcular el módulo mínimo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 127,53 \times 1,18) / 95,39 = 452,53 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 453 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 260 x 10 mm.

El espesor mínimo será el siguiente:

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

Donde:

$$- k = 0,01 \times L1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$$

Calculamos el espesor mínimo:

$$t = 4,5 + 1,0381 + 1,5 = 7,04 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los longitudinales de la chapa del forro exterior del tercer tramo, comprendido entre el calado de escantillonado (8,493 m) y la cubierta principal (11,5m)**

El DNV establece la siguiente fórmula para el cálculo del módulo mínimo de dichos refuerzos longitudinales del costado:

C 300 Longitudinals

301 The section modulus requirement is given by:

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

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.7 – Page 106

p = $p_1 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1
 σ = allowable stress (maximum $160 f_1$) given by:

Within 0.4 L amidships:

$$\sigma = 225 f_1 - 130 f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}$$

= maximum $130 f_1$ for longitudinals supported by side verticals in single deck constructions.

Within 0.1 L from perpendiculars:

$$\sigma = 160 f_1$$

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 and p_8 .

f_2 = stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
= stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = 0.01 L_1 \text{ in general}$$

$$= 0.015 L_1 \text{ in peaks and in cargo oil tanks and ballast tanks in cargo area}$$

La fórmula establecida para el cálculo de los refuerzos longitudinales es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \quad (\text{cm}^3)$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = presión máxima ejercida sobre el tramo a considerar, se han calculado en el apartado anterior = $P_3 = 35,9 \text{ kn/m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 225 \times f_1 - 130 \times f_2 \times (z_n - z_a) / z_n = 225 \times 1 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Conociendo el valor de todos los parámetros ya podemos calcular el módulo mínimo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 35,9 \times 1,18) / 95,39 = 127,387 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 127,4 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 180 x 8 mm.

El espesor mínimo será el siguiente:

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

Donde:

$$- k = 0,01 \times L1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$$

Calculamos el espesor mínimo:

$$t = 4,5 + 1,0381 + 1,5 = 7,04 \text{ mm}$$

5.2.3 Dimensionamiento de la chapa del doble costado

Para el dimensionamiento de la chapa del doble costado se seguirá la misma filosofía que a la hora de calcular el espesor de la chapa del costado, se dividirá el mamparo en tres tramos. Los tramos en los que se dividirá son los mismos que los utilizados en el cálculo del espesor de la chapa del costado.

Dicha chapa del doble costado se dimensionará como un mamparo estanco, por lo que utilizaremos las recomendaciones estipuladas por el DNV en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 9 (bulkhead structures). Las cargas que se han de evaluar para el escantillonado son las mostradas en la siguiente tabla:

Table B1 Design loads		
Structure	Load type	p (kN/m ²)
Watertight bulkheads	Sea pressure when flooded or general dry cargo minimum	$p_1 = 10 h_b$
Cargo hold bulkheads	Dry bulk cargo	$p_2 = \rho_c (g_0 + 0.5 a_v) K h_c$
Tank bulkheads in general		$p_3 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s$ $p_4 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_5 = \rho g_0 h_s + p_0$
Longitudinal bulkheads as well as transverse bulkheads at sides in wide tanks	In tanks with breadth > 0.4 B	$p_6 = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi l_t}]$
	Note 1)	$p_7 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$
Transverse bulkheads and longitudinal bulkheads at ends in long tanks	In tanks with length > 0.15 L	$p_8 = \rho g_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H \theta l_t}]$
	Note 2)	$p_9 = \rho \left[4 - \frac{L}{200} \right] l_b$
Longitudinal wash bulkheads		$p_7 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$
Transverse wash bulkheads		$p_9 = \rho \left[4 - \frac{L}{200} \right] l_b$

1) To be used for strength members located less than 0.25 h_s away from tank sides in tanks with no restrictions on their filling height.

- **Dimensionamiento de la chapa del primer tramo, comprendido entre el doble fondo y una altura de 5 m sobre la línea base**

Para dimensionar el espesor de la chapa de este tramo primero tenemos que calcular las presiones ejercidas sobre él. Las presiones que aplican son la P1, P3, P4, P5 y P7. Se calcularán para la presión ejercida por el tanque de lastre y por el tanque de barro de perforación. Debido a que la densidad del barro de perforación (2,8 t/ m³) es mucho mayor que la densidad del lastre (1,025 t/ m³) se ha decidido calcular sólo las presiones ejercidas por el tanque de barro de perforación, ya que en ellas se encontrará la presión mayor, es decir, la más desfavorables, con la que se dimensionará el espesor de la chapa.

El punto de carga a evaluar se corresponde con la altura del doble fondo, 1,5 m.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = 10 \times hb$$

Donde:

- hb = distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el máximo calado en averías, no se puede obtener el dato correctamente ya que en el proyecto no se evalúa la estabilidad del buque en averías, por lo que se aproximará como la distancia entre el punto de carga y el calado de escantillonado, por tanto, hb = 8,493 – 1,5 = 6,993 m.

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 10 \times 6,993 = 69,93 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs$$

Donde:

- ρ = densidad del barro de perforación = 2,8 t/ m³
- go = 9,81 m/ s²
- av = aceleración vertical = 5,28 m/ s²
- hs = distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = 11,5 – 1,5 = 10 m

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 2,8 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga a la aireación del tanque = $12 - 1,5 = 10,5 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 0$, por ser tanque de carga

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 10,5 + 0) = 193,24 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 10 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P5:

$$P5 = 2,8 \times 9,81 \times 10 + 25 = 299,68 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = \rho \times (3 - B/100) \times b_b$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $B = 24,618 \text{ m}$
- $b =$ distancia en metros entre los extremos del tanque = $11,309 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = 8,809 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 2,8 \times (3 - 24,618/100) \times 8,809 = 67,92 \text{ kn/ m}^2$$

- Dimensionamiento de la chapa

Una vez hemos calculado las presiones que ejercen sobre el punto de carga ya podemos pasar a calcular el espesor de la chapa del mamparo, para ello el DNV establece lo siguiente:

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $160 f_1$ for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= $140 f_1$ for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as $160 f_1$ when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= $160 f_1$ for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= $220 f_1$ for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

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

k = 0.03 for longitudinal bulkheads except double skin bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas

= 0.02 in peak tanks and for transverse and double skin longitudinal bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas

= 0.01 for other bulkheads.

Como podemos observar la fórmula para calcular el espesor mínimo requerido del mamparo es la siguiente:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_3 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 220 \times f_1 = 220$

Ya podemos conocer el espesor:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{348,6}) / \sqrt{220} + 1,5 = 13,43 \text{ mm}$$

$$\mathbf{t = 13,5 \text{ mm}}$$

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente expresión:

$$t = 5 + ((k \times L1) / 1) + tk$$

Donde:

- $k = 0,03$ para mamparos longitudinales

Ya podemos conocer el valor del espesor mínimo requerido:

$$t = 5 + (0,03 \times 103,81) + 1,5 = 9,6 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de la chapa del segundo tramo, comprendido entre una altura sobre la línea base de 5 m y el calado de escantillonado (8,493 m)**

Se seguirá el mismo proceso que el explicado al dimensionar la chapa del primer tramo, teniendo en cuenta esta vez que el punto de carga está situado a una altura sobre la línea de base de 6,5 m.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = 10 \times hb$$

Donde:

- hb = distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el máximo calado en averías, no se puede obtener el dato correctamente ya que en el proyecto no se evalúa la estabilidad del buque en averías, por lo que se aproximará como la distancia entre el punto de carga y el calado de escantillonado, por tanto, $hb = 8,493 - 5 = 3,493 \text{ m}$.

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 10 \times 3,493 = 34,93 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs$$

Donde:

- ρ = densidad del barro de perforación = $2,8 \text{ t/ m}^3$
- $go = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- av = aceleración vertical = $5,28 \text{ m/ s}^2$
- hs = distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = $11,5 - 6,5 = 5 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 2,8 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 5 = 174,3 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p = \text{distancia vertical en metros desde el punto de carga a la aireación del tanque} = 12 - 6,5 = 5,5 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 0$

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 5,5 + 0) = 101,22 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 5 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P5:

$$P5 = 2,8 \times 9,81 \times 5 + 25 = 162,34 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = \rho \times (3 - B/100) \times b_b$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $B = 24,618 \text{ m}$
- $b = \text{distancia en metros entre los extremos del tanque} = 11,309 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = 8,809 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 2,8 \times (3 - 24,618/100) \times 8,809 = 67,92 \text{ kn/ m}^2$$

Una vez hemos calculado las presiones que ejercen sobre el punto de carga ya podemos pasar a calcular el espesor de la chapa del mamparo, para ello el DNV establece lo siguiente:

- **Dimensionamiento de la chapa**

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = p₁ – p₉, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = 160 f₁ for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= 140 f₁ for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as 160 f₁ when p₆ or p₇ are used.

Above and below the neutral axis the σ-values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= 160 f₁ for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= 220 f₁ for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p₁ is applied.

Between specified regions the σ-value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t.

102 The thickness shall not be less than:

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

k = 0.03 for longitudinal bulkheads except double skin bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas

= 0.02 in peak tanks and for transverse and double skin longitudinal bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas

= 0.01 for other bulkheads.

Como podemos observar la fórmula para calcular el espesor mínimo requerido del mamparo es la siguiente:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- k_a = 1
- s = 0,6 m
- P = P₃ = 174,3 kn/ m²
- σ = 220 x f₁ = 220

Ya podemos conocer el espesor:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{174,3}) / \sqrt{220} + 1.5 = 9,94 \text{ mm}$$

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

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente expresión:

$$t = 5 + ((k \times L1) / 1) + tk$$

Donde:

- $k = 0,03$ para mamparos longitudinales
-

Ya podemos conocer el valor del espesor mínimo requerido:

$$t = 5 + (0,03 \times 103,81) + 1,5 = 9,6 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de la chapa del tercer tramo, comprendido entre el calado de escantillonado (8,493 m) y la cubierta principal (11,5 m)**

Para dimensionar este tramo del mamparo seguimos la misma filosofía, teniendo en cuenta que el punto a evaluar está situado a 8,493 m desde la línea base.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = 10 \times hb$$

Donde:

- hb = distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el máximo calado en averías, no se puede obtener el dato correctamente ya que en el proyecto no se evalúa la estabilidad del buque en averías, por lo que se aproximará como la distancia entre el punto de carga y el calado de escantillonado, por tanto, $hb = 8,493 - 8,493 = 0 \text{ m}$.

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 10 \times 0 = 0 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (g_0 + 0,5 \times a_v) \times h_s$$

Donde:

- ρ = densidad del barro de perforación = $2,8 \text{ t/m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- a_v = aceleración vertical = $5,28 \text{ m/s}^2$
- h_s = distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = $11,5 - 8,493 = 3,007 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 2,8 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 3,007 = 104,82 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p = \text{distancia vertical en metros desde el punto de carga a la aireación del tanque} = 12 - 8,493 = 3,507 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 0$

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 3,507 + 0) = 64,54 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 3,007 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P5:

$$P5 = 2,8 \times 9,81 \times 3,007 + 25 = 107,6 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = \rho \times (3 - B/100) \times b_b$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $B = 24,618 \text{ m}$
- $b_b = \text{distancia en metros entre los extremos del tanque} = 11,309 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = 8,809 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 2,8 \times (3 - 24,618/100) \times 8,809 = 67,92 \text{ kn/ m}^2$$

Una vez hemos calculado las presiones que ejercen sobre el punto de carga ya podemos pasar a calcular el espesor de la chapa del mamparo, para ello el DNV establece lo siguiente:

- **Dimensionamiento de la chapa**

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $160 f_1$ for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= $140 f_1$ for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as $160 f_1$ when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= $160 f_1$ for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= $220 f_1$ for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

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

k = 0.03 for longitudinal bulkheads except double skin bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas

= 0.02 in peak tanks and for transverse and double skin longitudinal bulkheads in way of cargo oil tanks and ballast tanks in liquid cargo tank areas

= 0.01 for other bulkheads.

Como podemos observar la fórmula para calcular el espesor mínimo requerido del mamparo es la siguiente:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_5 = 107,6 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 220 \times f_1 = 220$

Ya podemos conocer el espesor:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{107,6}) / \sqrt{220} + 1.5 = 8,13 \text{ mm}$$

$$t = 8,5 \text{ mm}$$

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente expresión:

$$t = 5 + ((k \times L1) / 1) + t_k$$

Donde:

- $k = 0,03$ para mamparos longitudinales

Ya podemos conocer el valor del espesor mínimo requerido:

$$t = 5 + (0,03 \times 103,81) + 1,5 = 9,6 \text{ mm}$$

Como podemos comprobar el espesor mínimo requerido es mayor que el calculado, por lo que **la chapa será de 10 mm.**

5.2.4 Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del doble casco

Para el dimensionamiento de los refuerzos estructurales longitudinales del doble casco lo haremos en los tres tramos que se han calculado anteriormente, teniendo en cuenta las presiones máximas ejercidas sobre cada tramo, las presiones son las mismas que las calculadas en el apartado anterior. Una vez comentado el proceso a seguir calculamos el módulo y espesor mínimo requerido según lo estipulado en el DNV en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 9 C 200:

C 200 Longitudinals

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

$$\sigma = 225f_1 - 130f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}, \text{ maximum } 160 f_1$$

within 0.4 L amidships

= 160 f_1 within 0.1 L from perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly. For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 to p_7 and with sloshing pressure p_9 .

The allowable stress may be increased by 60 f_1 for watertight bulkheads, except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

f_2 = stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
= stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales de primer tramo, comprendido entre el doble fondo y una altura sobre la línea base de 5 m**

La fórmula que estipula el reglamento DNV es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = P3 = 348,6 kn/ m2
- Wk = 1,18
- $\sigma = 225 \times f1 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 348,6 \times 1,18) / 95,39 = 1236,96 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 1237 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 370 x 15 mm.

Ahora vamos a calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,01 \times L1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$

Ya podemos conocer el valor del espesor:

$$t = 4,5 + 1,0381 + 1,5 = 7,0381 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales de segundo tramo, comprendido entre una altura a 5m sobre la línea base y el calado de escantillonado (8,493 m)**

La fórmula que estipula el reglamento DNV es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = P3 = 226,59 kn/ m2
- Wk = 1,18

$$- \sigma = 95,39$$

Ya podemos calcular el módulo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 226,59 \times 1,18) / 95,39 = 804,02 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 805 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 320 x 12 mm.

Ahora vamos a calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

$$- k = 0,01 \times L1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$$

Ya podemos conocer el valor del espesor:

$$t = 4,5 + 1,0381 + 1,5 = 7,0381 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del tercer tramo, comprendido entre el calado de escantillonado (8,493 m) y la cubierta principal (11,5 m)**

La fórmula que estipula el reglamento DNV es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = P5 = 107,6 kn/ m2
- Wk = 1,18
- $\sigma = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 107,6 \times 1,18) / 95,39 = 381,81 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 382 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 240 x 11 mm.

Ahora vamos a calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

$$- k = 0,01 \times L1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$$

Ya podemos conocer el valor del espesor:

$$t = 4,5 + 1,0381 + 1,5 = 7,0381 \text{ mm}$$

5.2.5 Dimensionamiento de una bulárcama

Una bulárcama es un elemento estructural de resistencia transversal, formando secciones reforzadas junto a las varengas y los baos, son de gran importancia en los buques que tienen estructura longitudinal, como es el caso del buque proyecto, ya que son los únicos elementos estructurales transversales junto con las varengas, entre cuyas funciones destacan las siguientes:

- Son elementos fundamentales en la resistencia transversal del buque
- Soportan el forro exterior
- Sujetan los refuerzos longitudinales del costado

Las bulárcamas a dimensionar son aligeradas ya que tienen que permitir el paso del fluido en los tanques de lastre del costado, por lo que se calculará el espesor mínimo para que no pandee, como se ha hecho con las vagras aligeradas, dimensionándose como un mamparo transversal. Al tratarse de un refuerzo primario debe calcularse mediante cálculo directo.

El DNV estipula lo siguiente:

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $160 f_1$ for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= $140 f_1$ for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within $0.4 L$ amidships, may however be taken as $160 f_1$ when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= $160 f_1$ for longitudinal bulkheads outside $0.05 L$ from F.P. and $0.1 L$ from A.P. and for transverse bulkheads in general

= $220 f_1$ for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

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

El espesor mínimo para que no pandee la bulárcama viene definido por la siguiente expresión:

$$t = 5 + ((k \times L1) / 1) + tk$$

Donde:

- $K = 0,01$
- $L1 = 103,81 \text{ m}$

Conociendo estos datos ya podemos calcular el espesor mínimo:

$$t = 5 + (0,01 \times 103,81) + 1,5 = 7,54 \text{ mm}$$

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

5.2.6 Dimensionamiento de un palmejar

En este apartado se dimensionarán los palmejares situados en los tanques de lastre del costado, los palmejares son elementos estructurales en sentido longitudinal, cuyas funciones son soportar el forro exterior y transmitir los esfuerzos de las bulárcamas al resto de la estructura del buque. La elección de la estructura longitudinal del buque proyecto al inicio del cuaderno hace que se reduzcan mucho el número de palmejares. Se ha colocado un palmejar en la mitad del tanque de lastre del costado, a 5 metros por encima del doble fondo. Dicho palmejar será aligerado para que pase el fluido, en este caso el agua de lastre. Para el dimensionamiento del palmejar se recurrirá al reglamento DNV Parte 3 Capítulo 1 Sección 8 (side structures), más concretamente al apartado D 100 y D 200. Lo primero que haremos es calcular las presiones ejercidas, que se muestran en la siguiente tabla:

- Dimensionamiento del espesor del palmejar:

B. Design Loads

B 100 Local loads on deck structures

101 All generally applicable local loads on deck structures are given in Table B1, based upon the general loads given in Sec.4. In connection with the various local structures reference is made to this table, indicating the relevant loads in each case.

Table B1 Design loads		
Structure	Load type	p (kN/m ²)
Weather decks ¹⁾	Sea pressure	$p_1 = a(p_{dp} - (4 + 0,2k_s)h_0)^2$, minimum 5.0
	Deck cargo	$p_2 = (g_0 + 0.5 a_v) q$
Cargo 'tweendecks	Deck cargo	$p_3 = \rho_c (g_0 + 0.5 a_v) H_C$
Platform deck in machinery spaces	Machinery and equipment	$p_4 = 1.6 (g_0 + 0.5 a_v)$
Accommodation decks	Accommodation in general	$p_5 = 0.35 (g_0 + 0.5 a_v)$, see also Sec.4 C401

Table B1 Design loads		
Structure	Load type	p (kN/m ²)
Deck as tank bottom in general	Ballast, bunker or liquid cargo	$p_6 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s$ $p_7 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_8 = \rho g_0 h_s + p_0$
Deck as tank top in general		$p_7 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_8 = \rho g_0 h_s + p_0$
Deck as tank boundary in tanks with breadth > 0.4 B		$p_9 = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi b}]$
Deck as tank boundary towards ends of tanks with length > 0.15 L		$p_{10} = \rho g_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H \theta l}]$
Deck as tank boundary in tanks with breadth > 0.4 B ³⁾		$p_{11} = \rho \left(3 - \frac{B}{100}\right) b_b$
Deck as tank boundary in tanks with length > 0.1 L ⁴⁾		$p_{12} = \rho \left(4 - \frac{L}{200}\right) l_b$
Watertight decks submerged in damaged condition ⁵⁾	Sea pressure	$p_{13} = 10 h_b$
1) On weather decks combination of the design pressures p_1 and p_2 may be required for deck cargo with design stowage height less than 2.3 m. 2) For ships with service restrictions p_1 may be reduced with the percentages given in Sec.4 B202. C_W should not be reduced 3) To be used for strength members located less than $0.25 b_b$ away from tank sides in tanks with no restrictions on their filling height. For tanks with free breadth (no longitudinal wash bulkheads) $b_b > 0.56 B$ the design pressure will be specially considered according to Sec.4 C305 4) To be used for strength members located less than $0.25 l_b$ away from tank ends in tanks with no restrictions on their filling height. For tanks with free length (no transverse wash bulkheads or transverse web frames in narrow tanks) $l_b > 0.13 L$ the design pressure will be specially considered according to Sec.4 C305 5) The strength may be calculated with allowable stresses for plating, stiffeners and girders increased by 60 f_1 .		

Las presiones que aplican para el dimensionamiento del palmejar son la P1, P6, P7 y P8. A continuación se calculan dichas presiones:

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = a \times (Pdp - (4 + 0,2 \times ks) \times ho)$$

Donde:

- a = 0,8 para cubiertas situadas en cualquier parte del buque
- ks = 2 entre 0,2 x L y 0,7 x L desde la perpendicular de popa
- ho = distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el calado de escantillonado = 8,493 m – 5 m = 3,493 m

Ahora tenemos que calcular el valor de Pdp, que sigue la siguiente expresión:

$$Pdp = Pl + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - z)$$

Donde:

- Pl = ks x Cw x kf
- ks = 2
- kf = valor más pequeño entre el calado de escantillonado y f, siendo f la distancia vertical entre el punto de carga y la cubierta principal = 6,5 m. Este valor como máximo puede valer 0,8 x Cw, es decir, 0,8 x 7,51 = 6,008
- Y = B/2 ya que el punto de carga considerado es el costado del buque
- B = manga del buque (24,618 m)

- T = calado de escantillonado (8,493 m)
- Z = distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga = 11,5 m – 5 m = 6,5 m

Ya podemos conocer el valor de pl:

$$pl = 2 \times 7,51 \times 6,008 = 90,24$$

Ahora ya podemos conocer el valor de Pdp:

$$Pdp = 90,24 + 135 \times (24,618/2 / 24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 6,5) = 104,53$$

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 0,8 \times (104,53 - (4 + 0,2 \times 2) \times 3,493) = 79,15 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P6:**

$$P6 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t} / \text{m}^3$
- $go = 9,81 \text{ m} / \text{s}^2$
- $av = \text{aceleración vertical} = 5,28 \text{ m} / \text{s}^2$
- $hs = \text{distancia vertical entre el punto de carga y el tope del tanque} = 11,5 \text{ m} - 5 \text{ m} = 6,5 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P6:

$$P6 = 1,025 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 6,5 = 82,95 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = 0,67 \times (\rho \times go \times hp + \Delta Pdyn)$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t} / \text{m}^3$
- $go = 9,81 \text{ m} / \text{s}^2$
- $hp = \text{distancia vertical desde el punto de carga a la aireación del tanque} = 12 \text{ m} - 5 \text{ m} = 7 \text{ m}$
- $\Delta Pdyn = 25$

El reglamento para dimensionar el palmejar manda multiplicar dicha presión por 1,15, por tanto:

$$P7 = 1,15 \times 0,67 \times (\rho \times go \times hp + \Delta Pdyn) = 1,15 \times 0,67 \times (1,025 \times 9,81 \times 7 + 25) = 73,50 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P8:**

$$P8 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 6,5 \text{ m}$
- $p_0 = 15$ para tanques de lastre

Ya podemos calcular el valor de P8:

$$P8 = 1,025 \times 9,81 \times 6,5 + 15 = 80,36 \text{ kn/ m}^2$$

Para calcular el espesor de un palmejar el reglamento establece lo siguiente:

D. Girders

D 100 General

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

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

- k = 0.01 L_1 in general
 = 0.02 L_1 for girder webs, flanges and brackets in cargo oil tanks and ballast tanks in cargo area
 = 0.03 L_1 (= 6.0 maximum) for girder webs, flanges and brackets in peaks.

The thickness of girder web plates in single skin construction is in addition not to be less than:

$$t = 12 s + t_k \quad (\text{mm})$$

s = spacing of web stiffening in m.

102 The buckling strength of web plates subject to in- plane compressive and shear stresses shall be checked according to Sec.13.

103 In the after peak, engine and boiler room, side verticals are normally to be fitted at every 5th frame.

104 Verticals in the engine room and verticals less than 0.1 L from the perpendiculars shall have a depth not less than:

$$h = 2 L S \text{ (mm), maximum } 200 S.$$

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = 5 + (k/\sqrt{f_1}) + t_k \text{ mm}$$

Donde:

- $k = 0,01 \times L_1 = 0,01 \times 103,81 = 1,0381$

Ya podemos calcular el espesor del palmejar:

$$t = 5 + 1,0381 + 1,5 = 7,54 \text{ mm}$$

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

El espesor mínimo no debe ser menor de lo calculado a continuación:

$$t = 12 \times s + tk \text{ mm}$$

Donde:

- $s = 0,6 \text{ m}$

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 12 \times 0,6 + 1,5 = 8,7 \text{ mm}$$

Como el espesor calculado no cumple con el espesor mínimo requerido, **el palmejar será de 9 mm**

- **Dimensionamiento del módulo del palmejar:**

Para calcular el módulo del palmejar recurrimos a lo siguiente:

D 200 Simple girders

201 The section modulus requirement is given by:

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

- $p = p_1 - p_4$
- $= 1.15 p_5$
- $= p_6 - p_8$, whichever is relevant, as given in Table B1.
- $b =$ loading breadth in m

$$\sigma = 190 f_1 - 130 f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n},$$

maximum $160 f_1$ for continuous longitudinal girders within 0.4 L amidships
 $= 160 f_1$ for other girders.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

For longitudinal girders $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 and p_8 .

- $f_2 =$ stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
- $=$ stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

The above requirement applies about an axis parallel to the ship's side.

202 The web area requirement (after deduction of cut-outs) at the girder ends is given by:

$$A = \frac{k S b p}{f_1} + 10 h t_k \quad (\text{cm}^2)$$

La fórmula que define el módulo requerido del palmejar es la siguiente:

$$Z = (100 \times S^2 \times b \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- $S =$ separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- $b = 1 \text{ m}$
- $P = P_6 = 82,95 \text{ kn/ m}^2$
- $Wk = 1,18$

$$- \sigma = 190 \times f_1 - 130 \times f_2 \times ((z_n - z_a) / z_n) = 190 \times 1 - 130 \times 0,997 \times 1 = 60,39$$

Ya podemos calcular el módulo del palmejar:

$$Z = (100 \times 2,4^2 \times 1 \times 82,95 \times 1,18) / 60,39 = 933,6 \text{ cm}^3$$

$$Z = 934 \text{ cm}^3$$

5.2.7 Dimensionamiento del cinturón de hielo en el forro exterior debido a la cota de clase ICE C

Para diseñar el reforzado estructural debido a la cota de clase ICE – C se seguirán las pautas establecidas en la Parte 5 Capítulo 1 Sección 2 del reglamento DNV, en concreto el apartado B: “Structural Requirements for the class Notation ICE – C”.

Los requerimientos de esta sección se aplican a buques cuyo servicio pueda estar destinado en zonas con presencia de hielo, como el buque proyecto. Se dimensionará la chapa del forro correspondiente al cinturón de hielo que establece el reglamento que deben llevar los buques con esta cota de clase. El cinturón de hielo permite a la estructura del buque soportar la carga ejercida por el hielo.

5.2.7.1 Dimensionamiento de las tracas del forro del cinturón de hielo

Como se ha dicho en la introducción del apartado 5.2.5, se aplicarán las reglas de la Parte 5 Capítulo 1: “Ships for Navigation in Ice”.

A 200 Class notations

201 Vessels complying with relevant additional requirements of this chapter will be assigned one of the following class notations:

Table A1 Class notations	
<i>Notation</i>	<i>Reference</i>
ICE-C ICE-E	(See Sec.2)
ICE-1A*F ICE-1A* ICE-1A ICE-1B ICE-1C	(See Sec.3)
(for max draught x m)	(See Sec.1)

Como se puede observar en la tabla anterior para la cota de clase ICE-C se recurrirá a la Sección 2.

La zona de estudio que afecta a la cuaderna maestra y que está relacionada con el escantillonado de estas tracas del forro viene representada en el punto A 402 de la Sección 3, y es la que se representa a continuación:

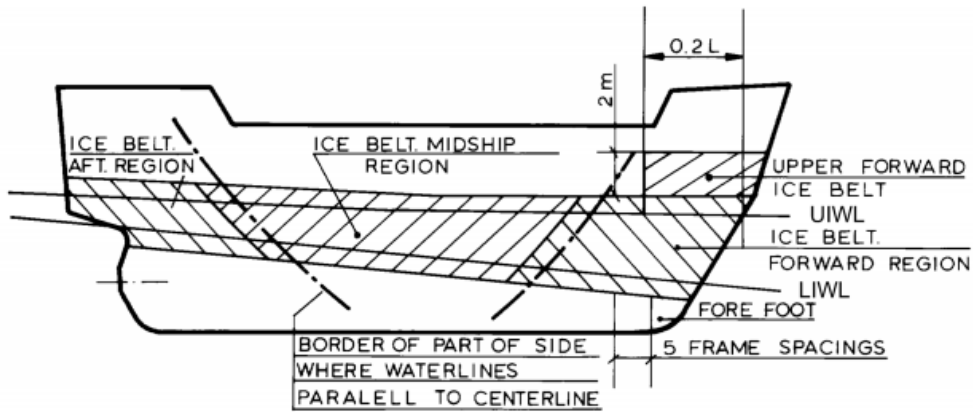


Fig. 1
Ice belt regions

Como se ve en la imagen anterior las tracas del forro a escantillonar para la sección maestra, se corresponden con el área sombreada bajo el nombre de “Ice belt midship región”, y los límites superior e inferior de dicha traca se indican bajo los nombres UIWL (Upper Ice water Line) y LIWL (Lower Ice Water) respectivamente. Estos límites se corresponden con los calados máximos y mínimos que se pueden dar en el buque, definidos en el Cuaderno 5: Condiciones de carga. Los límites son los siguientes:

UIWL = 8,493 m; calado de escantillonado.

LIWL = 6,395 m; correspondiente a la condición de carga 3, salida en lastre y sin carga.

En el punto C 101 se determina la extensión vertical del cinturón de hielo a partir de la tabla C1, mostrada a continuación:

C. Shell Plating

C 100 Vertical extension of ice strengthening

101 The vertical extension of the ice belt (see Fig.1) shall not be less than given in Table C1.

Table C1 Vertical extension of ice belt		
Ice class	Above UIWL (m)	Below LIWL (m)
ICE-1A*	0.6	0.75
ICE-1A	0.5	0.6
ICE-1B	0.4	0.5
ICE-1C	0.4	0.5

Aplicando lo mostrado en la tabla anterior, los límites superior e inferior del cinturón de hielo serán los siguientes:

$$UIWL = 8,493 + 0,4 = 8,893 \text{ m}$$

$$LIWL = 6,395 - 0,5 = 5,895 \text{ m}$$

Para simplificar los datos se redondearán los datos obtenidos anteriormente, resultando lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{UIWL} &= 8,9 \text{ m} \\ \text{LIWL} &= 5,8 \text{ m} \end{aligned}$$

La distancia vertical en la sección maestra del cinturón de hielo es de 3,1 m.

Una vez calculada la distancia vertical del cinturón de hielo tenemos que calcular la presión ejercida en dicho cinturón, para ello se recurrirá al punto B 202, que establece lo siguiente:

B 200 Ice pressure

201 The design ice pressure (based on a nominal ice pressure of 5 600 kN/m²) is determined by the formula:

$$p = 5\,600\ c_d\ c_1\ c_a \quad (\text{kN/m}^2)$$

c_d = a factor which takes account of the influence of the size and engine output of the ship. It is calculated by the formula:

$$c_d = \frac{ak + b}{1000}$$

$$k = \frac{\sqrt{\Delta_f P_s}}{1000}$$

a and b are given in Table B2.

	Table B2 Values of a and b			
	Region			
	Forward		Midship and aft	
	$k \leq 12$	$k > 12$	$k \leq 12$	$k > 12$
a	30	6	8	2
b	230	518	214	286

Δ_f = displacement (t) as defined in A302

Para calcular dicha presión es necesario conocer previamente el valor de los siguientes términos: c_d , c_1 y c_a , que se calcularán a continuación.

c_d es un factor que tiene en cuenta cómo influye el tamaño y la potencia de los sistemas propulsores principales del buque. Su valor viene dado por:

$$c_d = \frac{ak + b}{1000}$$

Debemos calcular k, que viene dado por la siguiente expresión:

$$k = \frac{\sqrt{\Delta_f x P_s}}{1000}$$

Δ_f = es el desplazamiento correspondiente a una flotación con un calado igual al límite superior del cinturón de hielo (8,9 m), considerando agua dulce, por tanto:

$$\Delta_f = 1 \times 0,697 \times 103,81 \times 24,618 \times 8,9 = 15853 \text{ t}$$

Ps = es la potencia máxima que los motores eléctricos de los propulsores principales pueden suministrar de forma continua. Este valor se obtiene del Cuaderno 6: Predicción de potencia, resultando un valor de 6400 kW.

Con los valores de Δf y Ps calculados ya podemos conocer el valor de k:

$$k = \frac{\sqrt{\Delta f x P_s}}{1000} = \frac{\sqrt{15853 x 6400}}{1000} = 10,07$$

Los valores de a y de b los obtenemos de la tabla B2 mostrada anteriormente en función del parámetro k obtenido, por tanto:

$$a = 8$$

$$b = 214$$

Ahora ya podemos calcular cd:

$$cd = \frac{ak+b}{1000} = \frac{8 x 10,07+214}{1000} = 0,295$$

c1 es un factor que se calculará mediante la tabla B3 que se muestra a continuación:

Table B3 Values of c ₁			
Ice class	Region		
	Forward	Midship	Aft
ICE-1A*	1.0	1.0	0.75
ICE-1A	1.0	0.85	0.65
ICE-1B	1.0	0.70	0.45
ICE-1C	1.0	0.50	0.25

For ice class **ICE-1A*F** an additional lower forward ice belt (see C102) is defined with factor c₁ = 0.20.

c_a = a factor which takes account of the probability that the full length of the area under consideration will be under pressure at the same time. It is calculated by the formula:

$$c_a = \frac{47 - 5l_a}{44}, \text{ maximum 1.0, minimum 0.6}$$

Como estamos dimensionando la traca del cinturón de hielo en la sección maestra el valor de c1 es de 0,5, para la cota de clase ICE-C.

ca es un valor que calcularemos mediante la siguiente expresión:

$$ca = \frac{47 - 5la}{44}$$

la lo calculamos a partir de la tabla B4, mostrada a continuación:

l_a shall be taken as given in Table B4.

<i>Structure</i>	<i>Type of framing</i>	l_a
Shell	transverse	frame spacing
	longitudinal	2 × frame spacing
Frames	transverse	frame spacing
	longitudinal	span of frame
Ice stringer		span of stringer
Web frame		2 × web frame spacing

Seguendo lo expuesto en la tabla anterior, la estructura del buque proyecto es una estructura longitudinal, y sabiendo que la distancia entre cada refuerzo primario es de 2400 mm, la tiene un valor de:

$$l_a = 2 \times 2400 = 4800 \text{ mm} = 4,8 \text{ m}$$

Conocido el valor de la calculamos el valor de ca :

$$ca = \frac{47 - 5 \times 4,8}{44} = 0,52$$

El valor de ca no cumple con el mínimo establecido por el DNV, por tanto, se supondrá de 0,6 (valor mínimo).

$$ca = 0,6$$

Una vez conocidos todos los datos necesarios, ya se puede calcular la presión ejercida por el hielo en las tracas del cinturón de hielo:

$$P = 5600 \times cd \times c1 \times ca \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

El valor de $c1$ es un factor que mide la probabilidad de que la presión ejercida por el hielo actúe sobre el casco, se determina a partir de la siguiente tabla:

<i>Ice class</i>	<i>Region</i>		
	<i>Bow</i>	<i>Midbody</i>	<i>Stern</i>
ICE-1A*	1.0	1.0	0.75
ICE-1A	1.0	0.85	0.65
ICE-1B	1.0	0.70	0.45
ICE-1C	1.0	0.50	0.25

$$P = 5600 \times 0,295 \times 0,5 \times 0,6$$

$$P = 495,6 \text{ kN/m}^2$$

Ahora que se conoce el valor de la presión ejercida en las tracas del cinturón de hielo se calculará el espesor de las mismas mediante el punto C 200: "Plate thickness in the ice belt". El reglamento establece lo siguiente:

C 200 Plate thickness in the ice belt

201 For transverse framing the thickness of the shell plating shall be determined by the formula:

$$t = 21.1s \sqrt{\frac{x_1 p_{PL}}{\sigma_F}} + t_c \text{ (mm)}$$

For longitudinal framing the thickness of the shell plating shall be determined by the formula:

$$t = 21.1s \sqrt{\frac{p_{PL}}{x_2 \sigma_F}} + t_c \text{ (mm)}$$

$$p_{PL} = 0.75 p$$

p = as given in B200.

$$x_1 = 1.3 - \frac{4.2}{(h/s + 1.8)^2}, \text{ maximum } 1.0$$

$$x_2 = 0.6 + \frac{0.4}{(h/s)}, \text{ when } h/s \leq 1$$

$$= 1.4 - 0.4 (h/s); \text{ when } 1 \leq h/s < 1.8$$

$$= 0.35 + 0.183 (h/s) \text{ for } 1.8 \leq h/s < 3$$

$$= 0.9 \text{ for } h/s > 3$$

h = as given in B100

σ_F = yield stress of the material (N/mm²)

t_c = increment for abrasion and corrosion (mm); normally 2 mm. If a special surface coating, by experience shown capable to withstand the abrasion of ice, is applied and maintained, lower values may be approved

Como el buque proyecto lleva una estructura longitudinal se usará la fórmula de abajo, para ello debemos calcular antes los siguientes factores: Ppl, x2, σ_F y t_c .

P = presión que ejerce el hielo; 495,6 kN/m²

$$P_{pl} = 0,75 \times P = 371,7 \text{ kN/m}^2$$

x2 = para calcular el valor de x2 tenemos que conocer la relación h/s, el valor de h viene en el punto B 100, como se puede ver en la siguiente tabla:

Table B1 Values of h_o and h		
<i>Ice class</i>	<i>h_o (m)</i>	<i>h (m)</i>
ICE-1A*	1.0	0.35
ICE-1A	0.8	0.30
ICE-1B	0.6	0.25
ICE-1C	0.4	0.22

Para la cota de clase ICE-C:

$$h = 0,22 \text{ m}$$

$$h_0 = 0,4 \text{ m}$$

h es el espesor medio de la capa de hielo sobre el que el buque pueda navegar.

s es la separación entre los refuerzos longitudinales (secundarios), establecida previamente en 0,6 m.

$$h/s = 0,22/0,6 = 0,36$$

La relación entre h/s es menor que 1, por tanto, la fórmula empleada para obtener el valor de x2 es la siguiente:

$$x_2 = 0,6 + \frac{0,4}{\left(\frac{h}{s}\right)} = 0,6 + \frac{0,4}{0,36} = 1,69$$

σ_F es el valor del límite elástico del acero empleado en las tracas del cinturón de hielo. Las tracas estarán hechas de acero NV-36, que se trata de un acero de alta resistencia con un límite elástico de 355 N/mm².

B 200 Material designations and classes

201 Hull materials of various strength groups will be referred to as follows:

- NV-NS denotes normal strength structural steel with yield point not less than 235 N/mm²
- NV-27 denotes high strength structural steel with yield point not less than 265 N/mm²
- NV-32 denotes high strength structural steel with yield point not less than 315 N/mm²
- NV-36 denotes high strength structural steel with yield point not less than 355 N/mm²
- NV-40 denotes high strength structural steel with yield point not less than 390 N/mm².

Normal and high strength steel may also be referred to as NS-steel and HS-steel respectively.

Al elegir un acero de alta resistencia disminuye el espesor comparándolo con el acero NV – NS. La elección de este tipo de acero es debido a que el buque va a navegar en zonas con aguas frías el límite de elasticidad puede disminuir, por tanto, el buque sería más susceptible a fallar por plastificación. Al elegir este material de alta resistencia (NV – 36) nos aseguramos que tenga un límite de elasticidad mayor.

t_c es el incremento del espesor debido a la corrosión del acero, se tomará un valor de $t_c = 2$ mm.

Conociendo todos estos datos ya podemos calcular el espesor de las tracas del cinturón de hielo:

$$t = 21,1 \times s \times \left(\frac{P}{f_2 \times \sigma_F}\right)^{0,5} + t_c \text{ (mm)}$$

Donde:

$$f_2 = 0,6 + (0,4 / (h/s))$$

Calculamos el valor de f_2 :

$$f_2 = 0,6 + (0,4 / (0,22/0,6)) = 1,69$$

Ya podemos conocer el espesor de la traca del cinturón de hielo:

$$t = 21,1 \times 0,6 \times \left(\frac{371,7}{1,691 \times 355} \right)^{0,5} + 2 \text{ mm} = 11,96 \text{ mm}$$

Redondeando el valor anterior obtenemos un espesor de las tracas del cinturón de hielo de:

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

5.2.7.2 Dimensionamiento de los refuerzos del cinturón de hielo

En este apartado se dimensionarán los refuerzos situados en el cinturón de hielo que estipula el reglamento DNV debido a la cota de clase ICE C (Parte 5 Capítulo 1 Sección. En la sección 2 apartado B 400 se estipula que los refuerzos situados dentro del cinturón de hielo deben ser dimensionados según la sección 3 E 100 (Stringers within the ice belt).

Antes de empezar a dimensionar dichos refuerzos tenemos que comprobar la extensión de chapa que debe llevarlos, ya que los límites son algo mayores que el propio cinturón de hielo. Dichas medidas vienen dadas por la siguiente tabla:

D. Frames

D 100 Vertical extension of ice framing

101 The vertical extension of the ice strengthening of the framing shall be at least as given in Table D1:

Ice class	Region	Above UIWL (m)	Below LIWL (m)
ICE- 1A*F,ICE-1A*	Bow	1.2	to double bottom or below top of floors
	Midbody		2.0
	Stern		1.6
ICE-1A, 1B, 1C	Bow	1.0	1.6
	midship		1.3
	Stern		1.0

Where an upper Bow ice belt is required (see C102), the ice strengthened part of the framing shall be extended at least to the top of this ice belt.

102 Where the ice strengthening would go beyond a deck or a tank top (or tank bottom) by not more than 250 mm, it can be terminated at that deck or tank top (or tank bottom).

Como se puede comprobar, para la cota de clase ICE C, el reforzado deberá extenderse para la sección media 1 m por encima del límite superior del cinturón de hielo (UIWL) y 1,3 m por debajo del cinturón de hielo (LIWL), por lo tanto:

$$\text{Límite superior reforzado estructural} = \text{UIWL} (8,9 \text{ m}) + 1 \text{ m} = 9,9 \text{ m}$$

$$\text{Límite inferior reforzado estructural} = \text{LIWL} (5,8 \text{ m}) - 1,3 \text{ m} = 4,5 \text{ m}$$

La chapa del forro exterior comprendida entre 4,5 m y 9,9 m sobre la línea base llevará un reforzado estructural extra contra el hielo, como estipula la cota de clase ICE C.

A continuación, se procede a calcular el módulo de dichos refuerzos. El DNV estipula lo siguiente:

E. Ice Stringers

E 100 Stringers within the ice belt

101 The section modulus of a stringer situated within the ice belt (see C100) shall be calculated by the formula:

$$Z = \frac{f_6 \cdot f_7 \cdot p \cdot h \cdot l^2}{m_1 \cdot \sigma_F} \cdot 10^3 (cm^3)$$

The shear area shall not be less than:

$$A = \frac{8.7 \cdot f_6 \cdot f_7 \cdot f_8 \cdot p \cdot h \cdot l}{\sigma_F} (cm^2)$$

p = ice pressure as given in B200

h = height of load area as given in B100

The product p h shall not be taken as less than 150

l = span of stringer (m)

m₁ = boundary condition factor as given in D301.

f₆ = which takes account of the distribution of load to the transverse frames; to be taken as 0.9.

f₇ = factor of stringers; to be taken as 1.8.

f₈ = factor that takes into account the maximum shear force versus load location and the shear stress distribution; f₈ = 1.2.

El módulo viene determinado por la siguiente fórmula:

$$Z = ((f_6 \times f_7 \times P \times h \times l^2) / (m_1 \times \sigma_F)) \times 1000 (cm^3)$$

Donde:

- f₆ = factor que tiene en cuenta la distribución de la carga a los refuerzos transversales, debe ser tomado como 0,9.
- f₇ = factor de refuerzos, su valor es de 1,8
- P = presión ejercida por el hielo = 495,6 kn/ m²
- l = medida de los refuerzos = 9,9 m – 4,5 m = 5,4 m
- h = 0,22 m, valor obtenido de la tabla B 100
- m₁ = 13,3, valor obtenido en D 301
- σ_F = 355 N/ mm²

Conocidos estos parámetros ya podemos conocer el módulo de los refuerzos:

$$Z = ((0,9 \times 1,8 \times 495,6 \times 0,22 \times 5,4^2) / (13,3 \times 355)) \times 1000 cm^3$$

$$\mathbf{Z = 1091 cm^3}$$

El reforzado estructural extra debido a la cota de clase ICE C forma una malla que permite aguantar la presión ejercida por el hielo en el casco del buque. Estos refuerzos son refuerzos transversales, que junto con los refuerzos longitudinales del forro forman dicha malla. Se escogen perfiles llanta bulbo de 340 x 14 mm.

Estos refuerzos transversales irán espaciados y empotrados contra el refuerzo longitudinal que quede justo por encima del UIWL y del que quede justo por debajo del LIWL. A continuación, se muestra una vista de dicho reforzado en forma de malla:

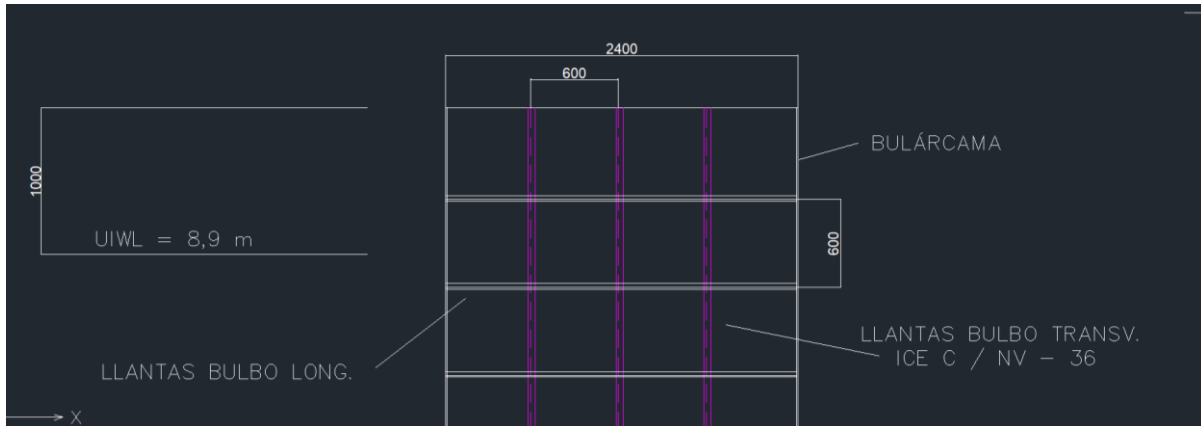


Imagen de la "malla" que forman los refuerzos transversales dimensionados para cumplir con la cota de clase ICE C

5.3 Escantillonado de los elementos de la cubierta resistente

Se van a dimensionar los elementos estructurales que se detallan a continuación:

- Chapa de la cubierta resistente
- Refuerzos longitudinales de la cubierta resistente

5.3.1 Dimensionamiento de la chapa de la cubierta resistente

En este apartado se va a dimensionar el espesor mínimo de la cubierta resistente de acuerdo con lo estipulado en el reglamento DNV Parte 3 Capítulo 1 Sección 8 (deck structures), más concretamente en el apartado C 100 (strenght deck plattíng). El DNV establece lo siguiente:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Strength deck plating

101 The breadth of stringer plate and strakes in way of possible longitudinal bulkheads which shall be of grade B, D or E shall not be less than:

$$b = 800 + 5 L \quad (\text{mm}), \text{ maximum } 1800 \text{ mm.}$$

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

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

p = $p_1 - p_{13}$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = allowable stress within 0.4 L, given by:

<i>Transversely stiffened</i>	<i>Longitudinally stiffened</i>
$175 f_1 - 120 f_{2d}$, maximum $120 f_1$	$120 f_1$

σ = $160 f_1$ within 0.1 L from the perpendiculars and within line of large deck openings.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

f_{2D} = stress factor as given in A 200.

103 The longitudinal buckling strength shall be checked according to Sec.13.

104 The thickness shall not be less than:

$$t = t_0 + \frac{k L_1}{\sqrt{F_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_0 = 5.5 for unsheathed weather and cargo decks

= 5.0 for accommodation decks and for weather and cargo decks sheathed with wood or an approved composition

k = 0.02 in vessels with single continuous deck

= 0.01 in vessels with two continuous decks above 0.7 D from the baseline

= 0.01 as minimum for weather decks forward of 0.2 L from F.P.

= 0 in vessels with more than two continuous decks above 0.7 D from the baseline.

105 If the end bulkhead of a long superstructure is located within 0.5 L amidships, the stringer plate shall be increased in thickness for a length of 3 m on each side of the superstructure end bulkhead. The increase in thickness shall be 20%.

Para el dimensionamiento de la chapa de la cubierta resistente lo que se hará es dividir a la misma en tres tramos, el primer tramo irá desde el forro exterior del costado del buque hasta el doble casco, correspondiéndose con el ancho de los tanques de lastre del costado. El segundo tramo irá desde el doble costado hasta el inicio del tanque de diésel oil, correspondiéndose con el ancho del tanque de barro de perforación. Por

último, el tercer tramo se corresponderá con el ancho del tanque de diésel oil situado en crujía.

- **Dimensionamiento de la chapa del primer tramo, correspondiéndose entre el forro exterior del costado y el doble casco**

Lo primero que tenemos que hacer es calcular las presiones ejercidas sobre dicho tramo. Las cargas que aplican son las siguientes: P1 y P2 por ser una cubierta resistente expuesta a la intemperie, P7 y P8 por ser una cubierta “tope de tanques”, en este caso del tanque de lastre del costado, y P4 por tratarse de una cubierta bajo equipos y maquinaria. Para este primer tramo se considerará el punto de carga en el costado del buque.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = a \times (Pdp - (4 + 0,2 \times ks) \times ho)$$

Donde:

- $a = 0,8$ para cubiertas situadas en cualquier parte del buque
- $ks = 2$ entre $0,2 \times L$ y $0,7 \times L$ desde la perpendicular de popa
- $ho =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el calado de escantillonado = $11,5 \text{ m} - 8,493 \text{ m} = 3,007 \text{ m}$

Ahora tenemos que calcular el valor de Pdp, que sigue la siguiente expresión:

$$Pdp = Pl + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - z)$$

Donde:

- $Pl = ks \times Cw \times kf$
- $ks = 2$
- $kf =$ valor más pequeño entre el calado de escantillonado y f , siendo f la distancia vertical entre el punto de carga y la cubierta principal = 0 m . Este valor como máximo puede valer $0,8 \times Cw$, es decir, $0,8 \times 7,51 = 6,008$
- $Y = B/2$ ya que el punto de carga considerado es el costado del buque
- $B =$ manga del buque ($24,618 \text{ m}$)
- $T =$ calado de escantillonado ($8,493 \text{ m}$)
- $Z =$ distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga = $11,5 \text{ m} - 0 \text{ m} = 11,5 \text{ m}$

Ya podemos conocer el valor de pl:

$$pl = 2 \times 7,51 \times 0 = 0$$

Ahora ya podemos conocer el valor de Pdp:

$$Pdp = 0 + 135 \times (24,618/2 / 24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 11,5) = 20,29$$

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 0,8 \times (20,29 - (4 + 0,2 \times 2) \times 3,007) = 12,383 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P2:**

$$P2 = (go + 0,5 \times av) \times q$$

Donde:

- Ggo = 9,81 m/ s²
- Aav = aceleración vertical = 5,28 m/ s²
- Qq = carga que soporta la cubierta en t/ m². Este tipo de buques soportan cargas en la cubierta de 5 a 10 t/ m². Para este cálculo se supondrá la carga de 10 t/ m², que se trata de la condición más desfavorable.

Ya podemos calcular el valor de P2:

$$P2 = (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 = 124,5 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 1,6 \times (go + 0,5 \times av)$$

Donde:

- go = 9,81 m/ s²
- av = 5,28 m/ s²

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 1,6 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) = 19,92 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = 0,67 \times (\rho \times go + \Delta Pdyn)$$

Donde:

- Pp = 1,025 t/ m³
- go = 9,81 m/ s²
- hp = distancia vertical desde el punto de carga a la aireación del tanque = 0,5 m
- ΔPdyn = 25

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 0,67 \times (1,025 \times 9,81 \times 0,5 + 25) = 20,118 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P8:**

$$P8 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = \text{distancia vertical desde el punto de carga al tope del tanque} = 0 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P8:

$$P8 = 1,025 \times 9,81 \times 0 + 25 = 25 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P12:**

$$P12 = \rho \times (4 - L/ 100) \times l_b$$

Donde:

- $\rho = 1,025 \text{ t/ m}^3$
- $L = 94,775 \text{ m}$
- $l_b = \text{distancia transversal entre mamparos de tanques} = 1 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P12:

$$P12 = 1,025 \times (4 - 94,775/ 100) \times 1 = 3,129 \text{ kn/ m}^2$$

- **Dimensionamiento de la chapa:**

Una vez conocemos las presiones ya podemos calcular el espesor mínimo requerido, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_2 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 120 \times f_1 = 120$

Ya podemos calcular el espesor:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{124,5}) / \sqrt{120} + 1,5 = 11,15 \text{ mm}$$

$$t = 11,5 \text{ mm}$$

El espesor mínimo viene dado por la siguiente expresión:

$$t = t_0 + (k \times L1) / \sqrt{f1} + tk$$

Donde:

- $t_0 = 5,5$
- $k = 0,02$
- $L1 = 103,81 \text{ m}$
- $f1 = 1$
- $tk = 3 \text{ mm}$ para tanques de lastre situados 1,5 m por debajo de la cubierta

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 5,5 + (0,02 \times 103,81) + 3$$

$$t = 10,57 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de la chapa del segundo tramo, correspondiéndose con la chapa comprendida entre el doble casco y el tanque de diésel oil de crujía**

Lo primero que tenemos que hacer es calcular las presiones ejercidas sobre dicho tramo. Las cargas que aplican son las siguientes: P1 y P2 por ser una cubierta resistente expuesta a la intemperie, P7 y P8 por ser una cubierta "tope de tanques", en este caso del tanque de barro de perforación, y P4 por tratarse de una cubierta bajo equipos y maquinaria. Para este segundo tramo se considerará el punto de carga en el medio del tanque de barro de perforación, a 6,9045 metros de crujía.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = a \times (Pdp - (4 + 0,2 \times ks) \times ho)$$

Donde:

- $a = 0,8$ para cubiertas situadas en cualquier parte del buque
- $ks = 2$ entre $0,2 \times L$ y $0,7 \times L$ desde la perpendicular de popa
- $ho =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el calado de escantillonado = $11,5 \text{ m} - 8,493 \text{ m} = 3,007 \text{ m}$

Ahora tenemos que calcular el valor de Pdp, que sigue la siguiente expresión:

$$Pdp = Pl + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - z)$$

Donde:

- $Pl = ks \times Cw \times kf$
- $ks = 2$
- $kf =$ valor más pequeño entre el calado de escantillonado y f , siendo f la distancia vertical entre el punto de carga y la cubierta principal = 0 m. Este valor como máximo puede valer $0,8 \times Cw$, es decir, $0,8 \times 7,51 = 6,008$
- $Y = 6,9045$ metros, distancia del punto de carga a crujía, cumpliendo con el valor mínimo de $B/4 = 24,818/4 = 6,1545$ m.
- $B =$ manga del buque (24,618 m)
- $T =$ calado de escantillonado (8,493 m)
- $Z =$ distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga = $11,5 \text{ m} - 0 \text{ m} = 11,5 \text{ m}$

Ya podemos conocer el valor de pl :

$$pl = 2 \times 7,51 \times 0 = 0$$

Ahora ya podemos conocer el valor de Pdp :

$$Pdp = 0 + 135 \times (6,9045 / 24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 11,5) = 12,96$$

Ya podemos conocer el valor de $P1$:

$$P1 = 0,8 \times (12,96 - (4 + 0,2 \times 2) \times 3,007) = 6,52 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P2:**

$$P2 = (go + 0,5 \times av) \times q$$

Donde:

- $go = 9,81 \text{ m} / \text{s}^2$
- $av =$ aceleración vertical = $5,28 \text{ m} / \text{s}^2$
- $q =$ carga que soporta la cubierta en t / m^2 . Este tipo de buques soportan cargas en la cubierta de 5 a $10 \text{ t} / \text{m}^2$. Para este cálculo se supondrá la carga de $10 \text{ t} / \text{m}^2$, que se trata de la condición más desfavorable.

Ya podemos calcular el valor de $P2$:

$$P2 = (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 = 124,5 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 1,6 \times (go + 0,5 \times av)$$

Donde:

- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $a_v = 5,28 \text{ m/s}^2$

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 1,6 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) = 19,92 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $h_p = \text{distancia vertical desde el punto de carga a la aireación del tanque} = 0,5 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 25$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 0,5 + 25) = 25,95 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P8:**

$$P8 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $h_s = \text{distancia vertical desde el punto de carga al tope del tanque} = 0 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P8:

$$P8 = 2,8 \times 9,81 \times 0 + 25 = 52,468 \text{ kn/m}^2$$

- **Cálculo de P12:**

$$P12 = \rho \times (4 - L/100) \times l_b$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/m}^3$
- $L = 94,775 \text{ m}$
- $l_b = \text{distancia transversal entre mamparos de tanques} = 8,809 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P12:

$$P12 = 2,8 \times (4 - 94,775/100) \times 8,809 = 75,284 \text{ kn/ m}^2$$

- **Dimensionamiento de la chapa:**

Una vez conocemos las presiones ya podemos calcular el espesor mínimo requerido, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$t = (15,8 \times ka \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + tk$$

Donde:

- $ka = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P2 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 120 \times f1 = 120$

Ya podemos calcular el espesor:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{124,5}) / \sqrt{120} + 1,5 = 11,16 \text{ mm}$$

$$t = 11,5 \text{ mm}$$

El espesor mínimo viene dado por la siguiente expresión:

$$t = to + (k \times L1) / \sqrt{f1} + tk$$

Donde:

- $to = 5,5$
- $k = 0,02$
- $L1 = 103,81 \text{ m}$
- $f1 = 1$
- $tk = 2 \text{ mm}$ para tanques de carga situados 1,5 m por debajo de la cubierta

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 5,5 + (0,02 \times 103,81) + 2$$

$$t = 9,6 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de la chapa del tercer tramo, correspondiéndose con la chapa comprendida entre el tanque de diésel oil de crujía**

Lo primero que tenemos que hacer es calcular las presiones ejercidas sobre dicho tramo. Las cargas que aplican son las siguientes: P1 y P2 por ser una cubierta resistente expuesta a la intemperie, P7 y P8 por ser una cubierta “tope de tanques”, en este caso del tanque de barro de perforación, y P4 por tratarse de una cubierta bajo equipos y maquinaria. Para este tercer tramo se considerará el punto de carga en crujía.

- **Cálculo de P1:**

$$P1 = a \times (Pdp - (4 + 0,2 \times ks) \times ho)$$

Donde:

- $a = 0,8$ para cubiertas situadas en cualquier parte del buque
- $ks = 2$ entre $0,2 \times L$ y $0,7 \times L$ desde la perpendicular de popa
- $ho =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga hasta el calado de escantillado = $11,5 \text{ m} - 8,493 \text{ m} = 3,007 \text{ m}$

Ahora tenemos que calcular el valor de Pdp, que sigue la siguiente expresión:

$$Pdp = Pl + 135 \times (Y/B + 75) - 1,2 \times (T - z)$$

Donde:

- $Pl = ks \times Cw \times kf$
- $ks = 2$
- $kf =$ valor más pequeño entre el calado de escantillado y f , siendo f la distancia vertical entre el punto de carga y la cubierta principal = 0 m . Este valor como máximo puede valer $0,8 \times Cw$, es decir, $0,8 \times 7,51 = 6,008$
- $Y = B/4 = 24,818/4 = 6,1545 \text{ m}$.
- $B =$ manga del buque ($24,618 \text{ m}$)
- $T =$ calado de escantillado ($8,493 \text{ m}$)
- $Z =$ distancia vertical desde la línea de base hasta el punto de carga = $11,5 \text{ m} - 0 \text{ m} = 11,5 \text{ m}$

Ya podemos conocer el valor de pl:

$$pl = 2 \times 7,51 \times 0 = 0$$

Ahora ya podemos conocer el valor de Pdp:

$$Pdp = 0 + 135 \times (6,1545 / 24,618 + 75) - 1,2 \times (8,493 - 11,5) = 11,95$$

Ya podemos conocer el valor de P1:

$$P1 = 0,8 \times (11,95 - (4 + 0,2 \times 2) \times 3,007) = 5,71 \text{ kn} / \text{m}^2$$

- **Cálculo de P2:**

$$P2 = (g_0 + 0,5 \times a_v) \times q$$

Donde:

- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $a_v = \text{aceleración vertical} = 5,28 \text{ m/ s}^2$
- $q = \text{carga que soporta la cubierta en t/ m}^2$. Este tipo de buques soportan cargas en la cubierta de 5 a 10 t/ m². Para este cálculo se supondrá la carga de 10 t/ m², que se trata de la condición más desfavorable.

Ya podemos calcular el valor de P2:

$$P2 = (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 1,6 \times (g_0 + 0,5 \times a_v)$$

Donde:

- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $a_v = 5,28 \text{ m/ s}^2$

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 1,6 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) = 19,92 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 0,92 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p = \text{distancia vertical desde el punto de carga a la aireación del tanque} = 0,5 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 25$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 0,67 \times (0,92 \times 9,81 \times 0,5 + 25) = 19,77 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P8:**

$$P8 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 0,92 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = \text{distancia vertical desde el punto de carga al tope del tanque} = 0 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P8:

$$P8 = 0,92 \times 9,81 \times 0 + 25 = 34 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P12:**

$$P12 = \rho \times (4 - L/ 100) \times l_b$$

Donde:

- $\rho = 0,92 \text{ t/ m}^3$
- $L = 94,775 \text{ m}$
- $l_b = \text{distancia transversal entre mamparos de tanques} = 5 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P12:

$$P12 = 0,92 \times (4 - 94,775/ 100) \times 5 = 14 \text{ kn/ m}^2$$

- **Dimensionamiento de la chapa:**

Una vez conocemos las presiones ya podemos calcular el espesor mínimo requerido, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$t = (15,8 \times k_a \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + t_k$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_2 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 120 \times f_1 = 120$

Ya podemos calcular el espesor:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{124,5}) / \sqrt{120} + 1,5 = 11,16 \text{ mm}$$

$$t = 11,5 \text{ mm}$$

El espesor mínimo viene dado por la siguiente expresión:

$$t = t_0 + (k \times L_1) / \sqrt{f_1} + t_k$$

Donde:

- $t_0 = 5,5$
- $k = 0,02$
- $L_1 = 103,81 \text{ m}$
- $f_1 = 1$
- $t_k = 2$

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 5,5 + (0,02 \times 103,81) + 2$$

$$t = 9,6 \text{ mm}$$

5.3.2 Escantillonado de los refuerzos longitudinales de la cubierta resistente

Para el escantillonado de los refuerzos longitudinales de la cubierta resistente se ha seguido la misma filosofía que para el dimensionamiento de la chapa de dicha cubierta, dividiendo la cubierta resistente en tres tramos, comentados en el apartado anterior.

- Dimensionamiento de los longitudinales del primer tramo

Para el dimensionamiento de dichos refuerzos el DNV en la Sección 8 C 300 establece lo siguiente para dicho dimensionamiento:

C 300 Longitudinals

301 The section modulus requirement is given by:

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

p = $p_1 - p_{13}$, whichever is relevant, as given in Table B1.

σ = allowable stress, within 0.4 L midship given in Table C1

= $160 f_1$ for continuous decks within 0.1 L from the perpendiculars and for other deck longitudinals in general.

Between specified regions the σ -value shall be varied linearly.

For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_9 and sloshing load pressures, p_{11} and p_{12} .

For definition of other parameters used in the formula, see A200.

302 The buckling strength of longitudinals shall be checked according to Sec.13.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

k = 0.01 L_1 in general

= 0.015 L_1 in peaks and for boundaries of cargo oil tanks and ballast tanks in cargo area

= 0.5 for accommodations decks above strength deck

h_w = web height in mm

g = 75 for flanged profile webs

= 41 for bulb profiles

= 22 for flat bar profiles

t_k = corrosion addition, see Sec.1B

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del primer tramo, correspondiente entre el costado y el doble casco**

El módulo requerido viene determinado por la siguiente expresión:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = P2 = 124,5 kn/ m2
- Wk = 1,18
- $\sigma = 225 - 130 \times f2b$; $f2b = 0,997$; $\sigma = 225 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 124,5 \times 1,18) / 95,39 = 441,77 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 442 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas de bulbo de 260 x 10 mm.

El espesor mínimo viene dado por la siguiente expresión:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,56$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 4,5 + 1,56 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del segundo tramo, correspondiente entre el doble casco y el tanque de diésel oil de cruzía**

El módulo requerido viene determinado por la siguiente expresión:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = separación entre refuerzos primarios = 2,4 m
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- P = P2 = 124,5 kn/ m2
- Wk = 1,18
- $\sigma = 225 - 130 \times f2b$; $f2b = 0,997$; $\sigma = 225 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 124,5 \times 1,18) / 95,39 = 441,77 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 442 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 260 x 10 mm.

El espesor mínimo viene dado por la siguiente expresión:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,56$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 4,5 + 1,56 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del tercer tramo, correspondiente entre la chapa encima del tanque de diésel oil de cruzía**

El módulo requerido viene determinado por la siguiente expresión:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- $l = \text{separación entre refuerzos primarios} = 2,4 \text{ m}$
- $s = \text{separación entre refuerzos secundarios} = 0,6 \text{ m}$
- $P = P2 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 225 - 130 \times f2b; f2b = 0,997; \sigma = 225 - 130 \times 0,997 = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo requerido:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 124,5 \times 1,18) / 95,39 = 441,77 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 442 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 260 x 10 mm.

El espesor mínimo viene dado por la siguiente expresión:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,56$
- $tk = 1,5 \text{ mm}$

Ya podemos calcular el espesor mínimo requerido:

$$t = 4,5 + 1,56 + 1,5 = 7,56 \text{ mm}$$

Como se puede observar, para los tres tramos han salido refuerzos longitudinales del mismo módulo, esto es debido a que la presión máxima ejercida en la cubierta resistente es la que se corresponde con la presión que ejerce la carga que se coloca sobre la misma, evaluada en 10 t/ m2, siendo la misma presión para los tres tramos de cubierta resistente estudiados.

5.3.3 Escantillado de los baos de la cubierta resistente

Los baos son elementos estructurales transversales que soportan la cubierta. Las funciones que representan los baos en la estructura longitudinal es ser un elemento eficaz de resistencia transversal y “sujetar” a los refuerzos longitudinales de la cubierta. Para su dimensionamiento se sigue lo estipulado en el reglamento DNV en la Parte 3 Capítulo 1 Sección 8 (deck structures) en el apartado C 400 (transverse beams), que dice lo siguiente:

C 400 Transverse beams.

401 The section modulus requirement is given by:

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

p = p₁ – p₁₃, whichever is relevant, as given in Table B1.

402 The thickness of web and flange shall not be less than given in 303.

403 For end connections, see Sec.3 C200.

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.8 – Page 124

404 For beam-panel buckling, see Sec.13 C501.

Deck	σ
Strength deck, long superstructures and effective deckhouses above strength deck	225 f ₁ – 130 f _{2d} maximum 160 f ₁
Continuous decks below strength deck	225 f ₁ – 130 f _{2d} $\frac{z_n - z_a}{z_n}$ maximum 160 f ₁

La presión que se va a considerar para el dimensionamiento del bao será la misma que la calculada a la hora de dimensionar la chapa de la cubierta resistente, que se

correspondía con $P = P2 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$. El módulo del bao viene determinado por la siguiente expresión:

$$Z = (0,63 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / f1 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- l = luz del bao
- s = separación entre refuerzos secundarios = 0,6 m
- $P = P2 = 124,5 \text{ kn/ m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $f1 = 1$

Como se puede ver, el módulo de los baos depende de la luz del mismo. Se dispondrán tres baos. Uno que tenga la luz del tanque de diésel oil y los otros dos con la luz de los tanques de barro de perforación:

- **Baos tanques barro de perforación:**

Conocidos los parámetros anteriores calculamos el módulo:

$$Z = (0,63 \times 8,809^2 \times 0,6 \times 124,5 \times 1,18) / 1 = 4309,2 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 4310 \text{ cm}^3}$$

Se escoge un perfil tipo T de 630 x 200 mm.

- **Bao tanque central de diésel oil:**

Calculamos el módulo del bao:

$$Z = (0,63 \times 5^2 \times 0,6 \times 124,5 \times 1,18) / 1 = 1388,3 \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{Z = 1389 \text{ cm}^3}$$

Se escoge un perfil llanta bulbo de 400 x 14 mm.

Calculamos el espesor mínimo de los baos, que viene determinado por la siguiente expresión:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81 = 1,557$
- $tk = 2 \text{ mm}$

Ya podemos conocer el valor del espesor mínimo:

$$t = 4,5 + 1,557 + 2 = 8,05 \text{ mm}$$

5.4 Escantillonado de la cámara de bombas

En este apartado se van a dimensionar los mamparos de la cámara de bombas según lo establecido en el reglamento DNV. Se dimensionarán los mamparos laterales de dicha cámara, el mamparo que hace de “techo” de la cámara de máquinas se dimensionará en el siguiente apartado, ya que hay que tener en cuenta la presión ejercida por el tanque de diésel oil de crujía situado encima de dicha cámara de bombas.

- **Dimensionamiento de la chapa de los mamparos laterales**

Para el dimensionamiento de la chapa se recurrirá a la Parte 3 Capítulo 1 Sección 9 (Bulkhead structures), en concreto al apartado C 100 (bulkhead plating). Lo primero que se va a hacer es calcular las presiones que aplican sobre dicho mamparo, para ello se tendrá en cuenta la presión ejercida por los tanques de barro de perforación:

Para calcular dichas presiones recurrimos a la siguiente tabla:

Table B1 Design loads		
Structure	Load type	p (kN/m ²)
Watertight bulkheads	Sea pressure when flooded or general dry cargo minimum	$p_1 = 10 h_b$
Cargo hold bulkheads	Dry bulk cargo	$p_2 = \rho_c (g_0 + 0.5 a_v) K h_c$ $p_3 = \rho (g_0 + 0.5 a_v) h_s$
Tank bulkheads in general		$p_4 = 0.67 (\rho g_0 h_p + \Delta p_{dyn})$ $p_5 = \rho g_0 h_s + p_0$
Longitudinal bulkheads as well as transverse bulkheads at sides in wide tanks	In tanks with breadth > 0.4 B	$p_6 = \rho g_0 [0.67(h_s + \phi b) - 0.12 \sqrt{H \phi b_t}]$
	Note 1)	$p_7 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$
Transverse bulkheads and longitudinal bulkheads at ends in long tanks	In tanks with length > 0.15 L	$p_8 = \rho g_0 [0.67(h_s + \theta l) - 0.12 \sqrt{H \theta l_t}]$
	Note 2)	$p_9 = \rho \left[4 - \frac{L}{200} \right] l_b$
Longitudinal wash bulkheads		$p_7 = \rho \left[3 - \frac{B}{100} \right] b_b$
Transverse wash bulkheads		$p_9 = \rho \left[4 - \frac{L}{200} \right] l_b$
1) To be used for strength members located less than $0.25 b_b$ away from tank sides in tanks with no restrictions on their filling height. For tanks with free breadth (no longitudinal wash bulkheads) $b_b > 0.56 B$ the design pressure will be specially considered according to Sec.4 C305.		
2) To be used for strength members located less than $0.25 l_b$ away from tank ends in tanks with no restrictions on their filling height. For tanks with free length (no transverse wash bulkheads or transverse web frames in narrow tanks) $l_b > 0.13 L$ the design pressure will be specially considered according to Sec.4 C305.		

Las presiones que aplican para este apartado se han calculado cuando se dimensionó el espesor de la chapa de los mamparos del doble costado, de todas formas, se volverán a mostrar en este apartado. El punto de carga se situará en el doble fondo, a una altura sobre la línea de base de 1,5 m, ya que será el punto más desfavorable de dicho mamparo. A continuación, se muestran las presiones:

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (g_0 + 0,5 \times a_v) \times h_s$$

Donde:

- ρ = densidad del barro de perforación = 2,8 t/ m³
- g_0 = 9,81 m/ s²
- a_v = aceleración vertical = 5,28 m/ s²
- h_s = distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = 11,5 – 1,5 = 10 m

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 2,8 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 10 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- ρ = 2,8 t/ m³
- g_0 = 9,81 m/ s²
- h_p = distancia vertical en metros desde el punto de carga a la aireación del tanque = 12 -1,5 = 10,5 m
- ΔP_{dyn} = 0, por ser tanque de carga

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 10,5 + 0) = 193,24 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- ρ = 2,8 t/ m³
- g_0 = 9,81 m/ s²
- h_s = 10 m
- p_0 = 25

Ya podemos calcular el valor de P5:

$$P5 = 2,8 \times 9,81 \times 10 + 25 = 299,68 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = \rho \times (3 - B/100) \times bb$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $B = 24,618 \text{ m}$
- $b = \text{distancia en metros entre los extremos del tanque} = 11,309 \text{ m} - 2,5 \text{ m} = 8,809 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 2,8 \times (3 - 24,618/100) \times 8,809 = 67,92 \text{ kn/ m}^2$$

A continuación se muestra lo estipulado en el DNV para calcular el espesor del mamparo:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = $160 f_1$ for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= $140 f_1$ for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as $160 f_1$ when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= $160 f_1$ for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= $220 f_1$ for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

$$t = 5.0 + \frac{kL_1}{\sqrt{f_1}} + t_k \quad (\text{mm})$$

La fórmula estipulada para calcular el espesor es la siguiente:

$$t = (15,8 \times ka \times s \times \sqrt{P}) / \sqrt{\sigma} + tk \text{ (mm)}$$

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_3 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 220 \times f_1 = 220 \times 1 = 220$

Ya podemos calcular el espesor del mamparo requerido:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{348,6}) / \sqrt{220} + 1,5 = 13,43 \text{ mm}$$

$$t = 13,5 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales de los mamparos laterales:**

La fórmula establecida por el DNV para el dimensionamiento de los refuerzos longitudinales en mamparos se establece en el apartado C 200 y es la siguiente:

C 200 Longitudinals

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

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

$p = p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

$$\sigma = 225 f_1 - 130 f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}, \text{ maximum } 160 f_1$$

within 0.4 L amidships

= 160 f_1 within 0.1 L from perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly. For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 to p_7 and with sloshing pressure p_9 .

The allowable stress may be increased by 60 f_1 for watertight bulkheads, except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

$f_2 =$ stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
 = stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

La fórmula es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3)$$

Donde:

- $l = 2,4 \text{ m}$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_3 = 348,6 \text{ kn/ m}^2$

- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo de los refuerzos longitudinales:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 348,6 \times 1,18) / 95,39 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z = 1237 \text{ cm}^3$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 370 x 15 mm.

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $kk = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81$

Ya podemos conocer el espesor mínimo:

$$t = 4,5 + (0,015 \times 103,81) + 1,5 \text{ mm}$$

$$t = 7,6 \text{ mm}$$

5.5 Escantillonado del tanque de diésel oil de cruja

En este apartado se dimensionará el espesor de la chapa del tanque de diésel oil así como los refuerzos longitudinales y el bao del mamparo del fondo. Se dimensionará igual que a la hora de dimensionar la cámara de bombas, teniendo en cuenta que el punto de carga estará situado a 5,8 m por encima de la línea de base.

- **Dimensionamiento del espesor de la chapa de los mamparos laterales:**

Se calcularán las presiones ejercidas por el tanque de barro de perforación, ya que serán superiores a las ejercidas por el tanque de diésel oil:

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (go + 0,5 \times av) \times hs$$

Donde:

- $\rho =$ densidad del barro de perforación = 2,8 t/ m³
- $go = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $av =$ aceleración vertical = 5,28 m/ s²
- $hs =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = 11,5 – 5,8 = 5,7 m

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 2,8 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 5,7 = 198,702 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga a la aireación del tanque = $12 - 5,8 = 6,2 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 0$, por ser tanque de carga

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 0,67 \times (2,8 \times 9,81 \times 6,2 + 0) = 114,1 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 5,7 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P5:

$$P5 = 2,8 \times 9,81 \times 5,7 + 25 = 181,56 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = \rho \times (3 - B/100) \times b$$

Donde:

- $\rho = 2,8 \text{ t/ m}^3$
- $B = 24,618 \text{ m}$
- $b =$ distancia en metros entre los extremos del tanque = $-2,5 \text{ m} - (-2,5 \text{ m}) = 5 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 2,8 \times (3 - 24,618/100) \times 5 = 38,55 \text{ kn/ m}^2$$

A continuación, se muestra lo estipulado en el DNV para calcular el espesor del mamparo:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = 160 f_1 for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= 140 f_1 for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as 160 f_1 when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= 160 f_1 for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= 220 f_1 for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

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

La fórmula estipulada para calcular el espesor es la siguiente:

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

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_3 = 198,702 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 220 \times f_1 = 220 \times 1 = 220$

Ya podemos calcular el espesor del mamparo requerido:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{198,702}) / \sqrt{220} + 1,5 = 10,51 \text{ mm}$$

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

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales de los mamparos laterales:**

La fórmula establecida por el DNV para el dimensionamiento de los refuerzos longitudinales en mamparos se establece en el apartado C 200 y es la siguiente:

C 200 Longitudinals

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

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

$p = p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

$$\sigma = 225 f_1 - 130 f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}, \text{ maximum } 160 f_1$$

within 0.4 L amidships

= 160 f_1 within 0.1 L from perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly. For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 to p_7 and with sloshing pressure p_9 .

The allowable stress may be increased by 60 f_1 for watertight bulkheads, except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

$f_2 =$ stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis

= stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

La fórmula es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- $l = 2,4 \text{ m}$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P3 = 198,702 \text{ kn/ m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo de los refuerzos longitudinales:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 198,702 \times 1,18) / 95,39 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\mathbf{Z = 706 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 300 x 13 mm.

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $kk = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81$

Ya podemos conocer el espesor mínimo:

$$t = 4,5 + (0,015 \times 103,81) + 1,5 \text{ mm}$$

$$t = 7,6 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento del espesor de la chapa del mamparo del fondo del tanque:**

Se calculará la presión ejercida por diésel oil sobre el fondo del tanque, que tiene una densidad de 0,92 t/ m3.

- **Cálculo de P3:**

$$P3 = \rho \times (g_0 + 0,5 \times a_v) \times h_s$$

Donde:

- $\rho =$ densidad del diésel oil = 0,92 t/ m3
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $a_v =$ aceleración vertical = 5,28 m/ s2
- $h_s =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del tanque = $11,5 - 5,8 = 5,7 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P3:

$$P3 = 0,92 \times (9,81 + 0,5 \times 5,28) \times 5,7 = 65,29 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P4:**

$$P4 = 0,67 \times (\rho \times g_0 \times h_p + \Delta P_{dyn})$$

Donde:

- $\rho = 0,92 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_p =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga a la aireación del tanque = $12 - 5,8 = 6,2 \text{ m}$
- $\Delta P_{dyn} = 0$, por ser tanque de carga

Ya podemos calcular el valor de P4:

$$P4 = 0,67 \times (0,92 \times 9,81 \times 6,2 + 0) = 37,5 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P5:**

$$P5 = \rho \times g_0 \times h_s + p_0$$

Donde:

- $\rho = 0,92 \text{ t/ m}^3$
- $g_0 = 9,81 \text{ m/ s}^2$
- $h_s = 5,7 \text{ m}$
- $p_0 = 25$

Ya podemos calcular el valor de P5:

$$P5 = 0,92 \times 9,81 \times 5,7 + 25 = 76,44 \text{ kn/ m}^2$$

- **Cálculo de P7:**

$$P7 = \rho \times (3 - B/100) \times b$$

Donde:

- $\rho = 0,92 \text{ t/ m}^3$
- $B = 24,618 \text{ m}$
- $b = \text{distancia en metros entre los extremos del tanque} = -2,5 \text{ m} - (-2,5 \text{ m}) = 5 \text{ m}$

Ya podemos calcular el valor de P7:

$$P7 = 0,92 \times (3 - 24,618/100) \times 5 = 12,67 \text{ kn/ m}^2$$

A continuación, se muestra lo estipulado en el DNV para calcular el espesor del mamparo:

C. Plating and Stiffeners

C 100 Bulkhead plating

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

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

p = $p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

σ = 160 f_1 for longitudinally stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis irrespective of ship length

= 140 f_1 for transversely stiffened longitudinal bulkhead plating at neutral axis within 0.4 L amidships, may however be taken as 160 f_1 when p_6 or p_7 are used.

Above and below the neutral axis the σ -values shall be reduced linearly to the values for the deck and bottom plating, assuming the same stiffening direction and material factor as for the plating considered

= 160 f_1 for longitudinal bulkheads outside 0.05 L from F.P. and 0.1 L from A.P. and for transverse bulkheads in general

= 220 f_1 for watertight bulkheads except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly.

In corrugated bulkheads formed by welded plate strips, the thickness in flange and web plates may be differing.

The thickness requirement then is given by the following modified formula:

$$t = \sqrt{\frac{500 s^2 p}{\sigma} - t_n^2} + t_k \quad (\text{mm})$$

t_n = thickness in mm of neighbouring plate (flange or web), not to be taken greater than t .

102 The thickness shall not be less than:

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

La fórmula estipulada para calcular el espesor es la siguiente:

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

Donde:

- $k_a = 1$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P_5 = 76,44 \text{ kn/ m}^2$
- $\sigma = 220 \times f_1 = 220 \times 1 = 220$

Ya podemos calcular el espesor del mamparo requerido:

$$t = (15,8 \times 1 \times 0,6 \times \sqrt{76,44}) / \sqrt{220} + 1,5 = 7,08 \text{ mm}$$

$$\mathbf{t = 7,5 \text{ mm}}$$

- **Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales del mamparo del fondo del tanque de diésel oil:**

La fórmula establecida por el DNV para el dimensionamiento de los refuerzos longitudinales en mamparos se establece en el apartado C 200 y es la siguiente:

C 200 Longitudinals

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

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

$p = p_1 - p_9$, whichever is relevant, as given in Table B1

$$\sigma = 225f_1 - 130f_2 \frac{z_n - z_a}{z_n}, \text{ maximum } 160 f_1$$

within 0.4 L amidships

= 160 f_1 within 0.1 L from perpendiculars.

Between specified regions the σ -value may be varied linearly. For longitudinals $\sigma = 160 f_1$ may be used in any case in combination with heeled condition pressures p_6 to p_7 and with sloshing pressure p_9 .

The allowable stress may be increased by 60 f_1 for watertight bulkheads, except the collision bulkhead, when p_1 is applied.

$f_2 =$ stress factor f_{2b} as given in Sec.6 A200 below the neutral axis
 = stress factor f_{2d} as given in Sec.8 A200 above the neutral axis.

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

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

$$= 1.5 + \frac{h_w \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

La fórmula es la siguiente:

$$Z = (83 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / \sigma \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- $l = 2,4 \text{ m}$
- $s = 0,6 \text{ m}$
- $P = P5 = 76,44 \text{ kn/ m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $\sigma = 95,39$

Ya podemos calcular el módulo de los refuerzos longitudinales:

$$Z = (83 \times 2,4^2 \times 0,6 \times 76,44 \times 1,18) / 95,39 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\mathbf{Z = 272 \text{ cm}^3}$$

Se escogen perfiles llantas bulbo de 220 x 10 mm.

El espesor mínimo viene determinado por la siguiente fórmula:

$$t = 4,5 + k + tk$$

Donde:

- $k = 0,015 \times L1 = 0,015 \times 103,81$

Ya podemos conocer el espesor mínimo:

$$t = 4,5 + (0,015 \times 103,81) + 1,5 \text{ mm}$$

$$t = 7,6 \text{ mm}$$

- **Dimensionamiento del bao del mamparo del fondo del tanque**

Para el dimensionamiento de este bao se recurre a lo siguiente:

C 400 Transverse beams.

401 The section modulus requirement is given by:

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

$p = p_1 - p_{13}$, whichever is relevant, as given in Table B1.

402 The thickness of web and flange shall not be less than given in 303.

403 For end connections, see Sec.3 C200.

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, July 2011
Pt.3 Ch.1 Sec.8 – Page 124

404 For beam-panel buckling, see Sec.13 C501.

Table C1	
<i>Deck</i>	σ
Strength deck, long superstructures and effective deckhouses above strength deck	225 $f_1 - 130 f_{2d}$, maximum 160 f_1
Continuous decks below strength deck	$225 f_1 - 130 f_{2d} \frac{z_n - z_a}{z_n}$ maximum 160 f_1

El módulo requerido viene determinado por la siguiente fórmula:

$$Z = (0,63 \times l^2 \times s \times P \times Wk) / f1 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Donde:

- $l = \text{luz del bao} = 5 \text{ m}$
- $s = \text{separación entre refuerzos secundarios} = 0,6 \text{ m}$
- $P = P5 = 76,44 \text{ kn/ m}^2$
- $Wk = 1,18$
- $f1 = 1$

Ya podemos calcular el módulo del bao:

$$Z = (0,63 \times 5^2 \times 0,6 \times 76,44 \times 1,18) / 1 \text{ cm}^3$$

$$Z = 853 \text{ cm}^3$$

Se escoge un perfil llanta bulbo de 340 x 12 mm.

6. Comprobación del módulo mínimo en el fondo y en la cubierta, exigido por el reglamento DNV, y cálculo de la inercia de la cuaderna maestra

En este apartado se comprobará que la cuaderna maestra cumple con el módulo mínimo exigido por el reglamento, tanto para el fondo como para la cubierta. Al inicio del apartado 4 se había estudiado el módulo de la sección maestra tanto en aguas tranquilas como en condición de olas, para el fondo y la cubierta. Se obtuvo el siguiente módulo mínimo a cumplir para el buque proyecto:

$$Z_{\text{fondo-cubierta mínimo DNV}} \geq 2731219,66 \text{ cm}^3$$

Para la comprobación del módulo y el cálculo de la inercia se han tenido en cuenta sólo aquellos elementos estructurales que intervienen en la resistencia longitudinal, como se ha explicado en el apartado 2 del presente cuaderno. Hay que destacar que el módulo "soporta" cargas mientras que la inercia acelera. A continuación, se expondrá el módulo obtenido y la comprobación del mismo, así como el eje neutro (Z EN):

Z cubierta (m)	11,5
Z EN (m)	4,842

Altura de la cubierta principal y eje neutro, sobre la línea base

W Fondo	27440000 cm³
W Cubierta	19950000 cm³

Módulo obtenido para el fondo y la cubierta

Margen WF real/ WF min	10,04%
Margen WC real/ WC min	7,30%

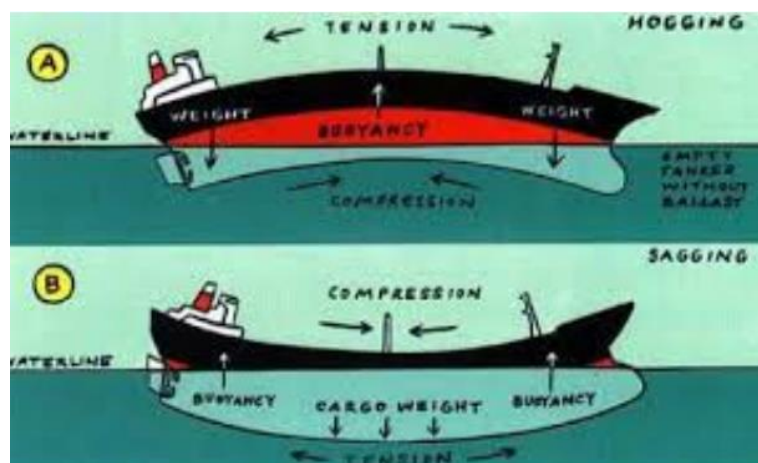
Comprobación márgenes entre módulo real obtenido y módulo mínimo exigido

Como se puede comprobar cumplimos con el módulo mínimo exigido, pasando del mismo en el fondo un 10,04 % y en la cubierta un 7,30 %. La diferencia entre el margen del módulo del fondo y la cubierta puede deberse a que los elementos estructurales escantillonados para soportar la carga ejercida por los tanques de barro de perforación tienen un espesor y módulo elevado. Dichos márgenes de cumplimiento se podrían rebajar dando “otra vuelta” al diseño, afinando el mismo, lo que conllevaría a una reducción de espesores y por tanto una reducción en el peso de aceros, obteniendo un diseño estructural más óptimo y menores costas. De todas formas, los márgenes se consideran bastante aceptables y un buen diseño estructural.

En el Anexo III del presente cuaderno se introducirán los cálculos realizados para obtener el módulo de la sección.

7. Análisis de la resistencia longitudinal del buque

En este apartado se analizará la resistencia longitudinal del buque proyecto para las condiciones de carga definidas en el Cuaderno 5, en dicho análisis se podrán ver las curvas de peso y empuje, la curva de carga, la de esfuerzo cortante y la de momentos flectores. Aquella condición de carga que presente el momento flector máximo será la situación más desfavorable para la resistencia longitudinal del mismo, el momento flector máximo nos indica en que coordenada longitudinal se encuentra la sección crítica, dicha sección crítica variará en función de la condición de carga y las condiciones a evaluar. Una vez hecho esto, se presentarán los resultados para la condición más desfavorable. El programa empleado para dicho estudio ha sido el Maxsurf. Es previsible que al tratarse de un buque de peso muerto de apoyo a plataformas petrolíferas sufra por arrufo, puede ser que en las condiciones de navegación en lastre y sin carga esto cambie.



La imagen A se corresponde con quebranto (compresión del fondo y tensión de la cubierta) y la imagen B con arrufo (tensión del fondo y compresión de la cubierta)

Se analizará la resistencia longitudinal considerando tres opciones:

- Buque navegando en aguas tranquilas
- Buque navegando en condiciones de olas, con la cresta de la ola en la mitad de la eslora
- Buque navegando en condiciones de olas, con el valle de la ola en la mitad de la eslora

Se realizará este estudio debido a que lo que nos preocupa de las olas es el efecto que tienen para el reparto del empuje para un mismo peso. Tenemos que hacer una predicción de la peor ola que se va a encontrar el buque a lo largo de su vida útil. Hay tres opciones para su estudio:

1. Tratamiento estático de la ola
2. Aproximación probabilística de la ola
3. Olas probabilísticas (IACS)

La opción elegida para realizar el estudio del efecto de las olas, es decir, de las cargas dinámicas que actúan sobre el buque es la opción primera, tratamiento estático de la ola, lo que se hace al elegir esta opción es estudiar la **ola regular equivalente**.

Para el análisis en condiciones de olas hay que fijar además del “tamaño de la ola, que influye en donde estén las crestas y el valle, la altura de la misma. Para fijar la altura de la ola se ha considerado 15 metros, que suelen ser las olas más grandes que se registran en el Mar del Norte con una relativa frecuencia, ya que el buque proyecto se ha diseñado para el apoyo y suministro a plataformas del Mar del Norte. Hay olas más registradas de mayor magnitud, pero en ocasiones muy especiales. Los datos han sido obtenidos del siguiente gráfico:

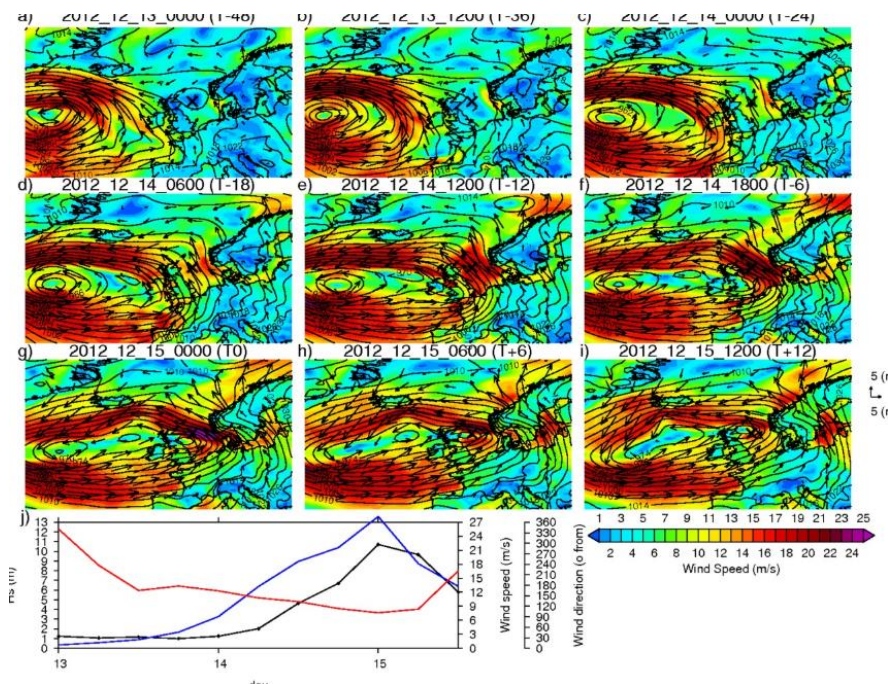


Gráfico de la página web American Geophysical Union

Una vez definidas las tres condiciones de “navegabilidad” en las que se analizará la resistencia longitudinal, lo que nos interesa conocer es el momento flector máximo de las tres condiciones. Una vez se obtenga el momento flector máximo se analizarán los tres modos de fallo para la estructura del buque comentados al principio de este cuaderno:

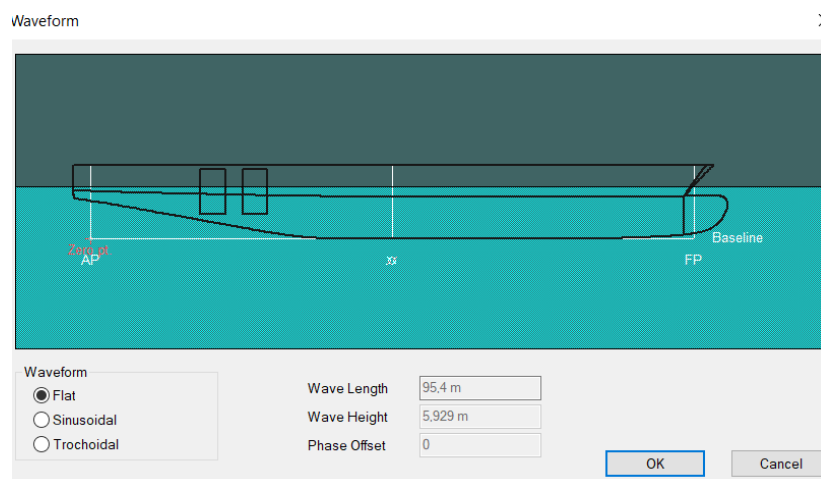
- Plastificación
- Inestabilidad elástica
- Fatiga

Cuando se hayan estudiado estos tres modos de fallo se analizarán los resultados y se propondrán posibles soluciones en caso de que la estructura presente algún fallo o sea posible una mejoría de la misma.

La condición de carga más desfavorable es la número 6: buque recogiendo hidrocarburos en alta mar (Oil Recovery), a continuación se exponen los resultados para las tres opciones definidas anteriormente.

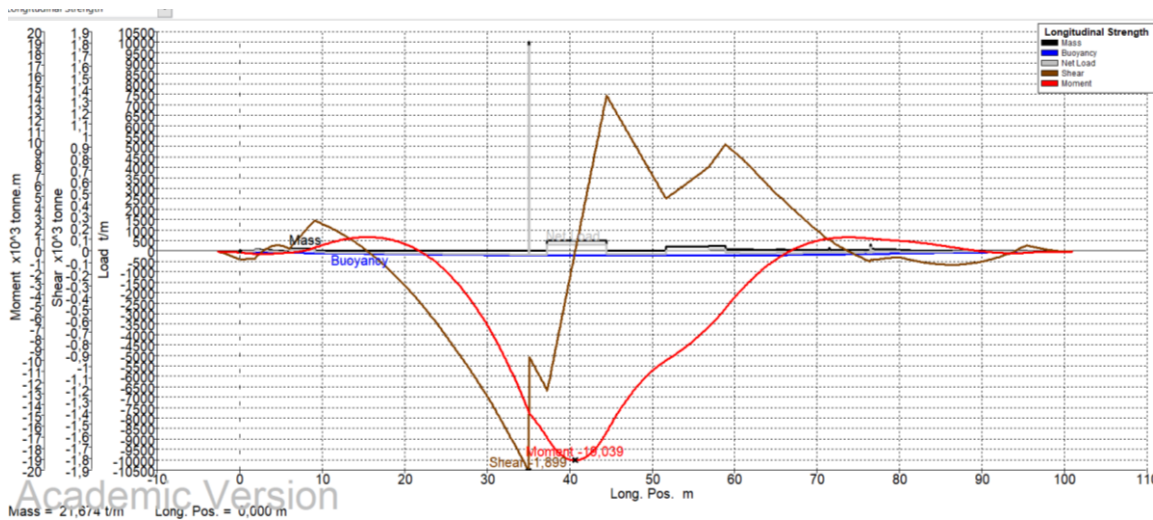
7.1 Buque navegando en aguas tranquilas

La condición del buque navegando en aguas tranquilas, sin presencia de olas, se corresponde con lo siguiente:



Condición de aguas tranquilas

A continuación, se mostrará una gráfica en la que se pueden observar las curvas comentadas para la condición del buque proyecto navegando en aguas tranquilas, así como el momento flector máximo:



Gráfica comparativa de las curvas de peso y empuje, carga, esfuerzo cortante y momento flector

Donde:

- Color negro = peso del buque
- Color gris = curva de cargas
- Color azul = curva de empuje
- Color marrón = curva de esfuerzo cortante
- Color rojo = curva de momentos flectores

A la hora de modelar las cargas se han tenido en cuenta los distintos pesos calculados en el Cuaderno 2, algunas cargas son puntuales como el generador de agua dulce pero la mayoría de cargas introducidas son distribuidas, como por ejemplo el peso de aceros, distribuido a lo largo de toda la eslora del buque o el peso de los tecles de la cámara de máquinas, que se ha considerado distribuida a lo largo de la cámara de máquinas.

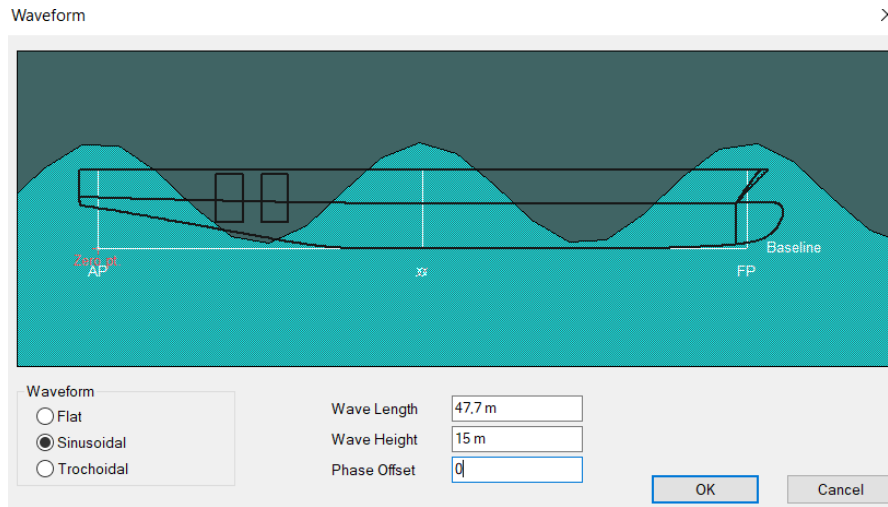
Podemos ver lo siguiente:

*Momento flector máximo = - 19038 t*m*

Coordenada longitudinal M flector máximo = 40,534 m

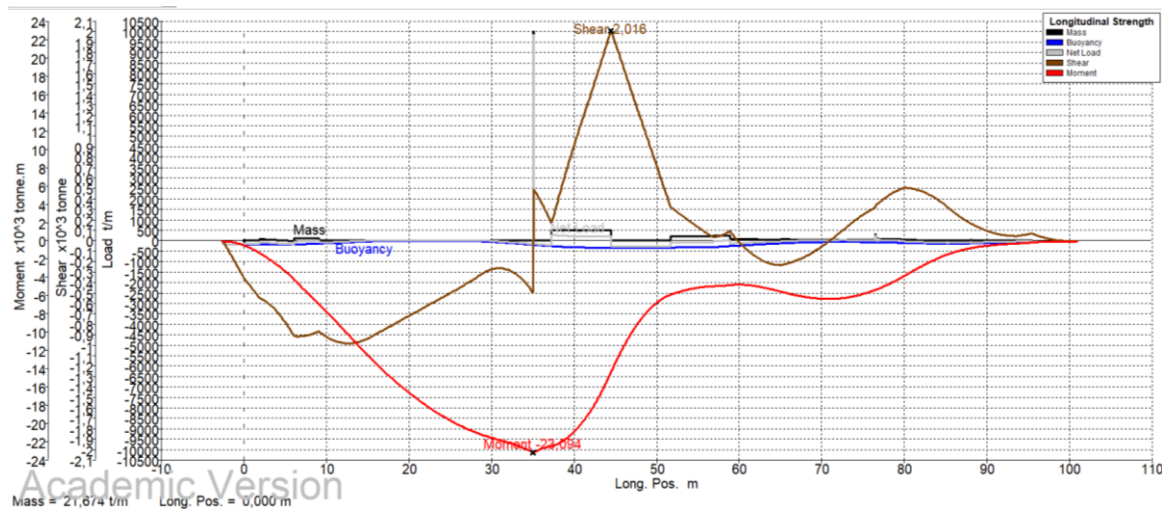
7.2 Buque navegando en condiciones de olas, cresta de la ola en la mitad del buque

La condición del buque proyecto navegando en condiciones de olas, con una ola cuya cresta se presenta en la mitad del buque y una altura de 15 m es la siguiente:



Condición de olas con la cresta en la mitad del buque

A continuación, se muestra la gráfica comparativa de las curvas:



Gráfica comparativa de las curvas de peso y empuje, carga, esfuerzo cortante y momento flector

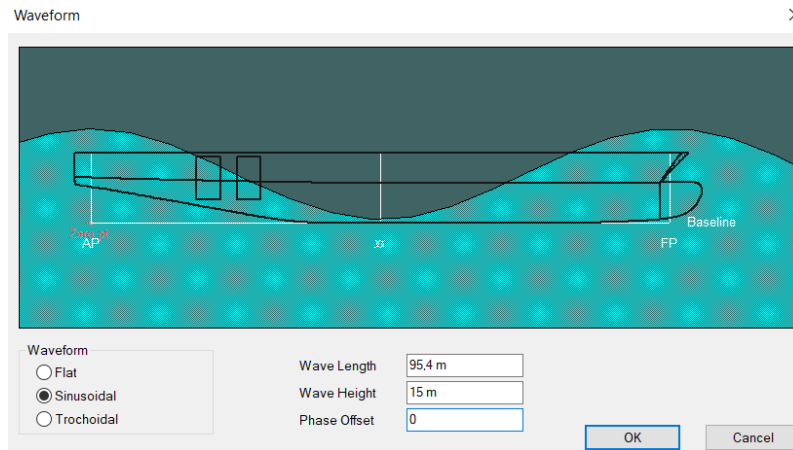
De la gráfica anterior extraemos lo siguiente:

*Momento flector máximo = - 23080 t*m*

Coordenada longitudinal M flector máximo = 34,919 m

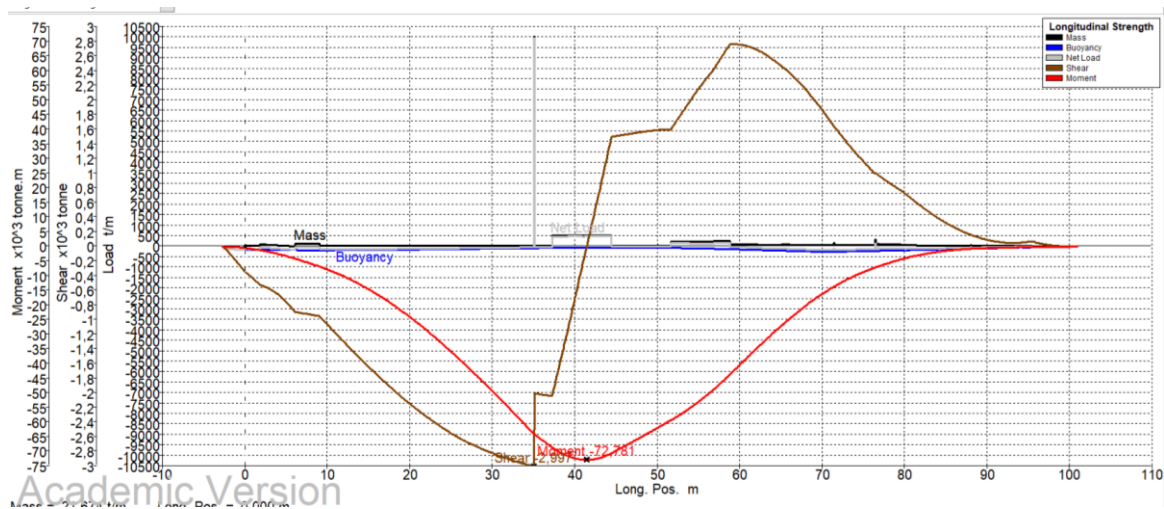
7.3 Buque navegando en condiciones de olas, valle de la ola en la mitad del buque

La condición del buque proyecto navegando en condiciones de olas, con una ola cuyo valle se presenta en la mitad del buque y una altura de 15 m es la siguiente:



Condición de olas con el valle en la mitad del buque

A continuación, se muestra la gráfica comparativa de las curvas:



Gráfica comparativa de las curvas de peso y empuje, carga, esfuerzo cortante y momento flector

De la gráfica anterior extraemos lo siguiente:

$$\text{Momento flector máximo} = - 72768 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{Coordenada longitudinal M flector máximo} = 41,158 \text{ m}$$

7.4 Conclusiones de los momentos flectores en las tres situaciones analizadas

Una vez comprobadas las tres situaciones, y, como era de esperar, el momento flector máximo se corresponde con la tercera situación analizada, el buque navegando en condiciones de olas con el valle de la ola en la mitad de la eslora. Esto es debido a que, al presentar menor columna de agua en el centro del buque, el empuje que ejerce el agua contra el casco es menor, lo que provoca un mayor momento flector. Como se comentó al principio del apartado, en las tres situaciones, el buque sufre por arrufo. Por tanto, el momento flector con el que se comprobará si la estructura es susceptible a presentar algún fallo es el siguiente:

$$\text{Momento flector máximo} = - 72768 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{Coordenada longitudinal M flector máximo} = 41,158 \text{ m}$$

Los resultados (report del Maxsurf) se introducirán en el Anexo IV del presente cuaderno. Se puede observar como el desplazamiento del buque no es exactamente igual que el obtenido en el Cuaderno 5 al analizar las condiciones de carga, hay una diferencia mínima, del 0,99 %, esto es debido a que en el Cuaderno 5 se habían agrupado todos los pesos en PESO EN ROSCA y en estos cálculos del estudio de la resistencia longitudinal se han desglosado dichos pesos.

7.5 Comprobación de la estructura

En el presente apartado se comprobarán los fallos de la estructura a plastificación, inestabilidad elástica (pandeo) y fatiga. Un buen diseño estructural sigue el siguiente patrón en cuanto a las tensiones admitidas. Este patrón lo tiene que “crear” el diseñador de la estructura, actuando sobre la misma. Lo que se hará en este apartado es determinar si la chapa de la cubierta principal escantillonada sigue este patrón (al sufrir por arrufo, la cubierta principal sufrirá compresión):

$$\sigma \text{ fatiga} > \sigma \text{ pandeo} > \sigma \text{ plastificación}$$

Una vez calculadas se comprobará si se sigue el patrón comentado.

7.5.1 Comprobación de la estructura por plastificación:

El modo de plastificación está relacionado con la elasticidad de los materiales, se debe a que las deformaciones del material, en este caso acero, sus deformaciones no son totalmente reversibles (tensión de plasticidad).

Para comprobar la estructura por plastificación comprobaremos que se cumpla lo siguiente:

$$\sigma \text{ plastificación} = \text{Máximo } \{(|M \text{ arrufo aguas tranquilas} + M \text{ arrufo condición de olas}|)\} \\ / \text{min } (W \text{ Fondo}, W \text{ Cubierta})$$

$$< =$$

$$\sigma_y / \alpha$$

Donde:

- M arrufo aguas tranquilas = - 19038 t*m = - 186699,95 kNm
- M arrufo condición de olas = - 72768 t*m = - 713613,95 kNm
- W Fondo = 27430000 cm³ (calculado en el apartado 6 para la cuaderna maestra escantillonada)
- W Cubierta = 19940000 cm³ (calculado en el apartado 6 para la cuaderna maestra escantillonada)
- α = limitación estructural por plastificación, se ha elegido un factor de seguridad de 1,5. Normalmente los reglamentos establecen una proporción del factor de seguridad de 235 (N/ mm²) / 175 (N/ mm²) = 1,35. Al escoger un factor de seguridad de 1,5 estamos teniendo en cuenta una opción más desfavorable.

Lo primero que se va a hacer es pasar el momento de arrufo en condición de olas calculado de kn*m a t*m:

$$M \text{ arrufo condición de olas} = - 72768 \text{ t*m}$$

Identificamos el módulo mínimo entre la cubierta y el fondo:

$$\text{Min } (W \text{ Fondo}, W \text{ Cubierta}) = 19940000 \text{ cm}^3$$

Convertimos el módulo mínimo de cm³ a m³:

$$W \text{ Mínimo} = W \text{ Cubierta} = 19,94 \text{ m}^3$$

Ya podemos calcular el valor de la tensión de plastificación:

$$\sigma \text{ plastificación} = (| -72768 - 19038 |) / 19,94$$

$$\sigma = 4604,11 \text{ t/ m}^2$$

Una vez calculada la tensión la comparamos con la mitad del límite de plastificación del acero elegido a la hora del escantillonado local de la cuaderna maestra (235 N/ mm²), el valor de σ_y siempre es el mismo. Antes de hacer la comprobación convertimos el valor de dicho límite a t/ m²:

$$\sigma_y = 235 \text{ N/ mm}^2 = 23962,95 \text{ t/ m}^2$$

Hacemos la comprobación:

$$\sigma = 4604,11 \text{ t/ m}^2 < = \sigma_y / \alpha$$

$$\sigma_y / \alpha = 15975,3 \text{ t/ m}^2$$

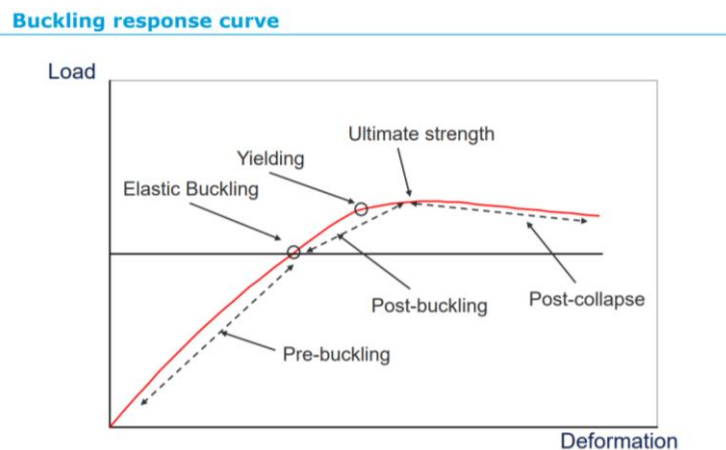
$$\sigma \text{ plastificación} = 4604,11 \text{ t/ m}^2 < \sigma_y / \alpha = 15975,3 \text{ t/ m}^2$$

Como podemos comprobar la estructura aguanta perfectamente el fallo por plastificación. Ahora se va a convertir el valor de la tensión por plastificación a N/mm^2 para poder compararlo más adelante:

$$\sigma_{\text{plastificación}} = 45,15 \text{ N/mm}^2 < \sigma_y / \alpha = 156,7 \text{ N/mm}^2$$

7.5.2 Comprobación de la estructura por inestabilidad elástica (pandeo):

A continuación, se muestra una curva en la que se representa la deformación del acero frente a la carga aplicada, en la que se puede observar el límite elástico de pandeo, la deformación elástica y la zona de colapso:



El pandeo es un tipo de inestabilidad elástica, la cual se puede dividir en:

- Bifurcativa
- No bifurcativa – la deformación es progresiva y no se produce de manera brusca, como ocurre en la inestabilidad elástica bifurcativa.

La inestabilidad elástica es un modo de fallo muy grave, se manifiesta de una forma más brusca que la plastificación y la fatiga, puede ocurrir que ya estén fallando elementos estructurales del buque debido al pandeo y no percibirlos, por el contrario, la fatiga se percibe por la aparición de grietas. Cuando hablamos de este modo de fallo, tenemos que trabajar tanto en el lado de las tensiones reales como en el lado de las tensiones admisibles ($\sigma_{\text{real}} < \sigma_{\text{admisible}}$). Se trata del modo de fallo más común.

Dentro de la inestabilidad elástica podemos distinguir los siguientes modos de fallo:

- Abolladura – se puede manifestar en la tensión primaria (cuando flexa el buque en la cubierta o en el fondo según estén sometidas a arrufo o quebranto. Hay varios modos de abolladura, con una onda, dos ondas o tres ondas. El ala de los refuerzos primarios también puede abollarse.

- Vuelco – se puede encontrar en el alma de los refuerzos debido a la desproporción con el ala. También se da en refuerzos primarios, como en la abolladura.
- Pandeo – sucede cuando lo que falla es el conjunto, no el ala o el alma del refuerzo por separado. Puede manifestarse en la tensión secundaria (σ_2) y en la tensión secundaria adicional (σ_2^*).
- Fallo conjunto del panel – se trata de un tipo muy raro, no suele ocurrir, puede pasar cuando se dimensionan refuerzos muy pequeños.

Comprobación del fallo de la chapa de la cubierta resistente:

Antes de realizar la comprobación de la estructura por pandeo cabe destacar que el valor de σ_e no siempre es el mismo, como ocurriría a la hora de evaluar la plastificación, sino que variará en función del espesor de la chapa. Lo que se hará en este apartado es comprobar el fallo por pandeo de la chapa de la cubierta, sometida a compresión.

Para la comprobación de este modo de fallo recurrimos al reglamento DNV Parte 3 Capítulo 1, más concretamente a la Sección 13 Apartado B (Plating). En dicho apartado se establece lo siguiente:

B. Plating

B 100 General

101 Local plate panels between stiffeners may be subject to uni-axial or bi-axial compressive stresses, in some cases also combined with shear stresses. Methods for calculating the critical buckling stresses for the various load combinations are given below.

DET NORSKE VERITAS AS

Rules for Ships, January 2015
Pt.3 Ch.1 Sec.13 Buckling control – Page 156

102 Formulae are given for calculating the ideal compressive buckling stress σ_{eI} . From this stress the critical buckling stress σ_c may be determined as follows:

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \sigma_{eI} \quad \text{when } \sigma_{eI} < \frac{\sigma_f}{2} \\ &= \sigma_f \left(1 - \frac{\sigma_f}{4\sigma_{eI}}\right) \quad \text{when } \sigma_{eI} > \frac{\sigma_f}{2}\end{aligned}$$

103 Formulae are given for calculating the ideal shear buckling stress τ_{eI} . From this stress the critical buckling stress τ_c may be determined as follows:

$$\begin{aligned}\tau_c &= \tau_{eI} \quad \text{when } \tau_{eI} < \frac{\tau_f}{2} \\ &= \tau_f \left(1 - \frac{\tau_f}{4\tau_{eI}}\right) \quad \text{when } \tau_{eI} > \frac{\tau_f}{2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_f &= \text{yield stress in shear of material in N/mm}^2 \\ &= \frac{\sigma_f}{\sqrt{3}}.\end{aligned}$$

Lo primero que tenemos que hacer es calcular la tensión de Euler, una vez calculada dicha tensión se comparará con la mitad del límite elástico del acero utilizado, en este

caso un acero NV – NS con un límite elástico de 235 N/ mm². Si la tensión de Euler es menor que la mitad del límite elástico del acero ($\sigma_e \leq \sigma_f / 2$) la tensión crítica se corresponde con la de Euler. Por el contrario, si es mayor, ($\sigma_e > \sigma_f / 2$), la tensión crítica vendrá dada por la siguiente corrección:

$$\sigma_c = \sigma_f \times (1 - (\sigma_f / 4 \times \sigma_e))$$

Donde:

- σ_c = tensión crítica de pandeo
- σ_f = límite elástico del acero a utilizar
- σ_e = tensión de Euler

Ahora se va a calcular la tensión de Euler, que viene determinada por la siguiente fórmula como estipula el DNV:

B 200 Plate panel in uni-axial compression

201 The ideal elastic buckling stress may be taken as:

$$\sigma_{eI} = 0.9kE \left(\frac{t-t_k}{1000s} \right)^2 \quad (\text{N/mm}^2)$$

For plating with longitudinal stiffeners (in direction of compression stress):

$$k = k_l = \frac{8.4}{\psi + 1.1} \quad \text{for } (0 \leq \psi \leq 1)$$

For plating with transverse stiffeners (perpendicular to compression stress):

$$k = k_s = c \left[1 + \left(\frac{s}{l} \right)^2 \right] \frac{2.1}{\psi + 1.1} \quad \text{for } (0 \leq \psi \leq 1)$$

- c = 1.21 when stiffeners are angles or T-sections
- = 1.10 when stiffeners are bulb flats
- = 1.05 when stiffeners are flat bars
- c = 1.3 when the plating is supported by floors or deep girders.

For longitudinal stiffened double bottom panels and longitudinal stiffened double side panels the c-values may be multiplied by 1.1.

ψ is the ratio between the smaller and the larger compressive stress assuming linear variation, see Fig.1.

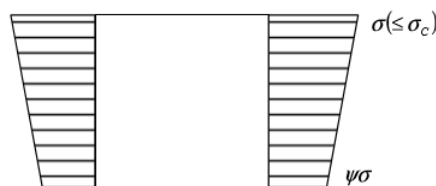


Fig. 1
Buckling stress correction factor

Suponemos que la carga es uniformemente distribuida por lo que $\psi = 1$, siendo ψ el gradiente de tensiones en el canto de la chapa.

Tenemos que calcular el valor de k teniendo en cuenta el gradiente de tensiones y que la chapa presenta refuerzos longitudinales en sentido de la eslora, por tanto:

$$k = 8,4 / (\psi + 1,1) = 8,4 / (1 + 1,1) = 4$$

El valor del módulo de Young (E) es una constante, que tiene un valor de $E = 2,06 \times 10^5$ N/mm² para acero.

Sólo nos queda conocer el espesor de la chapa (t) y el margen por corrosión (tk):

$$t = 11,5 \text{ mm}$$

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

La separación entre refuerzos secundarios (s) es de 600 mm.

Una vez conocidos todos estos parámetros ya podemos conocer la tensión de Euler:

$$\sigma_{el} = 206 \text{ N/mm}^2$$

Ahora comparamos la tensión de Euler calculada con la mitad del límite elástico del acero:

$$\sigma_f / 2 = 235 \text{ N/mm}^2 / 2 = 117,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{el} = 206 \text{ N/mm}^2 > \sigma_f = 117,5 \text{ N/mm}^2$$

Podemos comprobar como la tensión de Euler es mayor, por tanto, aplicamos la corrección descrita al inicio para calcular la tensión crítica:

$$\sigma_{\text{crítica pandeo}} = 117,5 \times (1 - (117,5 / 4 \times 206)) = 100,74 \text{ N/mm}^2$$

Una vez conocemos la tensión crítica de pandeo, vamos a calcular la tensión de pandeo conocidos los momentos del buque en aguas tranquilas y en condición de olas:

$$\sigma_{\text{pandeo}} = (M_{\text{aguas tranquilas arrufo}} + M_{\text{condición de olas arrufo}}) / W_{\text{cubierta}}$$

$$\sigma_{\text{pandeo}} = 45,15 \text{ N/mm}^2$$

Ahora compararemos dicha tensión con la tensión crítica de pandeo calculada anteriormente:

$$\sigma_{\text{pandeo}} = 45,15 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{crítica pandeo}} = 100,74 \text{ (N/mm}^2) / \beta$$

Donde:

- β = limitación estructural por pandeo, se escoge un factor de seguridad de 1,5 poner valor. Debido a que el reglamento ya tiene una corrección en cuenta a la hora de calcular la tensión crítica, $\beta = 1$.

Ya podemos hacer la comparación:

$$\sigma_{\text{pandeo}} = 45,15 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{crítica pandeo}} = 100,74 \text{ (N/mm}^2)$$

Podemos comprobar como la estructura aguanta por pandeo.

Comprobación del fallo de los refuerzos longitudinales de la cubierta resistente:

Para comprobar el fallo por inestabilidad elástica de los refuerzos recurrimos al reglamento DNV, más concretamente a la Parte 3 Capítulo 1 Sección 13 Apartado C (Stiffeners and pillars) en la que se establece lo siguiente:

C. Stiffeners and pillars

C 100 General

101 Methods for calculating the critical buckling stress for the various buckling modes of axially compressed stiffeners and pillars are given below. Formulae for the ideal elastic buckling stress σ_{el} are given. From this stress the critical buckling stress σ_c may be determined as follows:

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \sigma_{el} \quad \text{when } \sigma_{el} < \frac{\sigma_f}{2} \\ &= \sigma_f \left(1 - \frac{\sigma_f}{4\sigma_{el}}\right) \quad \text{when } \sigma_{el} > \frac{\sigma_f}{2}\end{aligned}$$

La tensión de Euler viene determinada por la siguiente expresión

C 200 Lateral buckling mode

201 For longitudinals subject to longitudinal hull girder compressive stresses, supporting bulkhead stiffeners, pillars, cross ties, panting beams etc., the ideal elastic lateral buckling stress may be taken as:

$$\sigma_{el} = 0.001 E \frac{I_A}{Al^2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

I_A = moment of inertia in cm^4 about the axis perpendicular to the expected direction of buckling
 A = cross-sectional area in cm^2 .

When calculating I_A and A , a plate flange equal to 0.8 times the spacing is included for stiffeners. For longitudinals supporting plate panels where elastic buckling is allowed, the plate flange shall not be taken greater than the effective width, see B207 and Appendix A.

Where relevant t_k shall be subtracted from flanges and web plates when calculating I_A and A .

The critical buckling stress is found from 101.

The formula given for σ_{el} is based on hinged ends and axial force only.

If, in special cases, it is verified that one end can be regarded as fixed, the value of σ_{el} may be multiplied by 2. If it is verified that both ends can be regarded as fixed, the value of σ_{el} may be multiplied by 4.

In case of eccentric force, additional end moments or additional lateral pressure, the strength member shall be reinforced to withstand bending stresses.

202 For longitudinals and other stiffeners the critical buckling stress calculated in 201 shall be related to the actual compressive stress as follows:

$$\sigma_c \geq \frac{\sigma_a}{\eta}$$

σ_a = calculated compressive stress.

For longitudinals $\sigma_a = \sigma_{al}$ as given in B205. For ships with high speed and large flare, see also B206

$\eta = 0.85$.

Donde:

- E = módulo de Young = $2,06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ para el acero
- I_A = momento de inercia en cm^4 referido al eje perpendicular a la dirección de pandeo
- A = área seccional del refuerzo
- l = tamaño del refuerzo = 2,4 m

Los valores de la inercia y el área seccional se obtienen del catálogo del cual se han seleccionado los perfiles una vez dimensionada la cuaderna maestra. En la cubierta resistente tenemos perfiles tipo llanta bulbo de 260 x 10 mm con los siguientes valores:

$$IA = \text{con respecto al eje transversal del refuerzo} = 2477 \text{ cm}^4$$

$$A = \text{área seccional del refuerzo} = 100 \text{ cm}^2 \text{ (con chapa asociada)}$$

Ya podemos calcular la tensión de Euler (σ_{el}):

$$\sigma_{el} = 0,001 \times 2,06 \times 10^5 \times (2477 / (100 \times 2,4^2)) = 886 \text{ N/mm}^2$$

Una vez conocemos la tensión de Euler la comparamos con el límite elástico del acero:

$$\sigma_f / 2 = 235 \text{ N/mm}^2 / 2 = 117,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{el} = 886 \text{ N/mm}^2 > \sigma_f = 117,5 \text{ N/mm}^2$$

Podemos comprobar como la tensión de Euler es mayor, por tanto, aplicamos la corrección descrita al inicio para calcular la tensión crítica:

$$\sigma_{\text{crítica pandeo}} = 117,5 \times (1 - (117,5 / 4 \times 886)) = 113,6 \text{ N/mm}^2$$

Debido a que como se dijo al inicio del cuaderno, la estructura se diseña para que falle la chapa y no los refuerzos, ya que si fallan los refuerzos al estar la chapa empotrada contra ellos arrastraría el fallo. Debido a esto aplicamos un coeficiente de seguridad definido por el reglamento, el cual se mostrará a continuación, dicho coeficiente de seguridad tiene en cuenta que la estructura se diseña para que falle la chapa y no el refuerzo. Esto es debido a que la chapa va contra los refuerzos secundarios, y, estos a su vez, van empotrados contra los refuerzos primarios, esto hace que sea un fallo mucho más grave que fallen los refuerzos primarios antes que los secundarios, y los secundarios antes que la chapa. Se muestra el coeficiente de seguridad comentado:

202 For longitudinals and other stiffeners the critical buckling stress calculated in 201 shall be related to the actual compressive stress as follows:

$$\sigma_c \geq \frac{\sigma_a}{\eta}$$

σ_a = calculated compressive stress.

For longitudinals $\sigma_a = \sigma_{aL}$ as given in B205. For ships with high speed and large flare, see also B206

$\eta = 0.85$.

Como estamos comprobando refuerzos longitudinales, $\sigma_a = \sigma_{aL}$, en la sección B 205 se estipula lo siguiente:

205 The critical buckling stress calculated in 201 shall be related to the actual compressive stresses as follows:

$$\sigma_c \geq \frac{\sigma_a}{\eta}$$

σ_a = σ_a calculated compressive stress in plate panels. With linearly varying stress across the plate panel, shall be taken as the largest stress.

In plate panels subject to longitudinal stresses, σ_a is given by:

$$\sigma_{a,l} = \frac{M_S + M_W}{I_N} (z_n - z_a) 10^5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

= minimum 30 f_1 N/mm² at side

η = 1.0 for deck, single bottom and longitudinally stiffened side plating
 = 0.9 for bottom, inner bottom and transversely stiffened side plating
 = 1.0 for local plate panels where an extreme load level is applied (e.g. impact pressures)
 = 0.8 for local plate panels where a normal load level is applied

M_S = stillwater bending moment as given in Sec.5

M_W = wave bending moment as given in Sec.5

I_N = moment of inertia in cm⁴ of the hull girder.

For reduction of plate panels subject to elastic buckling, see 207.

M_S and M_W shall be taken as sagging or hogging values for members above or below the neutral axis respectively.

For local plate panels with cut-outs, subject to local compression loads only, σ_a shall be taken as the nominal stress in panel without cut-outs.

An increase of the critical buckling strength may be necessary in plate panels subject to combined in-plane stresses, see 400 and 500.

Tenemos que calcular el valor de σ_a , donde:

M_S = momento en aguas tranquilas para arrufo (sagging) = -163630,52 Knm (valor calculado al inicio del cuaderno). Se usará el calculado mediante formulación usando el reglamento DNV al inicio del cuaderno, como se estipula.

M_W = momento en condición de olas para arrufo (hogging) = -276913,19 kNm (valor calculado al inicio del cuaderno). Se usará el calculado mediante formulación usando el reglamento DNV al inicio del cuaderno, como se estipula.

- I_N = 26,89 m⁴ (valor obtenido al calcular el módulo y la inercia de la cuaderna maestra en el apartado 6) = 2,689 x 10⁹ cm⁴
- Z_n = distancia vertical en metros desde la línea base al eje neutro = 4,842 m
- Z_a = distancia vertical en metros desde el refuerzo a estudiar al eje neutro = 11,5 m - 4,842 m = 6,658 m

Ya podemos conocer el valor de σ_a :

$$\sigma_a = ((M_S + M_W) / I_N) \times (Z_n - Z_a) \times 10^5 = ((-163630,52 - 276913,19) / 2,689 \times 10^9) \times (4,842 - 6,658) \times 10^5 = 29,75 \text{ N/mm}^2$$

Ya podemos calcular el coeficiente de seguridad:

$$\sigma_c > \sigma_a / \eta$$

Donde:

- σ_c = tensión crítica por pandeo = 113,6 N/mm²
- σ_a = σ_a = 29,75 N/mm²
- η = 0,85

Calculamos el valor de σ/η :

$$\sigma/\eta = 29,75/0,85 = 35 \text{ N/mm}^2$$

Comprobamos que se cumpla la condición relacionada con el coeficiente de seguridad:

$$\sigma_c = 113,6 \text{ N/mm}^2 > (\sigma = 29,75 \text{ N/mm}^2 / \eta = 0,85)$$

$$\sigma_c = 113,6 \text{ N/mm}^2 > 35 \text{ N/mm}^2$$

En este apartado no se comparará la tensión crítica admisible calculada anteriormente con la tensión de fatiga ($\sigma = M/W$), esto es debido a que, como se puede comprobar, la tensión admitida en el refuerzo (113,6 N/mm²) es mayor que la admitida por la chapa (100,74 N/mm²) y en la chapa ya se cumplía la condición de: $\sigma_{\text{pandeo}} \leq \sigma_e/\beta$, por lo que en el refuerzo también se cumplirá. Que la tensión admitida en el refuerzo sea mayor que la admitida en la chapa, indica que la chapa fallará antes que el refuerzo secundario, es la forma de comprobar lo comentado cuando se aplicó el coeficiente de seguridad establecido por el DNV.

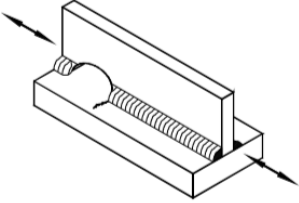
7.5.3 Comprobación de la estructura por fatiga:

La fatiga se debe a la acción de las cargas dinámicas, como pueden ser las olas y las vibraciones de los diferentes equipos instalados a bordo del buque, se puede definir como el fallo de los detalles. La única forma de solucionar el fallo por fatiga es actuando en los “pequeños” detalles estructurales, se basan en actuar sobre la geometría de los detalles para que tengan una mayor elasticidad.

Para el estudio del buque por fatiga se seguirá la regla de Miner, la estructura tiene memoria (cualquier carga dinámica que actúe sobre la estructura desde que se empieza a construir deja huella), regla de daño acumulativo lineal por fatiga. Para el desarrollo de esta regla se seguirá una **recomendación del DNV: Fatigue design of offshore Steel structures**. Se seguirán las pautas establecidas en la Sección 5: Simplified fatigue analysis. El reglamento en este apartado permite simplificar los cálculos mediante las curvas S - N para obtener el rango de tensiones admisible.

Comprobación del fallo por fatiga en la chapa de la cubierta resistente:

Lo primero que tenemos que hacer es calcular el parámetro de forma de Weibull (h), para ello, conociendo el valor del límite elástico del acero empleado en la chapa de la cubierta (σ_y acero NV – NS = 235 N/mm² = 235 MPa). Con este valor entremos en las curvas S – N, conociendo previamente el tipo de detalle. El tipo de detalle empleado es el tipo F, como se muestra a continuación:

F	<p>2.</p> 	<p>2.</p> <p>Ends of continuous welds at cope holes. The S-N classification is the same with and without welding through the hole.</p>	<p>2.</p> <p>— Cope hole not to be filled with weld material.</p>
---	---	--	---

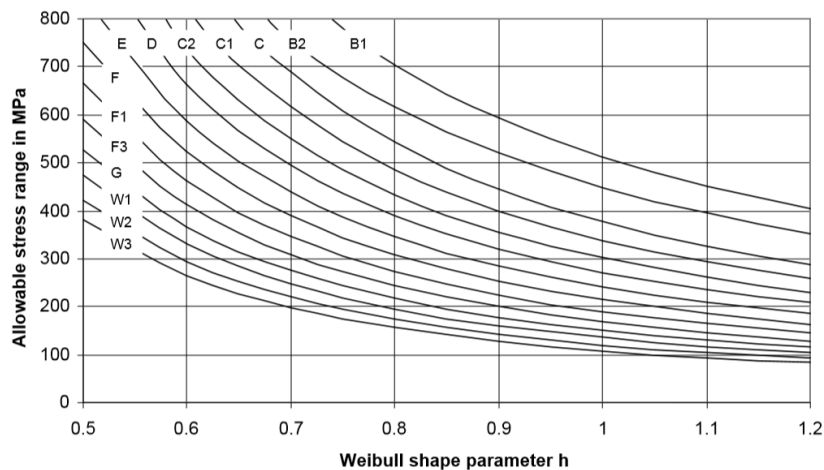
Tipo de detalle F escogido para la soldadura de la chapa

Una vez definido el tipo de detalle, entramos en la siguiente tabla de curvas S – N, para ello necesitamos conocer el factor de Weibull (Weibull shape parameter (h)):

$$h = 1,1 - 0,35 \times ((L - 100) / 300) = 1,1 - 0,35 \times ((94,775 - 100) / 300)$$

$$h = 1,11$$

Una vez conocido el parámetro de Weibull entramos en la tabla, para ello, trazamos una perpendicular por el eje x de la tabla y donde se corte con la línea F, una paralela al eje x, obteniendo la tensión admitida:



Curvas S – N para calcular el parámetro de forma de Weibull

Hay diferentes curvas S – N a utilizar, en función del medio en el que se encuentre el detalle estructural a analizar. Como la chapa se encuentra en la cubierta resistente (cubierta principal), se utilizan las curvas S – N: Allowable extreme stress range during 10⁸ cycles for components in air, es decir, se ha utilizado la que tiene en cuenta que el detalle estructural se encuentra expuesto al aire para 10⁸ ciclos, este valor tiene que ver con el número de ciclos de olas a los que se va a exponer el buque a lo largo de su vida útil, es un dato que se calcula de forma experimental. La tensión admitida es:

$$\sigma = 180 \text{ N/mm}^2$$

Una vez conocemos el tipo de detalle (F) y el parámetro de forma de Weibull (h) entramos en la tabla 5 – 2 y calculamos el valor de la tensión crítica admitida, al igual

que en el apartado anterior, se emplea la tabla que tenga en cuenta que la chapa está expuesta al aire y a 10^8 ciclos:

Table 5-2 Allowable extreme stress range in MPa during 10^8 cycles for components in air

S-N curves	Weibull shape parameter <i>h</i>							
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
B1	1449.3	1092.2	861.2	704.7	594.1	512.9	451.4	403.6
B2	1268.1	955.7	753.6	616.6	519.7	448.7	394.9	353.1
C	1319.3	919.6	688.1	542.8	445.5	377.2	326.9	289.0
C1	1182.0	824.0	616.5	486.2	399.2	337.8	292.9	258.9
C2	1055.3	735.6	550.3	434.1	356.3	301.6	261.5	231.1
D and T	949.9	662.1	495.4	390.7	320.8	271.5	235.4	208.1
E	843.9	588.3	440.2	347.2	284.9	241.2	209.2	184.9
F	749.2	522.3	390.8	308.2	253.0	214.1	185.6	164.1
F1	664.8	463.4	346.7	273.5	224.5	190.0	164.7	145.6
F3	591.1	412.0	308.3	243.2	199.6	169.0	146.5	129.4
G	527.6	367.8	275.2	217.1	178.2	150.8	130.8	115.6
W1	475.0	331.0	247.8	195.4	160.4	135.8	117.7	104.0
W2	422.1	294.1	220.1	173.6	142.5	120.6	104.6	92.5
W3	379.9	264.8	198.2	156.0	128.2	108.6	94.2	83.2

Para calcular el valor de la tensión crítica se va a interpolar entre los valores correspondientes al detalle F para $h = 1,1$ y $h = 1,2$:

$$\sigma (h = 1,1) = 185,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma (h = 1,2) = 164,1 \text{ MPa}$$

$$185,6 - (185,6 - 164,1) \times ((1,11 - 1,1) / (1,2 - 1,1)) = 183,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma (h = 1,1) = 183,45 \text{ MPa}$$

Para calcular el valor del factor de utilización de fatiga (η) hay que definir la vida útil del buque y el factor de diseño de fatiga (DDF), se fija la vida útil en 25 años y el factor de diseño en 2 debido a que los cálculos para los buques de la industria offshore deben tener este valor. A continuación, se muestra la tabla 5 – 8 la cual nos permite conocer η :

Table 5-8 Utilisation factors η as function of design life and design fatigue factor

DDF	Design life in years						
	5	10	15	20	25	30	50
1	4.0	2.0	1.33	1.00	0.80	0.67	0.40
2	2.0	1.0	0.67	0.50	0.40	0.33	0.20
3	1.33	0.67	0.44	0.33	0.27	0.22	0.13
5	0.80	0.40	0.27	0.20	0.16	0.13	0.08
10	0.40	0.20	0.13	0.10	0.08	0.07	0.04

Para DFF = 2 y 25 años de vida, obtenemos un valor del factor de utilización de fatiga de $\eta = 0,4$. Se ha elegido que el buque aguante 25 años y no 20 debido a que es una situación más desfavorable.

Una vez definido el valor de η , tenemos que calcular el factor de reducción que se le aplicará a la tensión crítica admisible ya calculada. Para este cálculo recurrimos a la tabla 5 – 5:

Table 5-5 Reduction factor on stress to correspond with utilisation factor η for C - W3 curves in air environment

Fatigue damage utilisation η	Weibull shape parameter h							
	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20
0.10	0.497	0.511	0.526	0.540	0.552	0.563	0.573	0.582
0.20	0.609	0.620	0.632	0.642	0.652	0.661	0.670	0.677
0.22	0.627	0.638	0.648	0.659	0.668	0.677	0.685	0.692
0.27	0.661	0.676	0.686	0.695	0.703	0.711	0.719	0.725
0.30	0.688	0.697	0.706	0.715	0.723	0.730	0.737	0.743
0.33	0.708	0.717	0.725	0.733	0.741	0.748	0.754	0.760
0.40	0.751	0.758	0.765	0.772	0.779	0.785	0.790	0.795
0.50	0.805	0.810	0.816	0.821	0.826	0.831	0.835	0.839
0.60	0.852	0.856	0.860	0.864	0.868	0.871	0.875	0.878
0.67	0.882	0.885	0.888	0.891	0.894	0.897	0.900	0.902
0.70	0.894	0.897	0.900	0.902	0.905	0.908	0.910	0.912
0.80	0.932	0.934	0.936	0.938	0.939	0.941	0.942	0.944
1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Entrando con $\eta = 0,4$ y $h = 1,11$ se obtiene un factor de corrección de 0,7905. Aplicamos la corrección a la tensión crítica admisible:

$$\sigma \text{ crítica admisible} = 183,45 \text{ MPa} \times \text{factor de corrección}$$

$$\sigma \text{ crítica admisible} = 183,45 \text{ MPa} \times 0,7905 = 145,02 \text{ MPa}$$

Debido a que las curvas y tablas que se han empleado han sido creadas basándose en un factor de daño por fatiga de $\eta = 1$ y estamos trabajando con $\eta = 0,4$, hay que aplicar un factor de corrección que viene dado por:

The fatigue utilisation factor η as a function of design life and design fatigue factor (DFF) is given in [Table 5-8](#).

The stresses derived here correspond to the reference thickness. For thickness larger than the reference thickness, an allowable extreme stress range during 10^8 cycles may be obtained as

$$\sigma_{0,t} = \sigma_{0,tref} \left(\frac{t_{ref}}{t} \right)^k \tag{5.2.1}$$

where

k = thickness exponent, see section [\[2.4\]](#) and [Table 2-1](#), [Table 2-2](#) and [Table 2-3](#)

$\sigma_{0,tref}$ = allowable stress as derived from [Table 5-2](#) and [Table 5-3](#)

Donde:

- k = exponente del espesor
- $\sigma_{0,tref}$ = tensión crítica admisible calculada anteriormente, a la que le ha sido aplicada el factor de corrección
- $t_{ref} = 25 \text{ mm}$ para conexiones soldadas

El valor de K se obtiene de la tabla 2 -1:

Table 2-1 S-N curves in air

S-N curve	$N \leq 10^7$ cycles		$N > 10^7$ cycles $\log \bar{a}_2$ $m_2 = 5.0$	Fatigue limit at 10^7 cycles *)	Thickness exponent k	Structural stress concentration embedded in the detail (S-N class), ref. also equation (2.3.2)
	m_1	$\log \bar{a}_1$				
B1	4.0	15.117	17.146	106.97	0	
B2	4.0	14.885	16.856	93.59	0	
C	3.0	12.592	16.320	73.10	0.05	
C1	3.0	12.449	16.081	65.50	0.10	
C2	3.0	12.301	15.835	58.48	0.15	
D	3.0	12.164	15.606	52.63	0.20	1.00
E	3.0	12.010	15.350	46.78	0.20	1.13
F	3.0	11.855	15.091	41.52	0.25	1.27
F1	3.0	11.699	14.832	36.84	0.25	1.43
F3	3.0	11.546	14.576	32.75	0.25	1.61
G	3.0	11.398	14.330	29.24	0.25	1.80
W1	3.0	11.261	14.101	26.32	0.25	2.00
W2	3.0	11.107	13.845	23.39	0.25	2.25
W3	3.0	10.970	13.617	21.05	0.25	2.50
T	3.0	12.164	15.606	52.63	0.25 for SCF ≤ 10.0 0.30 for SCF > 10.0	1.00

*) see also [2.11]

Para un tipo de detalle F obtenemos un exponente del espesor (k) de 0,25.

Una vez conocidos todos los datos ya podemos calcular la tensión crítica admisible teniendo en cuenta que la chapa de la cubierta resistente que estamos comprobando tiene 11,5 mm (t = 11,5 mm). Aplicamos la fórmula:

$$\sigma_{0,t} = \sigma_{0,tref} \times (t_{ref}/t)^{0,25} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0,t} = 145,02 \times (25/11,5)^{0,25} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{crítica admisible}} = 176,1 \text{ MPa} = 176,1 \text{ N/mm}^2$$

Una vez conocida la tensión crítica admisible se calculará la tensión por fatiga conocidos los momentos flectores en condición de olas y en aguas tranquilas y el módulo tanto en la cubierta como en el fondo:

$$\sigma_{\text{fatiga}} = (|M_{\text{arrufo condición de olas}}| + |M_{\text{quebranto condición de olas}}|) / W$$

Fondo, W Cubierta

Evaluamos para la cubierta:

$$\sigma_{\text{fatiga}} = (|72768 \text{ t}\cdot\text{m}| + |24421,41 \text{ t}\cdot\text{m}|) / 19,94 = 4874 \text{ t/m}$$

$$\sigma_{\text{fatiga}} = 47,80 \text{ N/mm}^2$$

Ahora compararemos dicha tensión con la tensión crítica de fatiga calculada anteriormente:

$$\sigma_{\text{fatiga}} = 47,80 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{crítica admisible}} = 176,1 \text{ (N/mm}^2) / \alpha$$

Donde:

- α = limitación estructural por fatiga, se escoge un factor de seguridad de 1,5. En este caso no se aplicará dicho factor de seguridad, ya que el reglamento ya tiene en cuenta dicho factor, se calculó en el apartado anterior.

Ya podemos hacer la comparación:

$$\sigma_{fatiga} = 47,80 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{crítica admisible} = 176,1 \text{ N/mm}^2$$

Podemos comprobar como la estructura aguanta por fatiga.

7.5.4 Comentarios sobre los modos de fallo analizados

Como se ha comentado al inicio del apartado 7.5, se van a comentar los resultados obtenidos al analizar la chapa y los refuerzos longitudinales de la cubierta principal por los tres modos de fallo, comprobando si cumplen los requisitos para que no presenten ningún fallo en cuanto a plastificación, pandeo y fatiga. En el apartado anterior se pudo ver que la estructura soporta los tres modos de fallo.

Recordamos que un diseño óptimo sigue el siguiente patrón en cuanto a las tensiones admitidas:

$$\sigma_{fatiga} > \sigma_{pandeo} > \sigma_{plastificación}$$

Dichas tensiones críticas admitidas son las siguientes:

		σ crítica admitida
	Plastificación	156,7 N/mm ²
Pandeo	Chapa	σ crítica chapa = 100,74 N/mm ²
	Refuerzo	σ crítica refuerzo = 113,6 N/mm ²
	Fatiga	176,1 N/mm ²

Tensiones admitidas (σ admitidas)

Como se puede comprobar, el diseño sigue el siguiente patrón de tensiones admitidas:

$$\sigma_{fatiga} (176,1 \text{ N/mm}^2) > \sigma_{plastificación} (156,7 \text{ N/mm}^2) > \sigma_{pandeo} (113,6 \text{ N/mm}^2); (100,74 \text{ N/mm}^2)$$

La tensión admisible más pequeña (la más desfavorable), se trata de la tensión admitida a pandeo, y para un diseño óptimo debería ser la de plastificación. La forma de arreglar esto es actuar sobre la esbeltez de la chapa y el refuerzo secundario, es decir, jugar con las proporciones. Comentando los modos de fallo, se había dicho que el pandeo es el modo de fallo más común en un buque. Analizando estos resultados se puede comprobar cómo sería el primer fallo en manifestarse.

Las tensiones reales obtenidas ($\sigma = M/ W$) con las que se han comparado las tensiones críticas admitidas son las siguientes, calculadas a medida que se analizaba el fallo por plastificación, por pandeo y por fatiga:

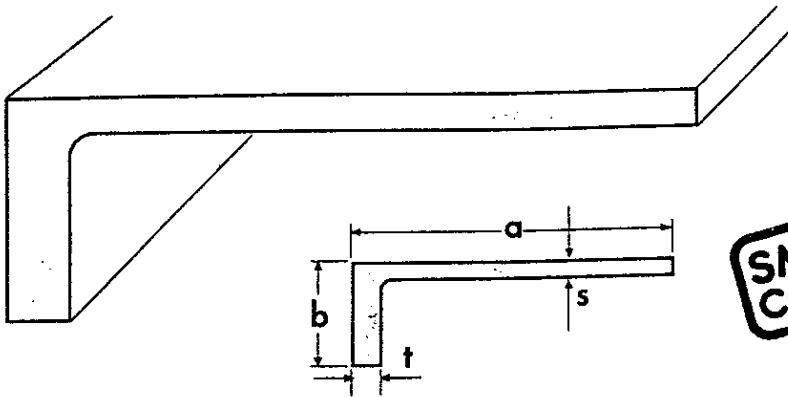
	σ reales
Plastificación	45,15 N/ mm ²
Pandeo	45,15 N/ mm ²
	45,15 N/ mm ²
Fatiga	47,80 N/ mm ²

Tensiones reales de plastificación, pandeo y fatiga

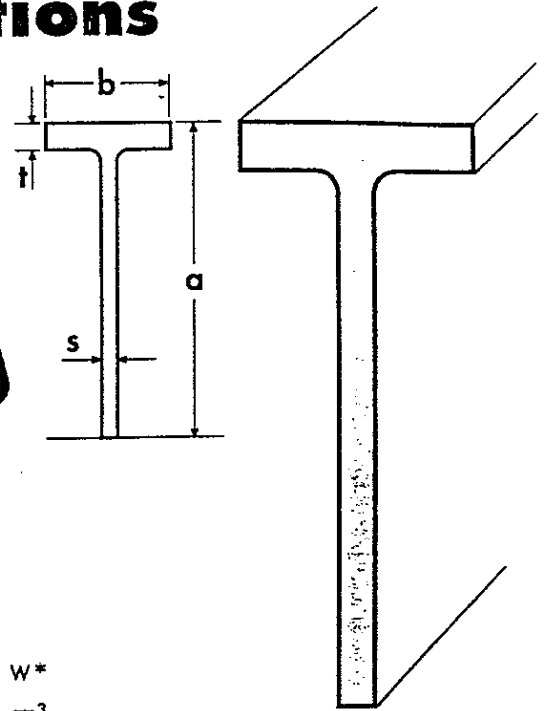
ANEXOS

ANEXO 1: Catálogo de perfiles

Welded Angles and T-Sections



SMOOTH CORNERS



Dimension range, weight/m and static values

Width a mm	Height b mm	Thickness s mm	Thickness t mm	Area A cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W* cm ³
315	100	12	15	51.0	40.8	19.6	5329	764
340	120	12	15	57.0	45.6	21.6	6995	946
370	120	12	20	66.0	52.8	24.2	9523	1235
395	120	12	20	69.0	55.2	25.6	11387	1350
425	120	12	25	78.0	62.4	28.2	14750	1682
450	120	12	25	81.0	64.8	29.6	17250	1885
455	120	12	30	87.0	69.6	30.7	18630	2118
460	120	12	35	93.0	74.4	31.6	19900	2350
475	120	12	25	84.0	67.2	31.0	20010	2030
525	120	12	25	90.0	72.0	33.8	26300	2330
525	150	12	25	97.5	78.0	35.1	28420	2685
530	150	12	30	105.0	84.0	36.4	30590	3026
535	150	12	35	112.5	90.0	37.5	32590	3364
575	150	12	25	103.5	82.8	37.9	36420	3033
585	150	12	35	118.5	94.8	40.5	41710	3775
625	150	12	25	109.5	87.6	40.7	45700	3395
630	150	12	30	117.0	93.6	42.1	49110	3799
635	150	12	35	124.5	99.6	43.4	52260	4200
625	200	12	25	122.0	97.6	42.8	50440	4096
630	200	12	30	132.0	105.6	44.3	54120	4636
635	200	12	35	142.0	113.6	45.7	57450	5172
675	200	12	25	128.0	102.4	45.7	62190	4602
685	200	12	35	148.0	118.4	48.7	70810	5782
725	200	12	25	134.0	107.2	48.5	75510	5054
735	200	12	35	154.0	123.2	51.7	85940	6319
775	200	12	25	140.0	112.0	51.3	90480	5520
780	200	12	30	150.0	120.0	53.1	96990	6197
785	200	12	35	160.0	128.0	54.7	102920	6870
830	200	14	30	172.0	137.6	54.5	127070	7003
835	200	14	35	182.0	145.6	56.1	134890	7707
880	200	14	30	179.0	143.2	57.2	148920	7572
885	200	14	35	189.0	151.2	58.9	158020	8317
930	200	15	30	195.0	156.0	59.3	180990	8331
935	200	15	35	205.0	164.0	61.0	191950	9110
985	200	15	35	212.5	170.0	63.7	221100	9768
1035	200	15	35	220.0	176.0	66.5	252890	10440

Plate cross sectional area 100 cm²

Butt / Fillet welded

Full penetration welds by special agreement.

Plate cross sectional area 150 cm²

Orders

must include the following measurements:
a x b x s x t.

Standard lengths

8 - 18 m,
Other lengths by special agreement.

Plate cross sectional area 175 cm²

By special agreement other dimensions and combinations can be offered to satisfy required area and/or strength.

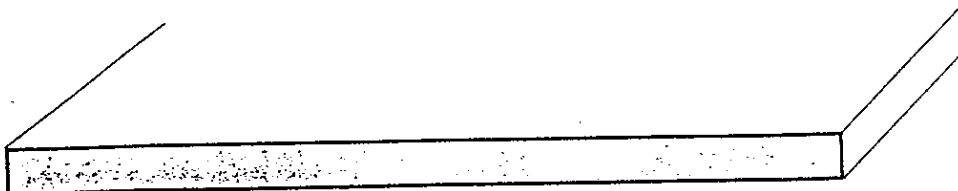
Heights up to 1500 mm can be offered.

Static values for required combination can be given.

* Inclusive plate as noted

Welded I-Sections are also available in heights from 350 - 1500 mm

Universals



**SMOOTH
CORNERS**

Dimension range and weight/m

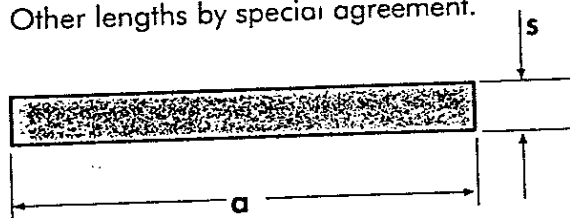
Width a mm	Thickness s mm							
	12	14	15	20	25	30	35	40
150						35.3	41.2	47.1
175						41.2	48.1	55.0
200			23.6	31.4	39.3	47.1	55.0	62.8
225			26.5	35.3	44.2	53.0	61.8	70.7
250	23.6	27.5	29.4	39.3	49.1	58.9	68.7	78.5
275	25.9	30.2	32.4	43.2	54.0	64.8	75.6	86.4
300	28.3	33.0	35.3	47.1	58.9	70.7	82.4	94.2
325	30.6	35.7	38.3	51.0	63.8	76.5	89.3	102.1
350	33.0	38.5	41.2	55.0	68.7	82.4	96.2	109.9
375	35.3	41.2	44.2	58.9	73.6	88.3	103.0	117.8
400	37.7	44.0	47.1	62.8	78.5	94.2	109.9	125.6
425	40.0	46.7	50.0	66.7	83.4	100.1	116.8	133.5
450	42.4	49.5	53.0	70.7	88.3	106.0	123.6	141.3
475	44.7	52.2	55.9	74.6	93.2	111.9	130.5	149.2
500	47.1	55.0	58.9	78.5	98.1	117.8	137.4	157.0
525	49.5	57.7	61.8	82.4	103.0	123.6		
550	51.8	60.4	64.8	86.4	107.9	129.5		
575	54.2	63.2	67.7	90.3	112.8	135.4		
600	56.5	65.9	70.7	94.2	117.8	141.3		
625	58.9	68.7	73.6	98.1	122.7	147.2		
650	61.2	71.4	76.5	102.1	127.6	153.1		
700	65.9	76.9	82.4	109.9	137.4	164.9		
750	70.7	82.4	88.3	117.8				
800	75.4	87.9	94.2	125.6				
850	80.1	93.4	100.1	133.5				
900	84.8	98.9	106.0	141.3				
1000	94.2	109.9	117.8	157.0				
1035	97.5	113.7	121.9	162.5				

Other dimensions are rolled by special agreement.
Static values available upon request.

Standard lengths

8 – 18 m.

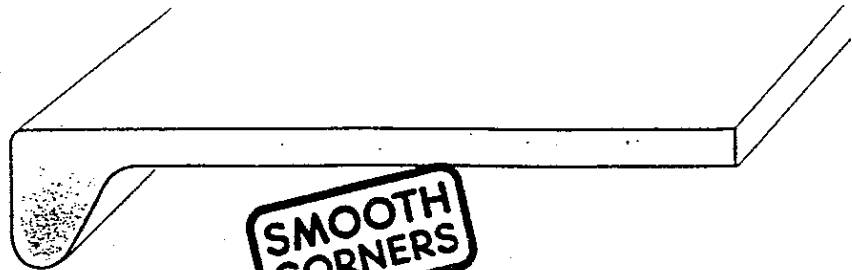
Other lengths by special agreement.



Orders

must include the following measurements:
a x s.

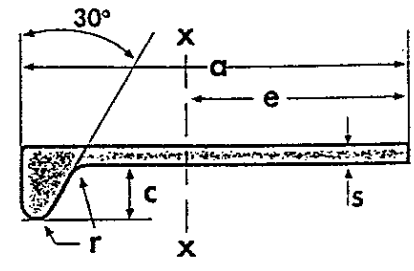
Bulb Flats



SMOOTH CORNERS

Dimension range, weight/m and static values

Width a mm	Thickness s mm	Height c mm	Radius r mm	Area A cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W _x * cm ³
60	4	13	3.5	3.58	2.81	3.82	12.2	13
	5	13	3.5	4.18	3.28	3.70	14.4	14
	6	13	3.5	4.78	3.75	3.62	16.4	16
80	5	14	4	5.40	4.24	4.89	33.8	23
	6	14	4	6.20	4.87	4.78	39.0	25
	7	14	4	7.00	5.50	4.69	43.3	27
Delivery by special agreement. Standard lengths 6-12 m								
100	6	15.5	4.5	7.74	6.08	5.98	76.1	38
	7	15.5	4.5	8.74	6.86	5.87	85.3	41
	8	15.5	4.5	9.74	7.65	5.78	94.3	45
120	6	17	5	9.31	7.31	7.20	133	54
	7	17	5	10.5	8.25	7.07	148	59
	8	17	5	11.7	9.19	6.96	164	63
140	7	19	5.5	12.4	9.74	8.31	241	80
	8	19	5.5	13.8	10.8	8.18	266	87
	9	19	5.5	15.2	11.9	8.07	291	93
160	7	22	6	14.6	11.4	9.66	373	110
	8	22	6	16.2	12.7	9.49	411	118
	9	22	6	17.8	14.0	9.36	448	126
180	8	25	7	18.9	14.8	10.9	609	157
	9	25	7	20.7	16.2	10.7	663	166
	10	25	7	22.5	17.6	10.6	717	177
200	9	28	8	23.6	18.5	12.1	941	225
	10	28	8	25.6	20.1	11.9	1020	237
	11.5	28	8	28.6	22.5	11.7	1126	255
220	10	31	9	29.0	22.8	13.4	1400	302
	11.5	31	9	32.3	25.4	13.1	1550	323
240	10	34	10	32.4	25.4	14.7	1860	368
	11	34	10	34.9	27.4	14.6	2000	391
	12	34	10	37.3	29.3	14.4	2130	406
260	10	37	11	36.1	28.3	16.2	2477	455
	11	37	11	38.7	30.3	16.0	2610	474
	12	37	11	41.3	32.4	15.8	2770	493
280	11	40	12	42.6	33.5	17.4	3330	566
	12	40	12	45.5	35.7	17.2	3550	590
300	11	43	13	46.7	36.7	18.9	4190	671
	12	43	13	49.7	39.0	18.7	4460	701
	13	43	13	52.8	41.5	18.5	4720	728
320	12	46	14	54.2	42.5	20.1	5530	819
	13	46	14	57.4	45.0	19.9	5850	849
340	12	49	15	58.8	46.1	21.5	6760	947
	14	49	15	65.5	51.5	21.1	7540	1014
370	13	53.5	16.5	69.6	54.6	23.5	9470	1210
	15	53.5	16.5	77.0	60.5	23.0	10490	1278
400	14	58	18	81.4	63.9	25.5	12930	1580
	16	58	18	89.4	70.2	25.0	14220	1666
430	15	62.5	19.5	94.1	73.9	27.4	17260	1935
	17	62.5	19.5	103.0	80.6	26.9	18860	2036



Standard lengths
6-18 m.
Other lengths by special agreement

Plate cross sectional area 60 cm²

Orders must include the following measurements:
a x s.

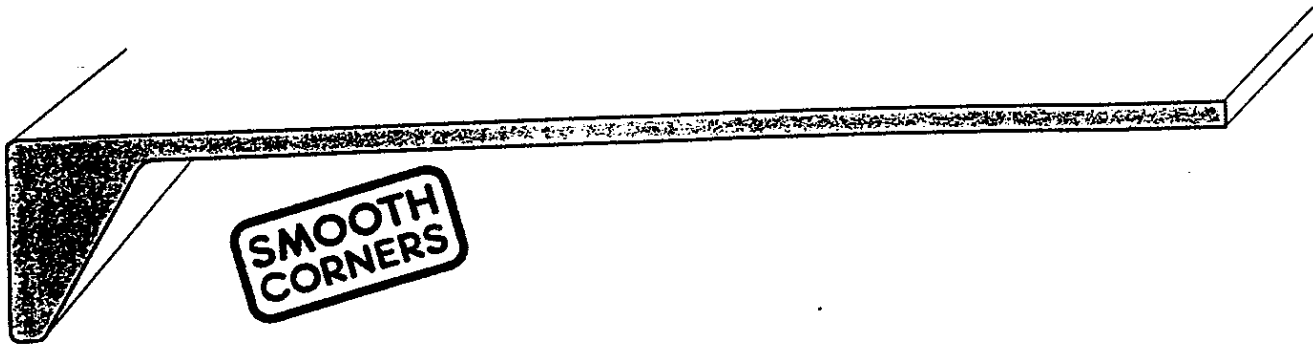
Plate cross sectional area 100 cm²

Plate cross sectional area 150 cm²

* Inclusive plate as noted

Jumbo Bulb Flats

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



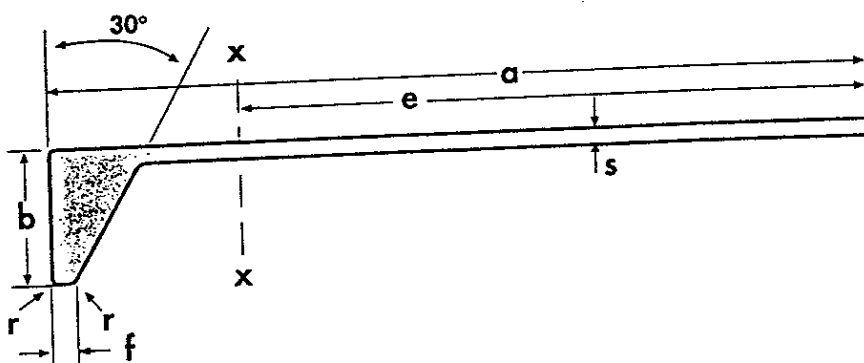
Dimension range, weight/m and static values

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

Plate cross sectional area 150 cm²

* Inclusive plate as noted

Other dimensions by special agreement.



Standard lengths

8 – 18 m.

Other lengths by special agreement.

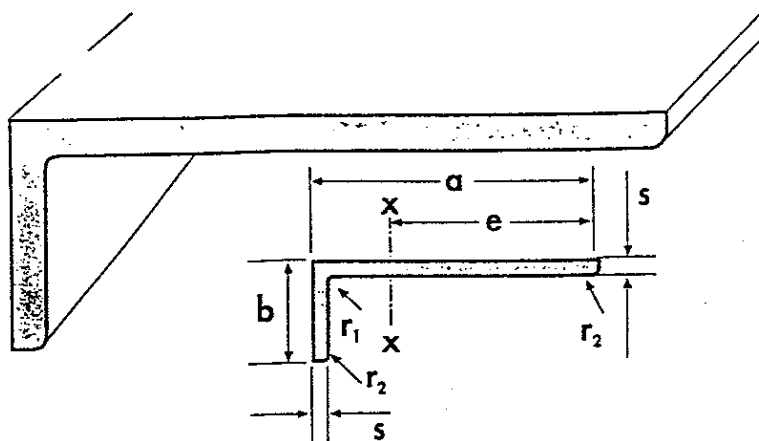
Orders

must include the following measurements:

a x s.

Rolled Angles

SMOOTH CORNERS



Dimension range, weight/m and static values

Width a mm	Height b mm	Thickness s mm	r ₁ mm	r ₂ mm	Area cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W _x * cm ³
180	90	10	14	7	26.2	20.6	11.72	880	244
180	90	12	14	7	31.2	24.5	11.63	1040	283
180	90	14	14	7	36.1	28.3	11.54	1190	319

Plate cross sectional area 60 cm²

* Inclusive plate as noted

Standard lengths

8 – 18 m.

Other lengths by special agreement.

Orders

must include the following measurements:

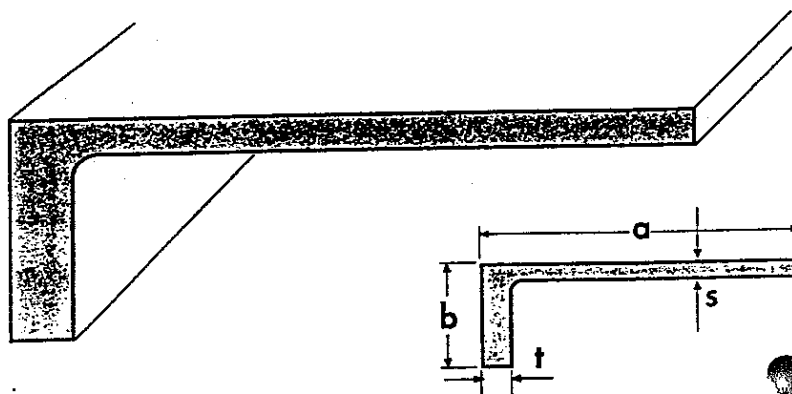
a x b x s.

Welded Angles to NJA Standard

Butt/Fillet welded

Full penetration welds by special agreement.

SMOOTH CORNERS



Dimension range, weight/m and static values

Width a mm	Height b mm	Thickness s mm	Thickness t mm	Area A cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W _x * cm ³
200	90	9	12	27.7	21.8	13.3	1159	308
250	90	9	13	33.0	25.9	16.3	2181	437
250	90	10.5	15	38.2	30.0	16.2	2502	495
250	90	11.5	16	41.3	32.4	16.1	2697	527
300	100	10.5	15	44.9	35.3	19.3	4276	681
300	100	11.5	16	48.7	38.2	19.1	4615	725
325	120	10.5	14	49.5	38.8	21.1	5564	820
325	120	11.5	15	53.7	42.1	21.0	6017	876
350	120	10.5	16	54.3	42.6	22.9	7064	975
350	120	11.5	18	59.8	46.9	22.9	7738	1068
375	120	10.5	18	59.1	46.4	24.7	8805	1142
375	120	11.5	20	64.8	50.9	24.7	9609	1242
400	120	11.5	23	71.0	55.7	26.6	11893	1516

Plate cross sectional area 100 cm²

Plate cross sectional area 150 cm²

Standard lengths

8 – 18 m.

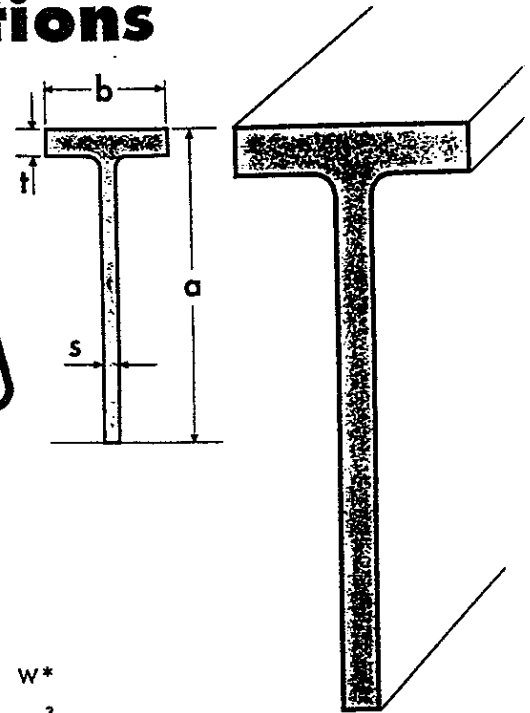
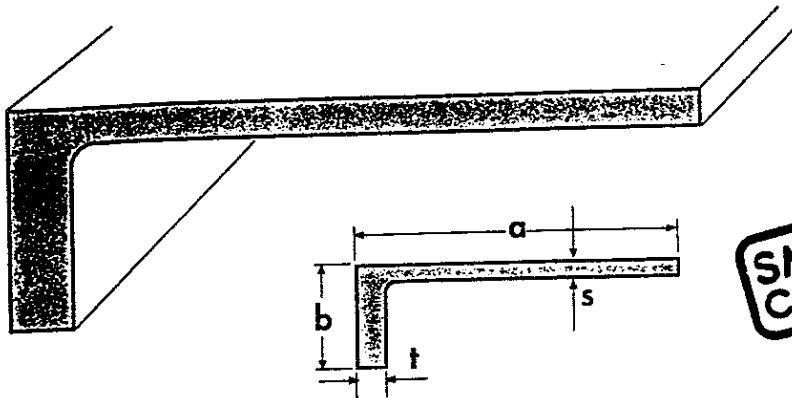
Other lengths by special agreement.

Orders

must include the following measurements:
a x b x s x t.

* Inclusive plate as noted

Welded Angles and T-Sections



Dimension range, weight/m and static values

	Width a mm	Height b mm	Thickness s mm	Thickness t mm	Area A cm ²	Weight kg/m	e cm	I _x cm ⁴	W* cm ³
T-Sections	315	100	12	15	51.0	40.8	19.6	5329	764
	340	120	12	15	57.0	45.6	21.6	6995	946
	370	120	12	20	66.0	52.8	24.2	9523	1235
	395	120	12	20	69.0	55.2	25.6	11387	1350
	425	120	12	25	78.0	62.4	28.2	14750	1682
Angles and T-Sections	450	120	12	25	81.0	64.8	29.6	17250	1885
	455	120	12	30	87.0	69.6	30.7	18630	2118
	460	120	12	35	93.0	74.4	31.6	19900	2350
	475	120	12	25	84.0	67.2	31.0	20010	2030
	525	120	12	25	90.0	72.0	33.8	26300	2330
	525	150	12	25	97.5	78.0	35.1	28420	2685
	530	150	12	30	105.0	84.0	36.4	30590	3026
	535	150	12	35	112.5	90.0	37.5	32590	3364
	575	150	12	25	103.5	82.8	37.9	36420	3033
	585	150	12	35	118.5	94.8	40.5	41710	3775
	625	150	12	25	109.5	87.6	40.7	45700	3395
	630	150	12	30	117.0	93.6	42.1	49110	3799
	635	150	12	35	124.5	99.6	43.4	52260	4200
	625	200	12	25	122.0	97.6	42.8	50440	4096
	630	200	12	30	132.0	105.6	44.3	54120	4636
	635	200	12	35	142.0	113.6	45.7	57450	5172
	Angles and T-Sections	675	200	12	25	128.0	102.4	45.7	62190
685		200	12	35	148.0	118.4	48.7	70810	5782
725		200	12	25	134.0	107.2	48.5	75510	5054
735		200	12	35	154.0	123.2	51.7	85940	6319
775		200	12	25	140.0	112.0	51.3	90480	5520
780		200	12	30	150.0	120.0	53.1	96990	6197
785		200	12	35	160.0	128.0	54.7	102920	6870
830		200	14	30	172.0	137.6	54.5	127070	7003
835		200	14	35	182.0	145.6	56.1	134890	7707
880		200	14	30	179.0	143.2	57.2	148920	7572
885		200	14	35	189.0	151.2	58.9	158020	8317
930		200	15	30	195.0	156.0	59.3	180990	8331
935		200	15	35	205.0	164.0	61.0	191950	9110
985		200	15	35	212.5	170.0	63.7	221100	9768
1035		200	15	35	220.0	176.0	66.5	252890	10440

Plate cross sectional area 100 cm²

Butt /Fillet welded

Full penetration welds by special agreement.

Orders

must include the following measurements: a x b x s x t.

Standard lengths

8 – 18 m,
Other lengths by special agreement.

Plate cross sectional area 150 cm²

Plate cross sectional area 175 cm²

By special agreement other dimensions and combinations can be offered to satisfy required area and/or strength.

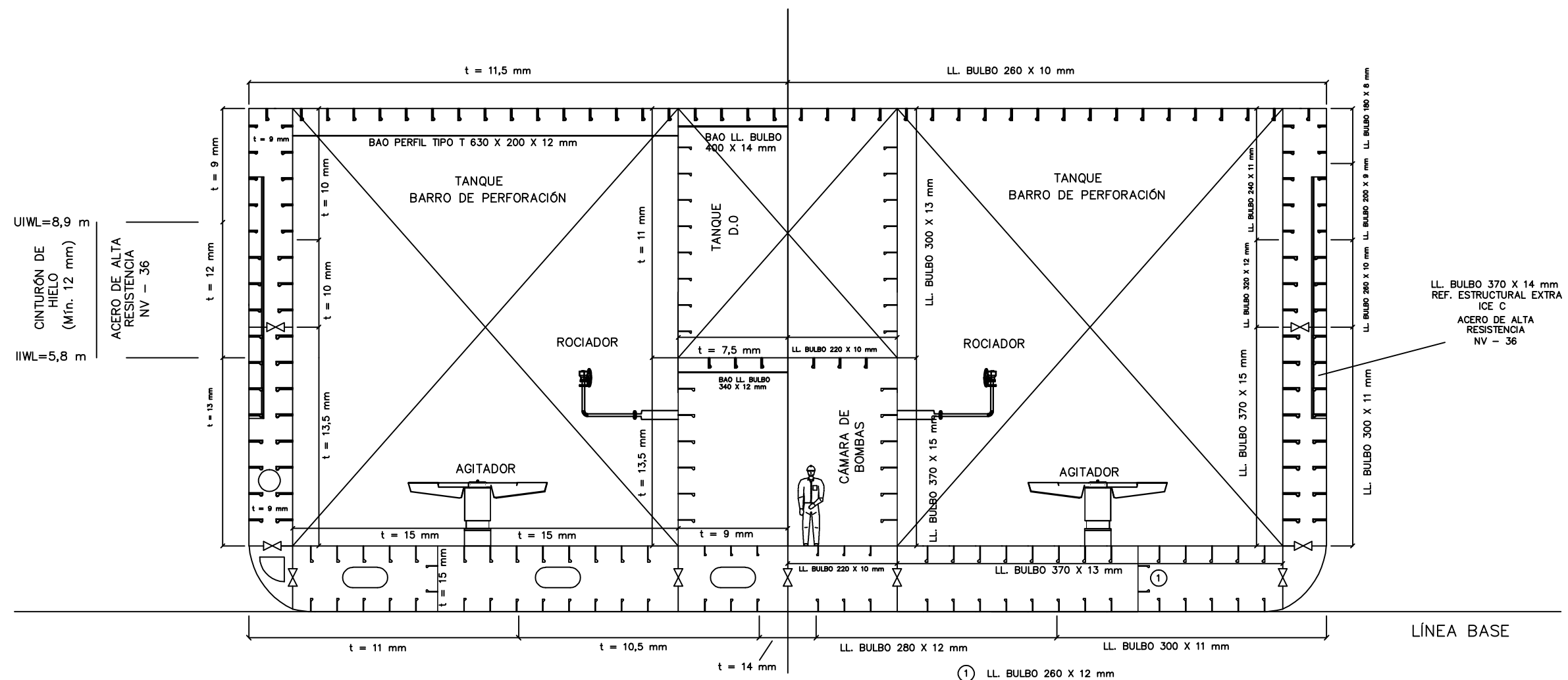
Heights up to 1500 mm can be offered.

Static values for required combination can be given.

* Inclusive plate as noted

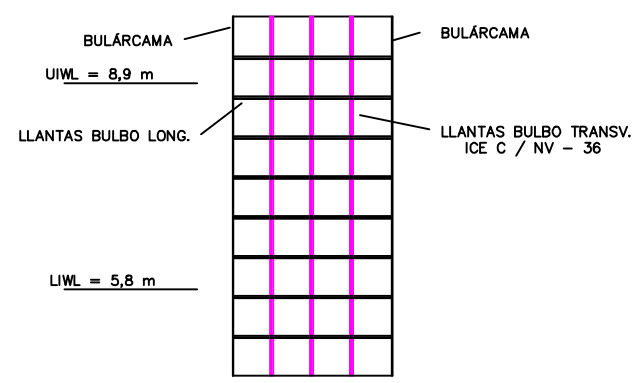
Welded I-Sections are also available in heights from 350 – 1500 mm

ANEXO 2: Plano de la cuaderna maestra



CUADERNA 70

DETALLE REFORZADO ESTRUCTURAL DEBIDO A LA COTA DE CLASE ICE C:



VISTA LONGITUDINAL

DATOS DE ESCANTILLONADO:
T ESCANTILLONADO = 8,493 m
L ESCANTILLONADO = 94,775 m
B = 24,618 m
C _b = 0,702
C _w = 7,51

PSV 8500 TPM	
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL	
ESCALA 1:100	CUADERNA MAESTRA

ANEXO 3: Cálculo del módulo de la sección maestra

	Descripción	Características	Cantidad	Longitud	Espesor t (m)	Area (m2)	Centro de gravedad (zg)	A x Zg (m3)	Inercia propia (I0)	Io + A x (Zg - Zn)^2	(Zg - Zn)^2
Chapa del fondo (forro exterior)	Quilla	Chapa	x	1,3	0,014	0,0182	0,007	0,0001274	0,002563167	0,428071693	23,37958938
	Chapa primer tramo (B/4)	Chapa	2	10,991	0,0105	0,1154055	0,00525	0,000605879	1,161768713	1,161771894	2,75625E-05
	Chapa segundo tramo (B/2)	Chapa	2	9,506	0,011	0,104566	0,005	0,00052283	0,787417149	0,787419763	0,000025
Chapa del doble fondo (1,5 m sobre LB)	Chapa debajo cám. Bombas	Chapa	x	5	0,009	0,045	1,5	0,0675	0,09375	0,195	2,25
	Chapa debajo tanques B.P	Chapa	2	17,618	0,015	0,26427	1,5	0,396405	6,835650191	7,430257691	2,25
Chapa del costado (forro exterior)	Chapa primer tramo	Chapa	2	8,6	0,013	0,1118	4	0,4472	0,689060667	2,477860667	16
	Chapa segundo tramo	Chapa	2	6,2	0,012	0,0744	7,7	0,57288	0,238328	4,649504	59,29
	Chapa tercer tramo	Chapa	2	5,2	0,009	0,0468	10,2	0,47736	0,105456	4,974528	104,04
Chapa del costado (doble casco)	Chapa primer tramo	Chapa	2	10	0,0135	0,135	4	0,54	1,125	3,285	16
	Chapa segundo tramo	Chapa	2	3,986	0,01	0,03986	7,5	0,29895	0,052775291	2,294900291	56,25
	Chapa tercer tramo	Chapa	2	6,014	0,01	0,06014	10	0,6014	0,181262942	6,195262942	100
Chapa mamparos intermedios	Chapa mamparos laterales cám. Bombas	Chapa	2	8,6	0,0135	0,1161	3,65	0,423765	0,715563	2,26230525	13,3225
	Chapa mamparos laterales tanque D.O	Chapa	2	5,7	0,011	0,0627	8,65	0,542355	0,16976025	4,861131	74,8225
	Chapa del fondo tanque D.O	Chapa	2	5	0,0075	0,0375	5,8	0,2175	0,078125	1,339625	33,64
Chapa de cubiertas	Chapa de la cubierta resistente	Chapa	x	24,618	0,0115	0,283107	11,5	3,2557305	14,29798695	51,7388877	132,25
Refuerzos longitudinales del fondo	Refuerzos primer tramo (B/4)	Llanta bulbo 280 x 12 mm	18	0,28	0,012	0,0819	0,14	0,011466	0,000639	0,00224424	0,0196
	Refuerzos segundo tramo (B/2)	Llanta bulbo 300 x 11 mm	14	0,3	0,011	0,06538	0,15	0,009807	0,0005866	0,00205765	0,0225
Refuerzos longitudinales del doble fondo	Refuerzos debajo cámara de bombas	Llanta bulbo 220 x 10 mm	6	0,22	0,01	0,0174	1,39	0,024186	0,000084	0,03370254	1,9321
	Refuerzos debajo tanques B.P	Llanta bulbo 370 x 13 mm	26	0,37	0,013	0,18096	1,315	0,2379624	0,0024622	0,315382756	1,729225
Refuerzos long. Del costado (forro exterior)	Refuerzos primer tramo	Llanta bulbo 300 x 11 mm	14	0,3	0,011	0,06538	4	0,26152	0,0005866	1,0466666	16
	Refuerzos segundo tramo	Llanta bulbo 260 x 10 mm	8	0,26	0,01	0,02888	7,5	0,2166	0,0001984	1,6246984	56,25
	Ref. transversales ICE C (ICE stringers)	Llanta bulbo 340 x 14 mm	2	5,4	0,014	0,00655	7,35	0,0481425	0,000754	0,354601375	54,0225
	Refuerzos tecer tramo	Llanta bulbo 180 x 8 mm	10	0,18	0,008	0,0189	10,815	0,2044035	0,0000609	2,210684753	116,964225
Refuerzos long. Del costado (doble casco)	Refuerzos primer tramo	Llanta bulbo 370 x 15 mm	16	0,37	0,015	0,1232	4	0,4928	0,0016784	1,9728784	16
	Refuerzos segundo tramo	Llanta bulbo 320 x 12 mm	6	0,32	0,012	0,03252	7,5	0,2439	0,0003318	1,8295818	56,25
	Refuerzos tecer tramo	Llanta bulbo 240 x 11 mm	10	0,24	0,011	0,0349	9,9	0,34551	0,0002	3,420749	98,01
Refuerzos long. Mamparos intermedios	Ref. mamparos laterales cám. Bombas	Llanta bulbo 370 x 15 mm	12	0,37	0,015	0,0924	3,6	0,33264	0,0012588	1,1987628	12,96
	Ref. mamparos laterales tanque D.O	Llanta bulbo 300 x 13 mm	16	0,3	0,013	0,08448	8,45	0,713856	0,0007552	6,0328384	71,4025
	Ref. fondo tanque D.O	Llanta bulbo 220 x 10 mm	6	0,22	0,01	0,0174	5,69	0,099006	0,000084	0,56342814	32,3761
Refuerzos long. Cubierta resistente	Ref. cubierta principal	Llanta bulbo 260 x 10 mm	38	0,26	0,01	0,13718	11,37	1,5597366	0,0009424	17,73514754	129,2769
Refuerzos vagras estancas	Ref. vagras estancas laterales	Llanta bulbo 260 x 12 mm	4	0,26	0,012	0,016448	0,78	0,01282944	0,0001112	0,010118163	0,6084
Vagras estancas	Chapa vagras estancas	Chapa	2	3	0,015	0,045	0,75	0,03375	0,03375	0,0590625	0,5625
Vagras aligeradas	Chapa vagras aligeradas	Chapa	5	7,5	0,009	0,0675	0,75	0,050625	0,31640625	0,354375	0,5625
SUMATORIO			-	-	-	2,6312265	-	12,74104205	26,89535707	132,848506	-
				WF (I/ Z EN) = 27,436 m3							
				WC (I/ (Z - Z EN)) = 19,953 m3							

ANEXO 4: Informe de los cálculos de la resistencia longitudinal (MAXSURF)

Longitudinal Strength calculation - PSV 8500 TPM – CONDICIÓN EN AGUAS TRANQUILAS

Loadcase - Condición de carga 6

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

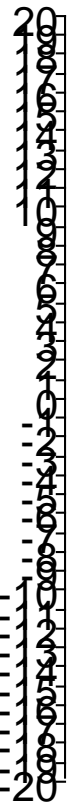
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Cadena de anclas	1	2,150	2,150			88,000	88,000	88,000	0,000	10,700
Instalacion de aguas residuales	1	2,580	2,580			40,000	40,000	40,000	0,000	8,300
Voith	1	108,000	108,000			2,500	1,800	6,000	0,000	2,500
Generador de agua duce	1	1,520	1,520			50,000	50,000	50,000	0,000	8,300
Instalación electrica	1	48,472	48,472			40,000	0,000	95,400	0,000	6,000
Chimenea	1	8,240	8,240			71,400	71,400	71,400	0,000	26,000
Tuberías y bombas del casco	1	111,200	111,200			48,000	0,000	95,400	0,000	10,000
Tecles en cámara de máquinas	1	7,900	7,900			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Sistema contra incendios cámara de máquinas	1	4,660	4,660			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Tuberías y bombas en cámara de máquinas	1	34,100	34,100			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Habilitación	1	300,000	300,000			76,400	65,000	95,400	0,000	17,500
Aire acondicionado	1	10,000	10,000			76,400	65,000	95,400	0,000	17,500
Equipo salvamento	1	13,000	13,000			76,400	76,400	76,400	0,000	18,000
Pintura	1	21,000	21,000			48,000	0,000	95,400	0,000	8,400
Restante armamento	1	253,330	253,330			48,000	0,000	95,400	0,000	6,000
,Maquinaria	1	569,610	569,610			65,000	56,800	76,800	0,000	6,000
Aceros	1	3756,000	3756,000			48,000	0,000	95,400	0,000	5,245
item	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Viveres	1	3,500	3,500			76,700	76,700	76,700	0,000	22,000
Tripulación	1	6,250	6,250			76,400	76,400	76,400	9,400	19,000
Viveres	1	3,500	3,500			76,700	76,700	76,700	0,000	22,000
Tripulación	1	6,250	6,250			76,400	76,400	76,400	9,400	19,000
Equipos recogida hidrocarburos	1	1000,000	1000,000			35,000	35,000	35,000	0,000	13,000
AR3	100%	302,798	302,798	295,412	295,412	7,500			0,000	9,500
Pique de popa	0%	53,856	0,000	52,543	0,000	50,418			-0,013	7,500
Pique de proa	0%	301,931	0,000	294,566	0,000	90,624			-0,004	0,411
2AL1B	0%	107,268	0,000	104,651	0,000	37,173			-5,339	0,133
2AL1E	0%	107,268	0,000	104,651	0,000	37,173			5,331	0,133

Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
2AL2B	0%	112,094	0,000	109,360	0,000	44,330			-5,880	0,065
2AL2E	0%	112,094	0,000	109,360	0,000	44,330			5,872	0,065
2AL3B	0%	112,463	0,000	109,720	0,000	50,153			-7,815	0,049
2AL3E	0%	112,463	0,000	109,720	0,000	50,153			7,814	0,049
2AL4B	0%	104,187	0,000	101,645	0,000	51,666			-6,736	0,049
2AL4E	0%	104,187	0,000	101,645	0,000	51,666			6,732	0,049
2AL5E	0%	48,613	0,000	47,427	0,000	15,982			7,535	3,555
2AL5B	0%	48,613	0,000	47,427	0,000	15,982			-7,544	3,555
2AL6E	0%	57,274	0,000	55,877	0,000	22,932			7,535	2,273
2AL6B	0%	57,274	0,000	55,877	0,000	22,932			-7,544	2,273
2AL7E	0%	66,405	0,000	64,785	0,000	27,362			7,541	1,500
2AL7B	0%	66,405	0,000	64,785	0,000	28,394			-11,430	1,500
2AL8B	0%	28,577	0,000	27,880	0,000	58,838			-5,339	0,076
2AL8E	0%	28,577	0,000	27,880	0,000	58,838			5,330	0,076
2AL9E	0%	42,523	0,000	41,486	0,000	5,994			7,536	5,282
2AL9B	0%	42,523	0,000	41,486	0,000	5,994			-7,544	5,282
0AL0C	0%	528,583	0,000	515,690	0,000	9,033			-11,258	5,800
0AL1C	0%	163,781	0,000	159,787	0,000	37,173			-3,380	0,098
0AL2C	0%	169,757	0,000	165,617	0,000	44,335			-3,673	0,028
0AL3C	0%	174,275	0,000	170,025	0,000	51,520			-4,308	0,007
0AL4C	0%	175,325	0,000	171,049	0,000	52,565			-4,406	0,000
0AL5C	0%	58,759	0,000	57,326	0,000	58,838			-1,993	0,004
0AL6C	0%	76,669	0,000	74,799	0,000	79,557			-0,004	0,052
0AL7C	0%	58,759	0,000	57,326	0,000	58,838			1,665	0,004
0AL8C	0%	153,745	0,000	149,995	0,000	66,059			-0,412	0,002
2AL10B	0%	84,256	0,000	82,201	0,000	58,838			-7,934	1,500
2AL10E	0%	84,256	0,000	82,201	0,000	58,838			7,135	1,500
2AL11B	0%	218,153	0,000	212,833	0,000	66,059			-7,229	1,500
2AL11E	0%	218,153	0,000	212,833	0,000	66,059			5,601	1,500
TOTAL AGUA DE LASTRE			6574,060			46,464			0,018	7,448
2AD1E	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	30,059			2,224	1,500
2AD1B	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	30,059			-10,039	1,500
2AD2E	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	33,665			1,668	1,500
2AD2B	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	33,665			-7,538	1,500
TOTAL AGUA DULCE SUMINISTRO	0%	1268,496	0,000	1268,496	0,000	0,000			0,000	0,000
2BP1E	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	39,000			6,902	6,350
2BP1B	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	39,000			-6,907	6,350
2BP2E	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	42,600			6,902	6,350
2BP2B	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	42,600			-6,907	6,350
TOTAL BARRO DE PERFORACIÓN	97%	3551,789	3445,235	1268,496	1230,441	40,800			-0,003	6,350

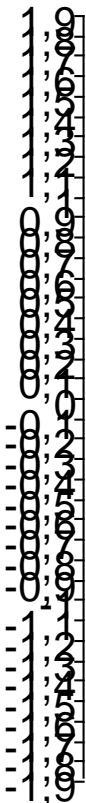
Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
2DO1E	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	44,463			1,668	1,500
2DO1B	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	44,463			-7,538	1,500
2DO2E	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	48,040			1,668	1,500
2DO2B	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	48,040			-7,538	1,500
3DO1C	0%	172,368	0,000	205,200	0,000	30,059			-2,216	5,800
TOTAL DIESEL OIL SUMINISTRO	0%	1237,905	0,000	1473,696	0,000	0,000			0,000	0,000
2SA1E	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	53,400			6,902	6,350
2SA1B	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	53,400			-6,907	6,350
2SA2E	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	57,000			6,902	6,350
2SA2B	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	57,000			-6,907	6,350
TOTAL SALMUERA SUMINISTRO	97%	1300,208	1261,202	1268,496	1230,441	55,200			-0,003	6,350
CEMENTO1C	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	18,933			-1,789	4,000
CEMENTO2C	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	25,531			-1,810	4,000
CEMENTO1E	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	18,933			3,686	4,000
CEMENTO1B	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	18,933			-7,264	4,000
CEMENTO2B	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	25,531			-7,343	4,000
CEMENTO2E	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	25,531			3,723	4,000
TOTAL CEMENTO SECO SUMINISTRO	0%	1047,964	0,000	523,982	0,000	0,000			0,000	0,000
3DO2C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	40,799			-0,002	7,510
3DO3C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	47,999			-0,002	7,510
3DO4C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	55,199			-0,002	7,510
TOTAL DIESEL OIL CONSUMO	60%	517,104	310,262	615,600	369,360	47,999			-0,002	7,510
1ATCONSUM1E	60%	84,403	50,642	84,403	50,642	80,053			4,907	3,004
1ATCONSUM1B	60%	84,403	50,642	84,403	50,642	80,049			-4,910	3,004
TOTAL AGUA TÉCNICA CONSUMO	60%	168,805	101,283	168,805	101,283	80,051			-0,002	3,004
2DOUD1B	60%	12,461	7,477	14,835	8,901	61,450			-9,551	2,790
2DOUD1E	60%	12,461	7,477	14,835	8,901	61,870			9,549	2,790
TOTAL DIESEL OIL USO DIARIO	60%	24,923	14,954	29,670	17,802	61,660			-0,001	2,790
2DOSED1B	60%	18,277	10,966	21,758	13,055	63,300			-9,551	2,790
2DOSED1E	60%	18,277	10,966	21,758	13,055	63,720			9,549	2,790
TOTAL DIESEL OIL SEDIMENTACIÓN	60%	36,553	21,932	43,516	26,110	63,510			-0,001	2,790
3AULE	60%	20,504	12,302	22,287	13,372	59,650			9,549	7,510
3ALUB	60%	20,504	12,302	22,287	13,372	59,650			-9,551	7,510
TOTAL ACEITE LUBRICANTE	60%	41,008	24,605	44,574	26,744	59,650			-0,001	7,510
0ACSUC1C	60%	15,163	9,098	16,482	9,889	59,899			-0,009	0,451
TOTAL ACEITE SUCIO	60%	15,163	9,098	16,482	9,889	59,899			-0,009	0,451
3AHB	60%	19,901	11,941	21,631	12,979	61,325			-9,551	7,510
TOTAL ACEITE HIDRÁULICO	60%	19,901	11,941	21,631	12,979	61,325			-9,551	7,510
2LODOS1B	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	64,900			-9,950	2,790
TOTAL LODOS	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	64,900			-9,950	2,790

Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
0SENT1C	60%	37,387	22,432	37,387	22,432	63,495			-0,009	0,453
2DECANTSENT1E	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	65,320			9,950	2,790
TOTAL AGUA DE SENTINAS	60%	43,837	26,302	43,837	26,302	63,763			1,456	0,797
0DIS1C	60%	37,569	22,541	46,961	28,176	77,647			-0,062	0,651
TOTAL DISPERSANTE	60%	37,569	22,541	46,961	28,176	77,647			-0,062	0,651
0UREA1C	60%	96,867	58,120	73,384	44,030	73,883			-0,102	0,614
TOTAL UREA	60%	96,867	58,120	73,384	44,030	73,883			-0,102	0,614
2WATERMIST1B	100%	23,116	23,116	23,116	23,116	28,102			-11,004	6,506
TOTAL WATERMIST	100%	23,116	23,116	23,116	23,116	28,102			-11,004	6,506
2AGUACALIENTE1E	0%	78,757	0,000	78,757	0,000	26,739			7,135	1,500
TOTAL AGUA CALIENTE LAVADO DE T	0%	78,757	0,000	78,757	0,000	0,000			0,000	0,000
2AGE	60%	22,945	13,767	22,945	13,767	59,960			9,549	2,790
TOTAL AGUAS GRISES	60%	22,945	13,767	22,945	13,767	59,960			9,549	2,790
2ANB	60%	18,791	11,275	18,791	11,275	59,750			-9,551	2,790
TOTAL AGUAS NEGRAS	60%	18,791	11,275	18,791	11,275	59,750			-9,551	2,790
3ADCONS1E	60%	74,866	44,920	74,866	44,920	78,311			6,895	7,926
3ADCONS1B	60%	74,866	44,920	74,866	44,920	78,310			-6,900	7,926
TOTAL AGUA DULCE CONSUMO	60%	149,732	89,839	149,732	89,839	78,311			-0,002	7,926
Total Loadcase			12023,402	11287,285	3560,838	46,647			-0,021	6,893

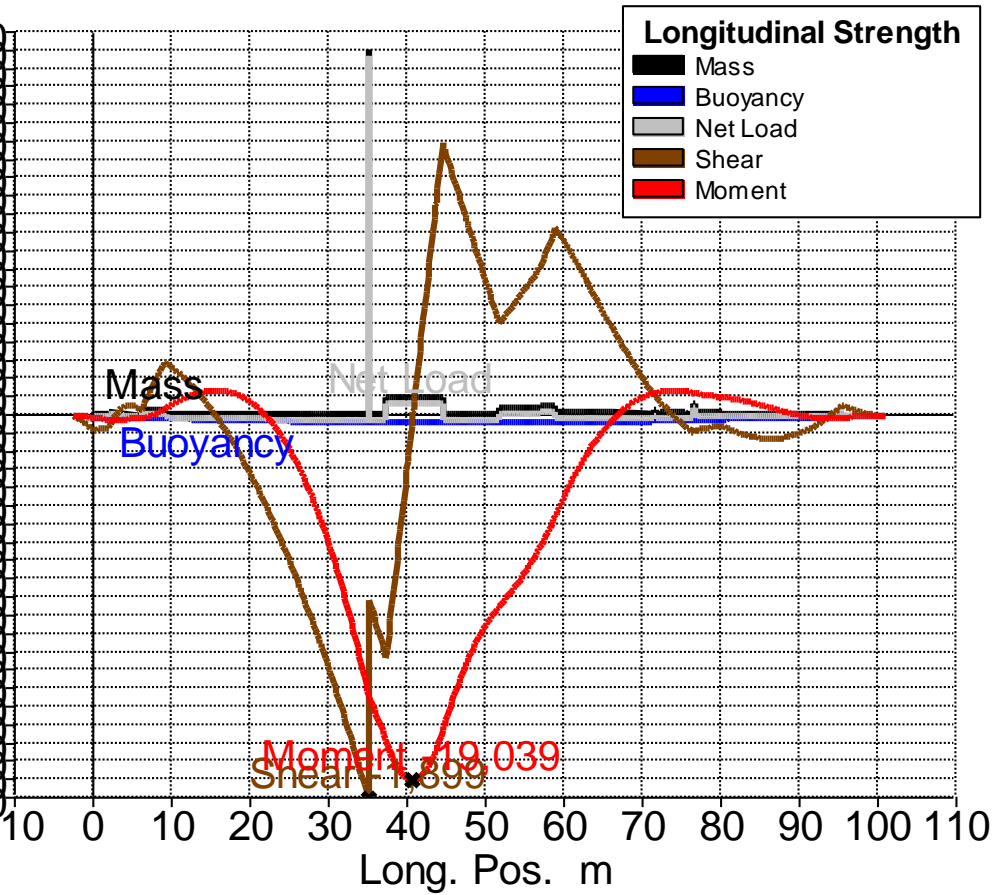
Moment $\times 10^3$ tonne.m



Shear $\times 10^3$ tonne



Load t/m



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 0	-9,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 1	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 2	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 3	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 4	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 5	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 6	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 7	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 8	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 9	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 10	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 11	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 12	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 13	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 14	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 15	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 16	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 17	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 18	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 19	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 20	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 21	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 22	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 23	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 24	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 25	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 26	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 27	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 28	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 29	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 30	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 31	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 32	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 33	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 34	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 35	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 36	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 37	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 38	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 39	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 40	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 41	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 42	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 43	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 44	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 45	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 46	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 47	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 48	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 49	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 50	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 51	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 52	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 53	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 54	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 55	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 56	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 57	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 58	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 59	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 60	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 61	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 62	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 63	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 64	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 65	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 66	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 67	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 68	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 69	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 70	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 71	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 72	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 73	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 74	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 75	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 76	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 77	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 78	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 79	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 80	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 81	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 82	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 83	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 84	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 85	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 86	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 87	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 88	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 89	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 90	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 91	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 92	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 93	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 94	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 95	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 96	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 97	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 98	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 99	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 100	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 101	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 102	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 103	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 104	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 105	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 106	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 107	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 108	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 109	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 110	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 111	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 112	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 113	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 114	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 115	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 116	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 117	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 118	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 119	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 120	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 121	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 122	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 123	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 124	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 125	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 126	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 127	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 128	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 129	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 130	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 131	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 132	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 133	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 134	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 135	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 136	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 137	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 138	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 139	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 140	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 141	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 142	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 143	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 144	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 145	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 146	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 147	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 148	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 149	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 150	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 151	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 152	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 153	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 154	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 155	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 156	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 157	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 158	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 159	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 160	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 161	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 162	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 163	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 164	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 165	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 166	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 167	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 168	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 169	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 170	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 171	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 172	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 173	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 174	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 175	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 176	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 177	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 178	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 179	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 180	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 181	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 182	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 183	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 184	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 185	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 186	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 187	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 188	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 189	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 190	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 191	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 192	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 193	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 194	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 195	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 196	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 197	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 198	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 199	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 200	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 201	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 202	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 203	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 204	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 205	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 206	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 207	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 208	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 209	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 210	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 211	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 212	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 213	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 214	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 215	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 216	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 217	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 218	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 219	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 220	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 221	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 222	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 223	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 224	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 225	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 226	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 227	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 228	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 229	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 230	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 231	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 232	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 233	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 234	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 235	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 236	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 237	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 238	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 239	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 240	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 241	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 242	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 243	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 244	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 245	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 246	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 247	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 248	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 249	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 250	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 251	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 252	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 253	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 254	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 255	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 256	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 257	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 258	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 259	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 260	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 261	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 262	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 263	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 264	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 265	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 266	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 267	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 268	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 269	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 270	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 271	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 272	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 273	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 274	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 275	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 276	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 277	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 278	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 279	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 280	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 281	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 282	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 283	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 284	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 285	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 286	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 287	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 288	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 289	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 290	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 291	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 292	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 293	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 294	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 295	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 296	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 297	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 298	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 299	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 300	0,000	21,674	-32,783	0,000	0,000	-11,110	-0,071	-0,086
st 1	-8,752	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 2	-8,128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 3	-7,504	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 4	-6,881	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 5	-6,257	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 6	-5,633	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 7	-5,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 8	-4,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 9	-3,761	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 10	-3,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 11	-2,513	0,000	-22,770	0,000	0,000	-22,770	-0,002	0,000
st 12	-1,890	0,000	-25,234	0,000	0,000	-25,234	-0,016	-0,006
st 13	-1,266	0,000	-27,712	0,000	0,000	-27,712	-0,033	-0,021

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 14	-0,642	0,000	-30,205	0,000	0,000	-30,205	-0,051	-0,047
st 15	-0,018	0,000	-32,711	0,000	0,000	-32,711	-0,071	-0,085
st 16	0,606	43,355	-35,232	0,000	0,000	8,123	-0,066	-0,128
st 17	1,230	43,362	-37,766	0,000	0,000	5,596	-0,061	-0,167
st 18	1,854	119,197	-40,313	0,000	0,000	78,883	-0,055	-0,204
st 19	2,478	103,925	-42,874	0,000	0,000	61,052	-0,011	-0,224
st 20	3,101	88,654	-45,448	0,000	0,000	43,206	0,022	-0,220
st 21	3,725	73,383	-48,035	0,000	0,000	25,348	0,043	-0,200
st 22	4,349	58,112	-50,635	0,000	0,000	7,476	0,053	-0,169
st 23	4,973	42,841	-53,249	0,000	0,000	-10,408	0,052	-0,136
st 24	5,597	27,569	-55,875	0,000	0,000	-28,306	0,040	-0,106
st 25	6,221	144,355	-58,514	0,000	0,000	85,841	0,046	-0,085
st 26	6,845	144,362	-61,165	0,000	0,000	83,197	0,098	-0,040
st 27	7,469	144,370	-63,829	0,000	0,000	80,540	0,149	0,038
st 28	8,093	144,377	-66,506	0,000	0,000	77,871	0,199	0,146
st 29	8,716	144,384	-69,195	0,000	0,000	75,189	0,247	0,285
st 30	9,340	43,460	-71,896	0,000	0,000	-28,436	0,258	0,448
st 31	9,964	43,467	-74,609	0,000	0,000	-31,142	0,240	0,603
st 32	10,588	43,475	-77,334	0,000	0,000	-33,859	0,219	0,746
st 33	11,212	43,482	-80,071	0,000	0,000	-36,589	0,197	0,876
st 34	11,836	43,490	-82,819	0,000	0,000	-39,329	0,174	0,992
st 35	12,460	43,497	-85,578	0,000	0,000	-42,081	0,148	1,093
st 36	13,084	43,504	-88,348	0,000	0,000	-44,844	0,121	1,177
st 37	13,707	43,512	-91,129	0,000	0,000	-47,617	0,092	1,244
st 38	14,331	43,519	-93,921	0,000	0,000	-50,401	0,062	1,292
st 39	14,955	43,527	-96,722	0,000	0,000	-53,195	0,030	1,321
st 40	15,579	43,534	-99,533	0,000	0,000	-55,999	-0,005	1,329
st 41	16,203	43,542	-102,354	0,000	0,000	-58,812	-0,040	1,315
st 42	16,827	43,549	-105,183	0,000	0,000	-61,634	-0,078	1,278
st 43	17,451	43,557	-108,021	0,000	0,000	-64,464	-0,117	1,217
st 44	18,075	43,564	-110,866	0,000	0,000	-67,301	-0,158	1,131
st 45	18,699	43,572	-113,718	0,000	0,000	-70,146	-0,201	1,019
st 46	19,322	43,579	-116,576	0,000	0,000	-72,996	-0,246	0,880
st 47	19,946	43,587	-119,439	0,000	0,000	-75,852	-0,292	0,712
st 48	20,570	43,594	-122,307	0,000	0,000	-78,712	-0,341	0,514
st 49	21,194	43,602	-125,177	0,000	0,000	-81,575	-0,391	0,286
st 50	21,818	43,609	-128,049	0,000	0,000	-84,440	-0,442	0,027
st 51	22,442	43,617	-130,921	0,000	0,000	-87,304	-0,496	-0,266
st 52	23,066	43,624	-133,791	0,000	0,000	-90,167	-0,551	-0,592
st 53	23,690	43,632	-136,656	0,000	0,000	-93,024	-0,608	-0,954

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 54	24,313	43,639	-139,514	0,000	0,000	-95,875	-0,667	-1,352
st 55	24,937	43,647	-142,362	0,000	0,000	-98,715	-0,728	-1,787
st 56	25,561	43,654	-145,195	0,000	0,000	-101,541	-0,790	-2,261
st 57	26,185	43,662	-148,009	0,000	0,000	-104,347	-0,855	-2,773
st 58	26,809	49,747	-150,799	0,000	0,000	-101,052	-0,917	-3,326
st 59	27,433	49,767	-153,556	0,000	0,000	-103,789	-0,981	-3,918
st 60	28,057	49,774	-156,272	0,000	0,000	-106,497	-1,047	-4,551
st 61	28,681	49,782	-158,937	0,000	0,000	-109,155	-1,114	-5,225
st 62	29,304	49,789	-161,536	0,000	0,000	-111,747	-1,183	-5,941
st 63	29,928	49,797	-164,055	0,000	0,000	-114,258	-1,253	-6,700
st 64	30,552	43,714	-166,473	0,000	0,000	-122,759	-1,329	-7,506
st 65	31,176	43,722	-168,768	0,000	0,000	-125,046	-1,406	-8,359
st 66	31,800	43,729	-170,915	0,000	0,000	-127,185	-1,485	-9,260
st 67	32,424	43,737	-172,886	0,000	0,000	-129,149	-1,565	-10,211
st 68	33,048	43,744	-174,654	0,000	0,000	-130,910	-1,646	-11,213
st 69	33,672	43,752	-176,199	0,000	0,000	-132,447	-1,728	-12,265
st 70	34,296	43,759	-177,506	0,000	0,000	-133,747	-1,811	-13,369
st 71	34,919	43,767	-178,579	0,000	0,000	-134,812	-1,895	-14,524
st 72	35,543	43,774	-179,432	0,000	0,000	-135,657	-0,979	-15,190
st 73	36,167	43,782	-180,094	0,000	0,000	-136,312	-1,064	-15,827
st 74	36,791	43,789	-180,599	0,000	0,000	-136,810	-1,149	-16,518
st 75	37,415	536,756	-180,982	0,000	0,000	355,773	-1,129	-17,247
st 76	38,039	536,731	-181,275	0,000	0,000	355,456	-0,907	-17,882
st 77	38,663	536,706	-181,502	0,000	0,000	355,204	-0,685	-18,379
st 78	39,287	536,681	-181,683	0,000	0,000	354,998	-0,464	-18,737
st 79	39,910	536,656	-181,833	0,000	0,000	354,823	-0,242	-18,958
st 80	40,534	536,631	-181,960	0,000	0,000	354,670	-0,018	-19,038
st 81	41,158	536,778	-182,072	0,000	0,000	354,707	0,203	-18,980
st 82	41,782	536,753	-182,171	0,000	0,000	354,582	0,424	-18,785
st 83	42,406	536,728	-182,260	0,000	0,000	354,468	0,645	-18,451
st 84	43,030	536,703	-182,340	0,000	0,000	354,364	0,867	-17,979
st 85	43,654	536,678	-182,410	0,000	0,000	354,269	1,088	-17,370
st 86	44,278	536,653	-182,471	0,000	0,000	354,183	1,309	-16,622
st 87	44,901	58,263	-182,522	0,000	0,000	-124,259	1,290	-15,799
st 88	45,525	58,268	-182,563	0,000	0,000	-124,295	1,212	-15,019
st 89	46,149	58,273	-182,594	0,000	0,000	-124,321	1,135	-14,287
st 90	46,773	58,278	-182,613	0,000	0,000	-124,335	1,057	-13,603
st 91	47,397	58,283	-182,620	0,000	0,000	-124,337	0,979	-12,968
st 92	48,021	58,288	-182,613	0,000	0,000	-124,325	0,902	-12,381
st 93	48,645	58,293	-182,590	0,000	0,000	-124,297	0,824	-11,842

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 94	49,269	58,298	-182,550	0,000	0,000	-124,252	0,747	-11,352
st 95	49,893	58,303	-182,492	0,000	0,000	-124,189	0,669	-10,910
st 96	50,516	58,308	-182,412	0,000	0,000	-124,105	0,593	-10,516
st 97	51,140	58,313	-182,310	0,000	0,000	-123,997	0,516	-10,170
st 98	51,764	233,543	-182,182	0,000	0,000	51,361	0,467	-9,870
st 99	52,388	233,762	-182,025	0,000	0,000	51,737	0,500	-9,568
st 100	53,012	233,896	-181,838	0,000	0,000	52,058	0,532	-9,246
st 101	53,636	234,029	-181,616	0,000	0,000	52,413	0,565	-8,904
st 102	54,260	234,163	-181,356	0,000	0,000	52,807	0,597	-8,541
st 103	54,884	234,297	-181,054	0,000	0,000	53,242	0,630	-8,158
st 104	55,507	234,494	-180,707	0,000	0,000	53,787	0,664	-7,755
st 105	56,131	234,627	-180,309	0,000	0,000	54,318	0,698	-7,330
st 106	56,755	234,761	-179,856	0,000	0,000	54,905	0,732	-6,884
st 107	57,379	277,864	-179,342	0,000	0,000	98,522	0,791	-6,410
st 108	58,003	277,038	-178,762	0,000	0,000	98,277	0,853	-5,897
st 109	58,627	276,213	-178,110	0,000	0,000	98,102	0,914	-5,346
st 110	59,251	116,397	-177,382	0,000	0,000	-60,985	0,903	-4,773
st 111	59,875	115,576	-176,572	0,000	0,000	-60,996	0,865	-4,221
st 112	60,499	114,754	-175,674	0,000	0,000	-60,920	0,827	-3,693
st 113	61,122	105,193	-174,683	0,000	0,000	-69,490	0,784	-3,191
st 114	61,746	104,372	-173,594	0,000	0,000	-69,221	0,741	-2,715
st 115	62,370	96,320	-172,399	0,000	0,000	-76,079	0,697	-2,266
st 116	62,994	95,503	-171,095	0,000	0,000	-75,592	0,649	-1,846
st 117	63,618	94,682	-169,675	0,000	0,000	-74,994	0,602	-1,456
st 118	64,242	93,860	-168,134	0,000	0,000	-74,275	0,556	-1,095
st 119	64,866	90,814	-166,467	0,000	0,000	-75,653	0,509	-0,762
st 120	65,490	103,721	-164,669	0,000	0,000	-60,948	0,470	-0,458
st 121	66,113	94,262	-162,735	0,000	0,000	-68,473	0,431	-0,176
st 122	66,737	93,136	-160,662	0,000	0,000	-67,526	0,389	0,079
st 123	67,361	92,010	-158,446	0,000	0,000	-66,437	0,347	0,309
st 124	67,985	90,884	-156,085	0,000	0,000	-65,202	0,306	0,512
st 125	68,609	89,757	-153,578	0,000	0,000	-63,821	0,265	0,690
st 126	69,233	88,631	-150,926	0,000	0,000	-62,294	0,226	0,844
st 127	69,857	87,505	-148,129	0,000	0,000	-60,624	0,188	0,973
st 128	70,481	86,379	-145,193	0,000	0,000	-58,814	0,150	1,078
st 129	71,104	85,253	-142,123	0,000	0,000	-56,870	0,114	1,161
st 130	71,728	84,127	-138,926	0,000	0,000	-54,799	0,088	1,224
st 131	72,352	94,954	-135,607	0,000	0,000	-40,653	0,058	1,269
st 132	72,976	92,866	-132,177	0,000	0,000	-39,311	0,033	1,297
st 133	73,600	90,788	-128,644	0,000	0,000	-37,856	0,009	1,310

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 134	74,224	88,724	-125,018	0,000	0,000	-36,295	-0,014	1,308
st 135	74,848	86,677	-121,312	0,000	0,000	-34,635	-0,037	1,292
st 136	75,472	84,652	-117,536	0,000	0,000	-32,884	-0,058	1,262
st 137	76,096	78,267	-113,705	0,000	0,000	-35,438	-0,078	1,220
st 138	76,719	146,556	-109,831	0,000	0,000	36,725	-0,069	1,173
st 139	77,343	113,821	-105,928	0,000	0,000	7,893	-0,065	1,131
st 140	77,967	109,860	-102,010	0,000	0,000	7,851	-0,060	1,092
st 141	78,591	105,856	-98,088	0,000	0,000	7,768	-0,056	1,055
st 142	79,215	101,816	-94,174	0,000	0,000	7,642	-0,051	1,022
st 143	79,839	92,596	-90,280	0,000	0,000	2,316	-0,048	0,992
st 144	80,463	67,120	-86,414	0,000	0,000	-19,294	-0,057	0,960
st 145	81,087	65,410	-82,586	0,000	0,000	-17,176	-0,068	0,921
st 146	81,710	63,730	-78,802	0,000	0,000	-15,072	-0,078	0,875
st 147	82,334	62,082	-75,068	0,000	0,000	-12,986	-0,087	0,824
st 148	82,958	60,465	-71,389	0,000	0,000	-10,923	-0,094	0,767
st 149	83,582	58,882	-67,769	0,000	0,000	-8,887	-0,101	0,706
st 150	84,206	57,332	-64,212	0,000	0,000	-6,880	-0,105	0,642
st 151	84,830	55,815	-60,720	0,000	0,000	-4,906	-0,109	0,575
st 152	85,454	54,373	-57,297	0,000	0,000	-2,925	-0,112	0,506
st 153	86,078	53,064	-53,946	0,000	0,000	-0,881	-0,113	0,436
st 154	86,701	51,927	-50,668	0,000	0,000	1,259	-0,113	0,365
st 155	87,325	51,054	-47,466	0,000	0,000	3,588	-0,111	0,295
st 156	87,949	50,702	-44,343	0,000	0,000	6,359	-0,108	0,227
st 157	88,573	50,396	-41,302	0,000	0,000	9,093	-0,101	0,162
st 158	89,197	50,089	-38,347	0,000	0,000	11,742	-0,095	0,101
st 159	89,821	49,783	-35,482	0,000	0,000	14,301	-0,086	0,044
st 160	90,445	49,476	-32,713	0,000	0,000	16,764	-0,077	-0,007
st 161	91,069	49,170	-30,047	0,000	0,000	19,123	-0,066	-0,051
st 162	91,693	48,864	-27,496	0,000	0,000	21,368	-0,053	-0,088
st 163	92,316	48,557	-25,079	0,000	0,000	23,479	-0,039	-0,117
st 164	92,940	48,251	-22,829	0,000	0,000	25,422	-0,024	-0,136
st 165	93,564	47,944	-20,829	0,000	0,000	27,115	-0,007	-0,146
st 166	94,188	47,638	-0,074	0,000	0,000	47,564	0,016	-0,144
st 167	94,812	47,332	-18,233	0,000	0,000	29,099	0,036	-0,128
st 168	95,436	0,000	-17,122	0,000	0,000	-17,122	0,053	-0,100
st 169	96,060	0,000	-15,895	0,000	0,000	-15,895	0,042	-0,070
st 170	96,684	0,000	-14,531	0,000	0,000	-14,531	0,033	-0,047
st 171	97,307	0,000	-13,003	0,000	0,000	-13,003	0,024	-0,029
st 172	97,931	0,000	-11,266	0,000	0,000	-11,266	0,017	-0,016
st 173	98,555	0,000	-9,239	0,000	0,000	-9,239	0,010	-0,008

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 98,767 m)		-2,469
Deck Edge (freeboard pos = 98,767 m)		-2,393
DF Vent. Habilitación*	Downflooding point	13,621
DF Vent. Cám. Máquinas*	Downflooding point	30,290
DF Puertas lat. Puente Gob. est*	Downflooding point	20,275
DF Puertas lat. Puente Gob. bab*	Downflooding point	20,213
DF Puerta acceso hab est	Downflooding point	4,686
DF Puerta acceso hab bab	Downflooding point	4,655

Longitudinal Strength calculation - PSV 8500 TPM – CONDICIÓN DE OLAS CON LA CRESTA EN LA MITAD DE LA ESLORA DEL BUQUE

Loadcase - Condición de carga 6

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

Analysis performed in Sinusoidal waves

Wavelength = 47,7 m; Wave Height = 15 m; Wave Phase Offset = 0

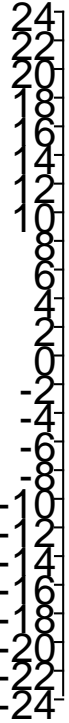
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Cadena de anclas	1	2,150	2,150			88,000	88,000	88,000	0,000	10,700
Instalacion de aguas residuales	1	2,580	2,580			40,000	40,000	40,000	0,000	8,300
Voith	1	108,000	108,000			2,500	1,800	6,000	0,000	2,500
Generador de agua duce	1	1,520	1,520			50,000	50,000	50,000	0,000	8,300
Instalación electrica	1	48,472	48,472			40,000	0,000	95,400	0,000	6,000
Chimenea	1	8,240	8,240			71,400	71,400	71,400	0,000	26,000
Tuberías y bombas del casco	1	111,200	111,200			48,000	0,000	95,400	0,000	10,000
Tecles en cámara de máquinas	1	7,900	7,900			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Sistema contraincendios cámara de máquinas	1	4,660	4,660			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Tuberías y bombas en cámara de máquinas	1	34,100	34,100			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Habilitación	1	300,000	300,000			76,400	65,000	95,400	0,000	17,500
Aire acondicionado	1	10,000	10,000			76,400	65,000	95,400	0,000	17,500
Equipo salvamento	1	13,000	13,000			76,400	76,400	76,400	0,000	18,000
Pintura	1	21,000	21,000			48,000	0,000	95,400	0,000	8,400
Restante armamento	1	253,330	253,330			48,000	0,000	95,400	0,000	6,000
,Maquinaria	1	569,610	569,610			65,000	56,800	76,800	0,000	6,000
Aceros	1	3756,000	3756,000			48,000	0,000	95,400	0,000	5,245
item	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Viveres	1	3,500	3,500			76,700	76,700	76,700	0,000	22,000
Tripulación	1	6,250	6,250			76,400	76,400	76,400	9,400	19,000
Viveres	1	3,500	3,500			76,700	76,700	76,700	0,000	22,000
Tripulación	1	6,250	6,250			76,400	76,400	76,400	9,400	19,000
Equipos recogida hidrocarburos	1	1000,000	1000,000			35,000	35,000	35,000	0,000	13,000
AR3	100%	302,798	302,798	295,412	295,412	7,500			0,000	9,500
Pique de popa	0%	53,856	0,000	52,543	0,000	50,418			-0,028	7,500

Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Pique de proa	0%	301,931	0,000	294,566	0,000	90,624			0,000	0,411
2AL1B	0%	107,268	0,000	104,651	0,000	37,173			-5,345	0,133
2AL1E	0%	107,268	0,000	104,651	0,000	37,173			5,326	0,133
2AL2B	0%	112,094	0,000	109,360	0,000	44,394			-5,347	0,065
2AL2E	0%	112,094	0,000	109,360	0,000	44,394			5,327	0,065
2AL3B	0%	112,463	0,000	109,720	0,000	51,547			-5,344	0,049
2AL3E	0%	112,463	0,000	109,720	0,000	51,547			5,325	0,049
2AL4B	0%	104,187	0,000	101,645	0,000	58,768			-5,344	0,049
2AL4E	0%	104,187	0,000	101,645	0,000	58,768			5,325	0,049
2AL5E	0%	48,613	0,000	47,427	0,000	15,982			7,530	3,555
2AL5B	0%	48,613	0,000	47,427	0,000	15,982			-7,549	3,555
2AL6E	0%	57,274	0,000	55,877	0,000	22,932			7,530	2,273
2AL6B	0%	57,274	0,000	55,877	0,000	22,932			-7,549	2,273
2AL7E	0%	66,405	0,000	64,785	0,000	29,951			7,533	1,500
2AL7B	0%	66,405	0,000	64,785	0,000	29,951			-8,004	1,500
2AL8B	0%	28,577	0,000	27,880	0,000	65,947			-6,725	0,076
2AL8E	0%	28,577	0,000	27,880	0,000	65,947			6,717	0,076
2AL9E	0%	42,523	0,000	41,486	0,000	5,994			7,531	5,282
2AL9B	0%	42,523	0,000	41,486	0,000	5,994			-7,549	5,282
0AL0C	0%	528,583	0,000	515,690	0,000	12,944			-7,546	5,800
0AL1C	0%	163,781	0,000	159,787	0,000	37,173			-4,394	0,098
0AL2C	0%	169,757	0,000	165,617	0,000	44,394			-4,283	0,028
0AL3C	0%	174,275	0,000	170,025	0,000	51,547			-4,119	0,007
0AL4C	0%	175,325	0,000	171,049	0,000	58,768			-3,143	0,000
0AL5C	0%	58,759	0,000	57,326	0,000	65,990			-1,682	0,004
0AL6C	0%	76,669	0,000	74,799	0,000	90,165			-0,005	0,052
0AL7C	0%	58,759	0,000	57,326	0,000	65,990			1,660	0,004
0AL8C	0%	153,745	0,000	149,995	0,000	71,997			-0,018	0,002
2AL10B	0%	84,256	0,000	82,201	0,000	65,990			-7,234	1,500
2AL10E	0%	84,256	0,000	82,201	0,000	65,990			7,129	1,500
2AL11B	0%	218,153	0,000	212,833	0,000	73,236			-5,639	1,500
2AL11E	0%	218,153	0,000	212,833	0,000	73,236			5,593	1,500
TOTAL AGUA DE LASTRE			6574,060			46,464			0,018	7,448
2AD1E	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	33,596			1,663	1,500
2AD1B	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	33,596			-7,543	1,500
2AD2E	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	37,173			1,660	1,500
2AD2B	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	37,173			-7,546	1,500
TOTAL AGUA DULCE SUMINISTRO	0%	1268,496	0,000	1268,496	0,000	0,000			0,000	0,000
2BP1E	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	39,006			6,899	6,350
2BP1B	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	39,006			-6,910	6,350

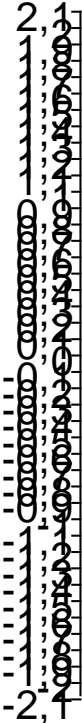
Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
2BP2E	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	42,606			6,899	6,350
2BP2B	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	42,606			-6,910	6,350
TOTAL BARRO DE PERFORACIÓN	97%	3551,789	3445,235	1268,496	1230,441	40,806			-0,006	6,350
2DO1E	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	47,971			1,660	1,500
2DO1B	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	47,971			-7,546	1,500
2DO2E	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	51,547			1,660	1,500
2DO2B	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	51,547			-7,546	1,500
3DO1C	0%	172,368	0,000	205,200	0,000	37,173			-1,673	5,800
TOTAL DIESEL OIL SUMINISTRO	0%	1237,905	0,000	1473,696	0,000	0,000			0,000	0,000
2SA1E	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	53,406			6,899	6,350
2SA1B	97%	325,052	315,300	317,124	307,610	53,406			-6,910	6,350
2SA2E	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	57,006			6,899	6,350
2SA2B	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	57,006			-6,910	6,350
TOTAL SALMUERA SUMINISTRO	97%	1300,208	1261,202	1268,496	1230,441	55,206			-0,006	6,350
CEMENTO1C	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	21,292			-0,325	4,000
CEMENTO2C	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	27,920			-0,173	4,000
CEMENTO1E	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	21,292			3,608	4,000
CEMENTO1B	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	21,292			-4,259	4,000
CEMENTO2B	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	27,920			-4,106	4,000
CEMENTO2E	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	27,920			3,760	4,000
TOTAL CEMENTO SECO SUMINISTRO	0%	1047,964	0,000	523,982	0,000	0,000			0,000	0,000
3DO2C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	40,864			-0,005	7,512
3DO3C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	48,064			-0,005	7,512
3DO4C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	55,264			-0,005	7,512
TOTAL DIESEL OIL CONSUMO	60%	517,104	310,262	615,600	369,360	48,064			-0,005	7,512
1ATCONSUM1E	60%	84,403	50,642	84,403	50,642	80,185			4,879	3,008
1ATCONSUM1B	60%	84,403	50,642	84,403	50,642	80,176			-4,886	3,007
TOTAL AGUA TÉCNICA CONSUMO	60%	168,805	101,283	168,805	101,283	80,181			-0,003	3,008
2DOUD1B	60%	12,461	7,477	14,835	8,901	61,454			-9,551	2,790
2DOUD1E	60%	12,461	7,477	14,835	8,901	61,874			9,549	2,790
TOTAL DIESEL OIL USO DIARIO	60%	24,923	14,954	29,670	17,802	61,664			-0,001	2,790
2DOSED1B	60%	18,277	10,966	21,758	13,055	63,308			-9,551	2,790
2DOSED1E	60%	18,277	10,966	21,758	13,055	63,728			9,549	2,790
TOTAL DIESEL OIL SEDIMENTACIÓN	60%	36,553	21,932	43,516	26,110	63,518			-0,001	2,790
3AULE	60%	20,504	12,302	22,287	13,372	59,654			9,549	7,510
3ALUB	60%	20,504	12,302	22,287	13,372	59,654			-9,551	7,510
TOTAL ACEITE LUBRICANTE	60%	41,008	24,605	44,574	26,744	59,654			-0,001	7,510
0ACSUC1C	60%	15,163	9,098	16,482	9,889	59,922			-0,020	0,452
TOTAL ACEITE SUCIO	60%	15,163	9,098	16,482	9,889	59,922			-0,020	0,452
3AHB	60%	19,901	11,941	21,631	12,979	61,328			-9,551	7,510

Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
TOTAL ACEITE HIDRAULICO	60%	19,901	11,941	21,631	12,979	61,328			-9,551	7,510
2LODOS1B	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	64,902			-9,951	2,790
TOTAL LODOS	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	64,902			-9,951	2,790
0SENT1C	60%	37,387	22,432	37,387	22,432	63,614			-0,020	0,456
2DECANTSSENT1E	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	65,322			9,949	2,790
TOTAL AGUA DE SENTINAS	60%	43,837	26,302	43,837	26,302	63,865			1,447	0,800
0DIS1C	60%	37,569	22,541	46,961	28,176	77,721			-0,134	0,654
TOTAL DISPERSANTE	60%	37,569	22,541	46,961	28,176	77,721			-0,134	0,654
0UREA1C	60%	96,867	58,120	73,384	44,030	73,976			-0,219	0,617
TOTAL UREA	60%	96,867	58,120	73,384	44,030	73,976			-0,219	0,617
2WATERMIST1B	100%	23,116	23,116	23,116	23,116	28,102			-11,004	6,506
TOTAL WATERMIST	100%	23,116	23,116	23,116	23,116	28,102			-11,004	6,506
2AGUACALIENTE1E	0%	78,757	0,000	78,757	0,000	29,951			7,127	1,500
TOTAL AGUA CALIENTE LAVADO DE T	0%	78,757	0,000	78,757	0,000	0,000			0,000	0,000
2AGE	60%	22,945	13,767	22,945	13,767	59,969			9,549	2,790
TOTAL AGUAS GRISES	60%	22,945	13,767	22,945	13,767	59,969			9,549	2,790
2ANB	60%	18,791	11,275	18,791	11,275	59,756			-9,551	2,790
TOTAL AGUAS NEGRAS	60%	18,791	11,275	18,791	11,275	59,756			-9,551	2,790
3ADCONS1E	60%	74,866	44,920	74,866	44,920	78,325			6,890	7,926
3ADCONS1B	60%	74,866	44,920	74,866	44,920	78,325			-6,900	7,926
TOTAL AGUA DULCE CONSUMO	60%	149,732	89,839	149,732	89,839	78,325			-0,005	7,926
Total Loadcase			12023,402	11287,285	3560,838	46,653			-0,023	6,894

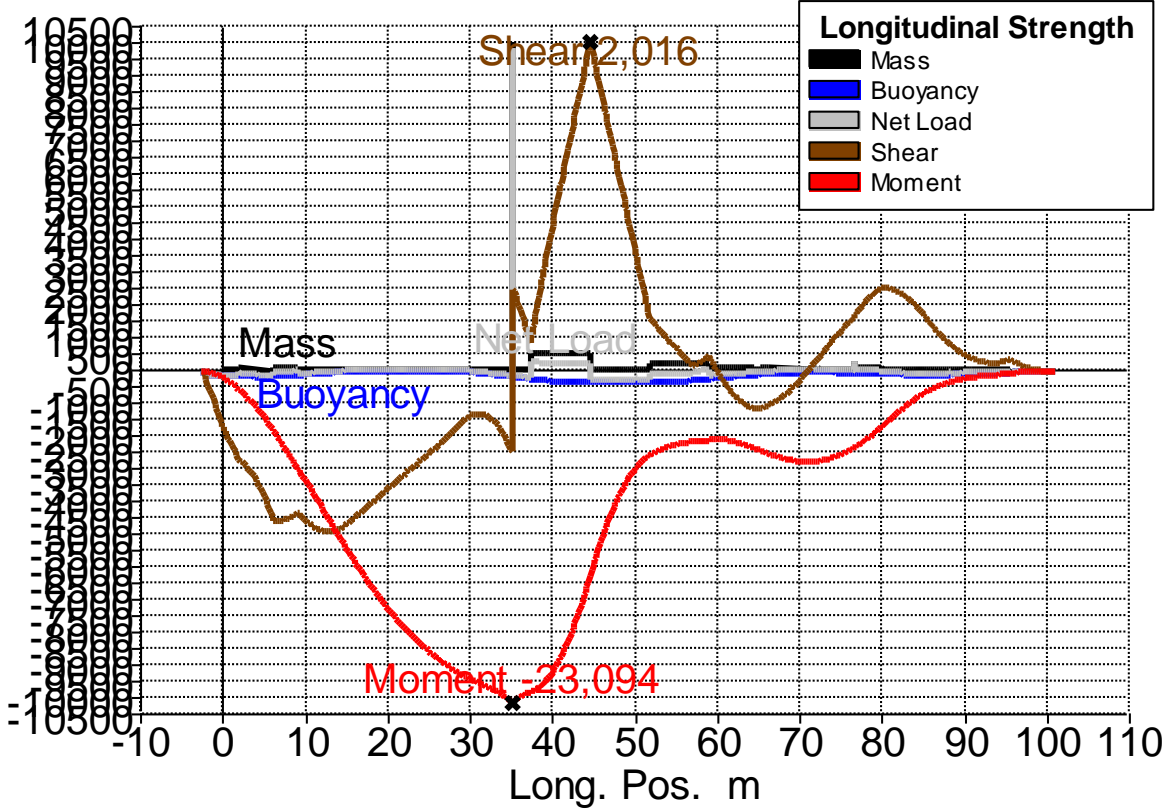
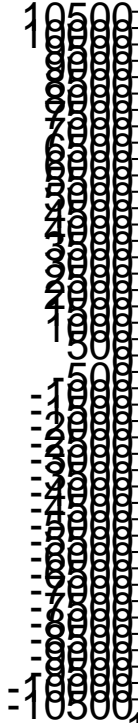
Moment x10³ tonne.m



Shear x10³ tonne



Load t/m



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 0	-9,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 1	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 2	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 3	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 4	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 5	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 6	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 7	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 8	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 9	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 10	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 11	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 12	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 13	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 14	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 15	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 16	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 17	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 18	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 19	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 20	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 21	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 22	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 23	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 24	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 25	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 26	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 27	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 28	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 29	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 30	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 31	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 32	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 33	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 34	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 35	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 36	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 37	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 38	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 39	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 40	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 41	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 42	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 43	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 44	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 45	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 46	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 47	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 48	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 49	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 50	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 51	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 52	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 53	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 54	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 55	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 56	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 57	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 58	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 59	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 60	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 61	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 62	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 63	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 64	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 65	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 66	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 67	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 68	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 69	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 70	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 71	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 72	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 73	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 74	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 75	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 76	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 77	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 78	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 79	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 80	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 81	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 82	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 83	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 84	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 85	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 86	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 87	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 88	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 89	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 90	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 91	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 92	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 93	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 94	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 95	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 96	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 97	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 98	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 99	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 100	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 101	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 102	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 103	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 104	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 105	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 106	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 107	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 108	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 109	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 110	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 111	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 112	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 113	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 114	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 115	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 116	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 117	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 118	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 119	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 120	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 121	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 122	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 123	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 124	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 125	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 126	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 127	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 128	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 129	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 130	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 131	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 132	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 133	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 134	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 135	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 136	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 137	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 138	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 139	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 140	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 141	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 142	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 143	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 144	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 145	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 146	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 147	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 148	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 149	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 150	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 151	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 152	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 153	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 154	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 155	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 156	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 157	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 158	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 159	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 160	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 161	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 162	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 163	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 164	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 165	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 166	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 167	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 168	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 169	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 170	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 171	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 172	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 173	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 174	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 175	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 176	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 177	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 178	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 179	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 180	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 181	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 182	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 183	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 184	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 185	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 186	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 187	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 188	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 189	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 190	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 191	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 192	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 193	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 194	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 195	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 196	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 197	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 198	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 199	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 200	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 201	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 202	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 203	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 204	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 205	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 206	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 207	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 208	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 209	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 210	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 211	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 212	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 213	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 214	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 215	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 216	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 217	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 218	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 219	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 220	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 221	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 222	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 223	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 224	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 225	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 226	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 227	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 228	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 229	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 230	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 231	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 232	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 233	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 234	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 235	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 236	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 237	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 238	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 239	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 240	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 241	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 242	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 243	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 244	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 245	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 246	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 247	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 248	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 249	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 250	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 251	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 252	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 253	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 254	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 255	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 256	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 257	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 258	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 259	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 260	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 261	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 262	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 263	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 264	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 265	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 266	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 267	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 268	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 269	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 270	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 271	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 272	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 273	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 274	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 275	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 276	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 277	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 278	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 279	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 280	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 281	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 282	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 283	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 284	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 285	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 286	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 287	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 288	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 289	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 290	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 291	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 292	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 293	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 294	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 295	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 296	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 297	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 298	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 299	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 300	0,000	21,674	-142,197	0,000	0,000	-120,523	-0,358	-0,463
st 1	-8,752	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 2	-8,128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 3	-7,504	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 4	-6,881	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 5	-6,257	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 6	-5,633	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 7	-5,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 8	-4,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 9	-3,761	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 10	-3,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 11	-2,513	0,000	-132,079	0,000	0,000	-132,079	-0,014	-0,001
st 12	-1,890	0,000	-134,570	0,000	0,000	-134,570	-0,097	-0,036
st 13	-1,266	0,000	-137,074	0,000	0,000	-137,074	-0,182	-0,123
st 14	-0,642	0,000	-139,592	0,000	0,000	-139,592	-0,268	-0,263
st 15	-0,018	0,000	-142,124	0,000	0,000	-142,124	-0,356	-0,457
st 16	0,606	43,355	-144,669	0,000	0,000	-101,315	-0,419	-0,699
st 17	1,230	43,362	-147,228	0,000	0,000	-103,866	-0,483	-0,980
st 18	1,854	119,197	-149,800	0,000	0,000	-30,603	-0,545	-1,301
st 19	2,478	103,925	-152,386	0,000	0,000	-48,460	-0,569	-1,649

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 20	3,101	88,654	-154,984	0,000	0,000	-66,330	-0,605	-2,014
st 21	3,725	73,383	-157,596	0,000	0,000	-84,213	-0,652	-2,406
st 22	4,349	58,112	-160,221	0,000	0,000	-102,110	-0,710	-2,830
st 23	4,973	42,841	-160,778	0,000	0,000	-117,937	-0,779	-3,295
st 24	5,597	27,569	-154,640	0,000	0,000	-127,071	-0,856	-3,804
st 25	6,221	144,355	-146,951	0,000	0,000	-2,596	-0,909	-4,360
st 26	6,845	144,362	-139,055	0,000	0,000	5,308	-0,908	-4,926
st 27	7,469	144,370	-130,013	0,000	0,000	14,357	-0,902	-5,491
st 28	8,093	144,377	-120,849	0,000	0,000	23,527	-0,890	-6,050
st 29	8,716	144,384	-110,805	0,000	0,000	33,579	-0,872	-6,601
st 30	9,340	43,460	-100,667	0,000	0,000	-57,208	-0,882	-7,144
st 31	9,964	43,467	-89,952	0,000	0,000	-46,485	-0,915	-7,705
st 32	10,588	43,475	-79,145	0,000	0,000	-35,670	-0,940	-8,284
st 33	11,212	43,482	-68,096	0,000	0,000	-24,614	-0,959	-8,876
st 34	11,836	43,490	-56,988	0,000	0,000	-13,498	-0,971	-9,479
st 35	12,460	43,497	-45,945	0,000	0,000	-2,448	-0,976	-10,087
st 36	13,084	43,504	-34,981	0,000	0,000	8,524	-0,974	-10,695
st 37	13,707	43,512	-24,307	0,000	0,000	19,205	-0,965	-11,301
st 38	14,331	43,519	-14,011	0,000	0,000	29,508	-0,950	-11,899
st 39	14,955	43,527	-4,383	0,000	0,000	39,144	-0,929	-12,485
st 40	15,579	43,534	0,000	0,000	0,000	43,534	-0,902	-13,056
st 41	16,203	43,542	0,000	0,000	0,000	43,542	-0,875	-13,611
st 42	16,827	43,549	0,000	0,000	0,000	43,549	-0,848	-14,149
st 43	17,451	43,557	0,000	0,000	0,000	43,557	-0,821	-14,669
st 44	18,075	43,564	0,000	0,000	0,000	43,564	-0,794	-15,173
st 45	18,699	43,572	0,000	0,000	0,000	43,572	-0,767	-15,660
st 46	19,322	43,579	0,000	0,000	0,000	43,579	-0,739	-16,129
st 47	19,946	43,587	0,000	0,000	0,000	43,587	-0,712	-16,582
st 48	20,570	43,594	0,000	0,000	0,000	43,594	-0,685	-17,018
st 49	21,194	43,602	0,000	0,000	0,000	43,602	-0,658	-17,437
st 50	21,818	43,609	0,000	0,000	0,000	43,609	-0,631	-17,839
st 51	22,442	43,617	0,000	0,000	0,000	43,617	-0,603	-18,224
st 52	23,066	43,624	0,000	0,000	0,000	43,624	-0,576	-18,592
st 53	23,690	43,632	0,000	0,000	0,000	43,632	-0,549	-18,943
st 54	24,313	43,639	0,000	0,000	0,000	43,639	-0,522	-19,277
st 55	24,937	43,647	0,000	0,000	0,000	43,647	-0,495	-19,594
st 56	25,561	43,654	0,000	0,000	0,000	43,654	-0,467	-19,894
st 57	26,185	43,662	0,000	0,000	0,000	43,662	-0,440	-20,177
st 58	26,809	49,747	0,000	0,000	0,000	49,747	-0,409	-20,442
st 59	27,433	49,767	0,000	0,000	0,000	49,767	-0,378	-20,688

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 60	28,057	49,774	0,000	0,000	0,000	49,774	-0,347	-20,914
st 61	28,681	49,782	-0,115	0,000	0,000	49,667	-0,316	-21,121
st 62	29,304	49,789	-9,278	0,000	0,000	40,512	-0,287	-21,309
st 63	29,928	49,797	-22,594	0,000	0,000	27,203	-0,266	-21,481
st 64	30,552	43,714	-37,786	0,000	0,000	5,928	-0,257	-21,644
st 65	31,176	43,722	-53,344	0,000	0,000	-9,622	-0,258	-21,804
st 66	31,800	43,729	-70,218	0,000	0,000	-26,488	-0,270	-21,968
st 67	32,424	43,737	-87,255	0,000	0,000	-43,519	-0,291	-22,143
st 68	33,048	43,744	-105,164	0,000	0,000	-61,420	-0,324	-22,334
st 69	33,672	43,752	-123,097	0,000	0,000	-79,345	-0,368	-22,549
st 70	34,296	43,759	-141,448	0,000	0,000	-97,689	-0,423	-22,796
st 71	34,919	43,767	-159,707	0,000	0,000	-115,940	-0,490	-23,080
st 72	35,543	43,774	-178,003	0,000	0,000	-134,229	0,432	-22,866
st 73	36,167	43,782	-196,069	0,000	0,000	-152,288	0,343	-22,623
st 74	36,791	43,789	-213,940	0,000	0,000	-170,151	0,242	-22,440
st 75	37,415	532,007	-231,353	0,000	0,000	300,654	0,235	-22,312
st 76	38,039	533,698	-248,456	0,000	0,000	285,242	0,418	-22,107
st 77	38,663	535,389	-264,765	0,000	0,000	270,624	0,592	-21,791
st 78	39,287	537,080	-280,715	0,000	0,000	256,365	0,756	-21,371
st 79	39,910	538,772	-291,857	0,000	0,000	246,914	0,912	-20,850
st 80	40,534	540,463	-292,008	0,000	0,000	248,455	1,069	-20,231
st 81	41,158	533,201	-292,129	0,000	0,000	241,072	1,222	-19,516
st 82	41,782	534,892	-292,239	0,000	0,000	242,653	1,372	-18,707
st 83	42,406	536,583	-292,338	0,000	0,000	244,245	1,524	-17,803
st 84	43,030	538,274	-292,427	0,000	0,000	245,847	1,677	-16,805
st 85	43,654	539,965	-292,507	0,000	0,000	247,458	1,831	-15,710
st 86	44,278	541,657	-292,578	0,000	0,000	249,079	1,986	-14,520
st 87	44,901	57,595	-292,638	0,000	0,000	-235,043	1,899	-13,295
st 88	45,525	57,734	-292,687	0,000	0,000	-234,953	1,752	-12,156
st 89	46,149	57,874	-292,724	0,000	0,000	-234,850	1,605	-11,109
st 90	46,773	58,013	-292,748	0,000	0,000	-234,735	1,459	-10,153
st 91	47,397	58,153	-292,758	0,000	0,000	-234,605	1,313	-9,288
st 92	48,021	58,293	-292,751	0,000	0,000	-234,458	1,166	-8,515
st 93	48,645	58,432	-292,726	0,000	0,000	-234,293	1,020	-7,833
st 94	49,269	58,572	-292,680	0,000	0,000	-234,109	0,874	-7,242
st 95	49,893	58,711	-292,613	0,000	0,000	-233,901	0,728	-6,742
st 96	50,516	58,851	-292,520	0,000	0,000	-233,669	0,584	-6,333
st 97	51,140	58,991	-292,399	0,000	0,000	-233,408	0,438	-6,015
st 98	51,764	231,283	-292,247	0,000	0,000	-60,964	0,321	-5,784
st 99	52,388	232,216	-292,062	0,000	0,000	-59,846	0,283	-5,596

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 100	53,012	233,063	-291,838	0,000	0,000	-58,775	0,246	-5,431
st 101	53,636	233,911	-291,573	0,000	0,000	-57,663	0,210	-5,289
st 102	54,260	234,758	-291,262	0,000	0,000	-56,504	0,174	-5,169
st 103	54,884	235,605	-290,900	0,000	0,000	-55,295	0,139	-5,071
st 104	55,507	233,175	-290,482	0,000	0,000	-57,307	0,104	-4,996
st 105	56,131	234,022	-285,175	0,000	0,000	-51,153	0,069	-4,942
st 106	56,755	234,870	-271,839	0,000	0,000	-36,970	0,042	-4,907
st 107	57,379	278,686	-258,139	0,000	0,000	20,547	0,048	-4,880
st 108	58,003	278,574	-244,036	0,000	0,000	34,538	0,066	-4,845
st 109	58,627	278,462	-229,790	0,000	0,000	48,672	0,092	-4,796
st 110	59,251	116,014	-215,307	0,000	0,000	-99,293	0,053	-4,745
st 111	59,875	115,623	-200,809	0,000	0,000	-85,186	-0,004	-4,730
st 112	60,499	115,233	-186,360	0,000	0,000	-71,128	-0,053	-4,749
st 113	61,122	104,454	-171,942	0,000	0,000	-67,489	-0,098	-4,796
st 114	61,746	103,985	-157,986	0,000	0,000	-54,001	-0,136	-4,870
st 115	62,370	95,987	-144,104	0,000	0,000	-48,117	-0,167	-4,965
st 116	62,994	95,270	-130,956	0,000	0,000	-35,685	-0,193	-5,078
st 117	63,618	94,733	-117,967	0,000	0,000	-23,234	-0,212	-5,204
st 118	64,242	94,196	-105,910	0,000	0,000	-11,714	-0,223	-5,340
st 119	64,866	91,127	-94,209	0,000	0,000	-3,082	-0,227	-5,481
st 120	65,490	104,245	-83,522	0,000	0,000	20,724	-0,217	-5,620
st 121	66,113	94,262	-73,447	0,000	0,000	20,815	-0,203	-5,752
st 122	66,737	93,136	-64,387	0,000	0,000	28,749	-0,188	-5,874
st 123	67,361	92,010	-56,205	0,000	0,000	35,805	-0,168	-5,985
st 124	67,985	90,884	-48,978	0,000	0,000	41,905	-0,143	-6,082
st 125	68,609	89,757	-42,864	0,000	0,000	46,893	-0,116	-6,163
st 126	69,233	88,631	-37,602	0,000	0,000	51,029	-0,085	-6,226
st 127	69,857	87,505	-33,616	0,000	0,000	53,889	-0,052	-6,269
st 128	70,481	86,379	-30,353	0,000	0,000	56,026	-0,018	-6,290
st 129	71,104	85,253	-28,434	0,000	0,000	56,819	0,017	-6,291
st 130	71,728	84,127	-27,101	0,000	0,000	57,025	0,061	-6,266
st 131	72,352	93,208	-27,083	0,000	0,000	66,125	0,099	-6,216
st 132	72,976	91,850	-27,525	0,000	0,000	64,325	0,140	-6,142
st 133	73,600	90,456	-29,173	0,000	0,000	61,283	0,179	-6,042
st 134	74,224	89,028	-31,183	0,000	0,000	57,845	0,216	-5,919
st 135	74,848	87,570	-34,226	0,000	0,000	53,344	0,251	-5,773
st 136	75,472	86,086	-37,549	0,000	0,000	48,537	0,283	-5,606
st 137	76,096	77,434	-41,677	0,000	0,000	35,757	0,311	-5,420
st 138	76,719	146,073	-46,010	0,000	0,000	100,063	0,362	-5,212
st 139	77,343	111,974	-50,889	0,000	0,000	61,085	0,401	-4,973

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 180	102,922	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 181	103,546	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 182	104,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 183	104,794	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 184	105,418	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 185	106,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 186	106,666	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 187	107,290	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 188	107,913	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 189	108,537	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 190	109,161	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 191	109,785	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 192	110,409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 193	111,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 194	111,657	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 195	112,281	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 196	112,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 197	113,528	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 198	114,152	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 199	114,776	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 98,767 m)		-12,67
Deck Edge (freeboard pos = 98,767 m)		-12,593
DF Vent. Habilitación*	Downflooding point	18,809
DF Vent. Cám. Máquinas*	Downflooding point	35,864
DF Puertas lat. Puente Gob. est*	Downflooding point	25,624
DF Puertas lat. Puente Gob. bab*	Downflooding point	25,488
DF Puerta acceso hab est	Downflooding point	6,944
DF Puerta acceso hab bab	Downflooding point	6,873

Longitudinal Strength calculation - PSV 8500 TPM – CONDICIÓN DE OLAS CON EL VALLE EN LA MITAD DE LA ESLORA DEL BUQUE

Loadcase - Condición de carga 6

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Simulate fluid movement

Analysis performed in Sinusoidal waves

Wavelength = 95,4 m; Wave Height = 15 m; Wave Phase Offset = 0

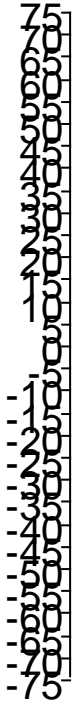
Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Cadena de anclas	1	2,150	2,150			88,000	88,000	88,000	0,000	10,700
Instalacion de aguas residuales	1	2,580	2,580			40,000	40,000	40,000	0,000	8,300
Voith	1	108,000	108,000			2,500	1,800	6,000	0,000	2,500
Generador de agua duce	1	1,520	1,520			50,000	50,000	50,000	0,000	8,300
Instalación eléctrica	1	48,472	48,472			40,000	0,000	95,400	0,000	6,000
Chimenea	1	8,240	8,240			71,400	71,400	71,400	0,000	26,000
Tuberías y bombas del casco	1	111,200	111,200			48,000	0,000	95,400	0,000	10,000
Tecles en cámara de máquinas	1	7,900	7,900			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Sistema contraincendios cámara de máquinas	1	4,660	4,660			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Tuberías y bombas en cámara de máquinas	1	34,100	34,100			65,000	51,800	71,800	0,000	6,000
Habilitación	1	300,000	300,000			76,400	65,000	95,400	0,000	17,500
Aire acondicionado	1	10,000	10,000			76,400	65,000	95,400	0,000	17,500
Equipo salvamento	1	13,000	13,000			76,400	76,400	76,400	0,000	18,000
Pintura	1	21,000	21,000			48,000	0,000	95,400	0,000	8,400
Restante armamento	1	253,330	253,330			48,000	0,000	95,400	0,000	6,000
,Maquinaria	1	569,610	569,610			65,000	56,800	76,800	0,000	6,000
Aceros	1	3756,000	3756,000			48,000	0,000	95,400	0,000	5,245
item	1	0,000	0,000			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Viveres	1	3,500	3,500			76,700	76,700	76,700	0,000	22,000
Tripulación	1	6,250	6,250			76,400	76,400	76,400	9,400	19,000
Viveres	1	3,500	3,500			76,700	76,700	76,700	0,000	22,000
Tripulación	1	6,250	6,250			76,400	76,400	76,400	9,400	19,000
Equipos recogida hidrocarburos	1	1000,000	1000,000			35,000	35,000	35,000	0,000	13,000
AR3	100%	302,798	302,798	295,412	295,412	7,500			0,000	9,500
Pique de popa	0%	53,856	0,000	52,543	0,000	50,418			-0,014	7,500
Pique de proa	0%	301,931	0,000	294,566	0,000	93,578			-0,005	0,411

Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
2AL1B	0%	107,268	0,000	104,651	0,000	37,173			-5,340	0,133
2AL1E	0%	107,268	0,000	104,651	0,000	37,173			5,331	0,133
2AL2B	0%	112,094	0,000	109,360	0,000	44,394			-5,341	0,065
2AL2E	0%	112,094	0,000	109,360	0,000	44,394			5,331	0,065
2AL3B	0%	112,463	0,000	109,720	0,000	51,547			-5,339	0,049
2AL3E	0%	112,463	0,000	109,720	0,000	51,547			5,329	0,049
2AL4B	0%	104,187	0,000	101,645	0,000	58,768			-5,340	0,049
2AL4E	0%	104,187	0,000	101,645	0,000	58,768			5,330	0,049
2AL5E	0%	48,613	0,000	47,427	0,000	15,982			7,535	3,555
2AL5B	0%	48,613	0,000	47,427	0,000	15,982			-7,544	3,555
2AL6E	0%	57,274	0,000	55,877	0,000	22,932			7,535	2,273
2AL6B	0%	57,274	0,000	55,877	0,000	22,932			-7,544	2,273
2AL7E	0%	66,405	0,000	64,785	0,000	29,951			7,540	1,500
2AL7B	0%	66,405	0,000	64,785	0,000	29,951			-7,997	1,500
2AL8B	0%	28,577	0,000	27,880	0,000	65,990			-5,339	0,076
2AL8E	0%	28,577	0,000	27,880	0,000	65,990			5,329	0,076
2AL9E	0%	42,523	0,000	41,486	0,000	5,994			7,535	5,282
2AL9B	0%	42,523	0,000	41,486	0,000	5,994			-7,545	5,282
0AL0C	0%	528,583	0,000	515,690	0,000	12,944			-7,539	5,800
0AL1C	0%	163,781	0,000	159,787	0,000	37,173			-3,484	0,098
0AL2C	0%	169,757	0,000	165,617	0,000	44,394			-3,437	0,028
0AL3C	0%	174,275	0,000	170,025	0,000	51,547			-3,190	0,007
0AL4C	0%	175,325	0,000	171,049	0,000	58,768			-2,086	0,000
0AL5C	0%	58,759	0,000	57,326	0,000	65,990			-1,677	0,004
0AL6C	0%	76,669	0,000	74,799	0,000	90,555			-0,005	0,052
0AL7C	0%	58,759	0,000	57,326	0,000	65,990			1,665	0,004
0AL8C	0%	153,745	0,000	149,995	0,000	71,997			-0,008	0,002
2AL10B	0%	84,256	0,000	82,201	0,000	65,990			-7,230	1,500
2AL10E	0%	84,256	0,000	82,201	0,000	65,990			7,134	1,500
2AL11B	0%	218,153	0,000	212,833	0,000	73,236			-5,632	1,500
2AL11E	0%	218,153	0,000	212,833	0,000	73,236			5,600	1,500
TOTAL AGUA DE LASTRE			6574,060			46,464			0,018	7,448
2AD1E	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	33,596			1,672	1,500
2AD1B	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	33,596			-7,534	1,500
2AD2E	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	37,173			1,667	1,500
2AD2B	0%	317,124	0,000	317,124	0,000	37,173			-7,539	1,500
TOTAL AGUA DULCE SUMINISTRO	0%	1268,496	0,000	1268,496	0,000	0,000			0,000	0,000
2BP1E	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	39,012			6,902	6,351
2BP1B	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	39,012			-6,907	6,351
2BP2E	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	42,612			6,902	6,351

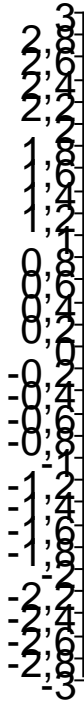
Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
2BP2B	97%	887,947	861,309	317,124	307,610	42,612			-6,907	6,351
TOTAL BARRO DE PERFORACIÓN	97%	3551,789	3445,235	1268,496	1230,441	40,812			-0,003	6,351
2DO1E	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	47,971			1,667	1,500
2DO1B	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	47,971			-7,539	1,500
2DO2E	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	51,547			1,667	1,500
2DO2B	0%	266,384	0,000	317,124	0,000	51,547			-7,539	1,500
3DO1C	0%	172,368	0,000	205,200	0,000	37,173			-1,666	5,800
TOTAL DIESEL OIL SUMINISTRO	0%	1237,905	0,000	1473,696	0,000	0,000			0,000	0,000
2SA1E	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	53,412			6,902	6,351
2SA1B	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	53,412			-6,907	6,351
2SA2E	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	57,012			6,902	6,351
2SA2B	97%	325,052	315,301	317,124	307,610	57,012			-6,907	6,351
TOTAL SALMUERA SUMINISTRO	97%	1300,208	1261,202	1268,496	1230,441	55,212			-0,003	6,351
CEMENTO1C	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	21,380			-0,030	4,000
CEMENTO2C	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	27,994			-0,025	4,000
CEMENTO1E	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	21,380			3,904	4,000
CEMENTO1B	0%	174,490	0,000	87,245	0,000	21,380			-3,963	4,000
CEMENTO2B	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	27,994			-3,958	4,000
CEMENTO2E	0%	174,832	0,000	87,416	0,000	27,994			3,909	4,000
TOTAL CEMENTO SECO SUMINISTRO	0%	1047,964	0,000	523,982	0,000	0,000			0,000	0,000
3DO2C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	40,940			-0,003	7,518
3DO3C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	48,140			-0,003	7,518
3DO4C	60%	172,368	103,421	205,200	123,120	55,340			-0,003	7,518
TOTAL DIESEL OIL CONSUMO	60%	517,104	310,262	615,600	369,360	48,140			-0,003	7,518
1ATCONSUM1E	60%	84,403	50,642	84,403	50,642	80,335			4,850	3,020
1ATCONSUM1B	60%	84,403	50,642	84,403	50,642	80,330			-4,853	3,020
TOTAL AGUA TÉCNICA CONSUMO	60%	168,805	101,283	168,805	101,283	80,333			-0,002	3,020
2DOUD1B	60%	12,461	7,477	14,835	8,901	61,458			-9,551	2,790
2DOUD1E	60%	12,461	7,477	14,835	8,901	61,878			9,549	2,790
TOTAL DIESEL OIL USO DIARIO	60%	24,923	14,954	29,670	17,802	61,668			-0,001	2,790
2DOSED1B	60%	18,277	10,966	21,758	13,055	63,317			-9,551	2,791
2DOSED1E	60%	18,277	10,966	21,758	13,055	63,737			9,549	2,791
TOTAL DIESEL OIL SEDIMENTACIÓN	60%	36,553	21,932	43,516	26,110	63,527			-0,001	2,791
3AULE	60%	20,504	12,302	22,287	13,372	59,658			9,549	7,510
3ALUB	60%	20,504	12,302	22,287	13,372	59,658			-9,551	7,510
TOTAL ACEITE LUBRICANTE	60%	41,008	24,605	44,574	26,744	59,658			-0,001	7,510
0ACSUC1C	60%	15,163	9,098	16,482	9,889	59,950			-0,010	0,454
TOTAL ACEITE SUCIO	60%	15,163	9,098	16,482	9,889	59,950			-0,010	0,454
3AHB	60%	19,901	11,941	21,631	12,979	61,332			-9,551	7,510
TOTAL ACEITE HIDRÁULICO	60%	19,901	11,941	21,631	12,979	61,332			-9,551	7,510

Item Name	Quantit y	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
2LODOS1B	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	64,904			-9,950	2,790
TOTAL LODOS	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	64,904			-9,950	2,790
0SENT1C	60%	37,387	22,432	37,387	22,432	63,755			-0,010	0,468
2DECANTSENT1E	60%	6,450	3,870	6,450	3,870	65,324			9,950	2,790
TOTAL AGUA DE SENTINAS	60%	43,837	26,302	43,837	26,302	63,986			1,455	0,809
0DIS1C	60%	37,569	22,541	46,961	28,176	77,809			-0,069	0,660
TOTAL DISPERSANTE	60%	37,569	22,541	46,961	28,176	77,809			-0,069	0,660
0UREA1C	60%	96,867	58,120	73,384	44,030	74,086			-0,113	0,626
TOTAL UREA	60%	96,867	58,120	73,384	44,030	74,086			-0,113	0,626
2WATERMIST1B	100%	23,116	23,116	23,116	23,116	28,102			-11,004	6,506
TOTAL WATERMIST	100%	23,116	23,116	23,116	23,116	28,102			-11,004	6,506
2AGUACALIENTE1E	0%	78,757	0,000	78,757	0,000	29,951			7,134	1,500
TOTAL AGUA CALIENTE LAVADO DE T	0%	78,757	0,000	78,757	0,000	0,000			0,000	0,000
2AGE	60%	22,945	13,767	22,945	13,767	59,979			9,549	2,791
TOTAL AGUAS GRISES	60%	22,945	13,767	22,945	13,767	59,979			9,549	2,791
2ANB	60%	18,791	11,275	18,791	11,275	59,763			-9,551	2,791
TOTAL AGUAS NEGRAS	60%	18,791	11,275	18,791	11,275	59,763			-9,551	2,791
3ADCONS1E	60%	74,866	44,920	74,866	44,920	78,343			6,890	7,927
3ADCONS1B	60%	74,866	44,920	74,866	44,920	78,342			-6,895	7,927
TOTAL AGUA DULCE CONSUMO	60%	149,732	89,839	149,732	89,839	78,342			-0,003	7,927
Total Loadcase			12023,402	11287,285	3560,838	46,660			-0,021	6,894

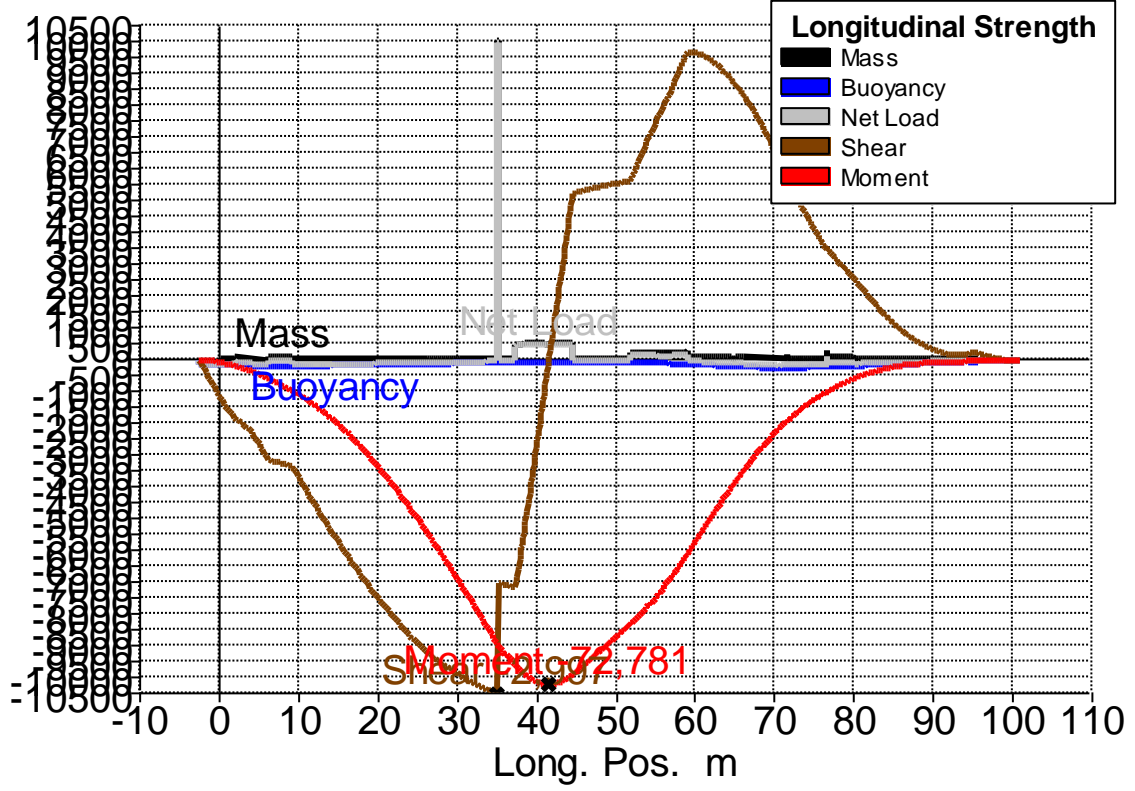
Moment $\times 10^3$ tonne.m



Shear $\times 10^3$ tonne



Load t/m



Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 0	-9,376	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 1	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 2	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 3	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 4	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 5	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 6	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 7	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 8	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 9	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 10	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 11	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 12	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 13	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 14	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 15	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 16	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 17	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 18	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 19	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 20	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 21	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 22	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 23	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 24	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 25	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 26	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 27	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 28	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 29	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 30	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 31	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 32	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 33	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 34	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 35	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 36	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 37	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 38	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 39	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 40	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 41	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 42	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 43	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 44	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 45	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 46	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 47	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 48	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 49	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 50	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 51	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 52	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 53	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 54	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 55	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 56	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 57	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 58	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 59	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 60	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 61	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 62	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 63	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 64	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 65	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 66	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 67	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 68	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 69	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 70	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 71	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 72	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 73	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 74	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 75	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 76	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 77	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 78	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 79	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 80	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 81	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 82	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 83	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 84	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 85	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 86	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 87	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 88	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 89	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 90	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 91	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 92	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 93	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 94	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 95	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 96	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 97	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 98	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 99	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 100	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 101	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 102	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 103	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 104	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 105	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 106	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 107	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 108	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 109	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 110	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 111	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 112	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 113	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 114	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 115	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 116	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 117	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 118	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 119	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 120	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 121	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 122	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 123	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 124	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 125	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 126	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 127	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 128	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 129	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 130	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 131	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 132	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 133	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 134	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 135	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 136	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 137	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 138	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 139	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 140	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 141	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 142	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 143	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 144	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 145	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 146	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 147	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 148	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 149	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 150	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 151	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 152	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 153	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 154	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 155	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 156	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 157	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 158	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 159	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 160	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 161	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 162	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 163	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 164	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 165	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 166	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 167	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 168	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 169	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 170	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 171	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 172	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 173	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 174	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 175	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 176	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 177	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 178	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 179	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 180	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 181	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 182	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 183	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 184	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 185	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 186	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 187	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 188	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 189	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 190	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 191	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 192	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 193	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 194	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 195	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 196	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 197	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 198	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 199	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 200	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 201	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 202	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 203	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 204	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 205	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 206	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 207	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 208	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 209	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 210	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 211	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 212	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 213	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 214	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 215	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 216	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 217	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 218	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 219	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 220	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 221	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 222	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 223	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 224	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 225	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 226	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 227	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 228	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 229	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 230	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 231	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 232	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 233	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 234	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 235	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 236	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 237	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 238	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 239	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 240	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 241	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 242	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 243	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 244	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 245	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 246	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 247	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 248	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 249	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 250	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 251	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 252	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 253	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 254	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 255	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 256	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 257	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 258	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 259	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 260	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 261	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 262	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 263	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 264	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 265	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 266	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 267	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 268	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 269	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 270	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 271	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 272	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 273	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 274	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 275	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 276	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 277	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 278	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 279	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 280	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 281	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 282	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 283	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 284	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 285	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 286	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 287	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 288	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 289	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 290	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 291	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 292	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 293	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 294	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 295	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 296	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 297	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 298	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 299	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 300	0,000	21,674	-139,090	0,000	0,000	-117,417	-0,343	-0,444
st 1	-8,752	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 2	-8,128	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 3	-7,504	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 4	-6,881	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 5	-6,257	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 6	-5,633	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 7	-5,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 8	-4,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 9	-3,761	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 10	-3,137	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 11	-2,513	0,000	-121,032	0,000	0,000	-121,032	-0,015	-0,002
st 12	-1,890	0,000	-125,981	0,000	0,000	-125,981	-0,093	-0,035
st 13	-1,266	0,000	-130,668	0,000	0,000	-130,668	-0,173	-0,118
st 14	-0,642	0,000	-134,966	0,000	0,000	-134,966	-0,255	-0,252
st 15	-0,018	0,000	-138,986	0,000	0,000	-138,986	-0,341	-0,438
st 16	0,606	43,355	-142,642	0,000	0,000	-99,287	-0,403	-0,670
st 17	1,230	43,362	-146,016	0,000	0,000	-102,654	-0,466	-0,941
st 18	1,854	119,197	-149,044	0,000	0,000	-29,847	-0,526	-1,252
st 19	2,478	103,925	-151,797	0,000	0,000	-47,872	-0,551	-1,587

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 20	3,101	88,654	-154,215	0,000	0,000	-65,561	-0,586	-1,942
st 21	3,725	73,383	-156,376	0,000	0,000	-82,993	-0,633	-2,322
st 22	4,349	58,112	-158,205	0,000	0,000	-100,093	-0,690	-2,734
st 23	4,973	42,841	-159,803	0,000	0,000	-116,963	-0,757	-3,185
st 24	5,597	27,569	-161,069	0,000	0,000	-133,500	-0,836	-3,682
st 25	6,221	144,355	-162,137	0,000	0,000	-17,782	-0,895	-4,227
st 26	6,845	144,362	-162,867	0,000	0,000	-18,505	-0,907	-4,790
st 27	7,469	144,370	-163,439	0,000	0,000	-19,069	-0,919	-5,359
st 28	8,093	144,377	-163,664	0,000	0,000	-19,287	-0,930	-5,936
st 29	8,716	144,384	-163,773	0,000	0,000	-19,389	-0,943	-6,521
st 30	9,340	43,460	-163,526	0,000	0,000	-120,067	-0,989	-7,119
st 31	9,964	43,467	-163,208	0,000	0,000	-119,741	-1,064	-7,760
st 32	10,588	43,475	-162,526	0,000	0,000	-119,051	-1,138	-8,447
st 33	11,212	43,482	-161,814	0,000	0,000	-118,332	-1,212	-9,181
st 34	11,836	43,490	-160,734	0,000	0,000	-117,244	-1,286	-9,960
st 35	12,460	43,497	-159,645	0,000	0,000	-116,148	-1,359	-10,785
st 36	13,084	43,504	-158,225	0,000	0,000	-114,720	-1,431	-11,656
st 37	13,707	43,512	-156,786	0,000	0,000	-113,274	-1,502	-12,571
st 38	14,331	43,519	-155,074	0,000	0,000	-111,555	-1,572	-13,530
st 39	14,955	43,527	-153,323	0,000	0,000	-109,796	-1,641	-14,532
st 40	15,579	43,534	-151,357	0,000	0,000	-107,822	-1,709	-15,577
st 41	16,203	43,542	-149,332	0,000	0,000	-105,790	-1,776	-16,665
st 42	16,827	43,549	-147,149	0,000	0,000	-103,599	-1,841	-17,793
st 43	17,451	43,557	-144,889	0,000	0,000	-101,332	-1,905	-18,962
st 44	18,075	43,564	-142,526	0,000	0,000	-98,961	-1,967	-20,170
st 45	18,699	43,572	-140,074	0,000	0,000	-96,502	-2,028	-21,417
st 46	19,322	43,579	-137,563	0,000	0,000	-93,984	-2,088	-22,701
st 47	19,946	43,587	-134,962	0,000	0,000	-91,375	-2,146	-24,022
st 48	20,570	43,594	-132,334	0,000	0,000	-88,739	-2,202	-25,378
st 49	21,194	43,602	-129,627	0,000	0,000	-86,025	-2,256	-26,769
st 50	21,818	43,609	-126,910	0,000	0,000	-83,300	-2,309	-28,194
st 51	22,442	43,617	-124,138	0,000	0,000	-80,521	-2,360	-29,651
st 52	23,066	43,624	-121,362	0,000	0,000	-77,737	-2,410	-31,139
st 53	23,690	43,632	-118,564	0,000	0,000	-74,932	-2,457	-32,657
st 54	24,313	43,639	-115,757	0,000	0,000	-72,118	-2,503	-34,205
st 55	24,937	43,647	-112,964	0,000	0,000	-69,317	-2,547	-35,781
st 56	25,561	43,654	-110,160	0,000	0,000	-66,506	-2,590	-37,383
st 57	26,185	43,662	-107,391	0,000	0,000	-63,729	-2,630	-39,012
st 58	26,809	49,747	-104,617	0,000	0,000	-54,870	-2,665	-40,664
st 59	27,433	49,767	-101,880	0,000	0,000	-52,113	-2,699	-42,338

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 60	28,057	49,774	-99,152	0,000	0,000	-49,377	-2,730	-44,032
st 61	28,681	49,782	-96,444	0,000	0,000	-46,662	-2,760	-45,745
st 62	29,304	49,789	-93,762	0,000	0,000	-43,973	-2,789	-47,476
st 63	29,928	49,797	-91,061	0,000	0,000	-41,264	-2,815	-49,224
st 64	30,552	43,714	-88,404	0,000	0,000	-44,689	-2,844	-50,990
st 65	31,176	43,722	-85,664	0,000	0,000	-41,942	-2,871	-52,773
st 66	31,800	43,729	-82,985	0,000	0,000	-39,255	-2,896	-54,572
st 67	32,424	43,737	-80,155	0,000	0,000	-36,419	-2,920	-56,386
st 68	33,048	43,744	-77,381	0,000	0,000	-33,636	-2,941	-58,215
st 69	33,672	43,752	-74,415	0,000	0,000	-30,663	-2,961	-60,057
st 70	34,296	43,759	-71,505	0,000	0,000	-27,746	-2,980	-61,910
st 71	34,919	43,767	-68,419	0,000	0,000	-24,652	-2,996	-63,774
st 72	35,543	43,774	-65,429	0,000	0,000	-21,655	-2,010	-65,105
st 73	36,167	43,782	-62,342	0,000	0,000	-18,560	-2,023	-66,364
st 74	36,791	43,789	-59,410	0,000	0,000	-15,620	-2,034	-67,630
st 75	37,415	526,390	-56,494	0,000	0,000	469,896	-1,939	-68,889
st 76	38,039	530,111	-53,772	0,000	0,000	476,339	-1,644	-70,008
st 77	38,663	533,832	-51,177	0,000	0,000	482,656	-1,345	-70,941
st 78	39,287	537,553	-48,790	0,000	0,000	488,764	-1,042	-71,685
st 79	39,910	541,275	-46,619	0,000	0,000	494,655	-0,735	-72,240
st 80	40,534	544,996	-44,651	0,000	0,000	500,345	-0,422	-72,601
st 81	41,158	528,969	-42,973	0,000	0,000	485,996	-0,115	-72,768
st 82	41,782	532,690	-41,479	0,000	0,000	491,211	0,190	-72,745
st 83	42,406	536,411	-40,336	0,000	0,000	496,076	0,498	-72,531
st 84	43,030	540,133	-39,356	0,000	0,000	500,777	0,809	-72,124
st 85	43,654	543,854	-38,777	0,000	0,000	505,076	1,123	-71,522
st 86	44,278	547,575	-38,345	0,000	0,000	509,230	1,439	-70,723
st 87	44,901	56,804	-38,358	0,000	0,000	18,446	1,511	-69,788
st 88	45,525	57,102	-38,503	0,000	0,000	18,599	1,522	-68,843
st 89	46,149	57,401	-39,128	0,000	0,000	18,273	1,534	-67,890
st 90	46,773	57,700	-39,878	0,000	0,000	17,822	1,545	-66,930
st 91	47,397	57,999	-41,134	0,000	0,000	16,865	1,556	-65,963
st 92	48,021	58,298	-42,513	0,000	0,000	15,785	1,566	-64,989
st 93	48,645	58,597	-44,408	0,000	0,000	14,189	1,575	-64,009
st 94	49,269	58,896	-46,436	0,000	0,000	12,460	1,584	-63,024
st 95	49,893	59,195	-48,975	0,000	0,000	10,219	1,591	-62,034
st 96	50,516	59,493	-51,663	0,000	0,000	7,831	1,598	-61,039
st 97	51,140	59,792	-54,844	0,000	0,000	4,949	1,602	-60,042
st 98	51,764	228,611	-58,195	0,000	0,000	170,416	1,632	-59,039
st 99	52,388	230,387	-62,006	0,000	0,000	168,381	1,737	-57,988

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 100	53,012	232,079	-66,014	0,000	0,000	166,065	1,842	-56,872
st 101	53,636	233,770	-70,434	0,000	0,000	163,337	1,944	-55,691
st 102	54,260	235,462	-75,081	0,000	0,000	160,381	2,045	-54,446
st 103	54,884	237,153	-80,076	0,000	0,000	157,077	2,144	-53,140
st 104	55,507	231,615	-85,329	0,000	0,000	146,286	2,239	-51,772
st 105	56,131	233,307	-90,855	0,000	0,000	142,452	2,329	-50,347
st 106	56,755	234,998	-96,667	0,000	0,000	138,331	2,417	-48,867
st 107	57,379	279,659	-102,663	0,000	0,000	176,996	2,527	-47,326
st 108	58,003	280,391	-108,969	0,000	0,000	171,422	2,636	-45,716
st 109	58,627	281,123	-115,366	0,000	0,000	165,757	2,741	-44,038
st 110	59,251	115,561	-122,080	0,000	0,000	-6,520	2,768	-42,314
st 111	59,875	115,680	-128,807	0,000	0,000	-13,128	2,761	-40,589
st 112	60,499	115,798	-135,823	0,000	0,000	-20,025	2,751	-38,870
st 113	61,122	103,579	-142,795	0,000	0,000	-39,216	2,731	-37,160
st 114	61,746	103,526	-149,994	0,000	0,000	-46,468	2,704	-35,464
st 115	62,370	95,593	-157,114	0,000	0,000	-61,521	2,671	-33,787
st 116	62,994	94,995	-164,392	0,000	0,000	-69,396	2,630	-32,134
st 117	63,618	94,794	-171,615	0,000	0,000	-76,820	2,585	-30,507
st 118	64,242	94,593	-178,891	0,000	0,000	-84,298	2,534	-28,910
st 119	64,866	91,498	-186,114	0,000	0,000	-94,616	2,479	-27,346
st 120	65,490	104,866	-193,284	0,000	0,000	-88,418	2,426	-25,817
st 121	66,113	94,262	-200,389	0,000	0,000	-106,127	2,366	-24,322
st 122	66,737	93,136	-207,358	0,000	0,000	-114,222	2,297	-22,868
st 123	67,361	92,010	-214,236	0,000	0,000	-122,226	2,224	-21,458
st 124	67,985	90,884	-220,917	0,000	0,000	-130,033	2,145	-20,095
st 125	68,609	89,757	-227,458	0,000	0,000	-137,700	2,061	-18,783
st 126	69,233	88,631	-233,767	0,000	0,000	-145,136	1,973	-17,524
st 127	69,857	87,505	-239,880	0,000	0,000	-152,375	1,880	-16,322
st 128	70,481	86,379	-243,663	0,000	0,000	-157,284	1,783	-15,179
st 129	71,104	85,253	-239,805	0,000	0,000	-154,552	1,686	-14,098
st 130	71,728	84,127	-235,611	0,000	0,000	-151,484	1,599	-13,073
st 131	72,352	91,161	-231,241	0,000	0,000	-140,080	1,507	-12,105
st 132	72,976	90,638	-226,702	0,000	0,000	-136,063	1,421	-11,192
st 133	73,600	90,040	-222,000	0,000	0,000	-131,960	1,337	-10,332
st 134	74,224	89,366	-217,143	0,000	0,000	-127,777	1,256	-9,523
st 135	74,848	88,620	-212,142	0,000	0,000	-123,522	1,178	-8,764
st 136	75,472	87,802	-207,007	0,000	0,000	-119,205	1,102	-8,053
st 137	76,096	76,466	-201,750	0,000	0,000	-125,284	1,028	-7,389
st 138	76,719	145,499	-196,383	0,000	0,000	-50,884	0,982	-6,763
st 139	77,343	109,789	-190,921	0,000	0,000	-81,131	0,929	-6,168

Name	Long. Pos. m	Mass t/m	Buoyancy t/m	Grounding t/m	Damage/NBV t/m	Net Load t/m	Shear x10 ³ tonne	Moment x10 ³ tonne.m
st 180	102,922	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 181	103,546	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 182	104,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 183	104,794	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 184	105,418	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 185	106,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 186	106,666	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 187	107,290	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 188	107,913	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 189	108,537	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 190	109,161	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 191	109,785	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 192	110,409	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 193	111,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 194	111,657	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 195	112,281	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 196	112,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 197	113,528	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 198	114,152	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
st 199	114,776	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 98,767 m)		-17,455
Deck Edge (freeboard pos = 98,767 m)		-17,379
DF Vent. Habilitación*	Downflooding point	10,409
DF Vent. Cám. Máquinas*	Downflooding point	25,807
DF Puertas lat. Puente Gob. est*	Downflooding point	16,669
DF Puertas lat. Puente Gob. bab*	Downflooding point	16,603
DF Puerta acceso hab est	Downflooding point	4,659
DF Puerta acceso hab bab	Downflooding point	4,625

