

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**ANTEPROYECTO PETROLERO DE  
PRODUCTOS DE 31.500 m<sup>3</sup>**

**José Antonio DE LA FLOR PRADA**



**Centro: E. U. I. T. NAVAL**  
**Titulación: I. T. NAVAL**  
**Fecha: Enero 2012**



## **AVISO IMPORTANTE:**

El único responsable del contenido de este proyecto es el alumno que lo ha realizado.

La Universidad de Cádiz, La Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval, los Departamentos a los que pertenecen el profesor tutor y los miembros del Tribunal de Proyectos Fin de Carrera así como el mismo profesor tutor **NO SON RESPONSABLES DEL CONTENIDO DE ESTE PROYECTO.**

Los proyectos fin de carrera pueden contener errores detectados por el Tribunal de Proyectos Fin de Carrera y que estos no hayan sido implementados o corregidos en la versión aquí expuesta.

La calificación de los proyectos fin de carrera puede variar desde el aprobado (5) hasta la matrícula de honor (10), por lo que el tipo y número de errores que contienen puede ser muy diferentes de un proyecto a otro.

Este proyecto fin de carrera está redactado y elaborado con una finalidad académica y nunca se deberá hacer uso profesional del mismo, ya que puede contener errores que podrían poner en peligro vidas humanas.

Fdo. La Comisión de Proyectos de Fin de Carrera  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval  
Universidad de Cádiz

## INDICE

● CAPITULO 0. INTRODUCCION	1
- Descripción de los petroleros de productos	1
- Espiral de diseño	3
● CAPITULO 1. PROYECTO CONCEPTUAL	5
- Datos técnicos, económicos y requerimientos	5
- Requerimientos de la capacidad de carga	5
- Criterios aplicados	8
- Factores limitativos en la explotación del buque	9
● CAPITULO 2. PROYECTO PRELIMINAR	13
- Introducción	13
- Estudio estadístico	13
- Regresiones	13
- Cálculos de ARQNAVAL	16
- Predimensionamiento	17
● CAPITULO 3. DISEÑO DE FORMAS	19
- Introducción	19
- Análisis de las formas: extremos de proa y popa	19
- Cálculos de formas: coeficientes de la carena	22
- Plano de formas	32
● CAPITULO 4. ESCANTILLONADO PRELIMINAR	33
- Introducción	33
- Configuración geométrica y estructural	33
- Zona de carga	33
- Otras zonas	34
- Espaciado entre cuadernas	34
● CAPITULO 5. DISPOSICION GENERAL	36
- Introducción	36
- Dimensiones principales	36
● CAPITULO 6. ESCANTILLONADO CUADERNA MAESTRA	46
- Introducción	46
- Reglamento aplicable	46
- Materiales a emplear	48
- Parámetros de escantillonado	48
- Requisitos mínimos de la CSR	49
- Escantillonado de la cuaderna maestra	52
● CAPITULO 7. ESTIMACION DE LA POTENCIA PROPULSORA	66
- Introducción	66
- Estimación potencia propulsora	66
- Estimación diámetro de la hélice	68
● CAPITULO 8. SISTEMAS DE ABORDO	72
- Equipo de gobierno	72
- Equipo de fondeo	75

- Equipo de amarre	79
- Equipo de salvamento	85
- Equipo de carga y descarga	90
- Equipo de navegación y comunicaciones	92
- Planta eléctrica	96
• CAPITULO 9. ESTUDIO DE PESOS	112
- Introducción	112
- Peso y centro de gravedad del acero	114
- Peso y centro de gravedad del equipo y habilitación	121
- Peso y centro de gravedad de la maquinaria	129
• CAPITULO 10. CONDICIONES DE CARGA	132
- Introducción	132
- Situaciones de carga a estudiar	132
• CAPITULO 11. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD	134
• CAPITULO 12. ESTUDIO DE ESTABILIDAD	136
• CAPITULO 13. RESISTENCIA LONGITUDINAL	139
• CAPITULO 14. MANIOBRABILIDAD	141
- Introducción	141
- Estimación de las características de maniobrabilidad reguladas por la IMO.	142
- Estimación de la capacidad de parada del buque.	144
- Proyecto de timones.	145
• CAPITULO 15. FRANCOBORDO Y ARQUEO	149
- Introducción	149
- Francobordo	149
- Arqueo	156
• CAPITULO 16. PRESUPUESTO	161
• CONCLUSIONES	185
• BIBLIOGRAFIA	186

## CAPITULO 0: INTRODUCCION

### Descripción de los petroleros de productos

Se entiende por petrolero de productos al buque proyectado para el transporte de diversos productos refinados del petróleo. Ordinariamente, no transportan otros tipos de productos químicos en estado líquido, si bien tal eventualidad podría tenerse en cuenta en la etapa de proyecto, al menos como posibles cargas parciales en ciertos tanques, resultando un buque de doble uso.

Los petroleros de productos se han clasificado en dos grandes grupos según el tipo de tráfico a que vayan a dedicarse:

- Productos negros (sucios)
- Productos blancos (limpios)

Los primeros son de utilización más diversificada, en el sentido que podrían transportar crudos e incluso productos blancos. Los petroleros de productos blancos normalmente operan exclusivamente en este tráfico como buques especializados.

Para los productos de transportes negros hay que considerar varios puntos:

1. Capacidad de transportar y segregar una amplia variedad de productos en parcelas de diferente tamaño, siendo aquellos de diferentes grados.
2. Volúmenes de tanques de carga suficiente para la carga más ligera a transportar.
3. Disponer un sistema de calefacción de la carga que permita alcanzar temperaturas de hasta 75°C en el transporte de productos como fuel pesado, aceite y otros, necesaria para el trasiego de estos productos.

En el transporte de productos blancos es necesaria la condición 1 y 2.

Inicialmente hay que abordar el problema de disponer un volumen suficientemente amplio para la carga que permita transportar los productos más ligeros sin problema a la hora de alcanzar el disco de francobordo y permitir mayor flexibilidad en la distribución de las parcelas.

En buques de cierto porte, una cifra realista del peso específico para dimensionar el volumen de tanques de carga estará entre 0,7 y 1.

La segregación de la carga es el término sobre el que se ha abusado más en la explotación de los petroleros de productos. Estrictamente, segregar una carga es asegurar necesariamente que no se contamine por cualquier otra carga. Como en la práctica los servicios raramente se limpian por completo durante las operaciones de carga/descarga, la auténtica segregación solo existe si hay un servicio de bombas y tuberías para cada clase de carga.

Las compañías petrolíferas, para sus contratos de charter, exigen 4 segregaciones y disposición del servicio de carga para que puedan descargarse 2 productos sin contaminación en las tuberías.

Inicialmente, hay que abordar el problema de disponer de un volumen suficientemente amplio para la carga que permita transportar los productos más ligeros sin problemas a la hora de alcanzar el disco de francobordo y permitir mayor flexibilidad en la distribución de las parcelas.

Este buque va a estar destinado al transporte de productos ligeros del petróleo, también denominados “limpios” o “blancos”, y que son: gasolinas, gasóleos, naftas y querosenos. Estos productos son los más ligeros, con un rango de densidades entre 0,63 y 0,9, y como consecuencia los petroleros de productos tienden a ser buques de volumen. Así mismo, son carga de gran valor, que exigen tanques revestidos y una correcta segregación que evite la contaminación de un producto con residuos de otro.

Generalmente, los productos refinados del petróleo son transportados con tres objetivos diferentes:

- 1) Distribución: Transporte relativamente corto, desde la refinería hasta los distintos consumidores.
- 2) Compensación o equilibrado: Transporte, normalmente corto o medianamente largo, de ciertos productos, cuyo exceso de demanda en un área se equilibra con un exceso de producción en otra.
- 3) Pre-distribución: Normalmente supone un transporte de largo recorrido, desde las refinerías localizadas en las zonas de producción hasta las naciones industrializadas consumidoras.

## Espiral de diseño

El método usado para el diseño del buque será la espiral de diseño. Este consiste en la toma de decisiones de actuación de parámetros en beneficio del diseño del buque, que posteriormente serán revisadas y puede que reajustadas para llegar al ajuste más adecuado a los objetivos programados del diseño del buque.

Aquí tenemos un grafico donde podemos ver sus componentes básicos.





## CAPITULO 1. PROYECTO CONCEPTUAL

### DATOS TECNICOS, ECONOMICOS Y REQUERIMIENTOS.

**Tutor:** Antonio de Querol Sahagún

**Tipo de buque:** Petrolero de productos.

**Tipos de carga:** Productos ligeros del petróleo.

**Número de buques a construir:** 1

**Vida útil:** 20 años

**Volumen de tanques de carga:** 31500 m<sup>3</sup>

**Clasificación:** Lloyd's Register of Shipping, Julio 2010

**Autonomía:** 2800 millas.

**Tripulación:** 22 tripulantes.

### REQUERIMIENTOS DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Al ser un buque de poca capacidad de carga, hemos decidido agrupar al buque en cuestión en el primer grupo. Para ello le daremos una autonomía suficiente para realizar rutas por los distintos puertos y refinerías españolas. Como ruta prefijada tendrá el transporte de Gasolina y Queroseno entre Huelva, Algeciras y Cartagena, pero será posible su navegación hasta la costa cantábrica (Bilbao) o hasta Barcelona, si así lo desease el Armador.

Una vez definida la misión a la que se va a destinar nuestro buque, hemos analizado las restantes especificaciones de proyecto para identificar otras exigencias que puedan determinar nuestras opciones de diseño. En nuestro caso, la única exigencia es el volumen de tanques, que es de 31500 m<sup>3</sup>. Con este dato vamos a calcular la densidad media de la carga a transportar, sirviéndonos de algunos datos de otros buques semejantes y del programa ARQNAVAL.

Para el cálculo de la densidad media de nuestro buque hemos utilizado la fórmula del peso muerto. Los datos que necesitamos los hemos obtenido de nuestro estudio estadístico.

La fórmula del peso muerto sería:

$$TPM = (V_{\text{carga}} \times \rho_{\text{carga}}) + P_{\text{combustible}} + P_{\text{aceite}} + P_{\text{pertrechos}} + P_{\text{tripulación}} + P_{\text{víveres}} + P_{\text{agua}}$$

Por lo que:

$$\rho_{\text{carga}} = \left( \frac{TPM - (P_{\text{combustible}} + P_{\text{aceite}} + P_{\text{pertrechos}} + P_{\text{tripulación}} + P_{\text{víveres}} + P_{\text{agua}})}{V_{\text{carga}}} \right)$$

Para el peso del combustible hemos optado por un peso en comparación con los demás buques estudiados.

**$P_{\text{combustible}} = 500$  toneladas**

El peso del aceite lo hemos calculado teniendo en cuenta únicamente el destinado al servicio de lubricación. Hemos seguido la recomendación del libro “Proyecto básico del buque mercante” y hemos supuesto un peso del aceite del 8% del peso del combustible, por lo tanto:

**$P_{\text{aceite}} = 40$  toneladas**

Para el peso de la tripulación, hemos considerado un peso de 125 kg por persona, con lo que obtenemos un valor total de:

**$P_{\text{tripulación}} = 2,75$  toneladas**

El peso de los pertrechos varía normalmente entre 10 y 100 toneladas (Proyecto básico del buque mercante). Basándonos en que el buque realizará trayectos cortos, hemos optado por incluir en esta categoría un peso de:

**$P_{\text{pertrechos}} = 25$  toneladas**

El peso de los víveres depende de la singladura más larga que vayamos a realizar, y por tanto de las exigencias del armador. Dado que los viajes serán cortos, hemos decidido despreciar este valor en los cálculos.

El peso de agua potable, basándonos en proyectos de buques semejantes, ha sido fijada en :

**$P_{\text{agua}} = 400$  toneladas**

Para el dato de Peso Muerto, hemos optado por elegir una cifra intermedia entre los buques semejantes estudiados y lo obtenido por ARQNAVAL.

$$\mathbf{TPM = 26500}$$

Entrando con todos estos valores en la expresión del peso muerto, obtenemos el valor de densidad de la carga:

$$\rho_{\text{carga}} = \left( \frac{\text{TPM} - (\text{P combustible} + \text{P aceite} + \text{P pertrechos} + \text{P tripulación} + \text{P víveres} + \text{Pagua})}{V_{\text{carga}}} \right)$$

$$= \left( \frac{26500 - (500 + 40 + 15 + 2,75 + 400)}{31500} \right) = \mathbf{0,810 \text{ t/m}^3}$$

$$\rho_{\text{carga}} = \mathbf{0,81 \text{ t/m}^3}$$

Teniendo este dato, podemos compararlo con los valores de los pesos específicos de los diferentes productos ligeros del petróleo.

PRODUCTO	PESO ESPECÍFICO
Gasóleo A	0,82 - 0,85
Gasolina	0,720 - 0,775
Queroseno	0,791 - 0,808
Nafta	0,73

De aquí, sacamos la conclusión de que nuestro buque sólo podrá cargar nafta, gasolina o queroseno al 100% de su volumen de carga. No podría llevar todo la carga de Gasóleo A, pero este caso, debido a la segregación de tanques y al número de tanques disponibles, es una opción prácticamente improbable.

Con el fin de dotar al buque de una mayor flexibilidad en explotación comercial, hemos decidido establecer un número de 14 tanques, divididos en parejas de 2 separados por un mamparo longitudinal corrugado. Así cada tanque poseerá un conjunto de bombas que permitirá la carga y descarga sin riesgo de ser contaminado por otros productos.

Por el mismo motivo de explotación comercial, el número de segregaciones será de 4. Esta capacidad de diferenciación de la carga, en consonancia con la tendencia actual en este tipo de buques, permitirá el transporte simultáneo de los 4 tipos de productos ligeros del petróleo.

## CRITERIOS APLICADOS

Se recogen a continuación algunos de los criterios que han sido aplicados en diferentes apartados del proyecto y que, por su generalidad, conviene mencionar aquí:

### 1. Espiral de proyecto.

La metodología general de este proyecto está basada en la conocida "Espiral de Proyecto", según la cual las decisiones tomadas en una primera fase serán analizadas de nuevo en fases posteriores hasta lograr que todos los parámetros adoptados se correspondan y estén de acuerdo con el resto.

### 2. Coeficientes.

Salvo que se diga otra cosa, los coeficientes del buque están referidos a la eslora entre perpendiculares (LPP).

### 3. Densidades utilizadas:

- ✓ Agua dulce 1,000 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Agua Salada 1,027 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Queroseno 0,795 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Aceite 0,900 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Gasolina 0.75 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Diesel-Oil 0,850 t/m<sup>3</sup>
- ✓ Densidad de la Carga. La necesidad de transportar cuatro segregaciones diferentes de carga, de distintas densidades, obliga a establecer algún tipo de criterio al respecto. En general, en aquellos cálculos en los que intervenga de algún modo la densidad de la carga o el peso de la carga transportada, se ha decidido trabajar con una densidad media, cuya estimación se ha realizado considerando el peso del resto de cargas incluidas en el peso muerto, y el volumen de los tanques de carga

### 4. Soluciones estructurales.

- ✓ Estructura longitudinal en la zona de carga y transversal en los piques de proa y popa y en Cámara de Máquinas.
- ✓ Mamparo longitudinal corrugado en crujía en toda la zona de carga.
- ✓ División longitudinal de la zona de carga en siete tanques (catorce en total).

## 5. Soluciones propulsivas.

- ✓ Cámara de Máquinas a popa de la zona de carga (obligatorio según IMO).
- ✓ Una línea de ejes.
- ✓ No se dispone hélice de maniobra.

## FACTORES LIMITATIVOS EN LA EXPLOTACION DEL BUQUE

### A. Limitaciones de eslora, manga y calado.

Las dimensiones principales están sometidas a determinadas limitaciones principalmente se pueden clasificar en dos tipos:

- Las limitaciones específicas del astillero constructor, suelen acotar, principalmente la eslora y la manga. Estas limitaciones son originadas, generalmente por las dimensiones de las gradas o diques de construcción. En nuestro caso al no ser un buque de grandes dimensiones, no encontraríamos problemas en localizar un astillero capaz de construirlo.
- Por otro lado tenemos las limitaciones genéricas, debidas al tráfico que realiza el buque y suelen afectar sobre todo a la manga y el calado. Como nuestro buque va a navegar por la costa española, no habrá problemas en cuanto a restricciones en la manga por canales. Y tampoco tendrá problemas en cuanto a calado, ya que todos los posibles puertos de atraque tienen calado suficiente para nuestro buque.

Puertos	Calados (m)
Cartagena	12,5
Algeciras	16
Barcelona	11,5
Huelva	11,9
Bilbao	14

### B. Sociedad de Clasificación :

Nuestro buque estará clasificado por la Sociedad de clasificación Lloyd's Register of Shipping, versión Julio de 2010.

### C. Reglamentos aplicables.

La contaminación del medio marino provocada por la explotación de buques petroleros ha constituido siempre una preocupación de la comunidad marítima internacional y que, progresivamente, se ha deslizado a la sociedad en su conjunto, debido principalmente a los casos de accidentes en los que se han visto envueltos petroleros.

Por ello, en la realización del proyecto, se ha tenido en cuenta la reglamentación por criterios IMO para petroleros:

- *Regla 23-E de las enmiendas de 1992*: el doble casco se aplica a los petroleros de productos de peso muerto igual o superior a 5000 toneladas.
- *Regla 25-B de las enmiendas de 1992*: de los requerimientos de estabilidad se aplicaran los de inundación de un solo compartimento a lo largo de la eslora, exceptuándose la cámara de máquinas. En esta mencionada regla se detallan las exigencias de estabilidad a cumplir respecto a: escora final en caso de inundación asimétrica, intervalo de la curva residual de GZ y su área y la obligación de que la flotación final no alcance alguna cobertura a través la cual la inundación pueda seguir progresando
- *Regla 6 de las enmiendas de 1992*: el caso de avería con desgarradura se aplicaran a petroleros de productos de peso muerto igual o superior a 20000 toneladas. En los petroleros de productos, su compartimentación cerrada en caso de transportar varias segregaciones, como es este caso, hará que en general puedan cumplirse los requerimientos de estabilidad después de averías. En el caso de una desgarradura del fondo, será necesario combinar los tanques de lastre de doble fondo y costado en forma de U ( mayor superficie libre) y en forma de L ( mayor escora).

También se han tenido en cuenta los requerimientos de Oil Pollution Act (OPA )de 1990 para buques nuevos de doble casco:

- Para buques de 5000 toneladas de peso muerto y superiores:

$$W = 0,5 + (TPM/20000) \text{ ó } 2 \text{ metros.}$$

Hemos decidido poner 2 metros de doble forro. Por lo tanto, cumple.

- La altura del doble fondo será,  $h = B/ 15$  o nunca inferior a 0,76 m.

Hemos diseñado el doble fondo a 2 metros de la quilla para facilidades de cálculo e igualdad con el doble casco.

- Por lo que refiere a la capacidad de lastre segregado, la OPA-90 no establece exención alguna de tonelaje respecto a los requerimientos de la Regla 13 del IMO (Marpol 73/78).
- La posición del mamparo de colisión no está especificado en un punto concreto y no son especialmente exigentes con su posición.

Igualmente se han seguido las exigencias de:

- MARPOL 73/78
- SOLAS



## CAPITULO 2. PROYECTO PRELIMINAR

### Introducción

En este capítulo vamos a concretar las dimensiones principales de nuestro buque. Para este fin necesitaremos un estudio estadístico de buques similares al nuestro, como nuestra mejor herramienta. También calcularemos las dimensiones por medio de unas curvas de regresión y las compararemos con las obtenidas en el programa ARQNAVAL.

Al final de este capítulo realizaremos una tabla comparativa con los resultados obtenidos con los diferentes métodos y elegiremos los datos finales de nuestro buque.

### Estudio estadístico

El objetivo del estudio estadístico mostrado a continuación es el de obtener unos valores de partida de las dimensiones, capacidades y parámetros para tener una idea sólida sobre las dimensiones que ha de tener el buque a proyectar.

Todos los buques presentados en este estudio estadístico están clasificados por las sociedades de clasificación: Lloyd's Register, Bureau Veritas y Det Norske Veritas. Como en la base de datos de las sociedades de clasificación no están detallados todos los datos que hemos creído necesarios para la realización del estudio estadístico, hemos buscado más información de los buques en diferentes páginas.

Nuestro único requerimiento era el volumen de carga, 31500 m<sup>3</sup>, por lo que se han buscado buques que estén comprendidos en la franja 29500-33500 m<sup>3</sup>.

Otro dato que hemos tenido en cuenta a la hora de la búsqueda de buques semejantes, ha sido el año de construcción, dado que nos parecía importante tener en el estudio los buques más modernos posibles.

El número de buques del estudio es de 14 y le hemos prestado especial atención a aquellos buques que poseen un volumen de carga al requerido por nuestro buque. Destacando entre ellos el "Fair Energy" con bandera liberiana y una capacidad de 31469 m<sup>3</sup>.

En el estudio estadístico se muestran, además de datos de dimensiones, otros datos como son n° de tanques, capacidad de tanques de combustible o potencia del motor, y por supuesto la velocidad.

A continuación mostramos el estudio estadístico en formato A3 con un anexo de las relaciones entre las características más importantes.

### Regresiones a partir de buques similares

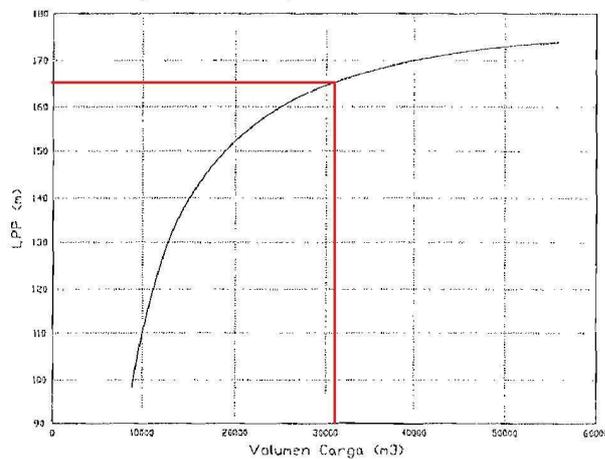
Una vez visto el estudio estadístico, pasamos a realizar unas regresiones de buques para obtener otra idea de las dimensiones que puede tener nuestro buque.

En este apartado, realizamos el cálculo de las dimensiones principales de nuestro buque. Los siguientes gráficos extraídos del libro “Proyecto básico del buque mercante” representan las dimensiones principales en función del volumen de carga en de metros cúbicos y también nos da las ecuaciones correspondientes.

Éstas no son válidas fuera del límite de 5000 y 60000 metros cúbicos.

#### Eslora entre perpendiculares

$$LPP = 183,4 - 516 \ 346,7 / VTAN^{-2} \times 10^9 / VTAN^2$$



Entrando con

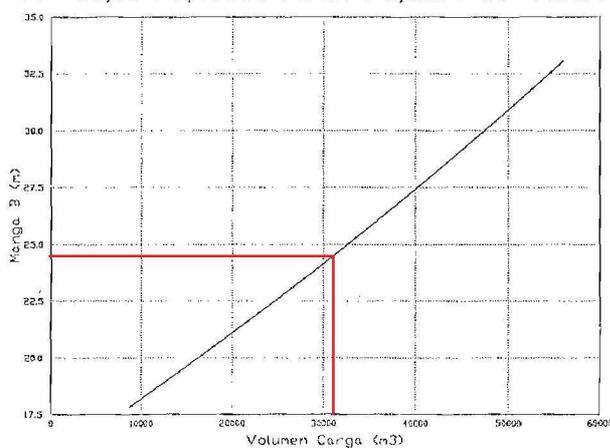
$$V_{tan} = 31.500 \text{ m}^3$$

Obtenemos:

$$Lpp = 165,7 \text{ m}$$

#### Manga

$$B = 15,60 + 0,00025 VTAN + 1,116 \times 10^{-9} VTAN^2$$



Entrando con

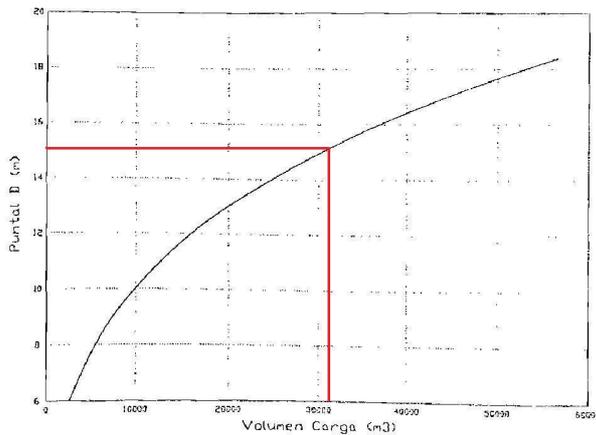
$$V_{tan} = 31.500 \text{ m}^3$$

Obtenemos:

$$B = 24,582 \text{ m}$$

**Puntal**

$$D = \exp [-0,534 - 631 / VTAN + 0,316 \times \ln (VTAN)]$$



Entrando con

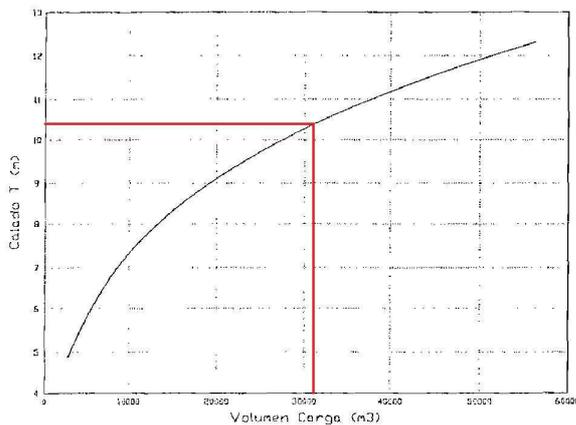
$$V_{\text{tan}} = 31.500 \text{ m}^3$$

Obtenemos:

$$D = 15,165 \text{ m}$$

**Calado de francobordo**

$$T = \exp [-0,578 - 348,7 / VTAN + 0,283 \times \ln (VTAN)]$$



Entrando con

$$V_{\text{tan}} = 31.500 \text{ m}^3$$

Obtenemos:

$$T = 10,4 \text{ m}$$

Para un volumen de tanque ( $V_{\text{tan}}$ ) de 31500 m<sup>3</sup>, hemos obtenido los siguientes valores iniciales, que podrán ser modificados por conveniencia en el proyecto.

$$L_{\text{pp}} = 165,7 \text{ m}$$

$$L_{\text{pp}}/B = 6,74$$

$$B = 24,58 \text{ m}$$

$$B/D = 1,62$$

$$D = 15,16 \text{ m}$$

$$B/T = 2,36$$

$$T = 10,4 \text{ m}$$

$$L/D = 10,93$$

$$T/D = 0,68$$

$$FN = 14 \times 0,514444 / (\sqrt{g} \cdot L_{\text{pp}}) = 0,179$$

**Cálculos de ARQNAVAL.**

Para un petrolero de productos de 31500 m<sup>3</sup> de volumen de tanques, el programa “ARQNAVAL” nos da las siguientes dimensiones preliminares:

DIMENSIONES PRELIMINARES			
Eslora entre PP	(m)	:	164.99
Manga trazado	(m)	:	24.59
Puntal a Cta. Sup	(m)	:	15.22
Calado verano	(m)	:	10.40
Coefficiente de bloque		:	0.81
Peso muerto	(t)	:	27405
Velocidad servicio	(nudos)	:	14.07
MCO motor propulsor	(BHP)	:	8632
RPM del propulsor		:	109

**Tabla comparativa**

	ESTUDIO ESTADISTICO	ARQNAVAL	REGRESIONES
<b>LPP</b>	163,8	165	165,7
<b>B</b>	25,6	24,59	24,58
<b>D</b>	15,23	15,22	15,16
<b>T</b>	10,2	10,4	10,4
<b>L/B</b>	6,39	6,71	6,74
<b>B/T</b>	2,51	2,36	2,36
<b>B/D</b>	1,6866	1,6156	1,6213

### Predimensionamiento

Queremos dejar claro que el método para hacer el dimensionamiento preliminar, nos hemos basado fundamentalmente en el estudio estadístico y como ya hemos mencionado, hemos prestado mayor atención a los buques de volumen de carga parecido.

Por todo esto hemos decidido adoptar unas medidas muy parecidas a un buque de prácticamente la misma capacidad de carga, como es el “Fair Energy”. Y las medidas elegidas son:

- L<sub>pp</sub> = 165 m.
- B = 25,3 m.
- D = 15 m.
- T = 10,4 m..
- 

Hemos optado por estas medidas ya que nos satisfacen los 31500 m<sup>3</sup> de volumen de carga, que es nuestro único requerimiento al empezar el proyecto.

### Relaciones entre dimensiones principales.

Según el libro “Proyecto básico del buque mercante”, así afecta las relaciones entre dimensiones del buque:

- Relación L/B: Reduciendo L/B aumentara la resistencia al avance y la potencia propulsora. También se reducirá el peso de acero del casco.
- Relación B/D : Si aumenta B/D, aumentara la estabilidad, ya que el KM esta influenciado por el valor de B.
- Relación T/D: Este valor influirá en el francobordo.
- Relación L/D: Esta relación controla la primera aproximación a la deflexión de la viga buque.
- Relación B/T: tiene influencia en la estabilidad inicial y en la resistencia al avance.

Según el libro “Proyecto básico del buque mercante”, estas son los valores normales de las relaciones dimensionales:

V <sub>TAN</sub>	L/B	B/D	B/T	L/D	T/D	FN
< 20000	6,00–8,00	1,70-1,90	2,50-2,60	9,50-12,50	0,70-0,80	0,21-0,22
> 20000	5,40–7,00	1,60–1,80	2,40–2,60	9,50–11,50	0,65-0,70	0,18-0,20
Anteproyecto	<b>6,74</b>	<b>1,62</b>	<b>2,36</b>	<b>10,93</b>	<b>0,68</b>	<b>0,179</b>

Se puede observar en esta tabla que los valores obtenidos están de acuerdo casi al 100% con los valores nominales para buques de este tipo.

Una vez decididas las dimensiones principales de nuestro buque, podemos pasar al siguiente capítulo de nuestro anteproyecto que es el diseño de formas.



## CAPITULO 3. DISEÑO DE FORMAS

### Introducción

Habiendo definido ya las principales dimensiones de nuestro buque, el siguiente paso es el diseño de las formas del buque.

La definición de las formas del buque ocupa una de los primeros lugares en importancia en el proyecto de un buque. Para el establecimiento de las formas se han de conjugar dos aspectos principalmente:

- Mínima resistencia al avance.
- Correcta estiba de la carga.

En este capítulo vamos a analizar los extremos de proa y popa, luego obtendremos los coeficientes de la carena mediante fórmulas y acabaremos el capítulo desarrollando el plano de formas con la ayuda del programa informático MAXSURF.

### Análisis de las formas: extremos de proa y popa

- Zona de popa

Es una zona de vital importancia, en la cual se dispondrán el/los propulsor/es principales, así como se dispondrán el/los timón/es. Su diseño afecta directamente a la propulsión, tiene gran influencia en el rendimiento propulsivo y en la maniobrabilidad del buque.

Las formas deben de conformarse para conseguir un flujo estable de entrada de agua a la hélice, y que logre una correcta distribución de la estela en el disco de la hélice, para así evitar la aparición del fenómeno de la cavitación y vibraciones en casco y línea de ejes. La constancia del flujo hacia la hélice depende directamente de la inmersión de la hélice sea la adecuada para conseguir unas presiones más o menos constantes.

Lo primero a tener en cuenta pues será que exista el espacio suficiente para poder dar cabida a la/s hélice/s del mayor diámetro, compatible con el logro de adecuar la inmersión de la hélice para todas las situaciones de navegación o situaciones de carga previstas para el buque. La situación más adversa es la llegada en lastre con un 10% de consumos. La inmersión mínima adecuada la consideramos como 1/10 del diámetro de

hélice sobre el punto más alto. Partiendo de estas condiciones se construye un codaste que garantice los huelgos mínimos entre hélice, codaste y timón, estos huelgos dependen de las distintas sociedades de clasificación, canales, etc.

- Bulbo de popa

El buque proyectado no tiene bulbo de popa, en este tipo de buque debido a que no tienen un alto coeficiente de bloque, comparado con un petrolero, por ejemplo, y tampoco es muy recomendable puesto que aumenta el coeficiente de succión y empeora el rendimiento de la carena.

- Zona de proa

En el análisis de la proa deberá prestarse atención en primer lugar al ángulo de entrada, ENTA, en la línea de agua de la flotación al calado de proyecto, que depende del coeficiente prismático, CP, (o del de bloque, CP si suponemos fijado el coeficiente de la maestra, CM) y de la relación  $L_{pp}/B$ . También se estudian el abanico de la parte alta que mide el gradiente de las líneas de agua más altas a fin de prevenir a un lado el incremento de resistencias por olas rompientes, y embarques de agua en la zona de maniobra a proa, molinetes, estopores, etc.

La decisión sobre la utilización o no de bulbo de proa, y en caso afirmativo la selección del más idóneo, se hace, por consideraciones de mejoras propulsivas en las distintas situaciones de carga; aunque no deben de olvidarse otros aspectos, tales como: la posible mejora del comportamiento en la mar (reducción de pantocazos, potencia requerida con olas, etc.), el incremento del coste estructural e incluso la operación con hielo, cuando esté prevista.

Un bulbo aproximado, propulsivamente hablando, actúa de la siguiente forma:

- Reduce la resistencia de formación de olas, al disminuir el tren de olas generado por el buque.
- Reduce la resistencia por olas rompientes, al conseguir menos olas y más amortiguadas.

- Reduce la resistencia residual por carácter viscoso al disminuir los torbellinos de proa.
- Aumenta la resistencia friccional por aumentar la superficie mojada.
- Si el balance en la resistencia total al avance del buque de los 4 incrementos anteriores es negativo, el bulbo es conveniente, y no lo es si es nulo o positivo.

- **Bulbo de proa**

- ✓ **Tipo de bulbo**

Bulbo tipo delta o de gota de agua, con concentración del volumen en la parte baja. Estos bulbos se consideran buenos para buques con grandes variaciones de calado y con secciones de proa tipo U. El efecto del bulbo decrece con el aumento del calado y viceversa. Presentan problemas de slamming o macheteo en la navegación con calados reducidos y mala mar.

- ✓ **Parametros principales de la zona del bulbo de proa**

- Altura del punto de máxima protuberancia,  $H_x$ , es la altura sobre la línea de base del punto más a proa del bulbo. Se suelen adimensionalizar dividiendo por el calado,  $H_x/T$ . En nuestro caso

$$H_x = 4,37 \text{ m}$$

$$H_x / T = 0,42$$

- Abscisa del punto de máxima protuberancia,  $X_x$ , se suele definir referido a la perpendicular de proa. Se adimensionaliza con la eslora,  $X_x/L_{pp}$ .

$$X_x = 11,7 \text{ m desde perpendicular de proa.}$$

$$X_x / L_{pp} = 0,07$$

- Manga del bulbo,  $Y_x$ , es la manga máxima del bulbo en la sección transversal de la perpendicular de proa. Se adimensionaliza con la manga del buque,  $Y_x/B$ .

$$Y_x = 14,74 \text{ m}$$

$$Y_x / B = 0,58$$

- Altura máxima del bulbo,  $Z_x$ .

$$Z_x = 8,4 \text{ m}$$

- Área transversal del bulbo en la perpendicular de proa.

$$\text{Area} = 43,35 \text{ m}^2$$

- Área lateral del bulbo,  $S_l$ , es el área del bulbo en el plano de crujía a proa de la perpendicular de proa

$$\text{Area} = 76,85 \text{ m}^2$$

### Cálculos de formas: coeficientes de la carena

#### - Coeficiente de bloque

El coeficiente de Bloque CB es fundamental para poder representar las formas del buque. En ciertos casos este protagonismo puede ocuparlo el coeficiente prismático, como por ejemplo en buques rápidos. El CB tiene una incidencia muy grande sobre la resistencia a la marcha y sobre la capacidad de carga, y en menor medida sobre la estabilidad, maniobrabilidad, etc.

Lo normal es elegir un CB adecuado a la velocidad del buque relativa a su eslora, expresada como  $V/\sqrt{LPP}$  o como un número de Froude.

El coeficiente CB así elegido puede servir en una etapa posterior, como un valor inicial para un proceso de optimización en el cual se varía CB sistemáticamente entre ciertos límites, y se determina su valor óptimo en según la función de mérito elegida.

$$FN = V / \sqrt{g * LPP} = \mathbf{0,179}$$

#### ➤ Fórmula Alexander

Calculamos K entrando en la tabla con  $V/\sqrt{(3,28*Lpp)} \Rightarrow K = 1,06$

$$CB = K - 0,5 * V / \sqrt{(3,28 * Lpp)} = \mathbf{0.798}$$

#### ➤ Fórmula de Townsin

$$CB = 0,7 + 0,125 \arctg [ 25 ( 0,23 - FN ) ] = \mathbf{0,814}$$

➤ **Fórmulas de Schneekluth**

$$CB = ( 0,14 / FN ) * (( Lpp / B ) + 20) / 26 = \mathbf{0,808}$$

$$CB = ( 0,23 / FN^{2/3} ) * (( Lpp / B ) + 20) / 26 = \mathbf{0,797}$$

$$CB_{\text{medio}} = \mathbf{0,802}$$

(Estas fórmulas son válidas para entre  $0,48 < CB < 0,85$  y  $0,14 < FN < 0,32$ )

➤ **Fórmula de Katsoulis**

$$CB = 0,8217 * f * Lpp^{0,42} * B^{-0,3072} * T^{0,1721} * V^{-0,6135} = \mathbf{0,803}$$

Siendo “f” un factor de corrección según el tipo de buque, en este caso el valor es de 1,05 para buques petroleros de productos.

➤ **CB<sub>medio</sub>**

$$CB_{\text{medio}} = ( CB_1 + CB_2 + CB_3 + CB_4 ) / 4 = \mathbf{0,761}$$

Alexander	Townsin	Scheneekluth	Katsoulis	Medio
0,798	0,814	0,802	0,803	0,806

### - Coeficiente de la sección media

El coeficiente de la sección medio CM influye sobre la resistencia a la marcha de la carena además tiene una repercusión directa sobre la extensión de la zona curva del casco en el pantoque.

#### ➤ Fórmula del “HSVA”

$$CM = 1 / ( 1 + (1 - CB)^{3,5} )$$

- ✓ CM Alexander = 0,994
- ✓ CM Townsin = 0,997
- ✓ CM Katsoulis = 0,996
- ✓ CM Schneckluth ( Media de A y B ) = 0,996
  
- ✓  $CM_{\text{medio}} = ( CM_1 + CM_2 + CM_3 + CM_4 ) / 4 = 0,996$

### - Coeficiente prismático longitudinal

Con los coeficientes CB y CM definidos, el  $CP = CB / CM$ . Pero en algunos tipos de buques se elige el CP como parámetro fundamental para calcular la resistencia a la marcha, especialmente en buques rápidos.

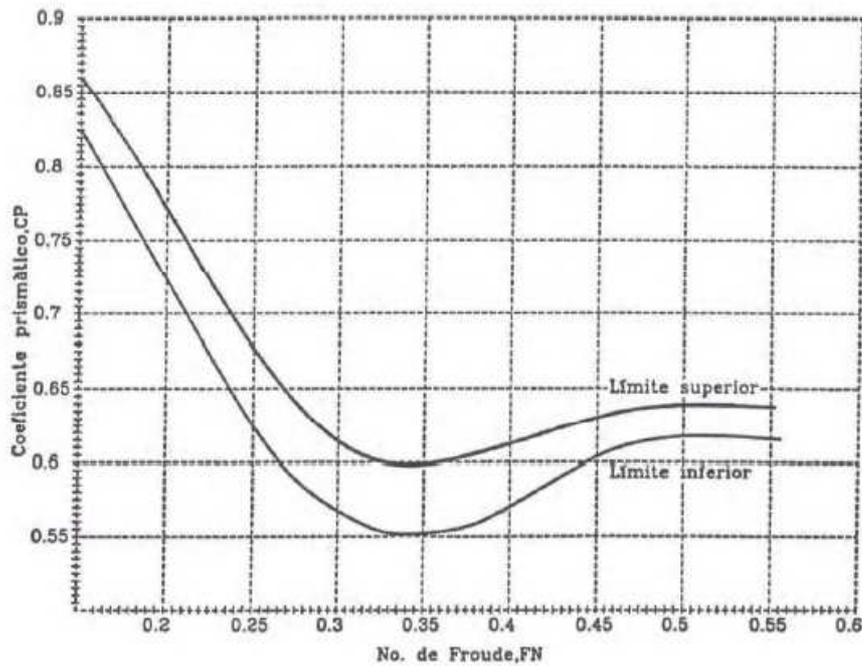
En buques portacontenedores y RO-Ros se tiende a aumentar el CP, y a disminuir el CM, para conseguir un mayor cuerpo cilíndrico.

El grafico de H.E. Saunders relaciona CP con FN, en este grafico apreciamos como para valores superiores a 0,35 de FN, en CP aumenta y es prácticamente constante para valores mayores de 0,50.

#### ✓ Fórmula directa

$$CP = CB / CM \quad \Rightarrow \quad CP = 0,806 / 0,996 = \mathbf{0,809}$$

## ✓ Según grafico de Saunders



- Para la curva superior:

$$CP = c_1 + c_2 * FN + c_3 * FN^2 + c_4 * \ln(FN) + c_5 * (\ln(FN))^2 = \mathbf{0,819}$$

- Para la curva inferior:

$$CP = c_1 + c_2 * FN + c_3 * FN^2 + c_4 * \ln(FN) + c_5 * (\ln(FN))^2 = \mathbf{0,816}$$

## ✓ Fórmula de L. Troost

Se requiere un  $FN < 0,35$

$$CP = 1,20 - 2,12 * FN = \mathbf{0,816}$$

## ✓ Coeficiente Longitudinal Prismático Medio

$$CP_{\text{medio}} = ( CP_{\text{Max}} + CP_{\text{Min}} + CP ) / 3 = \mathbf{0,817}$$

✓ **Coefficiente Prismático Elegido:  $\Rightarrow CP = 0,817$**

## - **Coefficiente de la flotación**

Puede variar según el grado U/V de las secciones transversales de la carena. Tiene influencia en la resistencia hidrodinámica y muy considerable en la estabilidad inicial.

✓ **Fórmulas de Schneekulth**

A) Secciones normales :

$$CWP = ( 1 + 2 CB ) / 3 = \mathbf{0,880}$$

B) Secciones en V :

**No procede**

✓ **Fórmula de J. Torroja**

$$CWP = A + B * CB =$$

$$A = 0,248 + 0,049 * G = 0,249$$

$$B = 0,778 - 0,035 * G = 0,773$$

Siendo  $G = 0$  para formas acusadas en U y  $G = 1$  para formas en V acusadas.

Consideramos  $G = 0,02$

- CWP Alexander = 0,889
- CWP Townsin = 0,884
- CWP Katsoulis = 0,879
- CWP Schneekluth = 0,882

#### **Coefficiente en la Flotación Medio:**

$$CWP_{\text{medio}} = (CWP1 + CWP2 + CWP3 + CW4) / 4 = \mathbf{0,884}$$

#### **- Posicion Longitudinal del Centro de Carena**

Debe determinarse en base a consideraciones hidrodinámicas y de trimados del buque en distintas situaciones de carga.

##### **- Según MARIN**

$$XB = -2,55 + 3,37 * CB^{-4,67} - 17,667 * FN^{5,36} - 0,29 * CB^{-13} * FN^{0,32}$$

$$XB = \mathbf{1,19 \% Lpp}$$

$$XB = \mathbf{1,96 \text{ metros a proa de la maestra.}}$$

##### **- Longitud del cuerpo cilíndrico**

Depende del llenado de las formas y tiene interés en relación de costes de fabricación, menor cuanto mayor sea éste.

$$LP = -658 + 1607 * CB - 914 * CB^2 = \mathbf{40,21 (\% Lpp)}$$

$$LP = \mathbf{66,41 \text{ metros}}$$

En la tabla siguiente se dan los valores recomendados de la longitud adecuada del cuerpo cilíndrico, en base a consideraciones hidrodinámicas.

CB	LP ( % de LPP )
0,81	41
0,76	34,5
0,73	29,5
0,7	19
0,67	8,5

### Semiángulo de entrada de la flotación

Influye en la resistencia al avance de la carena, y se estima con la fórmula:

$$\text{ENTA} = 125,67 * B / L_{pp} - 162,25 * CP^2 + 234,32 * CP^3 + 0,1551 [XB + 6,8(TA - TF) / T]^3$$

$$\text{ENTA} = 35,52^\circ$$

- Cálculos de ARQNAVAL y tabla comparativa

DATOS para FORMAS							
Eslora LPP	(m):	164.99					
Manga	(m):	24.59					
Calado de verano	(m):	10.40					
Velocidad serv. (nudos):		14.07					
Grado U/U ([0] a 1) (*):		0					
K de Alexander	(*):	0					
Alexand.	Townsin	Katsou.	Kerlen	Schneek.	Media		
CB	0.776	0.812	0.814	0.815	0.800	0.803	
CM	0.992	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994	
CW	0.852	0.880	0.881	0.882	0.870	0.873	
Froude No.:	0.18					K Alexander:	1.08
U/L':	0.60					Superficie mojada (m2):	6769
CP Saunders:	0.80/0.82					Semiángulo flotación(°):	39.5
CP Troost:	0.82					Cuerpo cilíndrico(%LPP):	44.2
XB (%LPP, +proa):	+2.06						

	Alexander	Townsin	Katsoulis	Schneek.	ARQNAVAL	Maxsurf	Media
CB	0,798	0,814	0,805	0,803	0,807	0,817	0,809
CM	0,994	0,997	0,996	0,996	0,994	0,996	0,996
CWP	0,889	0,884	0,879	0,882	0,873	0,885	0,877

Con este Cb medio, obtenemos un Desplazamiento que es igual a :

$$\Delta = Lpp \times B \times T \times Cb \times 1,027$$

Este 1,027 viene de considerar un 2 por mil en concepto de volumen por apéndices.

Así obtenemos:

$$\Delta = 36070,88 \text{ tn}$$

Por otra parte, en el “Capítulo 9. Estudio de pesos” tenemos un cálculo detallado del peso en rosca, pero para los cálculos preliminares podemos estimarlo en base a otros buques y al programa ARQNAVAL con una cifra que ronda las 9000 toneladas

Si este desplazamiento obtenido con el Cb recién calculado le restamos el peso en rosca estimado, nos da un peso muerto de:

$$\Delta = \text{Peso Muerto} + \text{Peso Rosca};$$

$$\text{Peso Muerto} = \Delta - \text{Peso rosca} = 36070,88 - 9000 = 27070,88$$

Cifra cercana al Peso muerto estimado de inicio para los cálculos de densidad de la carga. Éste será nuestro peso muerto. Luego con el cálculo del peso en rosca, esta cifra oscilará algo.

## Plano de formas

Para la elección de los coeficientes de carena y desarrollar el plano de formas nos hemos ayudado del programa MAXSURF.

Una vez conocidas las dimensiones principales del buque, entramos al programa modificando las características de un buque modelo similar, y obtenemos unas formas preliminares, que deberemos comprobar que se ajustan con la realidad.

A continuación, exponemos toda la información que nos proporciona el Maxsurf de nuestro buque y adjuntamos el plano de formas con la separación entre cuadernas de trazado, líneas de agua y longitudinales.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	37556,449	tonne
2	Volume	36569,084	m <sup>3</sup>
3	Draft to Baseline	10,4	m
4	Immersed depth	10,4	m
5	Lwl	170,794	m
6	Beam wl	25,3	m
7	WSA	6708,218	m <sup>2</sup>
8	Max cross sect area	262	m <sup>2</sup>
9	Waterplane area	3824,706	m <sup>2</sup>
10	Cp	0,817	
11	Cb	0,814	
12	Cm	0,996	
13	Cwp	0,885	
14	LCB from zero pt. (+)	86,166	m
15	LCF from zero pt. (+)	82,433	m
16	LCB from zero pt. (+)	50,45	%
17	LCF from zero pt. (+)	48,264	%
18	KB	5,385	m
19	KG	0	m
20	BMt	5,075	m
21	BMI	205,792	m
22	GMt	10,46	m
23	GMI	211,178	m
24	KMt	10,46	m
25	KMI	211,178	m
26	Immersion (TPc)	39,28	tonne/c
27	MTc	480,672	tonne.
28	RM at 1deg = GMT.Di	6856,327	tonne.
29	Precision	Medium	50 stati

Density: 1,027 tonne/m<sup>3</sup>      Recalculate

VCG: 0 m      Close



## CAPITULO 4. ESCANTILLONADO PRELIMINAR

### Introducción

En este capítulo se realizara un primer análisis de la estructura del buque. En esta fase se determinara el tipo de estructura a utilizar así como el espaciado entre cuadernas. Para lo anterior hemos utilizado las *Common Structural Rules (CSR)* en su edición de *Lloyd's Register of Shipping (LRS)*. Dicha reglamentación debe aplicarse a los petroleros con una eslora igual o superior a 150 metros.

### Configuración geométrica y estructural

Las solicitaciones a la que está sometida la estructura de los petroleros de productos son las siguientes:

- Cargas estáticas, presión estática con el tanque completamente lleno del líquido de mayor densidad.
- Cargas dinámicas.
  - A) Presión dinámica por aceleraciones a consecuencias de movimientos del buque.
  - B) Efectos de las olas creadas dentro del tanque no totalmente lleno (sloshing)

### Zona de carga

En la zona de carga, el buque posee una cubierta continua, doble fondo y doble casco. Dispone de un mamparo longitudinal troquelado en la zona de carga habilitándose así dos tanques en el sentido de la manga.

En sentido longitudinal, la cántara de carga está subdividida por siete mamparos, lo que hace un total de 14 tanques de carga y 2 Slops Tanks. La estructura es longitudinal tanto en cubierta, costados, como en fondo y doble fondo. En esta zona los elementos longitudinales serán continuos, constituyendo estos la estructura secundaria. Estos elementos transmitirán las cargas a la estructura primaria, constituida por anillos transversales dispuestos cada 5 claros o lo que es lo mismo, 3500 mm.

## Otras zonas

Fuera de la zona de carga, la estructura será transversal. Este tipo de estructura queda justificada por las formas del casco mucho más complicadas en proa y popa, y por el aprovechamiento de los costados en cámara de máquinas y pique, tanto de proa como de popa.

## Espaciado entre cuadernas

Como hemos mencionado anteriormente, no tenemos el mismo tipo de estructura en la zona de carga que en los demás compartimentos, por lo que el espaciado entre cuadernas será diferente. A continuación vamos a nombrar las principales zonas del buque y su espaciado.

- Zona de pique de proa. La estructura del pique de proa será transversal y tendrá una separación de 600 mm.
- Zona de pique de popa. Igual que la anterior, tendrá estructura transversal y su separación será de 600 mm.
- Zona de cámara de máquinas. Al tener que soportar grandes cargas por peso del motor y vibraciones, la estructura será transversal y su separación será de 700 mm.
- Zona de carga. Tendrá estructura longitudinal, y su separación entre cuadernas será de 700 mm. Poseerá una bulárcama cada 5 claras, por tanto la clara entre bulárcamas será de 3500 mm.

En el siguiente plano podemos verlo todo con más claridad.



## CAPITULO 5. DISPOSICION GENERAL

### Introducción

Este capítulo está dedicado al análisis de diversas posibilidades de configuración estructural y de espacios del buque, con el objetivo final de definir de forma integrada la disposición general del buque.

La disposición general que hemos presentado en el *plano de disposición general* al final de este capítulo, la hemos diseñado basándonos en disposiciones generales similares construidas y según las normas fijadas por LRS y los convenios internacionales SOLAS Y MARPOL.

Las características generales de los petroleros de productos y por consiguiente de nuestro buque son las siguientes:

- El buque será de una sola cubierta con cámara de máquinas, cámara de bombas y zona de habilitación situadas a popa.
- El buque tendrá una sola hélice.
- La zona de carga dispondrá del doble casco y doble fondo en toda su longitud en cumplimiento con el convenio MARPOL 73/78.
- EL buque contará con una brusa triangular en la cubierta principal.
- La estructura cumplirá con los requerimientos de la sociedad de clasificación y con lo especificado en los convenios de OMI, SOLAS y MARPOL.
- Se dispondrán espacios de habilitación para 22 tripulantes.

### Dimensiones principales

#### Eslora

La eslora entre perpendicular ya fue definida anteriormente, y su valor es de 165 m.

#### **$L_{pp} = 165 \text{ m}$**

La eslora de reglamento o  $L_{RULES}$  es la distancia medida sobre la línea de carga correspondiente al 97% del calado de escantillonado desde la parte de proa de la intersección de ésta con el casco hasta la mecha del timón. No será menor del 96% ni mayor de 97% de la eslora de la flotación medida en la línea de carga de verano. Por lo que como ya calculamos en el capítulo anterior, nuestra eslora de escantillonado o  $L_{RULES}$  es igual a 160,1 m.

#### **$L_{RULES} = 160,1 \text{ m}$**

Por otro lado la eslora de carga se define de la siguiente manera en el convenio internacional de Líneas de Carga:

*"Eslora (L): El 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia a la cara superior de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado, o la eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si esta segunda magnitud es mayor. Cuando el contorno de la roda sea cóncavo por*

*encima de la flotación correspondiente al 85% del puntal mínimo de trazado, tanto el extremo de proa de la eslora total como la cara proel de la roda se tomarán en la proyección vertical, sobre esa flotación, del punto más a popa del contorno de la roda (por encima de esa flotación). En los buques proyectados con quilla inclinada, la flotación en que se mida la eslora habrá de ser paralela a la flotación de proyecto.”*

Por lo tanto la eslora de carga del buque de proyecto será **LL=171,04 m** correspondiente a la eslora medida en una flotación cuya distancia a la cara superior de la quilla es igual al 85% del puntal mínimo de trazado desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón.

### **Doble casco**

Todos los petroleros deben tener tanques y espacios de doble fondo y doble costado para proteger los tanques de carga, y no deben usarse para transportar carga.

Según el MARPOL 73/78 (Regla 18 del Anexo I) los tanques de lastre tendrán una capacidad tal que:

- Permita al buque navegar en condiciones de lastre sin necesidad de introducir agua de lastre en los tanques de carga.
- El calado de trazado en la cuaderna maestra ( $T_m$ ), excluyendo correcciones de arrufo o quebranto, nunca será inferior a:

$$T_m = 2 + 0,02 \cdot L = 5,3m$$

En ninguna condición de carga se alcanza este calado.

- Los calados en las perpendiculares de proa y popa corresponderán a los determinados por el calado en el centro del buque ( $T_m$ ), con un asiento apopante no superior a  **$0,015 \cdot L = 2,475 m$** .

En ninguna condición de carga se sobrepasa este asiento.

- Calado en la perpendicular de proa no menor de  **$(2 + 0,0125 \cdot L) = 4,06m$** .

En ninguna condición de carga se da este calado.

- En cualquier caso, el calado en la perpendicular de popa no será nunca inferior al necesario para garantizar la inmersión total de la hélice.
- Los tanques de carga tendrán un tamaño y forma tales, que una hipotética fuga de carga del costado o fondo en cualquier punto de la eslora del buque, produzca un daño limitado. En esta zona del doble casco y doble fondo es donde se sitúan los tanques de lastre independiente.

Debemos de tener en cuenta también que además del doble casco, los piques de proa y popa también llevan lastre.

La anchura mínima del doble costado según LRS (P4; Ch9; Tabla 9.1.1.), será el valor obtenido por la siguiente expresión:

$$DF = 0,5 + (TPM/20000) = 1,75 \text{ m}$$

Por otra parte la sociedad de clasificación requiere que este valor no sea mayor a dos metros ni inferior a 1 m. Nos quedaremos, por lo tanto, con el valor limitante superior, 2 metros.

**Ancho del doble costado = 2 m**

La altura mínima del doble fondo es el menor de los valores siguientes:

- $B/12 = 2,108 \text{ m}$
- 2 m

Por lo tanto el valor mínimo será de 2 metros.

**Altura de doble fondo = 2 m**

### **Compartimentación**

Para abordar el estudio de la disposición general, diferenciaremos entre siete zonas principales en el buque:

- ✓ Pique de proa
- ✓ Castillo de proa
- ✓ Pique de popa
- ✓ Zona de carga
- ✓ Cámara de máquinas
- ✓ Superestructura
- ✓ Guardacalor y chimenea

Según la “Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker” habrá unos mamparos estancos obligatorios para todos los petroleros de tal forma que nos limitarán las zonas anteriormente mencionadas:

- ✓ Mamparo de colisión de proa
- ✓ Mamparo de pique de popa
- ✓ Un mamparo a proa y otro a popa de la zona de cámara de máquinas

Los demás mamparos estancos se situarán en la zona de carga a intervalos regulares lo más alejados posibles, siempre cumpliendo con los requisitos de subdivisión, inundación y estabilidad en averías.

Además, cada zona tendrá el espacio entre cuadernas conveniente. En nuestro caso tendrá una separación de:

- 700 mm en cámara de máquinas y zona de carga.
- 600 mm en pique de proa y popa.

### **Pique de Proa**

El pique de proa es la zona que se sitúa a proa del mamparo de colisión. La posición de este mamparo queda determinado por las reglas del L.R.S. (P3; Ch3; 4.2.1.; Tabla 3.4.2.). Llegará hasta la cubierta de francobordo y según las normas, tendrá una localización entre los siguientes valores:

$$\checkmark \quad 0,05 L_L - f_i = 5,775 \text{ m}$$

$$\checkmark \quad 0,08 L_L - f_i = 10,725 \text{ m}$$

Donde  $f_i$  es la mitad de la proyección horizontal del extremo de proa desde la perpendicular de proa hasta el extremo proel del bulbo (4,37 m) y  $L_L$  es la eslora de carga.

La posición definitiva del mamparo de colisión se encuentra a 155,1 m (224 cuadernas geométricas) de la mecha del timón y por tanto según la eslora que obtendremos del resto de las zonas, a 9,9 m a popa de la perpendicular de proa.

Esta decisión se ha tomado teniendo en cuenta también el espacio necesario en el resto de las zonas del buque, pique de popa, cámara de máquinas, tanques slop y zona de carga y lastre.

El pique de proa aloja lastre, y es soporte de los equipos de fondeo.

La estructura del pique de proa será transversal (de acuerdo a las recomendaciones de la sociedad de clasificación) con una separación entre cuadernas de 600 mm.

### **Castillo de proa**

Según se indica en la especificación, existirá castillo de proa, que para cumplir con el L.R.S. (P3; Ch3; 6.2.1) deberá extenderse mínimo a una distancia de  $0,07L_L = 12,3$  m desde el extremo de  $L_L$ .

En el buque de proyecto esta distancia se incrementa en 3 metros para mejorar la disposición de los equipos de fondeo y amarre destinados en proa.

Hay que tener en cuenta que en esta zona la cubierta toma una pequeña inclinación hacia arriba y la longitud real sobre cubierta será algo mayor.

Respecto a la altura y teniendo en cuenta la Regla 33 del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga de 1966, el castillo de proa es una estructura cerrada cuya altura no debe ser menor de 2,3m para buques de esloras superiores de 125m.

Por tanto, dadas las dimensiones del buque proyecto, se decide que la altura del castillo de proa sea de 2,5 m.

En los costados, a popa del castillo de proa se dispondrán unas amuradas de forma triangular que van unidas al mamparo de popa del castillo y a la cubierta principal.

### **Pique de popa**

El pique de popa es la zona a popa del mamparo más a popa del buque, llamado también mamparo de prensaestopas. Este mamparo encerrará la bocina y la bocina de la limera del timón en un compartimento estanco. Además dicho mamparo podría llegar sólo hasta la primera cubierta por encima de la línea de flotación a plena carga, siempre que el compartimento que quede a popa sea estanco.

No existen unas longitudes mínima y máxima requeridas por las Sociedades de Clasificación, por lo que la longitud del pique de popa se define por necesidades de lastre y por la disposición de la cámara de máquinas.

En el pique de popa dispone de estructura transversal con una separación entre cuadernas de 600 mm.

El mamparo del pique de popa está obligado por el L.R.S. (P3; Ch3; 4.1.1.) y su distancia a la mecha del timón queda fijada en 6 m para facilidad de cálculos en la separación de cuadernas.

### **Zona de carga**

La zona de carga se extiende desde el mamparo a proa de la cámara de máquinas hasta el mamparo de colisión de proa.

En esta zona están incluidos los dos tanques slop que se encuentran en la zona más a popa de la zona de carga, es decir desde el mamparo de proa de la cámara de máquinas hacia proa. Estos tanques tendrán una eslora de 3,5 m y se extenderán desde crujía hasta el doble forro del buque. Su capacidad se incluye dentro de la capacidad de carga del buque, y debe de ser según reglamentación, mayor del 2% de la carga total.

En la zona de carga se dispondrá una estructura longitudinal en la que la separación máxima entre bulárcamas viene dada por el L.R.S. (P4; Ch1; 6.4.2) como:

$$Clara_{\max} = 0,006 \cdot L + 3,2 = 4,19$$

Siendo en el caso del buque de proyecto 3,5 m

El número de mamparos transversales que debe tener el buque proyecto viene dado por las reglas del Lloyd's Register of Shipping (P3; Ch3; 4.4.1). El número mínimo según la tabla 3.4.1 para buques de eslora comprendida entre 165 y 190 m con maquinaria a popa

es de ocho mamparos, que son los que tiene nuestro buque sin contar con el de colisión y el del pique de popa.

La longitud máxima de los tanques de carga viene establecida en el reglamento del L.R.S. (P4; Ch9; 1.2.20) y es de:

$$L_{MAX} = (0,25 \times (b1/B) + 0,15) \times LL = 27,53 \text{ m}$$

Con las formas del buque ya proyectadas se ha estimado la capacidad necesaria para cumplir los requisitos de capacidad del buque (31500 m<sup>3</sup>) y el resultado es que la zona de carga tendrá una eslora de 125,3 m. Si descontamos la longitud de los tanques SLOP (3,5 m), nos queda una eslora total de los tanques de carga de 121,8 m.

La posición de los tanques respecto a la perpendicular de popa y su volumen se detalla a continuación:

TANQUE	Xmin (m)	Xmax (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
TANQUE DE CARGA 1	146,7	155,1	1280
TANQUE DE CARGA 2	127,1	146,7	4358
TANQUE DE CARGA 3	107,5	127,1	5318
TANQUE DE CARGA 4	87,9	107,5	5318
TANQUE DE CARGA 5	68,3	87,9	5318
TANQUE DE CARGA 6	48,7	68,3	5318
TANQUE DE CARGA 7	33,3	48,7	3903
TANQUES SLOP	29,8	33,3	687
TOTAL			31500

### Apreciaciones

- Los tanques n° 3, 4, 5 y 6 tienen el mismo volumen, ya que son prismas rectangulares de medidas:

- **19,6 m de eslora**
- **21,3 m de manga**
- **13 m de puntal**

$$\text{Volumen} = 19,6 \times 21,3 \times 13 \times 0,98 = 5318 \text{ m}^3$$

2. Los demás tanques no tienen formas rectas y no pueden ser calculados por la multiplicación de sus dimensiones. Para conseguir estos datos, he utilizado el programa MAXSURF, que entre otros muchos datos, te da el volumen de cada tanque.

### **Cámara de máquinas**

Como es habitual en este tipo de buques, la cámara de máquinas se sitúa completamente a popa. Esta zona comprende, los tanques situados entre el mamparo principal de proa de cámara de bombas y el mamparo del pique de popa, incluyendo los tanques de doble fondo y costado, el interior del guardacalor y el interior de la chimenea.

De acuerdo con las normas del LRS la cámara de máquinas tiene una estructura transversal y en ella la separación de cuadernas es de 700 mm (así como las geométricas en el plano que siguen siendo 700 mm). La longitud de la cámara de máquinas depende de la potencia instalada y de la eslora del buque. Sin embargo, otros factores como la longitud del motor y la cantidad y tamaño de los equipos instalados pueden condicionar dicha eslora.

Para hacer una estimación se ha utilizado una fórmula de la referencia “El proyecto básico del buque mercante”, indicada para buques petroleros:

$$L_{cm} = 0,28 \cdot L_{pp}^{0,67} + 0,48 \cdot MCO^{0,35}$$

$$L_{cm} = 19,68 \text{ m}$$

Hemos decidido darle una eslora de 23,8 metros para facilidad de cálculo. De estos 23,8 metros, 3,5 corresponden a la cámara de bombas. Además se ajusta a la separación de cuadernas que se ha establecido para la cámara de máquinas. 34 cuadernas a 700 mm, igual a 23,8 metros.

La extensión de la cámara de máquinas va desde los 6 m desde la perpendicular de popa hasta los 26,3 m. La cámara de bombas desde los 26,3 m desde la perpendicular de popa hasta los 29,8 m.

## Superestructura, guardacalor y chimenea

La superestructura del buque se ha dispuesto a popa, a la altura de la cámara de máquinas. Esta superestructura se ha dividido en dos zonas:

### - **Habilitación**

Esta zona se sitúa sobre la cubierta principal, justo a popa de la zona de carga y sobre la cámara de máquinas. La estructura es de forma prismática, está dispuesta simétricamente al plano de crujía. Tiene una eslora de 12,8 metros y una altura total sin contar antena y palos de luces de 19,6 metros.

Para proyectar la superestructura se han estudiado planos de la disposición general de buques con una tripulación similar, ya que la manera de colocar los distintos espacios no obedece a criterios lógicos.

Se han dispuesto cinco cubiertas y un puente de navegación con una altura de entrepuente de 2,8 m para dejar un margen de 30 cm de entre ellos y tener espacio para las conducciones necesarias.

Se han dispuesto 21 camarotes individuales con baño para la tripulación, todos iguales con los siguientes elementos:

- Sofá
- Mesa
- Televisión y mesa
- Escritorio y silla
- Cama de 2 x 1,05 m
- Mesilla de noche
- Caja fuerte
- Papelera
- Armario para ropa
- Estantería
- Lámparas de estudio, de noche y de techo
- Colgadores para la ropa
- Cuarto de baño con plato de ducha.

El capitán dispone de un camarote especial con baño con bañera (al igual que el camarote del armador) y está comunicado con su oficina. Además se ha dispuesto un camarote con aseo en la cubierta del puente de navegación para el práctico.

El buque dispone de un ascensor para la superestructura y un tronco de escalera que cumplirá con los requerimientos de SOLAS como medio de evacuación.

Algunos de los servicios de la zona de habitación se enumeran en la siguiente lista:

- Sala de reuniones
- Oficina del capitán
- Almacenes de limpieza, de equipajes, de efectos de habitación, etc.
- Gimnasio y vestuarios
- Consulta médica y enfermería
- Aseos generales
- Sala de tripulación
- Sala de oficiales
- Comedor de tripulación
- Comedor de oficiales
- Cocina
- Oficinas de tripulación y oficiales
- Sala de navegación
- Almacén de baterías
- Sala de descanso en el puente
- Oficina de control de carga
- Oficina de administración
- Gambuza seca
- Gambuza frigorífica
- Vestuario
- Lavandería
- Taller de reparaciones

- **Zona de guardacalor y chimenea**

Se dispone este espacio sobre la cubierta principal del buque a popa de la habitación y separada de la misma a fin de evitar ruidos y vibraciones en la zona de alojamiento.



## CAPITULO 6: ESCANTILLONADO CUADERNA MAESTRA

### Introducción

Un buque en el mar está constantemente sometido a una serie de esfuerzos debido principalmente a la distribución de pesos y empujes. Desde el punto de vista estructural el buque se considera como una viga flotante cuya composición de esfuerzos y resistencia propia han de estar en constante equilibrio en todas las condiciones de operación.

Los principales refuerzos a considerar en el cálculo son los esfuerzos cortantes en sentido longitudinal debido a la distribución de empujes y pesos, y el momento flector provocado por estos esfuerzos cortantes.

La importancia de los refuerzos transversales es relativa con respecto a los longitudinales, aunque hay que tenerlos en cuenta y básicamente son los mismos que en la resistencia longitudinal.

A efectos de resistencia, el casco dispondrá de elementos básicos que soportan tanos los esfuerzos longitudinales como transversales; así sucede con las planchas del forro exterior y cubierta, localizando elementos en un sentido y otro, según las necesidades estructurales o de soporte de las planchas.

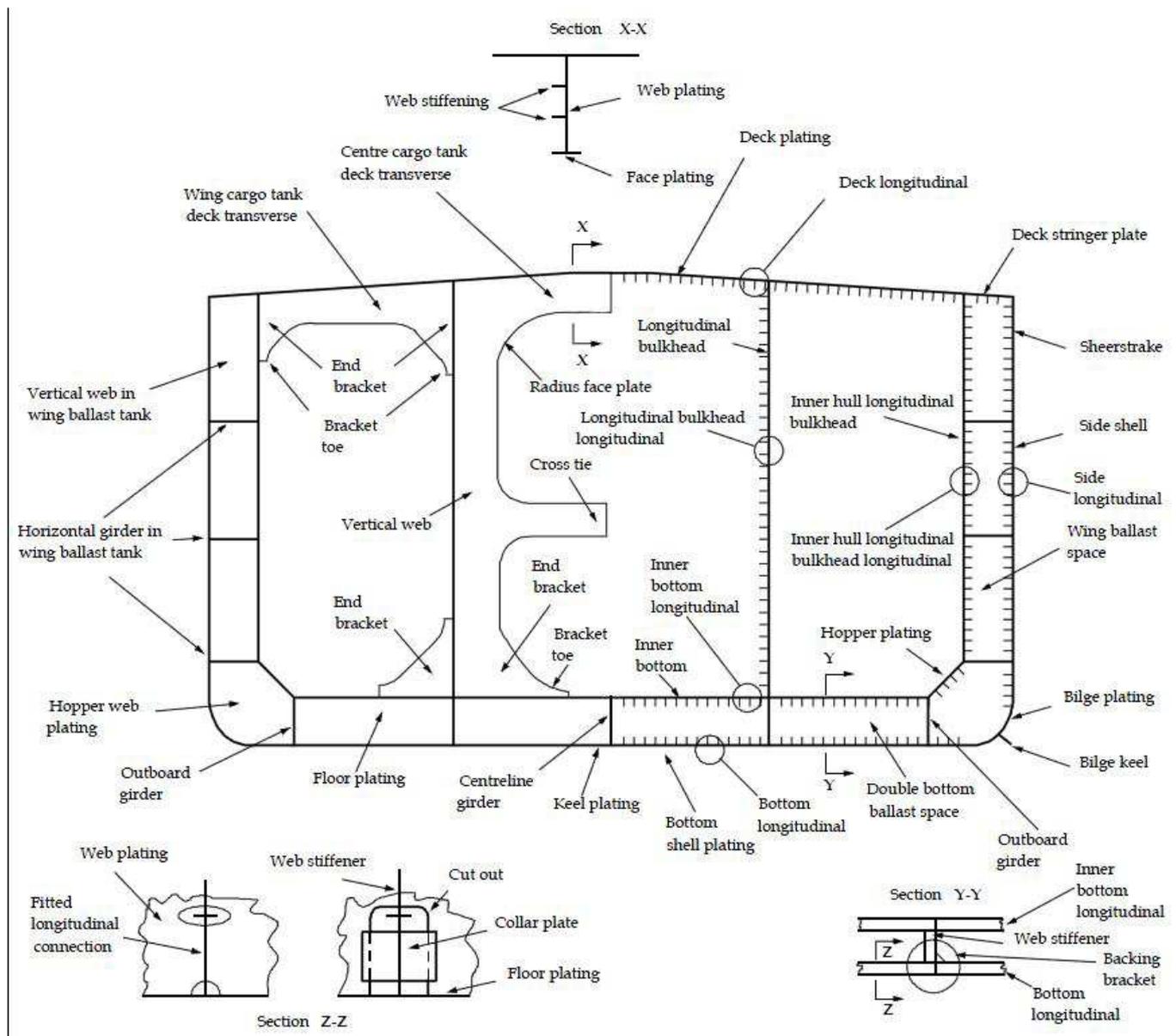
### Reglamentación aplicable

El buque va a cumplir las reglamentaciones de la Lloyd's Register of Shipping para petroleros de doble casco, versión de Julio de 2010.

Todos los cálculos de este escantillonado están basados en el "Section 8 , Scantling Requirements"

Dicha reglamentación debe aplicarse a los petroleros de doble casco con una eslora igual o superior a 150 m. En aquellas regiones o elementos del buque que no queden recogidos en esta regla se aplicarán los requerimientos específicos del LRS.

La nomenclatura que emplea el reglamento para referirse a los distintos elementos de la estructura es la siguiente (figura 4.1.4, Section 4):



### Materiales a emplear

El material de construcción elegido es el acero dulce de clase A, no habiendo encontrado razones para utilizar aceros de características superiores. Las principales características del acero seleccionado son las siguientes

Límite elástico	$\sigma_0 = 235 \text{ N mm}^{-2}$
Módulo de Young	$E = 206.000 \text{ N mm}^{-2}$
Factor de acero	1

### Parámetros de escantillonado.

El reglamento para la realización de los distintos cálculos establece una serie de parámetros del buque a considerar. (Sección 4, Capítulo 1):

- Eslora Reglamentaria “LR”, es la distancia en la flotación de verano desde la parte trasera del timón hasta la cara de proa de la roda. No debe ser mayor del 97% de la eslora total del buque a ese calado ni menor del 96%. En nuestro caso es igual a la eslora entre perpendiculares 165 m.
- Manga de Trazado “B”, igual a 25,3 m.
- Puntal de trazado “D”, igual a 15 m.
- Calado de verano en la condición de operación a plena carga “ $T_{\text{verano}}$ ”, igual a 10,4 m.
- Desplazamiento “ $\Delta$ ”, se toma al calado de escantillonado y es igual a 36070 t.
- Coeficiente de Bloque “Cb”, se toma al calado de escantillonado y es igual a 0,809.

## Requerimientos mínimos de la CSR

### 1. Momento de Inercia de la cuaderna maestra. (Sección 8 / 1.2.2.1.)

El momento de Inercia de la cuaderna maestra con respecto al eje neutro horizontal “ $I_{min}$ ” no debe ser menor que el obtenido mediante la siguiente expresión:

$$I_{min} = 2,7 \times C_{mw} \times LR^3 \times B \times (CB + 0,7) \times 10^{-8}$$

Donde  $C_{mw}$  : es un coeficiente de ola que viene dado por la expresión:

$$C_{mw} = 10,75 - [(300 - LR)/100]^{3/2} = 9,18$$

Con ello ya se puede calcular el momento de inercia mínimo de la maestra:

$$I_{min} = 42,65 \text{ m}^4$$

### 2. Módulo resistente mínimo de la cuaderna maestra. (Sección 2 / 1.2.2.2.)

En un proyecto real habría que calcular también la envolvente de los Maximos Momentos Flectores en Aguas Tranquilas (MaxSWBM) en las diferentes condiciones de carga y calcular el modulo requerido por la 49orrección:

$$Z_{req} = \max( Z_{min}; (MaxSWBM + WBM) / \sigma_L )$$

Pero para un PFC de este tipo de buque podemos aceptar como bueno  $Z_{req} = Z_{min}$ .

Por esto, nos disponemos a calcular el Módulo resistente mínimo  $Z_{min}$ .

El modulo resistente mínimo de la cuaderna maestra “ $Z_{min}$ ” debe ser superior al obtenido a través de la expresión:

$$Z_{min} = 0,9 \times k \times C_{mw} \times LR^2 \times B \times (Cb + 0,7) \times 10^{-6}$$

Donde “ $k$ ” es un factor del tiro de acero empleado en la estructura, para este caso vale 1.

Por lo tanto

$$Z_{min} = 8,61 \text{ m}^3$$

### 3. Momentos flectores.

#### ✓ Momento flector en olas (sección 7 /3.4.1.)

Los momentos flectores en arrufo y quebranto en olas según el CSR son:

$$Mf_{OLA ARRUF0} = f_{prob} \times 0,11 \times f_{wv-v} \times C_{mw} \times LR^2 \times B \times (Cb + 0,7)$$

$$Mf_{OLA\ QUEBRANTO} = f_{prob} \times 0,11 \times f_{wv-v} \times C_{mw} \times LR^2 \times B \times Cb$$

Dónde:  $f_{prob}$  y  $f_{wv-v}$  son factores que para la zona de la cuaderna maestra valen 1. Por tanto:

$$Mf_{OLA\ ARRUFO} = 1.053.051,597 \text{ KN*m}$$

$$Mf_{OLA\ QUEBRANTO} = 566.171,73 \text{ KN*m}$$

#### ✓ Momento flector en aguas tranquilas

Para obtener el momento flector máximo admisible se acude al reglamentos de la LRS (Parte 3, capítulo 4). Los momentos flectores tanto en arrufo como en quebranto son los siguientes.

$$Mf_{AT\ D} = FD \times \sigma \times ZD \times 10^3 - MW$$

$$Mf_{AT\ B} = FB \times \sigma \times ZB \times 10^3 - MW$$

Donde :

- “FD” y “FB” son factores de reducción local definidos en la LRS (Parte 3 Chapter 4 / 5.1.1.) los cuales se tomarán respectivamente **0,96 y 0,97**.

- “ $\sigma$ ” es la tensión máxima permitida siendo igual a

$$\sigma = 175 / KL$$

Siendo KL un factor que para  $\sigma = 235 \text{ N/mm}^2$  igual a 1 . Por tanto

$$\sigma = 175$$

- “ZD” y “ZB” son los módulos resistentes de nuestra cuaderna en cubierta y en el fondo. Y valen

$$ZD = 12, 225 \text{ m}^3 \quad ZB = 16, 793 \text{ m}^3$$

- “MW” es el momento de ola diseño. Se toma el mayor de los que se han calculado en el punto anterior. Por tanto corresponde al Momento flector en ola en arrufo y es igual a

-

$$MW = 1.053.051,597 \text{ KN*m}$$

Como resultado se obtienen:

$$Mf_{AT D} = FD \times \sigma \times ZD \times 10^3 - MW = 1.000.748, 403 \text{ kN*m} = 102.013, 089 \text{ tn*m}$$

$$Mf_{AT B} = FB \times \sigma \times ZB \times 10^3 - MW = 1.797.560, 153 \text{ kN*m} = 183.237, 528 \text{ tn*m}$$

Por lo que el máximo momento flector admisible en aguas tranquilas es **102.013, 089 tn\*m**

CONDICION DE CARGA	MAXIMO MOMENTO FLECTOR EN QUEBRANTO (+) O ARRUFO (-) EN AGUAS TRANQUILAS
SALIDA A PLENA CARGA	95.338 tn * m
LLEGADA A PLENA CARGA	95.232 tn * m
SALIDA EN LASTRE	64.194 tn * m
LLEGADA EN LASTRE	64.103 tn * m

Como podemos ver, ninguno de los valores de momento flector de la tabla anterior supera al máximo momento flector admisible en aguas tranquilas.

## Escantillonado de la cuaderna maestra

Para la determinación del escantillonado de la estructura se ha seguido la sección 8 de las Common Structural Rules(CSR), en su edición del Lloyd's Register of Shipping de Julio de 2010 (LRS) , por lo que todos los apartados de las CSR mencionados en esta parte pertenecen a dicha sección 8. Los espesores determinados en la fase de cálculo según la reglamentación son los espesores netos de los elementos. A estos espesores habría que sumarles la adición por corrosión que para cada tipo de elemento determina las CSR en su sección 6.3, dando el espesor bruto con el que se construirá el buque.

El proceso de cálculo establecido por las CSR consta de los siguientes pasos:

1. Se fija un valor mínimo para el parámetro geométrico característico de cada elemento estructural:

- Espesor para las planchas.
- Módulo de la sección para los refuerzos de las planchas (estructura local)
- Área efectiva a esfuerzo cortante para los elementos de la estructura primaria (vagrás, varengas, longitudinales, baos, etc.)

Este valor mínimo se determina mediante expresiones matemáticas dependientes de varios parámetros. De todos ellos el de mayor influencia es la carga de diseño para la que se dimensiona el elemento estructural y que es la resultante del sistema de cargas de diseño asociado a ese elemento estructural. Las CSR establecen un total de dieciséis sistemas de cargas de diseño posibles.

2. El sistema de cargas de diseño aplicable a cada elemento estructural viene establecido en las tablas 8.2.7 y 8.2.9 de la sección 8 de las CSR. Dado que para cada elemento estructural son aplicables varios sistemas de cargas de diseño, se tomará aquel que tenga como resultante la mayor carga de diseño.

3. A cada sistema de cargas de diseño le corresponde una carga resultante, una combinación de cargas de las tres combinaciones posibles ya mencionadas y un criterio de aceptación. Esta relación viene establecida en la tabla 8.2.8 de la sección 8 de las CSR.

4. Finalmente, la expresión para obtener la resultante de cada sistema de cargas de diseño a partir del conjunto de cargas estáticas y dinámicas calculadas al comienzo del proceso de escantillonado queda establecida en la tabla 7.6.1. de la sección 7 de las CSR. Esta tabla relaciona dicha resultante con la combinación de cargas de diseño correspondiente y con las cargas estáticas y dinámicas que forman cada combinación.

Las CSR establecen tres combinaciones de cargas de diseño:

- S: combinación de cargas estáticas.
- S+D: combinación de cargas estáticas y cargas dinámicas.
- A: combinación de cargas accidentales, constituida por aquellas cargas que el buque no sufre en su vida operativa normal.

### Fondo y doble fondo

- Plancha de quilla (S8, 2.2.1)

El espesor mínimo se obtiene de la siguiente expresión:

$$t_{\text{net}} = 0.0158 a_p S \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{mm}$$

“ $a_p$ ” es un factor de corrección que es igual a  $1,2 - S / (2100 * L_p) = 1,1$

“P” se toma la presión de diseño de la plancha, que es igual a 277 Kpa.

“ $C_a$ ” es el coeficiente de resistencia en la condición de plena carga, que se toma 0,8

“ $\sigma_{yd}$ ” en la sección 3 /1. 1. 2 se indica que para un acero normal debe tomarse como 235 N/ mm<sup>2</sup>

“ $l_p$ ” es la separación efectiva entre claras, 3,5 metros

$$t_{\text{min}} = 16,02 \text{ mm}$$

$$t_{\text{esc}} = 17 \text{ mm}$$

La reglamentación establece una anchura mínima de la plancha de quilla, dada la eslora del buque, de 1625 mm. Con el fin de facilitar la construcción, se ha establecido que esta plancha abarque el espacio entre las dos vagras laterales que soportan la base del mamparo corrugado longitudinal. Su valor final:

$$B_{\text{planchaquilla minima}} = 800 + 5 * LR = 1625 \text{ mm}$$

$$b_{\text{esc}} = 2600 \text{ mm}$$

Tomando el sistema de cargas de diseño n° 2.

- Plancha de fondo (S8, 2.2.2)

Dado que se toma el sistema de cargas de diseño n°2, la carga a considerar es la presión hidrostática en el fondo del buque en el calado de escantillonado. Se utilizan las mismas fórmulas que para el cálculo de la plancha de quilla. Su valor final:

$$t_{\text{net}} = 0.0158 a_p S \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{mm}$$

“ $a_p$ ” es un factor de corrección que es igual a  $1,2 - S / (2100 * L_p) = 1,1$

“P” se toma la presión de diseño de la plancha, que es igual a 277 Kpa.

“Ca” es el coeficiente de resistencia en la condición de plena carga, que se toma 0,8

“ $\sigma_{yd}$ ” en la sección 3 /1. 1. 2 se indica que para un acero normal debe tomarse como 235 N/ mm<sup>2</sup>

“lp” es la separación efectiva entre claras, 3,5 metros

**t mínimo 15,12 mm**

**t esc 16mm**

- Plancha pantoque (S8, 2.2.3)

Para determinar el escantillón de este elemento, las CSR establecen que se utilice el sistema de cargas n°1 además de tenerse en cuenta el radio de pantoque, de 1,5 m, y la separación entre los anillos transversales que constituyen la estructura primaria. Con todo ello obtenemos unos valores:

$$t_{net} = \frac{\sqrt[3]{r^2 S_t P_{ex}}}{100} \text{ mm}$$

Siendo “St” clara de bulárcamas, 3,5 metros.

“Pex” presión del agua del mar en el punto más bajo del pantoque para el calado de escantillonado que es igual a 277 kPa

“r” radio del pantoque igual a 1,5 metros

**t mínimo 15.5mm**

**t esc 17mm**

- Plancha de fondo del tanque de carga

En este caso se considera la peor situación posible, la cual consiste en el tanque de carga completamente lleno y el tanque de lastre vacío, correspondiente con el sistema de cargas n°4. En esta situación las planchas del fondo del tanque deben soportar la presión hidrostática de la carga en el punto más bajo del tanque. Su escantillón:

$$t_{net} = 0.0158 \alpha_p S \sqrt{\frac{|P|}{C_s \sigma_{yd}}} \text{ mm}$$

“ $\alpha_p$ ” es un factor de corrección que es igual a  $1,2 - S / (2100 * L_p) = 1,1$

“P” se toma la presión de diseño de la plancha, que es igual a 277 Kpa.

“Ca” es el coeficiente de resistencia en la condición de plena carga, que se toma 0,8

“ $\sigma_{yd}$ ” en la sección 3 /1. 1. 2 se indica que para un acero normal debe tomarse como 235 N/ mm<sup>2</sup>

“lp” es la separación efectiva entre claras, 3,5 metros

: **t<sub>mínimo</sub> 16mm**

: **t<sub>esc</sub> 16mm**

- Vagras (Section 8, 2.6.3)

Para las vagras, las CSR utilizan como valor mínimo el área de su sección transversal. Pero dado que su altura viene fijada por la altura del doble fondo, el espesor mínimo requerido se obtiene de manera automática. Se ha utilizado el sistema de cargas n°2.

El área requerida es la siguiente:

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr} \tau_{yd}} \text{ cm}^2$$

Así, el espesor de la vagra central:

**t<sub>mínimo</sub> 15,3mm**

**t<sub>esc</sub> 17mm**

Espesor que se ha mantenido en las dos vagras laterales y que constituyen el apoyo del doble forro. El espesor de las dos vagras laterales restantes, que soportan al mamparo corrugado central:

: **t<sub>mínimo</sub> 11mm**

: **t<sub>esc</sub> 12mm**

- Refuerzos longitudinales (S8, 2.3.2)

Para los refuerzos longitudinales la reglamentación establece un módulo mínimo del módulo de la sección formada por el perfil de refuerzo y la plancha asociada correspondiente. Dado que las planchas de fondo y doble fondo están sometidas a cargas de magnitudes semejantes, y por simplicidad constructiva, utilizaremos los

mismos refuerzos en ambas planchas. Así mismo se empleará el sistema de cargas que el empleado para el escantillonado de las planchas. El espaciado entre refuerzos se ha fijado en 760mm. A continuación se presentan el módulo resistente mínimo y el perfil elegido con su plancha asociada.

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \quad \text{cm}^3$$

**Z<sub>mínimo</sub> : 1.089,13 cm<sup>3</sup>**

**Perfil: HP 370x15**

**Z<sub>perfil</sub> : 1.240 cm<sup>3</sup>**

**Plancha asociada: 600mm**

### **Costado y doble casco**

Los costados del buque se han dividido en tres zonas con el fin de realizar un escantillonado particularizado de las mismas. Esta división coincide con la división generada en los costados por la disposición de los palmejares del doble casco. Estas tres zonas son:

- Zona 1: Entre el doble fondo y una altura de 6.333 mm desde la línea de base.
- Zona 2: Entre la zona 1 y una altura de 10.667 mm desde la línea de base.
- Zona 3: Entre la zona 2 y la cubierta principal del barco.

#### **✓ Zona 1**

- Plancha de costado (S8, 2.2.4)

En el escantillonado de planchas situadas verticalmente, la carga a considerar es la correspondiente al punto más bajo de la clara entre refuerzos secundarios. Dado que mantenemos constante el espesor de las planchas que pertenecen a una misma zona, el punto a considerar es el más bajo de la zona 1 y la carga a considerar, dado que

utilizamos el criterio de aceptación AC1, es la hidrostática debida al agua de mar en ese punto. Su valor final:

$$t_{net} = 26 \left( \frac{s}{1000} + 0.7 \right) \left( \frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}^2} \right)^{0.25} \text{ mm}$$

**t mínimo 14mm**

**t<sub>esc</sub> 15mm**

- Plancha de doble casco (S8, 2.2.4)

Para estas planchas se toma como carga a soportar la presión hidrostática, en el punto más bajo de la zona 1, debida a la carga líquida dentro del tanque considerado lleno y supuesto vacío el tanque de lastre lateral.

$$t_{net} = 26 \left( \frac{s}{1000} + 0.7 \right) \left( \frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}^2} \right)^{0.25} \text{ mm}$$

**t mínimo 14mm**

**t<sub>esc</sub> 15mm**

- Refuerzos longitudinales (S8, 2.3.2)

Como decisión de diseño va a volver a primarse la facilidad constructiva y la unificación de escantillones frente a una elevada optimización de la estructura. De esta manera, van a emplearse los mismos refuerzos en el costado y en el doble casco. Se ha fijado un espaciado entre refuerzos de 720mm. El perfil obtenido:

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \text{ cm}^3$$

**Z<sub>mínimo</sub> : 978,23 cm<sup>3</sup>**

**Perfil: HP 340x15**

**Z<sub>perfil</sub> : 1.030 cm<sup>3</sup>**

**Plancha asociada: 600mm**

✓ **Zona 2.**

- Plancha de costado (S8, 2.2.4)

Se ha decidido mantener constante el escantillón de las planchas de costado a lo largo de todo el calado de escantillonado. De esta manera aumentamos la resistencia de la estructura a las cargas de impacto debido al oleaje. Su valor final:

$$t_{net} = 26 \left( \frac{s}{1000} + 0.7 \right) \left( \frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}^2} \right)^{0.25} \text{ mm}$$

**t mínimo 13,2 mm**

**t esc 14 mm**

- Plancha de doble casco (S8, 2.2.4)

En el dimensionamiento de estas planchas se ha considerado la presión hidrostática debida a la carga en el extremo inferior de la zona 2. Así obtenemos como resultado:

$$t_{net} = 26 \left( \frac{s}{1000} + 0.7 \right) \left( \frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}^2} \right)^{0.25} \text{ mm}$$

**t mínimo 12,93 mm**

**t esc 14mm**

- Refuerzos longitudinales (S8, 2.3.2)

Se utiliza de nuevo el mismo perfil en el costado y en el doble casco, estableciendo una clara entre refuerzos secundarios de 720mm. El perfil obtenido:

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \text{ cm}^3$$

**Z<sub>mínimo</sub> : 913,6 cm<sup>3</sup>**

**Perfil: HP 300x14**

**: Z<sub>perfil</sub> :980 cm<sup>3</sup>**

**Plancha asociada: 600mm**

✓ **Zona 3**

- Traca de cinta

$$t_{net} = 26 \left( \frac{s}{1000} + 0.7 \right) \left( \frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}^2} \right)^{0.25} \text{ mm}$$

Su valor final:

**t<sub>mínimo</sub> 15,3mm**

**t<sub>esc</sub> 16mm**

- Plancha de doble casco (S8, 2.2.4)

En esta zona alta del costado, la presión hidrostática es pequeña y se impone el requerimiento se soportar un posible pandeo de momento flector en arrufo (resistencia longitudinal). Así obtenemos como resultado:

$$t_{net} = 26 \left( \frac{s}{1000} + 0.7 \right) \left( \frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}^2} \right)^{0.25} \text{ mm}$$

**t<sub>mínimo</sub> 14.86 mm**

**t<sub>esc</sub> 16mm**

- Refuerzos longitudinales (S8, 2.3.2)

Vuelve a utilizarse el mismo perfil en el costado y en el doble casco, estableciendo una clara entre refuerzos secundarios de 720mm. El perfil obtenido:

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \text{ cm}^3$$

**Z<sub>mínimo</sub> : 416,25 cm3**

**Perfil: HP 260x12**

**: Z<sub>perfil</sub> 470 cm3**

**Plancha asociada: 600mm**

- Palmejares

La metodología de escantillado de los palmejares es la misma que la utilizada para las vagras. Así, la regla establece un área transversal mínima y dado que la anchura queda fijada por la anchura del doble costado, se obtiene automáticamente el espesor mínimo. Establecido el ancho del palmejar en 2m, su espesor:

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr} \tau_{yd}} \quad \text{cm}^2$$

**t mínimo 9,87 mm**

**t esc 10mm**

**Cubierta**

- Planchas de cubierta (S8, 2.2.6)

En este caso hay que considerar la contribución de las planchas de cubierta como platabanda superior de la viga-buque (resistencia longitudinal). El escantillón obtenido:

$$t_{net} = 0,0158 a_p s \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{mm}$$

**t mínimo 16,54 mm**

**t esc 17mm**

- Refuerzos longitudinales (S8, 2.3.2)

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \quad \text{cm}^3$$

**Z mínimo : 358,7 cm3**

**Perfil: HP 240x11**

**: perfil Z 379 cm3**

**Plancha asociada: 600mm**

- Anillo transversal

Como ya se ha explicado, todos los refuerzos longitudinales dimensionados hasta este momento constituyen la estructura secundaria del buque y se apoyan en la estructura primaria constituida por anillos transversales con una clara de 3,5m. Cada anillo transversal está formado por una varenga, una bulárcama y un transversal de cubierta.

- Varenga

El dimensionamiento es análogo a palmejares y vagras, y dado que la altura de la varenga es igual a la del doble fondo, el espesor mínimo se obtiene automáticamente. El escantillón de las varengas es:

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr} \tau_{yd}} \text{ cm}^2$$

**t mínimo 12,87 mm**

**t esc 14mm**

La diferencia significativa entre ambos espesores se debe a la decisión de aumentar el escantillón de la varenga con el fin de evitar tener que reforzarla horizontalmente. La varenga se encuentra aligerada con pasos de hombre circulares de 600mm de diámetro.

- Bulárcama.

Con el mismo proceso de dimensionamiento que la varenga y con el mismo criterio de evitar la disposición de refuerzos adicionales, el espesor de la bulárcama es:

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr} \tau_{yd}} \text{ cm}^2$$

**t mínimo 10,9,mm**

**t esc 12mm**

La varenga se encuentra aligerada con pasos de hombre ovalados de 600x800mm.

- Transversal de cubierta.

Las CSR establecen que los transversales de cubierta deben cumplir tres requisitos simultáneos: que su altura sea como mínimo un 10% de su longitud, que tengan un área

transversal mínima y que tengan un módulo resistente mínimo. Así, la disposición elegida que cumple con todos los requisitos es una viga en T de dimensiones:

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \quad \text{cm}^3$$

**Alma: 1410x11mm**

**Ala: 300x25 mm**

- Cartabones.

El cartabón superior irá colocado en la unión del transversal de cubierta con el doble casco.

Su altura y anchura se calculan para una correcta transmisión de los esfuerzos de cubierta hacia el costado. Su altura total es :

**L : 1,74 m**

**B = 1,5 m**

El cartabón inferior irá colocado en la unión de doble casco con el fondo del tanque.

Su altura y anchura se calculan para una correcta transmisión de los esfuerzos de costado al fondo. Se ha dispuesto sus dimensiones para que coincida con los refuerzos de costado y de fondo.

**L= 1,5 m**

**B= 1,44 m**

- Mamparo corrugado longitudinal

El mamparo longitudinal no ha sido incluido en el cálculo del módulo resistente de la cuaderna maestra porque no contribuye a la resistencia longitudinal, al estar actuando como un muelle.

Las CSR dejan libertad para definir los parámetros geométricos de la corruga, simplemente deben cumplirse un valor mínimo de espesor, así como una relación determinada entre la longitud de la corruga y la profundidad de la corruga. Así mismo, el ángulo de la corruga debe estar comprendido entre 55° y 90°. Con todo ello, los parámetros geométricos del mamparo:

$$t_{net} = 0.0158 a_p s \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{mm}$$

$$d_{cg} = \frac{1000 l_{cg}}{15} \quad \text{mm}$$

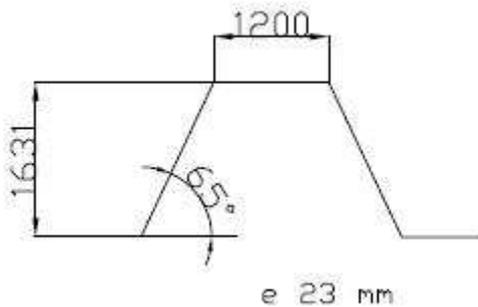
$$l_{cg} = 12.800 \text{mm}$$

$$d_{cg} = 1.631 \text{mm}$$

$$\varphi = 65^\circ$$

$$t = 23 \text{mm}$$

Por tanto estas serán sus dimensiones:



**Tabla resumen de módulos e inercias requeridos.**

	<b>REQUERIMIENTO DE CSR</b>	<b>CUADERNA MAESTRA</b>	<b>VERIFICACION</b>
<b>INERCIA</b>	<b>&gt;42, 65 m<sup>4</sup></b>	<b>106,127 m<sup>4</sup></b>	<b>OK</b>
<b>MODULO</b>	<b>&gt;8, 61 m<sup>3</sup></b>	<b>Cubierta 12,25 m<sup>3</sup></b> <b>Fondo 16,79 m<sup>3</sup></b>	<b>OK</b>



## CAPITULO 7. ESTIMACION DE LA POTENCIA PROPULSORA

### Introducción

En este capítulo se exponen los métodos que hemos utilizado para evaluar la potencia propulsora de nuestro buque. Hemos usado el método de Watson y los cálculos obtenidos en el programa Hullspeed, y los hemos comparado con los de nuestro estudio estadístico.

### Estimación potencia propulsora

#### ✓ Método de D.G.M. Watson

$$PB = [0,889 * DISW^{2/3} * (40 - L_{pp}/61 + 400(k-1)^2 - 12 * CB) / [15000 - 1,81 * N * \sqrt{L_{pp}}] * V^3$$

Siendo:

- K= constante de la fórmula de Alexander 1,067
- $CB = K - 0,5 * V / \sqrt{3,28 L_{pp}} = 0,738$
- V = velocidad en nudos
- $DISW = L_{pp} * B * T * CB * 1,027 = 35818,36$  Toneladas.

$$PB = 9314 \text{ HP} = 6945 \text{ kW}$$

✓ **Hullspeed**

	<b>kW</b>
<b>Holtrop</b>	<b>5629</b>
<b>Compton</b>	<b>8904</b>
<b>Fung Power</b>	<b>7215</b>
<b>Media</b>	<b>7249</b>

✓ **Estudio estadístico**

	<b>HP</b>	<b>kW</b>
<b>Máximo</b>	<b>12228</b>	<b>9118</b>
<b>Mínimo</b>	<b>8388</b>	<b>6254</b>
<b>Media</b>	<b>9940,7</b>	<b>7412</b>

✓ **Resumen**

	<b>kW</b>
<b>Watson</b>	<b>6945</b>
<b>HullSpeed</b>	<b>7249</b>
<b>Estudio Estadístico</b>	<b>7412</b>
<b>Media</b>	<b>7202</b>

Finalmente hemos decidido elegir un motor diesel lento de la firma MAN, concretamente el modelo S40ME-B9.2-TII, que tiene una potencia de 7945kW de NMCR (Normal Maximun Continuous Rating. 100% de la potencia de servicio) y trabaja a 149 rpm.

Es decir que a un 90% de rendimiento, nos proporcionará unos 7150 kW, con lo que obtendremos la velocidad objetivo de 14 nudos.

Las características de dicho motor podemos verlas en el final de este proyecto, en el anexo titulado MOTOR.

### Estimación del diámetro de la hélice propulsora

$$DP = 15,75 * (MCO^{0,2} / N^{0,6}) =$$

Siendo:

- MCO = Potencia del equipo propulsor en HP
- N = RPM del motor

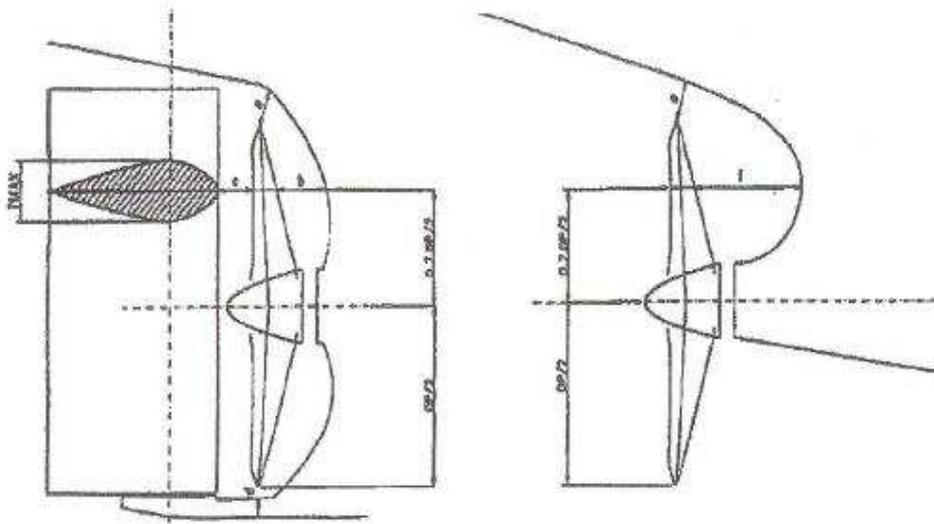
$$DP = 5,68 \text{ metros}$$

#### • Huelgos entre hélice y casco

Debido a la importancia de estos huelgos, las Sociedades de Clasificación incluyen en sus reglas recomendaciones sobre los valores mínimos que deben tener, con objeto de que las vibraciones excitadas por la hélice no excedan de unos niveles razonables.

Se considera que la hélice es de 4 palas.

La Lloyd's Register of Shipping nos da las siguientes fórmulas para el cálculo de los huelgos.



$$A = K_z * K * DP = 0,744 \text{ m}$$

$$b = 1,5 * a = 1,116 \text{ m}$$

$$c = 0,12 * DP = 0,6816 \text{ m}$$

$$d = 0,03 * DP = 0,1704 \text{ m}$$

Siendo  $K_z = 1$  para hélices de 4 palas

$$K = (0,1 + L_{pp}/3050) * (2,56 * C_B * (MCO / L_{pp}^2) + 0,3) = 0,131$$

### Autonomía

- Autonomía en Millas.

2405 millas + 15% Margen = 2765,75 millas.

- Velocidad de servicio : 14 nudos
- Consumo específico de combustible: (145 g / BHP) \* hora

$$145 * 7914 = 1.147.530 \text{ gramos por hora} = 1,14 \text{ Tn / h}$$

- Densidad del combustible : 0,97 T/ m<sup>3</sup>
- Tiempo de autonomía:  $V = s / t$

$$T = s / V = 2765,75 / 14 = 184,3 \text{ horas} = 7,7 \text{ días.}$$

- Capacidad de tanques de combustible

$$\text{Peso del combustible} = \text{BHP} * T = 211,49 \text{ Tn}$$

$$\text{Volumen} = \text{Peso} / \rho = 211,49 / 0,97 = 218,03 \text{ m}^3$$



## CAPITULO 8. SISTEMAS DE ABORDO

### Equipo de gobierno

#### Servomotor

Según lo estipulado en las normas de la sociedad de clasificación (Parte 5; capítulo 19), el buque estará provisto de un mecanismo de gobierno y otro auxiliar dispuestos de tal forma, que si fallara uno de ellos, el buque no quedaría inoperativo. El principal deberá ser capaz de mover el timón de 35 ° en una banda a 30 ° en la opuesta al calado máximo, con velocidad de servicio en no más de 28 segundos. Por su parte, el auxiliar deberá ser capaz de mover el timón de 15 ° a una banda a 15 ° en la opuesta en las mismas condiciones en no más de 60 segundos. De cualquier manera ambos mecanismos se dispondrán de tal forma que en el caso de un black-out, se reinicien automáticamente. Se pondrán en marcha desde el puente de mando y la transferencia de uno a otro debe poder efectuarse en cualquier momento. Elegimos un servomotor electrohidráulico que trabaja con dos bombas.

La velocidad angular mínima que debe dar el servomotor del equipo de gobierno, debe ser tal que permita hacer un recorrido de 65° en un tiempo máximo de 28 segundos. LA velocidad angular mínima la calculamos de la siguiente manera:

$$w = [ ( 35 + 30 ) * ( \pi / 180 ) ] / 28 \text{ s} = 0,040515751 \text{ rad} * \text{s}^{-1}$$

Una vez calculada, y si la potencia es igual al par torsor por la velocidad angular tenemos la siguiente expresión:

$$\text{Potencia}_{\text{servomotor}} = \text{Momento Torsor del timón} * w$$

$$\text{Potencia}_{\text{servomotor}} = 829.909 \text{ Nm} * 0,040515751 \text{ rad} * \text{s}^{-1} = 33.625,067 \text{ W}$$

El dato de momento torsor del timón está calculado en el capítulo de maniobrabilidad. Suponiendo que el servomotor va a tener un rendimiento de la instalación del 65% y tomándonos un margen de seguridad del 5 % , tendremos que instalar una potencia de

$$\text{Potencia}_{\text{servomotor}} = 1,05 * 33.625,067 \text{ W} = 54,32 \text{ kW}$$

Para cumplir con las necesidades de nuestro buque hemos elegido un servomotor electrohidráulico que trabaja con dos bombas, una queda en la reserva de la otra. Cada uno de las bombas en de 54,32 kW.

## Servicios de cubierta

### Numeral de equipo

El numeral de equipo es un parámetro, dependiente de las dimensiones del buque que se proyecta, empleado para definir las características de algunos equipos que deban instalarse a bordo del buque.

Dentro de los equipos de fondeo, amarre y remolque incluye la determinación de las anclas, las cadenas, las amarras y de los cables de remolque que a su vez conlleva la definición de todos los equipos y elementos para la realización de las maniobras correspondientes del buque.

La expresión del numeral de equipo queda definida por la expresión que figura a continuación y de alguna manera representa el orden de tamaño del buque en relación con la acción del viento y mar posibles para las situaciones de fondeo y/o amarre del buque en atraque.

$$\text{Numeral} = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + 0,01 \text{ SI}$$

Dónde:

-  $\Delta$  = Desplazamiento del buque, en toneladas, al calado de verano.  
37556 t.

-  $B$  = Manga de trazado en metros. 25,3 m.

-  $H$  = Altura efectiva en metros entre la flotación en carga de verano y el techo de la caseta más elevada hasta la altura más elevada. Para el cálculo de  $H$  se desprecian el arrufo y la brusca. 15 m. Aquí hay varias cosas que puntualizar:

- No se considera ni asiento ni arrufo en la determinación de  $H$
- Si una caseta o superestructura que pose aun ancho superior a  $B/4$  se encuentra por encima de otra caseta con una manga igual o inferior a  $B/4$  se incluirá la caseta con más manga y se ignorara la de menor manga.
- Amuradas y pantallas con una altura superior de 1,5 m se consideraran como parte de las casetas al determinar  $H$

-  $SI$  = Superficie lateral en m<sup>2</sup>, del casco, de las superestructuras y de las casetas de anchura superior a  $0.25 \cdot B$ , por encima de la flotación en carga.

Nosotros para el cálculo de  $H$  hemos medido en el plano de disposición general, la altura que hay desde la línea base de nuestro buque hasta la caseta o superestructura más alta y a ese valor le hemos restado el calado máximo de nuestro buque,. Y tenemos:

$$H = 31,88 - 10,4 = 21,48 \text{ metros}$$

La superficie lateral de nuestro buque siguiendo reglas anteriores nos da un valor de 1453 m<sup>2</sup>

Con estos dos parámetros, entramos en la fórmula y obtenemos un numeral de

$$N = 2242,88$$

Con este dato entramos en las tablas ( Part 3, Ch 13, Sec 7, Table 13,7,2) y vemos que para nuestro numeral le corresponde el siguiente equipo:

**Table 13.7.2 Equipment—Bower anchors and chain cables**

Equipment number		Equipment letter	Stockless bower anchors		Stud link chain cables for bower anchors			
Exceeding	Not exceeding		Number	Mass of anchor, in kg	Total length, in metres	Diameter, in mm		
						Mild steel (Grade 1 or U1)	Special quality steel (Grade U2)	Extra special quality steel (Grade U3)
50	70	A	2	180	220	14	12,5	—
70	90	B	2	240	220	16	14	—
90	110	C	2	300	247,5	17,5	16	—
110	130	D	2	360	247,5	19	17,5	—
130	150	E	2	420	275	20,5	17,5	—
150	175	F	2	480	275	22	19	—
175	205	G	2	570	302,5	24	20,5	—
205	240	H	2	660	302,5	26	22	20,5
240	280	I	2	780	330	28	24	22
280	320	J	2	900	357,5	30	26	24
320	360	K	2	1020	357,5	32	28	24
360	400	L	2	1140	385	34	30	26
400	450	M	2	1290	385	36	32	28
450	500	N	2	1440	412,5	38	34	30
500	550	O	2	1590	412,5	40	34	30
550	600	P	2	1740	440	42	36	32
600	660	Q	2	1920	440	44	38	34
660	720	R	2	2100	440	46	40	36
720	780	S	2	2280	467,5	48	42	36
780	840	T	2	2460	467,5	50	44	38
840	910	U	2	2640	467,5	52	46	40
910	980	V	2	2850	495	54	48	42
980	1060	W	2	3060	495	56	50	44
1060	1140	X	2	3300	495	58	50	46
1140	1220	Y	2	3540	522,5	60	52	46
1220	1300	Z	2	3780	522,5	62	54	48
1300	1390	A†	2	4050	522,5	64	56	50
1390	1480	B†	2	4320	550	66	58	50
1480	1570	C†	2	4590	550	68	60	52
1570	1670	D†	2	4890	550	70	62	54
1670	1790	E†	2	5250	577,5	73	64	56
1790	1930	F†	2	5610	577,5	76	66	58
1930	2080	G†	2	6000	577,5	78	68	60
2080	2230	H†	2	6450	605	81	70	62
2230	2380	I†	2	6900	605	84	73	64
2380	2530	J†	2	7350	605	87	76	66
2530	2700	K†	2	7800	632,5	90	78	68
2700	2870	L†	2	8300	632,5	92	81	70
2870	3040	M†	2	8700	632,5	95	84	73
3040	3210	N†	2	9300	660	97	84	76
3210	3400	O†	2	9900	660	100	87	78
3400	3600	P†	2	10 500	660	102	90	78
3600	3800	Q†	2	11 100	687,5	105	92	81
3800	4000	R†	2	11 700	687,5	107	95	84
4000	4200	S†	2	12 300	687,5	111	97	87
4200	4400	T†	2	12 900	715	114	100	87
4400	4600	U†	2	13 500	715	117	102	90
						120	105	92

Denominación del equipo I<sub>t</sub>.

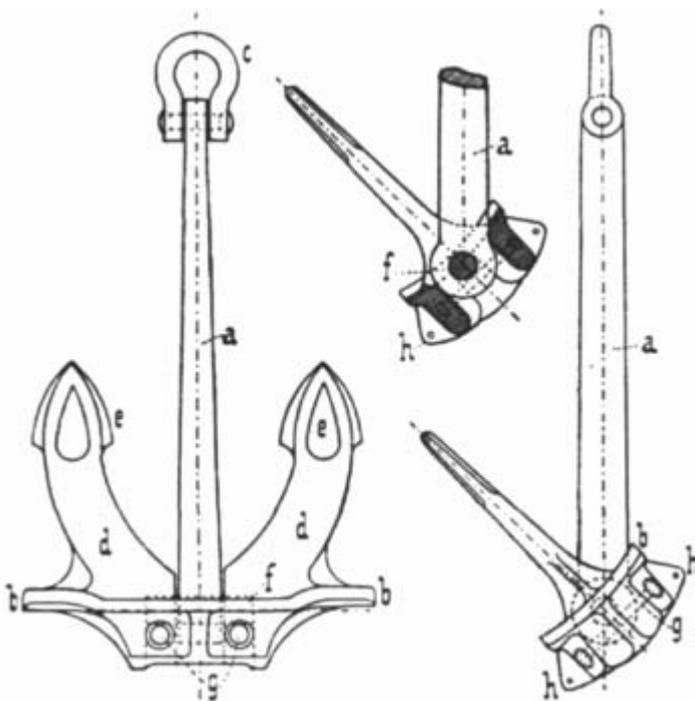
Una vez que sabemos cual es nuestro equipo podemos pasar al siguiente punto.

## Equipo de fondeo

El equipo de fondeo tiene encomendada la misión de mantener un artefacto flotante en una zona prefijada, denominada fondeadero, mediante unos dispositivos que arrojados al fondo marino y haciendo presa en él, impide, dentro de unos ciertos parámetros o valores ambientales que el flotador pueda ser arrastrado por las fuerzas que actúan sobre él (vientos, corrientes, movimientos de mares, etc). Las características de los diferentes elementos que integran este sistema se dan a continuación.

- Ancla

Se elige un ancla tipo Hall, sin cepo, en la siguiente figura se muestra su aspecto:



### *Ancla tipo Hall*

Según las normas de la sociedad de clasificación, en función de nuestro numeral de equipo se tendrán dos anclas iguales de 6900 kg cada una.

Cada ancla se unirá a su respectiva cadena mediante un grillete super-giratorio y eslabones de conexión.

- Cadena

En la tabla ya mencionada, se recoge también información respecto a las cadenas de fondeo. Estas serán de 605 metros de longitud y cada eslabón tendrá un redondo de diámetro 64 mm de acero de calidad U3 (alta calidad), llamada extra especial por la sociedad de clasificación. Este acero se caracteriza porque tiene una resistencia a tracción superior a 690 N/mm<sup>2</sup>.

Como un largo de cadena mide 27,5 metros, el buque llevará 23 largos de cadena. La disposición que se ha hecho es de acuerdo a que la cadena de estribor tenga 11 largos y la de babor 12 largos. La unión de los largos se hace mediante eslabones desmontables tipo Kenter.

El peso de un largo de cadena estas características es de :

Peso largo cadena =  $0,6 d^2 = 2457,6$  kg,

Por lo tanto la cadena de estribor tendrá un peso total de 27033,6 kg y la cadena de babor tendrá un peso total de 29491,2 kg.

- Molinetes

Se dispondrá de dos molinetes monoancla, aunque como la cadena tiene un diámetro de redondo de 64 mm (<74 mm) podría disponerse de uno solo. Estos se utilizarán en las maniobras de fondeo y leva de anclas. Cada uno estará situado a cada banda en la cubierta del castillo de manera que permitan la correcta estiba de la cadena en la caja de cadenas.

Cada uno de los molinetes instalados dispondrá de un barbotén de acero fundido para el manejo de la cadena del ancla y de un tambor de tensión constante. La velocidad de izado será de 9 m/min.

Los molinetes se montarán y diseñarán de acuerdo con las normas de la sociedad de clasificación (Parte 3; capítulo 13; 7.6). La Sociedad de Clasificación exige a este respecto lo siguiente (Parte 3; capítulo 13; 7.6.4): “levar el ancla de 82,5 m hasta los 27,5 metros de profundidad a una velocidad media de 9 m/min”.

Para el cálculo de la potencia del molinete se utilizará la expresión dada por la sociedad de clasificación para el cálculo de la potencia necesaria en la situación de izado:

$$P_{MOL} = \frac{0,87 \cdot (P_C + P_A) \cdot v \cdot f}{60 \cdot 75 \cdot r}$$

Donde

- PC, peso dos largos de cadena (fuera del agua) expresado en kg. 4915,2 kg. En realidad la longitud da izar ( $82.5-27.5 = 55$  m) se corresponde a 2 largos de cadena, pero se supone que la cadena no se encuentra en posición totalmente vertical.
- PA, peso del ancla fuera del agua. 6900 kg.
- v, velocidad de izado ( $9$  m/min =  $0,15$  m/s).
- f, coeficiente de rozamiento entre la cadena y el escoben. Se estima en 2.
- r, rendimiento mecánico del molinete. Se estima en 0,65.

$$P_{MOL} = 63, 25 \text{ kW}$$

Por esto, se instalaran dos molinetes con una potencia unitaria de 63,3 kW.

- Estopor

Este elemento sirve para retener la cadena del ancla, impidiendo que la tensión de la misma ejerza una acción directa sobre el molinete. Se ubica en la cubierta del castillo de proa entre el molinete y el escobén (siguiente apartado).

De entre los diversos tipos de estopores (de patín, de husillos y de rodillos), seleccionamos el último, ya que cuenta con la ventaja de que disminuye el rozamiento de la cadena en la boca del escobén.

- Escobén

El diámetro del escobén viene tabulado para diversos valores del diámetro del redondo del eslabón ( $d = 64$  mm) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$D_{esc} = [(100 - d) * 0,03867 + 7,5] * d$$

Operando, obtenemos el valor del diámetro del escobén 569 mm. Habrá que poner especial cuidado en la localización de la bocina del escobén puesto que se trata de un buque con bulbo de proa.

Se proveerá al buque de los refuerzos necesarios para proteger la chapa de acero de la boca del escobén para compensar los esfuerzos y desgastes que sufre esta zona debido al rozamiento con la cadena.

- Cajas de cadenas

Se dispondrán dos cajas de cadenas en el pique de proa simétricas al plano de crujía. Serán de base cuadrada para facilitar su construcción, aunque es bien sabido que que la cadena ocupa un menos volumen si la sección de su estiba es circular.

Las dimensiones de las cajas de cadenas obedecen al espacio que ocupa la cadena de cada banda.

El volumen que ocupa una cadena de longitud L en metros formada por eslabones de redondo de un diámetro d se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V_{\text{caja}} = 0,082 \cdot d^2 \cdot L \cdot 10^{-4}$$

Operando se obtiene unos valores de 11,08 y 10,16 m<sup>3</sup> para las cajas de cadenas de babor y estribor respectivamente.

Se tomará como ancho de la caja de cadenas 30 veces el diámetro del eslabón (1,92 m). En consecuencia la altura de la cadena estibada será de 3,1 m (babor) y 2,76 m (estribor). La altura se fija en 4,7 m para ambas cajas de cadenas, dejando espacio suficiente para el drenaje (mínimo 0,4 m) y el registro de los espacios (mínimo 1,2 m).

- Bozas de cadenas

Este elemento es necesario para tensar adecuadamente el trozo de cadena comprendido entre el estopor y el ancla cuando ésta se encuentra estibada en el escobén.

Está formada por trozos de cadena que por un extremo se fijan a la cubierta y por el otro, acaba en un grillete que se trinca al eslabón de la cadena entre el estopor y el escobén.

## Equipo de amarre

- Estachas y cables

La sociedad de clasificación no impone ningún requisito a este respecto por ser el buque mayor de 90 metros de eslora. Por lo cual hemos decidido basándonos en buques similares dotar a nuestro buque con un cable de remolque de 200 metros de longitud, así como 6 estachas y 6 cables de 200 metros cada uno.

El cable de remolque deberá tener una carga de rotura superior al 40% de la carga de rotura de una cadena similar a la determinada anteriormente (mismo diámetro) pero de acero de calidad U2, es decir, deberá tener una carga de rotura superior a  $0,4 \cdot 2545 = 1018 \text{ KN}$ .

- Elementos de amarre y remolque

Para las maniobras de amarre se montarán los siguientes elementos en la cubierta del castillo de proa:

- Once bitas dobles de acero soldado.
- Ocho guías tipo Panamá para el amarre.
- Dos guías de tipo universal con rodillos horizontales y verticales.
- Una guía tipo Panamá en la proa para el cable remolque.
- Cuatro rodillos giratorios de eje vertical para el reenvío de cables de amarre

Para las maniobras de amarre se montarán los siguientes elementos en la zona de carga de la cubierta principal:

- Dos bitas dobles de acero soldado.
- Cuatro guías tipo Panamá.

Para las maniobras de amarre se montarán los siguientes elementos en la zona de popa de la cubierta principal:

- Seis bitas dobles de acero soldado.
- Dos guías de tipo universal con rodillos horizontales y verticales.
- Ocho guías tipo Panamá para las estachas de amarre.
- Una guía tipo Panamá para el cable de remolque
- Seis rodillos giratorios de eje vertical para el reenvío de cables de amarre.

- Maquinillas de proa

Se instalarán a bordo dos maquinillas dobles de tensión constante y con una fuerza de 10 toneladas a 20 m·min. Si se supone un rendimiento del equipo de 0,7, la potencia absorbida por el mismo se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$P_{MPP} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 20}{60 \cdot 0,7} \cdot 10^{-3} = 46,7 \text{ kW}$$

Se dispondrán, por lo tanto, dos maquinillas de 46,7 kW.

- Maquinillas de popa

Se instalarán a bordo dos maquinillas dobles de tensión constante y con una fuerza de 10 toneladas a 18 m·min. Si se supone un rendimiento del equipo de 0,7, la potencia absorbida por el mismo se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$P_{MPP} = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 18}{60 \cdot 0,7} \cdot 10^{-3} = 42 \text{ kW}$$

Se dispondrán, por lo tanto, dos maquinillas de 42 kW.

- Maquinilla de costado

Se instalará a bordo una maquinilla dobles de tensión constante y con una fuerza de 3 toneladas a 14 m·min. Si se supone un rendimiento del equipo de 0,7, la potencia absorbida por el mismo se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$P_{MPP} = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 14}{60 \cdot 0,7} \cdot 10^{-3} = 9,8 \text{ kW}$$

Se dispondrá, por lo tanto, de una maquinilla de 9,8 kW.

### Servicio de baldeo y contraincendios

A continuación se presentan las características de cada uno de los equipos,

En primer lugar expondremos las características de las bombas con que cuenta el sistema:

SERVICIO	Nº	TIPO	CAUDAL (m3/h)	INCREMENTO DE PRESION (mca)	POTENCIA (kW)
CONTRAINCENDIOS PRINCIPALES	2	CENTRIFUGA	148	100	62
CONTRAINCENDIOS EMERGENCIA	1	CENTRIFUGA	72	100	32
ESPUMOGENO	1	CENTRIFUGA	4,6	100	2,1

Cada zona de alojamientos, servicios y/o puesto de control cuenta con 16 extintores portátiles y con un sistema de rociadores.

Por su parte, la cámara de máquinas está protegida mediante un sistema de espuma de baja expansión, al igual que la zona de carga.

Asimismo, la zona de carga cuenta con un sistema de prevención de incendios a base de gas inerte.

Una de las bombas contraincendios será utilizada para el servicio de baldeo así como para una posible limpieza de tanques con agua salada cuando esta sea precisa.

El diámetro del colector de contraincendios será 157 mm.

## **Servicios de lastre y sentinas**

### **Servicios de lastre**

El barco estará provisto de dos bombas de lastre iguales con las siguientes características:

- Caudal: 1500 m<sup>3</sup>/h
- Presión: 100 mca
- Potencia: 180 kW.

El diámetro de la sección de las tuberías de las tuberías fue dimensionado dando como resultado una sección de 0.14 m<sup>2</sup> que corresponde a un diámetro de 42 cm.

### **Servicios de sentinas**

El barco estará provisto de dos bombas de sentinas iguales con las siguientes características:

- Caudal: 95 m<sup>3</sup>/h
- Presión: 50 mca
- Potencia: 20 kW.

El valor mínimo obtenido para el diámetro del colector principal es de 182 mm.

## Servicios de acceso

### Escalas de acceso a la acomodación

Habrá dos medios de escape independientes, uno de los cuales no será a través de una puerta estanca. Ambos estarán siempre lo más alejados entre sí que sea posible.

Las cubiertas exteriores est n comunicadas entre sí por escalas inclinadas 50 . Dentro de la superestructura estas escaleras de acceso estarán ubicadas en crujía para evitar las fuerzas provocadas por el movimiento de balance del buque. Su material es acero con elementos antideslizantes en las pisaderas.

Las dimensiones de las escaleras y escalas son las siguientes:

	Altura de peldaño	Pisadera	�ngulo de inclinación
Escaleras	180 mm	250 mm	45�
Escalas	180 mm	180 mm	50�

### Escala de práctico

Cuando no sea necesario trepar menos de 1,5 m ni más de 9 m desde la superficie del agua, se utilizará la escala del práctico. Ésta estará colocada y fijada de modo que quede a resguardo de cualquier posible descarga del buque y que est  situada en la parte del buque en que los costados son paralelos y, dentro de la mitad central del buque. Cada peldaño estará firmemente asentado contra el costado del buque y será de un solo tramo.

Cuando el desnivel entre el mar y el punto de acceso sea superior a 9 metros, se empleará una escala real en combinación con la escala de práctico y se emplazará orientada hacia popa.

Para el acceso del práctico, también se contará con un elevador mecánico colocado en las inmediaciones de la escala.

### **Accesos a espacios en la zona de carga**

El reglamento SOLAS describe una serie de requisitos que han de cumplir estos accesos (capítulo II-1, regla 3-6), A continuación se citan los que afectan al buque de proyecto.

Todo espacio dispondrá de medios de acceso que permitan, durante la vida útil del buque, las inspecciones generales y minuciosas y las mediciones de espesores de las estructuras del buque que llevarán a cabo la Administración, la compañía, y el personal del buque u otras partes, según sea necesario.

En cuanto a los cofferdams, tanques de carga y lastre y otros espacios de la zona de carga, el acceso será directo desde la cubierta expuesta y respecto a los espacios del doble fondo y los tanques de lastre de proa, el acceso podrá darse desde la cámara de bombas, un cofferdam, un túnel de tuberías, un espacio del doble casco o compartimentos similares no destinados al transporte de hidrocarburos o cargas potencialmente peligrosas.

Los tanques de carga y de lastre, por tener una eslora inferior a 35 m, contarán con una única escotilla.

Según las reglas de la LRS (Parte 3; capítulo 11 – 1.1), las escotillas en la cubierta de la zona de carga que dan acceso a los tanques de carga y espacios adyacentes serán de acero y con juntas que las hagan estancas. Para el caso de tapas de escotilla en cubiertas intermedias, serán también de acero, pero no necesariamente estancas, a no ser que den acceso a tanques de lastre.

Los accesos a través de aberturas, escotillas o registros horizontales tendrán dimensiones suficientes para que una persona provista de un aparato respiratorio autónomo y de equipo protector pueda subir o bajar por cualquier escala sin impedimento alguno, y también un hueco libre que permita izar fácilmente a una persona lesionada desde el fondo del espacio de que se trate.

El hueco libre será como mínimo de 600 x 600 mm.

En los accesos a través de aberturas o registros verticales en mamparos de balance, varengas, vagras y bulárcamas que permitan atravesar el espacio a lo largo y a lo ancho, el hueco libre será como mínimo de 600 x 800 mm, y estará a una altura de la chapa del forro del fondo que no excederá de 600 mm, a menos que se hayan provisto rejillas o apoyapiés de otro tipo.

## **Equipo de salvamento**

El capítulo III del SOLAS y el Código internacional de dispositivos de salvamento (Código IDS) son los que se proporcionan las normas internacionales aplicables a los dispositivos y medios de salvamento.

### **Bote salvavidas**

Nuestro buque contará con un bote salvavidas totalmente cerrado con capacidad para 22 personas (la totalidad de la tripulación) de caída libre por la popa del mismo. Estará dispuesto de modo que su asignación completa de personas pueda embarcar en él en 3 minutos como máximo a partir del momento en que se dé la orden de embarco.

Al tratarse de un buque tanque, el bote salvavidas estará protegido contra incendios. Esto implica que podrá proteger durante 8 min como mínimo, hallándose a flote, al número total de personas que esté autorizado a llevar cuando esté envuelto de modo continuo en llamas debidas a la inflamación de hidrocarburos.

El bote tendrá la resistencia necesaria para poder ponerlo a flote sin riesgos en el agua con su asignación completa de personas y de equipo y poder ponerlo a flote y remolcarlo cuando el buque lleve una arrancada de 5 nudos en aguas tranquilas.

Tendrá una escala de acceso que pueda utilizarse en cualquier entrada de acceso y que permita a las personas que estén en el agua subir a bordo. El peldaño inferior de la escala estará situado a no menos de 0,4 m por debajo de la flotación mínima del bote. Además estará dispuesto de modo que permita trasladar a bordo del mismo a personas imposibilitadas, bien desde el agua, bien en camilla.

El bote salvavidas será propulsado por un motor de encendido por compresión. La velocidad avante del bote salvavidas en aguas tranquilas, cuando esté cargado con su asignación completa de personas y de equipo y que todo el equipo auxiliar alimentado por el motor esté funcionando, será al menos de 6 nudos, y cuando esté remolcando al menos de 2 nudos. Se aprovisionará combustible suficiente para que el bote salvavidas completamente cargado marche a 6 nudos durante un periodo de 24 h como mínimo. Todos los elementos del equipo del bote salvavidas irán sujetos en el interior del bote afianzando los con trincas, guardándolos en taquillas o compartimientos, asegurándolos con abrazaderas u otros dispositivos análogos de sujeción, o utilizando otros medios adecuados.

Todos los elementos del equipo del bote serán tan pequeños y de tan poca masa como resulte posible e irán empaquetados de forma adecuada y compacta.

Por tratarse de un bote de caída libre, estará dotado de un sistema de suelta que tenga dos mecanismos independientes de suelta que solamente se puedan activar desde el interior del bote salvavidas y esté marcado con un color que contraste con el de lo que le rodea. Dicho sistema estará adecuadamente protegido contra su utilización accidental o prematura y estará proyectado de modo que se pueda comprobar el mecanismo de suelta sin poner a flote el bote salvavidas.

## **Balsas salvavidas**

Por otra parte, el buque también contará con dos balsas salvavidas, una a cada banda, que den cabida también a la totalidad de la tripulación (22 personas) cada una y ambas con dispositivos de puesta a flote. Por ser un barco de tales dimensiones, el SOLAS, exige también que llevemos otras dos balsas salvavidas estibadas lo más a proa y a popa posible respectivamente y también dotadas de dispositivo de puesta a flote. Estas últimas balsas irán sujetas firmemente de modo que se puedan soltar a mano sin necesidad de un dispositivo de puesta a flote.

Las balsas salvavidas estarán fabricadas de modo que puestas a flote puedan resistir 30 días la exposición a la intemperie, sea cual fuere el estado de la mar. Además tanto las balsas como sus accesorios estarán construidos de manera que sea posible remolcarlas a una velocidad de hasta 3 nudos en aguas tranquilas, cargada con su asignación completa de personas y equipo, y con una de sus anclas flotantes largada.

Cada balsa llevará guirnalda salvavidas bien afirmadas alrededor de su exterior y de su interior, y estará provista de una boza resistente de 15 m. Tendrán también un toldo para proteger a los ocupantes de la exposición a la intemperie y que se levante automáticamente cuando la balsa esté a flote.

En lo alto del toldo se instalará una lámpara de accionamiento manual que de una luz de color blanco y que podrá alumbrar de forma continua al menos durante 12 h en todas las direcciones.

Dentro de la balsa se instalará una lámpara de accionamiento manual que pueda funcionar continuamente durante el mismo período y que se encenderá automáticamente cuando se monte la balsa salvavidas.

Las balsas salvavidas se estibarán con su boza permanentemente amarrada al buque y con un medio de zafada para que cada balsa se suelte y, si es inflable, que se infle automáticamente, cuando el buque se hunda. Asimismo, se estibarán de modo que éstas o sus envolturas puedan soltarse manualmente de una en una de sus medios de sujeción.

Por lo menos una entrada estará provista de una rampa de acceso semirrígida capaz de soportar una persona que pese 100 kg y que permita subir a la balsa salvavidas desde el agua. Las demás entradas tendrán una escala de acceso cuyo peldaño inferior esté situado a no menos de 0,4 m por debajo de la flotación mínima de la balsa.

La balsa salvavidas irá en una envoltura que pueda resistir las condiciones de intenso desgaste que impone el mar, que tenga flotabilidad intrínseca suficiente, cuando contenga la balsa y su equipo, para sacar la boza de su interior y accionar el mecanismo de inflado en caso de que el buque se hunda y que sea estanca en la medida de lo posible, aunque tendrá orificios de desagüe en el fondo.

### **Bote de rescate**

La finalidad de este bote es el rescate de las personas que caen al agua o son barridas de las cubiertas, así como el reagrupamiento y aprovisionamiento de balsas en caso de naufragio.

En nuestro caso contaremos con un bote hinchable capaz de llevar a cinco personas sentadas y una más en camilla.

El bote de rescate irá estibado de modo que esté siempre listo para ponerlo a flote en un máximo de 5 minutos mediante un pescante y en un emplazamiento adecuado para su puesta a flote y recuperación, en nuestro caso en la popa del buque.

Ni el bote de rescate ni sus medios de estiba entorpecerán el funcionamiento de ninguna de las demás embarcaciones de supervivencia en otros puestos de puesta a flote y si también hacen las veces de botes salvavidas, cumplirán todos los requisitos de éstos.

El bote de rescate podrá maniobrar a una velocidad de al menos 6 nudos y podrá mantener dicha velocidad durante un mínimo de cuatro horas. Para ello, estará dotado de un motor fuera borda adecuado.

Para cumplir sus funciones, contará con un medio de remolque permanentemente instalado y cuya resistencia sea suficiente para reunir o remolcar balsas salvavidas.

También estará dotado de una capota que cubrirá al menos un 15 % de su eslora. Al igual que en el caso del bote salvavidas, todo el equipo irá adecuadamente trincado o guardado.

El pescante para poner a flote el bote salvavidas será adecuado para esta función y no se utilizará para ningún otro cometido.

### Equipo de las embarcaciones de salvamento

Para cumplir los reglamentos de seguridad en el mar, las embarcaciones de salvamento deben estar provistas de los siguientes elementos según indica la tabla:

	BALSAS	BOTE	BOTE DE RESCATE
Abrelatas	3	3	0
Achicador flotante	2	1	1
Ancla flotante	2	1	1
Aro Flotante	1	2	2
Ayuda térmica	2	2	2
Baldes	0	2	0
Bengala de mano	6	6	0
Bichero	0	2	1
Bombar para completar el inflado	1	0	1
Botiquín de primeros auxilios	1	1	1
Boza	0	2	1
Cabo para remolcar	0	0	1
Cohete lanzabengala con paracaídas	4	4	0
Compás	0	1	1
Cuchillo	1	0	0
Ejemplar de seales de salvamento	1	1	0
Equipo portátil de extinción de incendios	0	1	1
Equipo reparador de pinchazos	1	0	1
Espejo de señales diurnas	1	1	0
Esjonja	2	0	2
Hachuelas	0	2	0
Instrucciones de supervivencia	1	1	0
Aparejo de pesca	1	1	0
Linterna eléctrica	1	1	1
Navaja	0	1	1
Proyector	0	1	1
Raciones de alimentos	22	22	0
Recipiente estanco de agua	33 l	66 l	NO
Reflector de radar	1	1	1
Remo flotante	2	0	2
Silbato	1	1	1
Tijeras	1	0	0
Vaso graduado de acero inoxidable	1	1	0
Señal fumígena flotante	2	2	0

### **Chalecos salvavidas**

La regla III-7.3 del SOLAS prescribe que buques como el nuestro estarán provistos de un chaleco salvavidas para cada una de las personas que viajen a bordo así como un número suficiente de los mismos para las personas encargadas de las guardias y para su uso en embarcaciones de supervivencia alejadas.

En nuestro caso contaremos por tanto con 22 de ellos en la zona de habilitación, además de 10 situados en las proximidades de las balsas y otros 10 en el puente y en cámara de máquinas para las personas encargadas de las guardias. En cualquier caso serán fácilmente accesibles y su ubicación estará claramente indicada en el buque.

### **Trajes de inmersión**

Habrá un traje de inmersión disponible por cada tripulante del bote de rescate (Regla III-7.3 del SOLAS), es decir, cinco en nuestro caso.

### **Aros salvavidas**

Por tener una eslora comprendida entre 150 y 200 m, nuestro buque contará con 12 aros salvavidas, distribuidos lo más equitativamente posible a lo largo de cada banda. De estos, dos de ellos (uno a cada banda) contará con una rabiza de 30 m. de longitud, otro irá situado en la popa del buque, la mitad de ellos, es decir, 6 de ellos, tendrán luces de encendido automáticas y de ellos, dos además contarán con señales fumígenas de encendido automático.

Los aros que estén provistos de rabiza flotante no pueden ser lo que tengan luces o señales fumígenas.

En la siguiente tabla se detalla el número de chalecos y sus características:

Número de aros	Características especiales
3	-
4	Luces de encendido automático
2	Luces de encendido y señales fumígenas automáticas
1	Ubicado en la popa
2	Con rabiza de 30 m

**Otros**

- Se dispondrá de un aparato lanzacabos con un alcance de al menos 230 m, según establece la Regla III-B-18 de SOLAS.
- Se dispondrán doce cohetes lanzabengalas de socorro instalados en una caja de acero situada en el puente de navegación o cerca de este, Según lo dispuesto en Regla III-B-6.3 de SOLAS.
- Dispositivos radioeléctricos de salvamento: aparatos radiotelefónicos bidireccionales y dos respondedores de radar.
- Sistema de comunicación de emergencias interiores.
- Sistema de alarmas.
- Sistema de megafonía

## **Servicios de la carga**

### **Servicios del bombeo de la carga**

Se dispondrán 4 bombas de descarga de tanques iguales, una para cada segregación de la carga. Las características de las bombas son las siguientes:

- Caudal: 1500 m<sup>3</sup>/h
- Diferencia de presiones de trabajo: 150 mca
- Potencia: 950 kW

Se dispondrá también de una bomba de agotamiento de tanques de capacidad igual a 150 m<sup>3</sup>/h con una potencia de 100 kW.

Los tanques de carga irán también provistos de válvulas de presión y vacío que eviten la rotura del mismo por un exceso de presión.

### **Sistema de gas inerte**

Será un sistema de CO<sub>2</sub> suministrado por el generador de gas inerte con la ayuda de dos ventiladores.

- **Ventiladores**

Se instalarán dos ventiladores de una potencia de 1,4 kW y con un caudal de 2550 m<sup>3</sup>/h.

- **Generador autónomo de gas inerte**

Se instalará un generador de gas inerte con las siguientes características:

- Caudal: 5100 m<sup>3</sup>/h
- Consumo: 8,5 kg/h de Fuel.
- Caudal del agua de refrigeración: 5.5 m<sup>3</sup>/h
- Potencia: 40kW

## Sistema de limpieza de tanques

El buque estará equipado con un sistema de lavado de tanques con agua. La limpieza de tanques con agua se realiza con las bombas de descarga. El proceso de limpieza consistirá en tendrá dos fases, una primera con agua de mar y otra con agua dulce caliente. El agua se calentará mediante un calentador para elevar la temperatura del agua salada desde 20° C hasta 80° C.

El agua será impulsada a través de un sistema de tuberías independiente, hasta la cubierta de cada tanque donde están dispuestas las tomas para los rociadores de limpieza.

Los rociadores tendrán capacidad de movimiento vertical y de giro, de manera que el agua pueda acceder a toda la superficie interior de los tanques. Tras la limpieza, el agua sucia será bombeada a los tanques slops por medio de las bombas de carga y a través de las tuberías de descarga de manera que se retiren los residuos depositados.

Desde los tanques slops se hace pasar el agua de limpieza a través de las purificadoras, que separarán así el agua de los hidrocarburos, al tiempo que se controla la pureza de dicho agua por medio del oleómetro. El agua ya limpia se expulsará al mar y los residuos residuales permanecerán en los tanques slops.

## Grúas

- **Grúas de los manifolds**

Se instalarán dos grúas giratorias hidráulicas para el manejo de las mangueras en la cubierta superior.

La SWL (carga de trabajo segura) será de 10 toneladas a 10 metros. Cada una deberá ser capaz de elevar 10 toneladas a una velocidad de 20 m/min. Los movimientos horizontales y verticales se llevan a cabo eléctricamente manejado con un mando. Considerando un rendimiento de 0,8, la potencia necesaria de cada grúa será:

$$P = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 20}{60 \cdot 0,8} \cdot 10^{-3} = 40,9 \text{ kW}$$

- **Grúas de aprovisionamiento**

Se dispondrán dos grúas telescópicas para el aprovisionamiento del buque. La capacidad de estas grúas será de 4 toneladas a 7 metros. Cada una deberá ser capaz de elevar su carga máxima (4 toneladas) a una velocidad de 20 m/min. Considerando un rendimiento como el anterior (0,8) la potencia de estas grúas será:

$$P = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 20}{60 \cdot 0,8} \cdot 10^{-3} = 16,4 \text{ kW}$$

## **Equipo de navegación y comunicaciones**

### **• Equipos de ayuda a la navegación**

El capítulo V del SOLAS es el que se encarga de regular la seguridad en la navegación, describiendo el equipo necesario. A continuación enumeramos los elementos y equipos con los que contará nuestro buque:

- Un compás magistral magnético debidamente compensado para determinar el rumbo del buque y presentar los datos visualmente en el puesto principal de gobierno. También contará con uno de respeto intercambiable con este.
- Dos girocompases para determinar y presentar visualmente su rumbo por medios no magnéticos que el timonel pueda leer claramente desde el puesto de gobierno principal.
- Un repetidor del rumbo indicado por el girocompás para facilitar visualmente información sobre el rumbo en el puesto de gobierno de emergencia.
- Un taxímetro para leer demoras en un arco del horizonte de 360 °.
- Un repetidor de las demoras indicadas por el girocompás para obtener demoras en un arco de horizonte de 360°, utilizando el girocompás.
- Un medio para corregir y obtener el rumbo y la demora verdaderos.
- Un sistema de control del rumbo o de la derrota para regular y mantener automáticamente el rumbo o una derrota recta.
- Un indicador de la velocidad de giro para determinarla y presentarla visualmente.
- Un sistema de información y visualización de cartas electrónicas (SIVCE) que satisfaga las prescripciones relativas a la obligación de llevar cartas náuticas.
- Un receptor para el sistema mundial de navegación por satélite y un sistema de radionavegación terrenal para determinar y actualizar en todo momento la situación con medios automáticos durante el viaje previsto.
- Un radar de 3 GHz, y un segundo radar de 9 GHz, para determinar y presentar visualmente la distancia y la demora de otras embarcaciones y obstrucciones de superficie y de boyas, litorales y marcas de navegación que ayudan a la navegación en general y a evitar abordajes.
- Un radar de puerto.
- Una ayuda de punteo radar automática para trazar automáticamente la distancia y la demora de otros 20 blancos como mínimo, que esté conectada a un indicador de velocidad y distancia en el agua, a fin de determinar el riesgo de abordaje y simular una maniobra de prueba.

- Una ecosonda para medir y presentar visualmente la profundidad de agua.
- Un dispositivo medidor de la velocidad y la distancia para indicar la velocidad y la distancia con respecto al fondo en dirección de proa y en dirección transversal.
- Indicadores de la situación del timón, la hélice, el empuje, el paso y otras modalidades de funcionamiento para determinar y presentar visualmente el ángulo de metida del timón, la rotación de la hélice, la potencia y dirección del empuje y el paso y la modalidad de funcionamiento, de manera que todos ellos sean legibles desde el puesto de órdenes de maniobra.
- Una ayuda de seguimiento automático para trazar automáticamente la distancia y la demora de otros blancos a fin de determinar el riesgo de abordaje.
- Un teléfono para comunicar información sobre la derrota al puesto de gobierno de emergencia.
- Una lámpara de señales diurnas u otro medio para comunicarse mediante señales luminosas durante el día y la noche que utilice una fuente de energía eléctrica que no dependa únicamente del suministro eléctrico del buque.

Además los buques construidos a partir de diciembre de 2008 tendrán que llevar instalado un sistema de transmisión automática de datos que forme parte del sistema de identificación y seguimiento de largo alcance de buques.

Esta información será el nombre del buque, su situación (latitud y longitud) y la fecha y hora de la información facilitada.

Para facilitar las investigaciones sobre siniestros, en los buques que efectúen viajes internacionales, se instalará un registrador de datos de la travesía (RDT).

Demás se instalarán los siguientes elementos:

- Un sextante.
- Un cronómetro y un megáfono.
- Dos binoculares para visión diurna.
- Dos binoculares para visión nocturna.
- Campanas de alarma de acuerdo con la reglamentación SOLAS.
- Un gong y una bocina de niebla.
- Un barómetro y un barógrafo.
- Termómetros para medir la temperatura exterior y la temperatura del mar.
- Un psicómetro.

## **Comunicaciones exteriores**

El capítulo IV del SOLAS especifica el equipo necesario para las radiocomunicaciones de un buque. El buque de proyecto en particular llevará lo siguiente:

- Una instalación radioeléctrica de ondas métricas que pueda transmitir y recibir mediante LSD (frecuencia 156,525 MHz – canal 70) y mediante radiotelefonía (156,3 MHz, 156,65 MHz y 156,8 MHz – canales 6, 13 y 16 respectivamente). En combinación con ella, tendremos otra que mantenga escucha continua de LSD en el canal 70.
- Un respondedor de radar que funcione en la banda de 9 GHz, el cual, a su vez será el prescrito para la embarcación de supervivencia mencionado anteriormente.
- Un receptor para las transmisiones del servicio NAVTEX internacional, que es una coordinación de transmisión y recepción automática en 518 kHz de información sobre seguridad marítima mediante telegrafía de impresión directa de banda estrecha utilizando el idioma inglés.
- Una radiobaliza de localización de siniestros por satélite.
- Un equipo que permita mantener un servicio de escucha de LSD (llamada selectiva digital) en las frecuencias de 2187,5 KHz, 8414,5 KHz y por lo menos en una de las frecuencias de socorro y seguridad de LSD de 4207,5 KHz, 6312 KHz, 12577 KHz ó 16804,5 KHz; pudiendo elegir en cualquier momento cualquiera de ellas.
- Medios para iniciar la transmisión de alertas de socorro buques costera mediante un servicio de radiocomunicaciones que no sea el de ondas decamétricas y que trabaje a través del sistema de satélites de órbita polar de 406 MHz. Y del servicio de satélites geoestacionarios de Inmarsat.

## **Comunicaciones interiores**

El equipo de comunicaciones interiores estará formado por lo siguiente:

- Un telégrafo de órdenes en puente y cámara de máquinas.
- Un sistema de interfonos de cubierta con unidades en el puente y las zonas de fondeo y amarre de proa y de popa.
- Un sistema de órdenes y avisos generales con altavoces en las zonas de paso, habitación, cubierta y cámara de máquinas.
- Un sistema automático de doce teléfonos.
- Tres equipos de comunicaciones UHF tipo “walkie talkie” para comunicación con las áreas de manejo de la carga.

## **Planta eléctrica**

### **- Definición de la planta eléctrica**

Una de las primeras decisiones es la del tipo de corriente a emplear en el buque. La elección es la habitual: corriente alterna. El principal motivo para esta elección es el ahorro en peso y empacho que esta supone y, consecuentemente, el costo también es menor.

Otro argumento a favor de la corriente alterna es que al atracar en puerto, lo que generalmente está disponible es corriente alterna y de esta manera, el buque podrá disponer de la red de tierra, cuyo precio es más económico que generar tu propia energía con los generadores a bordo.

Para la elección de la tensión y la frecuencia, los cuales definen la red eléctrica del buque, se han de tener en cuenta los siguientes factores:

- A mayor tensión, se requiere una menor sección de cables, de esta forma se ahorra en peso y empacho del equipo eléctrico.
- A mayor frecuencia e igual número de polos, los motores eléctricos giran a mas revoluciones y por tanto necesitan, para una determinada potencia, un menor tamaño y peso.

Actualmente se ha estandarizado a bordo el uso de redes de 380 V / 50 Hz y de 440 V / 60 Hz, por lo que en base a lo anteriormente expuesto, es más conveniente la elección de una red de 440 V y 60 Hz de frecuencia.

Los sistemas de distribución eléctrica son dos:

- Red de 220 V / 60 Hz para el alumbrado y los servicios de habitación en general. La distribución será un paralelo a tensión constante con tres conductores en corriente trifásica.
- Red de fuerzas de 440 V / 60 Hz que serán los parámetros de generación de energía eléctrica.

- **Situaciones de carga eléctrica y consumidores.**

Por las características propias de los buques dedicados al transporte de productos derivados del petróleo destacamos seis situaciones de carga eléctrica. Estas son:

- Pico en navegación (PN)
- Navegación normal (N). Sera la situación más habitual del buque tanto a plena carga como en lastre.
- Maniobras (M). Es la operación de transición entre la navegación y la de carga/descarga, se caracteriza porque se ponen en funcionamiento un gran número de equipos de casco y cubierta.
- Carga y descarga del buque (C/D). La situación más influyente en el balance eléctrico es la situación de carga y descarga.
- Puerto (P). Situación de mínimo consumo puesto que el buque no está realizando ninguna operación específica.
- Emergencia €. Esta situación es independiente de cualquiera de las anteriores. Se considera en este caso que fallan todos los modos de generación de energía del buque excepto el generador de emergencia para mantener una serie de servicios operativos.

### - Consumidores

A continuación se enumeran los consumidores de cada grupo, indicando el número de equipos que lo componen, el número de equipos en servicio, el coeficiente de utilización  $K_N$  y la potencia total instalada para cada uno de los servicios:

- Servicio de gobierno
- Servicio de combustible
- Servicio de lubricación
- Servicio de refrigeración
- Servicio de aire comprimido
- Servicio de ventilación
- Servicio contraincendios
- Servicio de lastre
- Servicio de sentinas
- Servicio de la carga
- Sistema generador de vapor
- Servicio de cubierta
- Servicio de habilitación
- Servicio de ayuda a la navegación
- Alumbrado

	Consumidor	Nº	Nº en servicio	Potencia unitaria (kW)	$K_N$	Potencia instalada (kW)
<b>Servicio de gobierno</b>	Servomotor	1	1	54,32	1	54,32
<b>Servicio de combustible</b>	Bomba de trasiego de combustible pesado	2	1	3,2	0,5	3,2
	Bomba de purificación de combustible pesado	2	1	0,5	0,5	0,5
	Bomba de suministro de combustible pesado	2	2	0,5	1	1
	Bombas de circulación de combustible pesado	2	2	1,22	1	2,44
	Bomba de trasiego de combustible ligero	1	1	3,2	1	3,2
	Bomba de suministro de combustible ligero de grupos auxiliares (I)	2	2	0,06	1	0,12
	Bomba de suministro de combustible ligero de grupos auxiliares (II)	1	1	0,15	1	0,15
	Bomba de suministro de combustible ligero de grupos auxiliares (II)	1	1	0,3	1	0,3
	Purificadora de fuel oil	1	1	2,75	1	2,75
	Purificadora de diesel	1	1	1,8	1	1,8

	Consumidor	Nº	Nº en servicio	Potencia unitaria (kW)	$K_N$	Potencia instalada (kW)
Servicio de lubricación	Bombas de trasiego y purificación del sistema de lubricación ppal	2	1	1,24	0,5	1,24
	Bombas del eje de levas	2	1	43,6	0,5	43,6
	Bombas de alta de los actuadores de válvulas de escape	2	1	0,25	0,5	0,25
	Calentadores del aceite	1	1	2,4	1	2,4
	Bombas de suministro de los MMAA (I)	2	2	3,06	1	6,12
	Bombas de suministro de los MMAA (II)	2	2	27,78	1	55,56
	Bomba de prelubricación	1	1	7,04	1	7,04
Servicio de refrigeración	Bombas de refrigeración de AS MP	2	1	44,9	0,5	44,9
	Bomba de refrigeración de AD MP	1	1	35,8	1	35,8
	Bombas de refrigeración de cilindros MP	2	1	110	0,5	110
	Bombas de refrigeración de agua dulce, servicio de BT MMAA (I)	2	2	6,02	1	12,04
	Bombas de refrigeración de agua dulce, servicio de AT MMAA (I)	2	2	3,43	1	6,86
	Bombas de refrigeración de agua dulce, servicio de BT MMAA (II)	2	2	5	1	10
	Bombas de refrigeración de agua dulce, servicio de AT MMAA (II)	2	2	5	1	10
	Purificadora de aceite	1	1	2,5	1	2,5
Servicio de aire comprimido	Compresores de aire del MP	1	1	34	1	34
	Compresores de aire de los MMAA	1	1	10	1	10
	Motor eléctrico del virador	1	1	4	1	4
Servicio de ventilación	Ventiladores de cámara de máquinas (I)	2	2	45	1	90
	Ventiladores de cámara de máquinas (II)	2	2	24	1	48
	Extractores de cámara de máquinas	2	2	11	1	22
	Extractores del local de purificadoras	2	2	1,5	1	3
	Extractores de cámara de máquinas	3	3	1,5	1	4,5
Servicio contraincendios	Bombas contraincendios	2	2	62	1	124
	Bomba contraincendios de emergencia	1	1	32,4	1	32,4
	Bomba de espumógeno de contraincendios	1	1	2,23	1	2,23
Servicio de lastre	Bombas de lastre	3	3	180	1	540

	Consumidor	Nº	Nº en servicio	Potencia unitaria (kW)	K <sub>N</sub>	Potencia instalada (kW)
Servicio de sentinas	Bombas de sentinas	2	2	39,8	1	79,6
	Bomba del separador de sentinas	1	1	7,6	1	7,6
	Separador de sentinas	1	1	17	1	17
	Bomba de descarga de lodos	1	1	3,15	1	3,15
Servicio de la carga	Bombas de carga	4	4	850	1	3400
	Ventiladores del sistema de gas inerte	2	2	2,6	1	5,2
	Generador de gas inerte	1	1	5,5	1	5,5
Sistema generador de vapor	Bomba de alimentación de la caldereta de gases de escape	1	1	0,9	1	0,9
	Bomba de extracción del condensado	2	2	3,44	1	6,88
	Bomba de alimentación de la caldera auxiliar	1	1	0,29	1	0,29
Servicio de cubierta	Molinetes	2	2	88,32	1	176,64
	Maquinillas de proa	2	2	46,7	1	93,4
	Maquinillas de popa	2	2	42	1	84
	Maquinilla de costado	1	1	9,8	1	9,8
	Grúa manifold	2	1	40,9	0,5	40,9
	Grúa de provisiones	2	1	16,4	0,5	16,4
Servicio de habilitación	Bombas de agua dulce sanitaria de puerto	2	1	0,63	0,5	0,63
	Calentador de agua dulce sanitaria	1	1	12	1	12
	Bomba de circulación de agua caliente	1	1	0,85	1	0,85
	Potabilizadoras de agua	2	2	0,1	1	0,2
	Equipo de tratamiento de aguas fecales	1	1	3,5	1	3,5
	Compresor de aire acondicionado	1	1	25,2	1	25,2
	Bomba de circulación de aire acondicionado	1	1	6,7	1	6,7
	Ventiladores de aire condicionado	1	1	6,5	1	6,5
	Cocina	1	1	50	1	50
	Resto de equipos	1	1	5,55	1	5,55
Servicio de ayuda a la navegación	Equipo de radio	1	1	5	1	5
	Equipo de comunicaciones y navegación	1	1	5	1	5
	Automatización	1	1	5	1	5
	Cuadro de baja tensión	1	1	0,5	1	0,5
	Resto de equipos	1	1	15	1	15

	Consumidor	Nº	Nº en servicio	Potencia unitaria (kW)	$K_n$	Potencia instalada (kW)
Alumbrado	Alumbrado interior	1	1	33,04	1	33,04
	Alumbrado exterior	1	1	11,6	1	11,6
	Luces de navegación	1	1	7,5	1	7,5

### - Balance eléctrico

El resultado final del balance eléctrico será la potencia demandada por el buque en las distintas situaciones de carga.

Supondremos un factor de potencia promedio de  $\cos f = 0,8$  para todos los consumidores. Conociendo la potencia consumida (PC) por cada consumidor, obtenemos la demandada multiplicando la primera por un coeficiente de utilización ( $K_u$ ) que es igual al producto de otros dos:

- Coeficiente de simultaneidad ( $K_n$ ): refleja el número de equipos de reserva (ya aparece en la tabla anterior)
- Coeficiente de servicio y régimen ( $K_{sr}$ ): representa la probabilidad de que una máquina esté trabajando a su potencia máxima y como consecuencia absorba de la red el total de la potencia consumida por él (PC).

Así, para cada consumidor, obtendremos la potencia final consumida en cada situación de carga, aplicando lo siguiente:

$$P_{FINAL} = P_{CONSUMIDA} \cdot K_{sr} \cdot K_n$$

La suma de las potencias finales de los consumidores dará como resultado la potencia a considerar en las distintas situaciones de carga eléctrica. Se supone un factor de potencia de para el cálculo de la potencia aparente.

A continuación figura el detalle del balance eléctrico:

Consumidor	Nº	K <sub>M</sub>	NAVEGACION		MANIOBRA		CAI DES	
			K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	DES
	1	1	0,1	4,32	0,2	8,64	0	
trasego de combustible	2	0,5	0,3	0,96	0,3	0,96	0,3	
purificación de pesado	2	0,5	1	0,5	1	0,5	0,3	
suministro de pesado	2	1	1	1	1	1	0,3	
circulación tible pesado	2	1	1	2,44	1	2,44	0,3	
trasego de ligero	1	1	0,3	0,96	0,3	0,96	0,3	
suministro de upos auxiliares (I)	2	1	1	0,12	1	0,12	0,3	
suministro de upos auxiliares (II)	1	1	1	0,15	1	0,15	0,3	
suministro de								

Consumidor	N°	K <sub>N</sub>	NAVEGACION		MANIOBRA		CAF DESC
			K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	P (KW)	
el trasiego y purificación de lubricación ppal	2	0,5	0,5	0,62	0,5	0,62	0,5
el alta del eje de levas	2	0,5	1	43,6	1	43,6	0
el alta de los actuadores de escape	2	0,5	1	0,25	1	0,25	0
tores del aceite	1	1	0,5	1,2	0,1	0,24	0,5
el suministro de los MMAA (I)	2	1	0,3	1,836	0,3	1,836	1
el suministro de los MMAA (II)	2	1	0,3	16,668	0,3	16,668	1
de prelubricación	1	1	0,5	3,52	0,5	3,52	0,5
de refrigeración de AS MP	2	0,5	1	44,9	1	44,9	0
de refrigeración de AD MP	1	1	1	35,8	1	35,8	0
de refrigeración de cilindros MP	2	0,5	0,5	55	0,5	55	0
de refrigeración de agua dulce, de BT MMAA (I)	2	1	0,3	3,612	0,5	6,02	1
de refrigeración de agua dulce, de AT MMAA (I)	2	1	0	0	0,5	3,43	1
de refrigeración de agua dulce, de BT MMAA (II)	2	1	0,3	3	0,5	5	1
de refrigeración de agua dulce, de AT MMAA (II)	2	1	0	0	0,5	5	1

Consumidor	N°	K <sub>N</sub>	NAVEGACION		MANIOBRA		CA DES
			K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	P (KW)	
			K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	P (KW)	
sores de aire del MP	1	1	0,1	3,4	0	0	0
sores de aire de los MMAA	1	1	0,1	1	0	0	0
éctrico del virador	1	1	0,1	0,4	0	0	0
ores de cámara de máquinas (I)	2	1	0,7	63	0,7	63	0,7
ores de cámara de máquinas (II)	2	1	0,7	33,6	0,7	33,6	0,7
res de cámara de máquinas	2	1	0,7	15,4	0,7	15,4	0,7
res del local de purificadoras	2	1	0,7	2,1	0,7	2,1	0,7
res de cámara de máquinas	3	1	0,7	3,15	0,7	3,15	0,7
contra incendios	2	1	0	0	0,3	37,2	0,3
contra incendios de emergencia	1	1	0	0	0	0	0
de espumógeno de incendios	1	1	0,1	0,223	0,1	0,223	0,1
de lastre	3	1	0,2	108	0	0	0,6
de sentinas	2	1	0,3	23,88	0	0	0,3
del separador de sentinas	1	1	0,3	2,28	0	0	0,3
lor de sentinas	1	1	0,3	5,1	0	0	0,3
de descarga de lodos	1	1	0	0	0	0	0,7

Idor	Nº	K <sub>N</sub>	NAVEGACION		MANIOBRA		C/ DE
			K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	P (KW)	
	4	1	0	0	0	0	0,8
istema de	2	1	0	0	0	0	0,5
incrio	1	1	0	0	0	0	0,5
ación de la s. de escape.	1	1	0,6	0,54	0,6	0,54	0
ión del	2	1	0,6	4,128	0,6	4,128	0,6
ación de la	1	1	0	0	0	0	0,6
	2	1	0	0	0,7	123,640	0
a	2	1	0	0	0,7	65,38	0
da	2	1	0	0	0,7	58,8	0
ado	1	1	0	0	0,7	6,86	0
	2	0,5	0	0	0	0	0,5
es	2	0,5	0	0	0	0	0,5

Consumidor	Nº	K <sub>N</sub>	NAVEGACION		MANIOBRA		CAF DESC
			K <sub>SR</sub>	P (KW)	K <sub>SR</sub>	P (KW)	
de agua dulce sanitaria de puerto	2	0,5	0	0	0	0	0,5
tor de agua dulce sanitaria	1	1	0,3	3,6	0,3	3,6	0,3
de circulación de agua caliente	1	1	0,3	0,255	0,3	0,255	0,3
adoras de agua	2	1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5
de tratamiento de aguas fecales	1	1	0,2	0,7	0,4	1,4	0,4
sor de aire acondicionado	1	1	0,8	20,16	0,8	20,16	0,8
de circulación de aire acondicionado	1	1	0,8	5,36	0,8	5,36	0,8
ores de aire acondicionado	1	1	0,8	5,2	0,8	5,2	0,8
	1	1	0,3	15	0,3	15	0,3
a equipos	1	1	0,3	1,665	0,3	1,665	0,3
de radio	1	1	0,5	2,5	0	0	0
de comunicaciones y navegación	1	1	0,5	2,5	0,5	2,5	0,2
ización	1	1	0,5	2,5	0,5	2,5	0,5
de baja tensión	1	1	0	0	0	0	0
a equipos	1	1	0,5	7,5	0,5	7,5	0,5
do interior	1	1	0,4	13,216	0,5	16,52	0,3
do exterior	1	1	0,3	3,48	0,5	5,8	0,5

Resumiendo tenemos:

	RESUMEN			
	NAVEGACION	MANIOBRA	CARGA Y DESCARGA	ESTANCIA EN PUERTO
Servicio de gobierno	4,32	8,64	0	0
Servicio de combustible	50,65	50,65	3,893	3,273
Servicio de lubricación	67,694	66,734	67,02	35,56
Servicio de refrigeración	142,312	155,15	38,9	27,098
Servicio de aire comprimido	4,8	0	0	24
Servicio de ventilación	117,25	117,25	117,25	33,5
Servicio contra incendios	0,223	37,423	37,423	0,223
Servicio de lastre	108	0	324	108
Servicio de sentinas	31,26	0	33,465	33,465
Servicio de la carga	0	0	2725,35	5,35
Sistema generador de vapor	4,668	4,668	4,302	4,302
Servicio de cubierta	0	254,688	28,65	8,2
Servicio de habilitación	52,04	52,74	53,055	43,244
Servicio de ayuda a la navegación	15	12,5	11	11
Alumbrado	20,446	29,82	19,462	19,462
Potencia activa total (kW)	618,7	790,2	3463,8	356,6
Potencia aparente total (kVA)	773,3	987,8	4329,7	445,8

Como ya mencionamos antes, y podemos comprobar en esta tabla resumen, la situación carga y descarga (C/D) es la más influyente a la hora de dimensionar la planta eléctrica, es por esto que vamos a hacer el balance del buque a partir de la potencia que se necesita en la situación de C/D.

Realizadas estos cálculos, se considera que la configuración idónea de la planta eléctrica consistirá en instalar 4 generadores de la empresa MAN B&W:

Modelo	Número	P <sub>GEN</sub>	P <sub>MOT</sub>
5L28/32H	2	750	787,8
8L32/40	2	1969	2061,7801

En la situación de mayor demanda de potencia, funcionarán los dos grupos 5L28/32H y uno de los 8L32/40 quedando el restante de reserva. Cuando el buque se encuentre en puerto la potencia eléctrica necesario se obtendrá de la conexión a tierra ó mediante el generador de emergencia.

A continuación se muestra un esquema con el funcionamiento de los grupos en función de las situaciones de carga eléctrica estudiadas.

	<b>NAVEGACION</b>	<b>MANIOBRA</b>	<b>CARGA/DESCARGA</b>	<b>PUERTO</b>
<b>5L28/32H (A)</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
<b>5L28/32H (B)</b>		<b>X</b>	<b>X</b>	
<b>8L32/40 (A)</b>			<b>X</b>	
<b>8L32/40 (B)</b>				
<b>Generador Emergencia</b>				<b>X</b>

Con el siguiente régimen de funcionamiento de los generadores:

	<b>NAVEGACION</b>	<b>MANIOBRA</b>	<b>CARGA/DESCARGA</b>	<b>PUERTO</b>
<b>5L28/32H (A)</b>	<b>82%</b>	<b>53%</b>	<b>80%</b>	
<b>5L28/32H (B)</b>		<b>53%</b>	<b>80%</b>	
<b>8L32/40 (A)</b>			<b>80%</b>	
<b>8L32/40 (B)</b>				
<b>Generador Emergencia</b>				<b>79%</b>

- **Estudio de la situación de emergencia**

Según Lloyd's Register of Shipping (Parte 6; capítulo 2; 3.3.5) los servicios mínimos en situación de emergencia son los siguientes:

- Iluminación de emergencia en las zonas de preparación para el embarque durante un período de tres horas.
- Iluminación de emergencia durante un periodo de 18 horas en:
  - Pasillos, escaleras y salidas de servicios y acomodación, así como ascensores.
  - Espacios de maquinaria y puestos de control
  - Estaciones de control y donde estén ubicados los cuadros de emergencia.
  - Puestos de estiba de equipos contraincendios
  - El local del servo
  - Puestos de accionamiento de bomba contraincendios de emergencia, bomba de rociadores y bomba de sentinas.
  - Cámara de bombas
  - Luces de navegación
- También durante un período de 18 horas, tendremos suministro para:
  - Radiocomunicaciones
  - Ayudas para la navegación
  - Sistema de alarma y detección de incendios
  - Bomba contraincendios de emergencia
  - Servomotor

En la siguiente tabla se detallan los equipos conectados al grupo de emergencia.

CONSUMIDOR	K <sub>N</sub>	POTENCIA (kW)	EMERGENCIA	
			K <sub>SR</sub>	POTENCIA (kW)
Molinete del bote salvavidas	1	17	1	17
Bomba de emergencia de CI	1	32,4	1	32,4
Planta de espuma y bomba de servicio de CI	0,5	135	1	67,5
Bomba de sentinas	1	39,8	1	39,8
Bomba de espumógeno	1	0,223	1	0,223
Ventilador del local del generador de emergencia	1	2,5	1	2,5
Ventilador de la Cámara de Máquinas	1	167,5	1	167,5
Servomotor	1	43,2	1	43,2
Equipo de radio	0,5	5	1	2,5
Equipo de navegación y comunicaciones	1	5	1	5
Automatización	1	5	1	5
Cuadro de baja tensión	1	0,5	1	0,5
Luces interiores	1	33,04	1	33,04
Luces de navegación	1	11,6	1	11,6
Luces exteriores	1	7,5	1	7,5

**Potencia Activa Total (KW) = 435,3**

**Potencia Aparente Total (KVA) = 544,1**

Por lo que hemos optado por montar un grupo de emergencia de la empresa MAN diesel modelo 5L16/24 de 557 kW.



## CAPITULO 9. ESTUDIO DE PESOS

### Introducción

En este capítulo se calcula el peso en rosca del buque así como la posición de su centro de gravedad. Para ello se va a dividir este peso en tres partidas principales que son:

- Peso del acero
- Peso del equipo y habilitación
- Peso de la maquinaria

El cálculo del peso en rosca, está entre las mayores dificultades que se encuentran en el proceso de diseño de cualquier buque. No solamente supone un riesgo técnico, sino que también implica un riesgo económico ya que el peso muerto suele ser una característica contractual sujeta a fuertes penalizaciones por defecto (que vienen motivadas por el exceso del peso en rosca). Ello obliga a tomar unos coeficientes de seguridad o márgenes para reducir ambos riesgos.

El peso en rosca y la posición de su centro de gravedad no se conocen exactamente hasta la puesta a flote del buque, y es la realización de la prueba de estabilidad la que nos proporciona definitivamente estos valores.

No obstante, si se tiene en cuenta que la elaboración de un proyecto tiene un proceso iterativo, a medida que se progresa en la definición y construcción del buque se puede ir calculando el peso en rosca con mayor precisión y en consecuencia reduciendo los márgenes que se vayan adoptando en etapas previas.

Es este capítulo se va a emplear el sistema de referencia que se ha venido usando a lo largo de todo el proyecto, donde el origen de coordenadas se encuentra en la intersección de la perpendicular de popa con la línea base dentro del plano de crujía. Los sentidos positivos de los ejes son: Las abscisas (sentido de la eslora del buque) hacia proa, las ordenadas (sentido de la manga) hacia estribor y las alturas, hacia el sentido del puntal del buque.

En cuanto a las unidades, para los pesos se utilizaran las toneladas métricas y para las coordenadas de los centros de gravedad, los metros.

## **Criterios de cálculo**

El cálculo del peso en las distintas partidas en las que se ha dividido el peso en rosca del buque se hace en base a los siguientes criterios:

- Para el peso continuo de acero se utiliza el método de D.S. Aldwinckle que es de aplicación directa para petroleros. Los pesos de acero locales se estiman mediante fórmulas recomendadas por el Lloyd's Register of Shipping y se distribuyen en base a su posición en el buque.
- El peso de las distintas partidas que componen el equipo y la habilitación se hace igualmente a través de expresiones recomendadas por el Lloyd's Register of Shipping, excepto la partida de habilitación que se calcula por medio de las densidades superficiales de los distintos espacios de habilitación.
- Por último, el peso de la maquinaria se obtiene por expresiones del mismo tipo que el resto de las partidas anteriores. En el caso del motor propulsor se considera su peso real que ha sido obtenido directamente de su manual de especificación.

### **Peso y centro de gravedad del acero**

El peso del acero se dividirá a su vez en dos partidas: peso longitudinal del acero y peso local del acero. La primera partida comprende la distribución longitudinal del acero continuo y la distribución longitudinal del acero transversal. Estos dos términos se desarrollarán por el método desarrollado por Aldwinckle, que es el método recomendado por el Lloyd's Register of Shipping.

La segunda partida comprende el peso del resto de elementos estructurales que no se contemplan en la primera partida.

#### **- PESO LONGITUDINAL CONTINUO**

Se define una curva de pesos a través de puntos que corresponden a pesos de las distintas secciones de trazado. La ordenada de los puntos en esa curva se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$W_{li} = G_i^{m_i} * W_{L_{10}}$$

Dónde:

- “W<sub>li</sub>” es el peso de acero longitudinal continuo en tn / m
- “G<sub>i</sub>” es el cociente del perímetro del casco en la sección de trazado i-ésima y el perímetro del mismo en la maestra
- “W<sub>L10</sub>” es el peso longitudinal continuo en tn / m de la sección media del buque que es la cuaderna de trazado.
- “M<sub>i</sub>” es un coeficiente tabulado en el método de Aldwinckle que es el recomendado por la L.R.S.

Una vez obtengamos los puntos pasaremos a su integración numérica mediante el método de Simpson para obtener el peso buscado.

El primer paso es obtener el valor de W<sub>L10</sub> que se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$W_{L10} = 0,0147 * L^{0,878} * B^{0,963} * T^{0,158} * D^{-0,189} * C_b^{0,197}$$

Que para nuestro caso, L=165, B= 25,3 T= 10,4 D = 15 y C<sub>b</sub>= 0,81, nos sale un resultado de:

$$WL_{10} = 0,0147 * 165^{0,878} * 25,3^{0,963} * 10,4^{0,158} * 15^{-0,189} * 0,81^{0,197}$$

$$= 24,31 \text{ tn /m}$$

A continuación realizamos el cálculo del peso de acero continuo aplicando el  $WL_{10}$  a cada una de las secciones de trazado. Cada sección de trazado está separada a una distancia de  $L_{pp}/20 = 165 / 20 = 8,25$  m.

Los resultados los mostramos en la siguiente tabla:

SECCION	X(m)	Área	Gi	Mi	Wli(t/m)
0(A.P.)	0	57,87	0,1525	3,3	0,05
1	8,25	153,74	0,4051	3,3	1,23
2	16,5	246,18	0,6487	2,67	7,65
3	24,75	315,86	0,8323	2,21	16,02
4	33	353,88	0,9325	1,6	21,74
5	41,25	370,66	0,9767	1,29	23,58
6	49,5	377,22	0,9940	1	24,16
7	57,75	379,12	0,9990	1	24,28
8	66	379,5	1	1	24,31
9	74,25	379,5	1	1	24,31
10	82,5	379,5	1	1	24,31
11	90,75	379,5	1	1	24,31
12	99	379,5	1	1	24,31
13	107,25	379,5	1	1	24,31
14	115,5	379,3	0,9996	7	23,87
15	123,75	379,29	0,9968	6,77	22,54
16	132	374,76	0,9875	6	21,96
17	140,25	364,59	0,9607	4,67	20,16
18	148,5	327,20	0,8622	3,31	14,88
19	156,75	234,91	0,6190	2,36	7,84
20(F.P.)	165	35,41	0,0933	1,88	0,28

#### - PESO TRANSVERSAL CONTINUO

El procedimiento para definir la curva del peso del material transversal y sus características es análogo al caso anterior.

Las ordenadas de los puntos vendrán dadas por la expresión:

$$W_{ri} = Q_i^{pi} * WR_{10}$$

Dónde:

- “Wri” es el peso transversal continuo en tn / m
- “Qi” es el cociente del área del casco en la sección de trazado i-ésima y el área del casco en la sección media del mismo en la maestra
- “WR<sub>10</sub>” es el peso transversal continuo en tn / m de la sección media del buque que es la cuaderna de trazado, que en nuestro caso es de 12, 83 tn /m.
- “pi” es un coeficiente tabulado en el método de Aldwinckle que es el recomendado por la L.R.S.

Hacemos lo mismo que hicimos en el caso anterior y mostramos la siguiente tabla:

SECCION	X(m)	Área	Qi	Pi	Wri(t/m)
0(A.P.)	0	57,87	0,1525	0,50	4,23
1	8,25	153,74	0,4051	0,65	8,46
2	16,5	246,18	0,6487	0,78	8,92
3	24,75	315,86	0,8323	0,88	9,63
4	33	353,88	0,9325	0,94	11,19
5	41,25	370,66	0,9767	0,99	12,31
6	49,5	377,22	0,9940	1	12,76
7	57,75	379,12	0,9990	1	12,81
8	66	379,5	1	1	12,83
9	74,25	379,5	1	1	12,83
10	82,5	379,5	1	1	12,83
11	90,75	379,5	1	1	12,83
12	99	379,5	1	1	12,83
13	107,25	379,5	1	1	12,83
14	115,5	379,3	0,9996	1	12,82
15	123,75	379,29	0,9968	0,99	12,78
16	132	374,76	0,9875	0,94	12,67
17	140,25	364,59	0,9607	0,88	12,38
18	148,5	327,20	0,8622	0,78	10,35
19	156,75	234,91	0,6190	0,65	9,39
20(F.P.)	165	35,41	0,0933	0,5	3,91

Una vez conseguidas ambas tablas, el peso longitudinal continuo se obtiene integrando la curva que resulta de sumar las dos anteriores.

SECCION	Wli(t/m)	Wri(t/m)	W	FACTOR DE SIMPSON	F*W	X(m)	F*W*X
0(A.P.)	0,05	4,23	4,28	1	4,28	0	0
1	1,23	8,46	9,69	4	38,76	8,25	319,77
2	7,65	8,92	16,57	2	33,14	16,5	546,81
3	16,02	9,63	25,65	4	102,6	24,75	2539,35
4	21,74	11,19	32,93	2	65,86	33	2173,38
5	23,58	12,31	35,89	4	143,56	41,25	5921,85
6	24,16	12,76	36,92	2	73,84	49,5	3655,08
7	24,28	12,81	37,09	4	148,36	57,75	8567,79
8	24,31	12,83	37,14	2	74,28	66	4902,48
9	24,31	12,83	37,14	4	148,56	74,25	11030,58
10	24,31	12,83	37,14	2	74,28	82,5	6128,1
11	24,31	12,83	37,14	4	148,56	90,75	13481,82
12	24,31	12,83	37,14	2	74,28	99	7357,72
13	24,31	12,83	37,14	4	148,56	107,25	15933,06
14	23,87	12,82	36,69	2	73,38	115,5	8475,39
15	22,54	12,78	35,32	4	141,28	123,75	17483,4
16	21,96	12,67	34,63	2	69,26	132	9142,32
17	20,16	12,38	32,54	4	130,16	140,25	18254,94
18	14,88	10,35	25,23	2	50,46	148,5	7493,31
19	7,84	9,39	17,23	4	68,92	156,75	10803,21
20(F.P.)	0,28	3,91	4,19	1	4,19	165	691,35
<b>TOTAL</b>					<b>1816,57</b>		<b>154901,71</b>

El peso del acero continuo del buque será el siguiente:

$$\text{Peso acero continuo} = \frac{k}{3} * \sum F * W$$

Siendo “k” la distancia entre intervalos de las cuernas que hemos utilizado para dividir el buque. En nuestro caso 8,25 m.

Sustituimos en la formula y obtenemos el siguiente resultado:

$$\text{Peso acero continuo} = \frac{k}{3} * \sum F * W = \frac{8,25}{3} * 1816,57 = 4995,567 \text{ tn.}$$

La abscisa del centro de gravedad del acero continuo será:

$$Xg = \frac{k}{3} * \frac{\sum F * W * X}{\text{Peso Acero Continuo}}$$

Sustituyendo en la formula con nuestros datos obtenemos:

$$Xg = \frac{k}{3} * \frac{\sum F * W * X}{\text{Peso Acero Continuo}} = \frac{8,25}{3} * \frac{154901,71}{4995,567} = 85,27 \text{ m}$$

Para obtener la ordenada del centro de gravedad, utilizamos el mismo método que en el caso anterior. En este caso el Z (m) de cada sección lo hemos obtenido del software HIDROMAX. La tabla es la siguiente:

SECCION	W	FACTOR DE SIMPSON	Z(m)	W*Z*F
0(A.P.)	4,28	1	12,73	54,48
1	9,69	4	11,38	441,28
2	16,57	2	10,18	204,80
3	25,65	4	9,39	963,41
4	32,93	2	8,67	571,01
5	35,89	4	8,19	1175,75
6	36,92	2	7,88	582,59
7	37,09	4	7,8	1157,20
8	37,14	2	7,8	579,38
9	37,14	4	7,8	1158,77
10	37,14	2	7,8	579,38
11	37,14	4	7,8	1158,77
12	37,14	2	7,8	579,38
13	37,14	4	7,8	1158,77
14	36,69	2	7,8	572,36
15	35,32	4	7,88	1136,28
16	34,63	2	8,03	556,15
17	32,54	4	8,11	1055,59
18	25,23	2	8,35	421,34
19	17,23	4	8,43	580,99
20(F.P.)	4,19	1	5,17	21,66
<b>TOTAL</b>				<b>14709,34</b>

El sumatorio de W\*Z\*F nos da un valor de 14709,34, que sustituyéndolo en la siguiente expresión:

$$Z_g = \frac{k}{3} * \frac{\sum F*W*Z}{\text{Peso Acero Continuo}} = \frac{8,25}{3} * \frac{14709}{4995,567} = 8,097 \text{ m}$$

Siendo “k” igual a 8,25 y Peso Acero Continuo igual a 4995,567.

Por tanto en resumen tenemos.

ACERO CONTINUO		
PESO (Tn)	X <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)
4995,567	85,27	8,097

El peso obtenido anteriormente no incluye una serie de elementos estructurales propios de cada buque, por lo que los hemos estimado y son los siguientes:

ELEMENTO	PESO (Tn)	X <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)	P*X <sub>G</sub>	P*Z <sub>G</sub>
Mamparo de colisión de Proa	75	155,1	9,9	11632,5	742,5
Mamparo 1	98	146,7	8,8	14376,6	862,4
Mamparo 2	104	127,1	8,5	13218,4	884
Mamparo 3	104	107,5	8,5	11180	884
Mamparo 4	104	87,9	8,5	9141,6	884
Mamparo 5	104	68,3	8,5	7103,2	884
Mamparo 6	104	48,7	8,5	5064,8	884
Mamparo 7	100	33,3	8,6	3330	860
Mamparo a popa de los Slops	89	29,8	9,1	2652,2	809,9
Mamparo de colisión de Popa	72	6	9,8	432	705,6
Mástil proa	18,5	152	17,8	2812	329,3
Chimenea y guardacalor	70	15,4	22,4	1078	1568
Superestructura y puente	365	25,6	20,1	9344	7336,5
Estructura codaste	112	1,5	8,7	168	9744
Castillo	86	156	17,2	13416	1479,2
Refuerzos C.M.	456	23,7	2,5	10807,2	1140
Refuerzos de los tanques de C.M.	130	26,8	11,8	3484	1534
Refuerzos Pique de Proa	215	160	6,2	34400	1333
Refuerzos de pique de Popa	46	5,6	9,8	257,6	450,8
<b>Total</b>	<b>2452,5</b>			<b>157898,1</b>	<b>33315,2</b>

Las coordenadas del Peso Local de acero serán:

$$- X_G = \frac{\Sigma P * X_g}{\Sigma P} = \frac{157898,1}{2452,5} = 64,33 \text{ m}$$

$$- Z_G = \frac{\Sigma P * Z_g}{\Sigma P} = \frac{33315,2}{2452,5} = 13,58 \text{ m}$$

PESO LOCAL		
PESO (Tn)	X <sub>G</sub> (m)	Z <sub>G</sub> (m)
2452,5	64,33	13,58

Como resultado final de nuestro centro de gravedad del peso del acero tenemos:

	<b>PESO</b>	<b>Xg</b>	<b>Zg</b>	<b>P*Xg</b>	<b>P*Zg</b>
<b>Peso acero continuo</b>	<b>4995,567</b>	<b>85,27</b>	<b>8,097</b>	<b>425971</b>	<b>40449</b>
<b>Peso local</b>	<b>2452,5</b>	<b>64,33</b>	<b>13,58</b>	<b>157769</b>	<b>33304</b>
<b>Total</b>	<b>7448</b>			<b>583740</b>	<b>73753</b>

$$- Xg = 583740 / 7448 = 78,38 \text{ m}$$

$$- Zg = 73753 / 7448 = 9,902 \text{ m}$$

En base a estos cálculos podemos presentar la siguiente tabla con el peso de acero de nuestro buque y su posición del centro de gravedad.

<b>PESO DEL ACERO</b>	
<b>Peso acero continuo</b>	<b>4995,567</b>
<b>Peso acero local</b>	<b>2452,5</b>
<b>Peso aportación por soldadura</b>	<b>111,72</b>
<b>Peso total</b>	<b>7559,787</b>
<b>Xg</b>	<b>78,37</b>
<b>Zg</b>	<b>9,902</b>

## Peso del equipo y habilitación

Aquí se tienen en cuenta dentro de esta partida los siguientes elementos:

- Protección anticorrosiva
- Equipo de amarre y fondo
- Equipo de navegación
- Equipo de gobierno
- Equipo de salvamento
- Equipo contraincendios
- Equipos de la carga
- Cierres y acceso
- Habilitación

- **Protección anticorrosiva**

A ) Pintura del buque

El peso de la pintura del buque “ $P_{\text{Pintura}}$ ” se obtiene como porcentaje del peso del acero a través de la siguiente expresión:

$$P_{\text{Pintura}} = 0,007 * \text{Peso acero} = 0,007 * 7559,787 = 52,91 \text{ tn}$$

B ) Protección catódica

Se supone una protección por ánodos de sacrificio de aluminio de alto rendimiento y dos años de protección siendo el peso del sistema igual a :

$$P_{\text{ánodos sacrificio}} = 0,0004 * \text{Sup. Mojada} \frac{3,5}{12} * 2 = 6345,67 \frac{3,5}{12} * 2 = 1,48 \text{ tn}$$

- **Equipo de amarre y fondeo**

El peso del equipo de fondeo se obtiene a través del numeral de equipo del buque a través de la siguiente formula:

$$P_{\text{fondeo}} = - 0,02 * \left(\frac{N}{1000}\right)^2 + 56,7 * \frac{N}{1000} - 24 = 103,07 \text{ tn}$$

- **Equipo de navegación**

El peso de los equipos que integran este concepto es muy variable, dependiendo de la cantidad y calidad de las ayudas a la navegación. Se recomienda tomar entre 2 y 10 tn. Hemos decidido optar para este buque por un valor de **6 tn**.

- **Equipo de gobierno**

El peso del equipo de gobierno “ $P_{\text{gobierno}}$ ” incluye timón, mecha, servomotor hidráulico, electrobombas hidráulicas y polines. Se calcula por la siguiente expresión:

$$P_{\text{gobierno}} = 0,0224 * \text{Area}_{\text{timon}} * V_{\text{pruebas}}^{3/2} + 2$$

Nuestra área del timón, calculada en el capítulo de maniobrabilidad, es de 29,77 m<sup>2</sup> y nuestra velocidad en pruebas vamos a considerarla en 14 Kn. Por tanto:

$$P_{\text{gobierno}} = 36,93 \text{ tn}$$

- **Equipo de salvamento**

Se obtiene a través del número máximo de personas a bordo, que para nuestro buque es de 22.

$$P_{\text{salvamento}} = 12 + 0,01 * \text{personas a bordo} = 12,22 \text{ tn}$$

- **Equipo contraincendios**

A ) Equipo contraincendios en cámara de maquinas

El peso del sistema de CO<sub>2</sub> de cámara de máquinas se obtiene a partir de :

$$P_{\text{SCICM}} = 0,0025 * V_{\text{cm}} + 1$$

Siendo  $V_{\text{cm}}$  el volumen de cámara de máquinas que es igual a 2376,49 m<sup>3</sup>, por tanto:

$$P_{\text{SCICM}} = 6,94 \text{ tn}$$

B ) Instalación contraincendios por espuma en tanques de carga

Se obtiene por :

$$P_{\text{SCIespuma}} = (4 * L * B + 1400) / 1000 = 18,098 \text{ tn}$$

En el peso de la instalación se incluyen el peso de los tanques, bombas, tuberías y cañones contraincendios del sistema

C ) Sistema contraincendios por agua salada y sistema automático de rociadores en acomodación.

Al no obtener ninguna expresión para calcular este peso, hemos optado por asignarle un valor de **50 tn**.

D ) Extintores portátiles de incendios

Se dispone a bordo un total de 50 extintores y otros 10 en el almacén como respeto, suponiendo un peso unitario de 10 kg , por tanto el peso total de todos los extintores es de **0,6 tn**

En resumen el peso total de todos los sistemas contraincendios es de :

$$\text{Pesos}_{\text{SCI}} = 6,94 + 18,098 + 50 + 0,6 = 75,638 \text{ tn}$$

- **Equipos de la carga**

A ) Acceso y escaleras de tanques

El peso de los accesos a los tanques incluyendo brazolas y accesorios se obtiene a través de:

$$P_{\text{acceso tanques}} = n^{\circ} \text{ Tanques de carga} * 0,417 = 14 * 0,417 = 5,83 \text{ tn}$$

Por otro lado , el peso total de las escaleras de acceso a cada tanque considerando que son de acero inoxidable y que incluyen una plataforma es:

$$P_{\text{escaleras tanque}} = N^{\circ} \text{ tanques de carga} * ( a + 351 * ( ( D - D_{df} ) / 100 ) )$$

Siendo “a” = 9,6 y  $D_{df} = 2$  metros

$$P_{\text{escaleras tanque}} = 198, 28 \text{ tn}$$

## B ) Peso de las bandejas del colector de carga

El peso es proporcional a la longitud de la bandeja que depende del número de segregaciones que el buque puede transportar que en nuestro caso son 4.

$$P_{\text{bandejas}} = a * dTU * Ns$$

Siendo “a” = 0,004 por tener el buque menos de 6 segregaciones, “dTU” el diámetro nominal de las tuberías de carga que hemos tomado 600 mm. Y “Ns” es el número de segregaciones. Por tanto:

$$P_{\text{bandejas}} = 9,6 \text{ tn}$$

## C ) Peso de la pasarela

Con enjaretados y barandillado, incluye las escaleras de acceso, miradores, plataformas, etc. Su expresión es:

$$P_{\text{pasarelas}} = ( 87,5 * LP + 19,2 * LP * DP + 1594 * NP + 288 * Nes ) / 1000$$

Siendo:

- “LP”, longitud de las pasarelas, en nuestro caso 125, 3
- “DP”, altura de las pasarelas = 0,55 m
- “Np” Numero de plataformas = 6
- “Nes”, Numero de escaleras = 10

Por lo que el peso total de la pasarela será:

$$P_{\text{pasarelas}} = 24,73 \text{ tn}$$

## D ) Peso de las grúas de manifolds

Se aproxima el peso de estas grúas a través de la siguiente expresión:

$$P_{\text{gruas manif.}} = 2 * ( a + Qgr + b * (Agr - 8) ) + 0,1 * Qgrr * Agr )$$

Siendo:

- “Qgr” capacidad de las grúas = 10 tn.
- “Agr” alcance de las grúas = 10 m
- “a” coeficiente en función de la capacidad de la carga = 7,8
- “b” coeficiente en función del alcance de la grúa = 0,7875

Y esto nos da un resultado de:

$$P_{\text{gruas manif.}} = 58,75 \text{ tn}$$

E ) Equipos de carga en cámara de bombas

El peso de este equipo se obtiene por:

$$P_{\text{equipo}} = 0,7 * TPM^{0,5} = 113,95 \text{ tn}$$

F ) Tuberías

Para el cálculo del peso de las tuberías del sistema de carga se va a disponer un diámetro de 350 mm y una longitud total de cinco veces la eslora de la zona de carga. Se suponen además tuberías cilíndricas de acero con un espesor de 12,5 mm por lo que su peso total es:

$$P_{\text{tuberías}} = 2 * \pi * d * longitud * e * \rho_{\text{acero}} =$$

$$2 * \pi * 0,35 * (125,375 * 5) * 0,0125 * 7,85 = 135,272 \text{ tn}$$

G ) Sistema de gas inerte

El peso de la instalación se calcula en función de su capacidad:

$$P_{\text{gas inerte}} = (a * Ci) / 1000 + b$$

Siendo:

- “Ci” capacidad del sistema, es igual a 3750 m<sup>3</sup> / hora
- “a” y “b” son coeficientes en función de la capacidad del sistema que valen respectivamente 0,9833 y 2,059

$$P_{\text{gas inerte}} = 5,746 \text{ tn}$$

En resumen, todos los pesos de los equipos de la carga nos da un resultado final de

$$546,33 \text{ tn}$$

- **Cierres y accesos**

A ) Escaleras externas

El peso viene dado por la fórmula:

$$P_{\text{escalera}} = 0,8 \text{ NH} + 0,6$$

Siendo “NH” el número de cubiertas de nuestra superestructura, que en nuestro caso es igual a 6. Por tanto:

$$P_{\text{escalera}} = 0,8 * 6 + 0,6 = 5,4 \text{ tn}$$

Teniendo en cuenta que esta por ambos lados, el peso total de la escalera será el doble ,  $5,4 * 2 = 10,8 \text{ tn}$

Escalera de la superestructura del guardacalor y chimenea

$$P_{\text{esca. guard. y chimen}} = 2 * 0,8 * 1 + 0,6 = 2,2 \text{ tn}$$

El peso total de las escaleras externas es por tanto 13 tn.

B ) Puertas

Se consideran aquí las puertas de acero estancas que dan acceso a los locales cerrados desde el exterior que hacen un total de 14, suponiendo un peso unitario de cada puerta de 0,4 tn se tiene un total de **5,6 tn**

C ) Portillos y ventanas

Esta partida se obtiene en función del número de tripulantes como:

$$P_{\text{portillos y ventanas}} = 0,12 * n^{\circ} \text{ tripulantes} = 0,12 * 22 = 2,64 \text{ tn}$$

Como resultado final del peso de cierres y accesos tenemos un peso de **32,04 tn**

- **Habilitación**

El cálculo del peso de la habilitación se va a realizar con las densidades superficiales y el área de los distintos tipos de locales.

En la obra “Desplazamiento. Cálculo iterativo del peso en rosca y el peso muerto” se dan una serie de valores típicos de densidad superficial en función del tipo de local, el peso resultante incluye también el correspondiente a los mamparos divisorios, Los cálculos para el peso de la habilitación se presentan en la siguiente tabla:

<b>LOCAL</b>	<b>DENSIDAD tn /m<sup>2</sup></b>	<b>AREA TOTAL m<sup>2</sup></b>	<b>PESO tn</b>
<b>Camarotes oficiales</b>	<b>0,135</b>	<b>76, 64</b>	<b>10,34</b>
<b>Camarotes tripulación</b>	<b>0,160</b>	<b>301,76</b>	<b>48,28</b>
<b>Comedores y salones</b>	<b>0,120</b>	<b>168, 45</b>	<b>20,21</b>
<b>Pasillos y escaleras</b>	<b>0,090</b>	<b>278, 45</b>	<b>25,06</b>
<b>Aseos</b>	<b>0,250</b>	<b>76, 56</b>	<b>19,14</b>
<b>Cocina</b>	<b>0,200</b>	<b>50, 45</b>	<b>10,09</b>
<b>Oficios</b>	<b>0,215</b>	<b>12,34</b>	<b>2,65</b>
<b>Gambuza seca y paños</b>	<b>0,060</b>	<b>101,23</b>	<b>6,07</b>
<b>Lavaderos y secaderos</b>	<b>0,150</b>	<b>46, 46</b>	<b>6,97</b>
<b>Gambuza frigorífica</b>	<b>0,190</b>	<b>46, 24</b>	<b>8,78</b>
<b>Sala de control</b>	<b>0,200</b>	<b>38, 67</b>	<b>7,73</b>
<b>Puente</b>	<b>0,180</b>	<b>158, 14</b>	<b>28,46</b>
<b>Oficinas</b>	<b>0,190</b>	<b>34, 56</b>	<b>6,56</b>
<b>Hospital enfermería</b>	<b>0,260</b>	<b>29, 56</b>	<b>7,68</b>
<b>Talleres</b>	<b>0,280</b>	<b>245,18</b>	<b>68,65</b>
<b>Otros locales de servicios</b>	<b>0,180</b>	<b>32,56</b>	<b>5,86</b>
<b>Total</b>			<b>282,5</b>

A continuación mostramos el resumen de esta partida de pesos, es decir la partida de pesos de equipos y habilitación:

<b>PARTIDA</b>	<b>PESOS tn</b>
<b>Protección anticorrosiva</b>	<b>54, 39</b>
<b>Equipo de amarre y fondeo</b>	<b>103, 07</b>
<b>Equipo de navegación</b>	<b>6</b>
<b>Equipo de gobierno</b>	<b>36, 93</b>
<b>Equipo de salvamento</b>	<b>12, 22</b>
<b>Equipo contraincendios</b>	<b>75, 63</b>
<b>Equipo de carga</b>	<b>546, 33</b>
<b>Cierres y acceso</b>	<b>32, 04</b>
<b>Habilitación</b>	<b>282, 5</b>
<b>Total de Pesos</b>	<b>1149,11</b>

**Xg = 71,12 m**

**Zg = 15,21 m**

Aclaración: la estimación de las coordenadas del centro de gravedad de los equipos y de la habilitación ha sido calculada teniendo en cuenta otros buques, ya que no disponemos de los datos de posición en el buque de algunos equipos, como el equipo de salvamento o el equipo contraincendios.

La estimación nos sitúa el centro de gravedad de esta partida a popa del centro del buque, algo lógico al tener la superestructura a popa y ser donde se concentran la mayor parte de los pesos, como la habilitación o el equipo de gobierno.

También nos sitúa el centro de gravedad a 15, 21 metros de la línea base, es decir algo por encima de cubierta. Si miramos el peso del equipo de carga (tuberías, grúas, etc.) todo éste va situado encima de la cubierta. También influye en esta posición vertical del centro de gravedad, la habilitación, ya que toda ella se encuentra por encima de la cubierta

## Peso de la maquinaria

Para hacer el cálculo de esta partida de pesos vamos a dividirla en 2 partes, la primera sería el peso de la maquinaria propulsora y la segunda parte sería el peso del resto de la maquinaria.

### A ) Peso de la maquinaria propulsora

Esta partida se divide a su vez en el peso del motor propulsor “ P<sub>motor</sub> ” y el peso restante de la maquinaria propulsora “P<sub>RM propulsora</sub>” .

El peso del motor propulsor lo conocemos, ya que viene especificado en su manual de especificación y es igual a **143 toneladas**, incluyendo el peso de líquidos internos.

El peso restante de la maquinaria propulsora se calcula a través del método que nos da la Lloyd's Registres of Shipping:

$$P_{RM \text{ propulsora}} = c * BHP^d$$

Siendo “c” y “d” coeficientes en función del tipo de motor y del tipo de buque , que para nuestro caso vale 0,59 y 0,70 respectivamente. “BHP” es la potencia al freno máxima del motor que son 7945 kW, que al pasarlos a HP, nos da un resultado de 10650, por lo que obtenemos un resultado de:

$$P_{RM \text{ propulsora}} = c * BHP^d = 0,59 * 10650^{0,70} = 389,04 \text{ tn}$$

Por tanto, el peso total de la maquinaria propulsora es igual a **532, 04 tn.**

### B ) Peso del resto de la maquinaria

El peso de la maquinaria restante independiente de la propulsión, que en su mayor parte se encuentra dentro de la cámara de máquinas, se estima mediante la siguiente formula de la LRS:

$$P_{\text{RESTO MAQUINARIA}} = k * VE^l + h * L_{\text{eje}} * (j * L + 5)$$

Dónde:

- “VE” es el volumen de cámara de máquinas, 2376,49 m<sup>3</sup>
- “L<sub>eje</sub>” es la longitud de la línea de ejes fuera de cámara de máquinas, 4,3m
- “L” eslora entre perpendiculares, 165 m
- “k”, “l”, “h” y “j” son coeficientes en función del tipo de buque, motor y numero de hélices y para nuestro caso valen:

$$k = 0,0395$$

$$l=1,00$$

$$h = 1,000$$

$$j = 0,0164$$

Por tanto, el peso del resto de la maquinaria será igual a **127, 01 tn.**

En resumen, el peso de la maquinaria será:

<b>PARTIDA</b>	<b>PESOS tn</b>
<b>Maquinaria Propulsora</b>	<b>532, 04</b>
<b>Resto Maquinaria</b>	<b>127, 01</b>
<b>Total Pesos de la Maquinaria</b>	<b>659,05</b>
<b>Xg</b>	<b>17,9</b>
<b>Zg</b>	<b>7,54</b>

Como resumen del centro de gravedad de nuestro buque en rosca tenemos:

	<b>PESO</b>	<b>Xg</b>	<b>Zg</b>	<b>P*Xg</b>	<b>P*Zg</b>
<b>Acero</b>	<b>7559,78</b>	<b>78,37</b>	<b>9,90</b>	<b>592459,95</b>	<b>74841,82</b>
<b>Equipos habilitación</b> y	<b>1149,11</b>	<b>71,12</b>	<b>15,21</b>	<b>81724,03</b>	<b>17477,96</b>
<b>Maquinaria</b>	<b>659,05</b>	<b>17,9</b>	<b>7,54</b>	<b>11796,99</b>	<b>4969,23</b>
<b>Total</b>	<b>9367,94</b>			<b>685980,97</b>	<b>97289,01</b>

Por tanto, como coordenadas de nuestro centro de gravedad del buque en rosca tenemos:

$$- \quad Xg = 73, 21 \text{ m}$$

$$- \quad Zg = 10, 38 \text{ m}$$



## CAPITULO 10. CONDICIONES DE CARGA

### Introducción

En este capítulo se parte del peso en rosca (definido en el capítulo anterior) y del peso muerto del buque para estudiar su comportamiento ante las diversas condiciones de carga en las que se puede encontrar este tipo de buques durante su vida útil.

En cada situación de carga se va a evaluar la estabilidad, la resistencia longitudinal y la flotabilidad. Para ello se hará uso del software HIDROMAX.

### Situaciones de carga a estudiar

Las situaciones de carga representan escenarios que intentan cubrir los distintos posibles estados de carga en los que se va a encontrar el buque durante su operación normal.

Para la elección de estas situaciones de carga se parte de las recomendaciones de la OMI que figuran en el apéndice II de los “Criterios de estabilidad sin averías aplicables a los buques de pasaje y a los buques de carga” publicado en 1987.

Las situaciones que se establecen son las siguientes:

- **Salida a plena carga.** En esta condición todos los tanques de carga, incluidos los tanques Slops, se encuentran llenos así como los tanques de combustible, aceite lubricante, agua dulce, y aguas residuales (negras y grises) puesto que no pueden ser descargadas en puerto.
- **Llegada a plena carga.** Condición similar a la anterior pero con el 10% de la capacidad de los tanques de combustible y con los tanques de lodos y sentinas llenos.
- **Salida en lastre.** En esta condición se encuentran llenos todos los tanques de lastre, estando vacíos los de carga, además están llenos los tanques de combustible, aceite lubricante, agua dulce y aguas residuales.
- **Llegada en lastre.** Condición similar a la anterior pero con el 10% de la capacidad total del combustible y llenos de tanques de lodos y sentinas.

**\*Los resultados en las tablas que nos ofrece el programa HIDROMAX, están situados tras el capítulo 11**



## CAPITULO 11. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD

### Introducción

En este capítulo se analizara la flotabilidad en las distintas situaciones de carga anteriormente descritas, y comprobaremos la viabilidad de la misma desde el punto de vista del francobordo, trimado y hundimiento de la hélice.

Para este capítulo presentaremos un plano, llamado plano de flotabilidad, donde mostraremos de una manera gráfica las distintas situaciones de carga a lo que a flotabilidad se refiere.

### Tabla Resumen

<b>SALIDA EN PLENA CARGA</b>	<b>CALADO</b>	<b>10,392 m</b>
	<b>TRIMADO</b>	<b>0,483 m</b>
	<b>FRANCOBORDO</b>	<b>4,664 m</b>
<b>LLEGADA EN PLENA CARGA</b>	<b>CALADO</b>	<b>10,169 m</b>
	<b>TRIMADO</b>	<b>0,377 m</b>
	<b>FRANCOBORDO</b>	<b>4,729 m</b>
<b>SALIDA EN LASTRE</b>	<b>CALADO</b>	<b>6,411 m</b>
	<b>TRIMADO</b>	<b>1,415 m</b>
	<b>FRANCOBORDO</b>	<b>7,97 m</b>
<b>LLEGADA EN LASTRE</b>	<b>CALADO</b>	<b>6,387 m</b>
	<b>TRIMADO</b>	<b>1,294 m</b>
	<b>FRANCOBORDO</b>	<b>8,044 m</b>



## CAPITULO 12. ESTUDIO DE ESTABILIDAD

### Introducción

En cada situación de carga se van a evaluar los criterios IMO de estabilidad intacta, para ello se acude al código de estabilidad intacta establecido por IMO (IS Code adoptado el 8 de Diciembre de 2008 por resolución MSC 267 (85)). En este reglamento se establece en su capítulo 3 lo siguiente:

“Petroleros de 5000 toneladas de peso muerto o más.....deberán cumplir con la regla 27 del anexo I de MARPOL 73/78”

En la regla 26 de MARPOL están establecidos los siguientes criterios:

Estabilidad estática:

- El brazo adrizante “GZ” debe ser de al menos 0,2 metros a un ángulo de escora igual o mayor de 30°
- El máximo brazo adrizante “GZmaximo” se dara a un ángulo de escora mayor de 25°, y preferiblemente mayor de 30°.

Estabilidad dinámica:

- El área que encierra la curva de brazos adrizantes hasta 30° “A30°2 no debe ser inferior a 55 mm\*rad
- El área de la curva de brazos adrizantes hasta los 40° ( o cualquier ángulo menor al cual quede sumergido cualquier borde interior de abertura en el casco, superestructura o caseta quedando por debajo de la cubierta y no puede ser cerrado de manera estanca) no será inferior a 90 mm\*rad
- El área de la curva de brazos adrizantes entre 30° y 40°( o cualquier ángulo menor al cual quede sumergido cualquier borde interior de abertura en el casco, superestructura o caseta quedando por debajo de la cubierta y no puede ser cerrado de manera estanca) no será inferior a 30 mm\*rad
- La altura metacéntrica inicial “GMt”, corregida por superficies libres medida a 0° de escora, no será menos de 0,150 m.

**\* Ahora presentamos la tabla con los resultados a todos los criterios expuestos arriba y su verificación**

CONDICION	CRITERIO	RESULTADO	VERIFICACION
Salida plena carga	GZ a 30° o mayor > 0,2 m	1,055 m	Ok
	Max Gz a un angulo > 25°	38,2 °	Ok
	Area curva 30° >0,055 m*rad	0,21 m*rad	Ok
	Area curva 40° > 0,09 m*rad	0,39 m*rad	Ok
	Area entre 30° y 40° > 0,030 m*rad	0,17 m*rad	Ok
	GMt > 0,15 m	1,229 m	Ok
CONDICION	CRITERIO	RESULTADO	VERIFICACION
Llegada plena carga	GZ a 30° o mayor > 0,2 m	1,079 m	Ok
	Max Gz a un angulo > 25°	38,2 °	Ok
	Area curva 30° >0,055 m*rad	0,2174 m*rad	Ok
	Area curva 40° > 0,09 m*rad	0,3995 m*rad	Ok
	Area entre 30° y 40° > 0,030 m*rad	0,1821 m*rad	Ok
	GMt > 0,15 m	1,256 m	Ok
CONDICION	CRITERIO	RESULTADO	VERIFICACION
Salida en lastre	GZ a 30° o mayor > 0,2 m	3,775 m	Ok
	Max Gz a un angulo > 25°	47,3 °	Ok
	Area curva 30° >0,055 m*rad	0,7331 m*rad	Ok
	Area curva 40° > 0,09 m*rad	1,3121 m*rad	Ok
	Area entre 30° y 40° > 0,030 m*rad	0, 5792 m*rad	Ok
	GMt > 0,15 m	4,913 m	Ok
CONDICION	CRITERIO	RESULTADO	VERIFICACION
Llegada en lastre	GZ a 30° o mayor > 0,2 m	3,781 m	Ok
	Max Gz a un angulo > 25°	47, 3 °	Ok
	Area curva 30° >0,055 m*rad	0,7352 m*rad	Ok
	Area curva 40° > 0,09 m*rad	1,3151 m*rad	Ok
	Area entre 30° y 40° > 0,030 m*rad	0,5799 m*rad	Ok
	GMt > 0,15 m	4,929 m	Ok



## CAPITULO 13. RESISTENCIA LONGITUDINAL

### Introducción

En este capítulo nos ayudaremos del programa MAXSURF para calcular los momentos flectores y los esfuerzos cortantes que soportará nuestro buque.

Ahora presentaremos una tabla con el resumen de los esfuerzos cortantes y los momentos flectores máximos en cada condición de carga.

Para el reparto del peso en rosca, nos hemos ayudado del programa MAXSURF y hemos colocado cada peso importante en su posición en el buque. Así, hemos colocado los mamparos principales, el peso del motor, la habilitación, la carga, y pesos localizados como son el ancla o el timón. Para el peso de la carga, hemos utilizado la densidad media.

### Tabla resumen

CONDICION	ESFUERZO CORTANTE MAXIMO ( tn x 10 <sup>3</sup> )	MOMENTO FLECTOR MAXIMO ( tn x m x 10 <sup>3</sup> )	MOMENTO FLECTOR MAXIMO DE NUESTRA CUADERNA MAESTRA 102013,089 tn x m x 10 <sup>3</sup>
SALIDA EN PLENA CARGA	2,280	95,338	OK
LLEGADA EN PLENA CARGA	2,275	95,232	OK
SALIDA EN LASTRE	-1,508	64,194	OK
LLEGADA EN LASTRE	-1,508	64,103	OK



## CAPITULO 14. MANIOBRABILIDAD

### Introducción

La maniobrabilidad del buque puede definirse como el porcentaje de eficacia que le permite mantener o variar su proa a voluntad del maniobrista, con el propósito de lograr una determinada posición respecto a su entorno, es decir suelen medir la facilidad de evolución, la facilidad de gobierno y la facilidad de cambio de rumbo.

La maniobrabilidad tiene una importancia tal, que cualquier desconocimiento de la misma por parte de los oficiales de maniobra y del práctico pueden representar un auténtico riesgo para la seguridad del buque, carga y tripulantes.

Aunque un cálculo exacto de las características de la maniobrabilidad es complejo de realizar, si es posible y recomendable realizar en esta fase cálculos que permitan comprobar aproximadamente el grado de cumplimiento de los requerimientos.

En la fase de proyecto se pueden estimar estas características por aplicación de fórmulas o gráficos deducidos de un análisis de buques, el segundo procedimiento es más complejo y poco fiable si no se dispone de resultados, por lo que en este caso solo aplicaremos procedimientos de base estadística.

Los aspectos de la maniobrabilidad que se contemplan son los siguientes:

- Estimación de las características de maniobrabilidad reguladas por la IMO.
- Estimación de la capacidad de parada del buque.
- Proyecto de timones.

### Estimación de las características de maniobrabilidad reguladas por la IMO.

Facilidad de evolución. ( turning ability ). Esta cualidad está relacionada con el área que necesita el buque para realizar un cambio de rumbo importante. Las magnitudes que lo definen son:

- Diámetro de giro (turning diameter )

La fórmula para buques de una hélice al calado del proyecto sería:

$$DG = Lpp[4,19 - 203 CB/ DELR + 47,44 TRI / Lpp - 13B /Lpp + 194/DELR - 35,8 AR/ Lpp * T + 7,79 AB /Lpp T] =$$

Siendo:

$$AR = 0,01 * Lpp * T (1 + 50 Cb^2 ( B/ Lpp)^2 ) = 28,77 \text{ m}^2$$

$$DELR = 35^\circ$$

$$TRI = 0$$

$$AB = \text{area lateral del bulbo sobre la linea de crujía} = 34,34 \text{ m}^2$$

$$DG = 3,04 Lpp = 501,6 \text{ m}$$

$$\text{Margen: } DG < 4,641 Lpp \quad \text{CUMPLE}$$

- Diametro táctico o de evolución

$$DT = Lpp (0,91 DG / Lpp + 0,234 V / \sqrt{Lpp} + 0,675 )$$

$$DT = 3,71 Lpp = 612,9 \text{ m}$$

Margen:  $D T < 5 L_{pp}$     **CUMPLE**

- Avance

$$ADVC = L_{pp} [ 0,519 DT / L_{pp} + 1,33 ]$$

$$ADVC = 3,25L_{pp} = 537,5 \text{ m}$$

Margen:  $ADVC < 4,5 L_{pp}$     **CUMPLE**

- Caída o transferencia

$$TRANS = L_{pp} [ 0,497 Dt / L_{pp} + 0,065 ]$$

$$TRANS = 1,91 L_{pp}$$

- Maniobra en Z de  $10^\circ/10^\circ$

$$DELO / DELR = 3,2 ( CB * B / L_{pp} + 0,1 ) = 0,682$$

Siendo DELR el ángulo de timón,  $10^\circ$  o  $20^\circ$  respectivamente.

Calculamos el valor de DELO.

$$DELO = 10 * 0,682 = 6,82, \text{ que con el margen del } 20\% \Rightarrow DELO = 10,34^\circ$$

Y como  $30 < L_{pp}/V < 10$  tenemos como valor máximo del segundo ángulo de rebasamiento el valor  $20^\circ$ . Y realmente se cumple esta condición porque,

$$\text{DELO} = 10,34^\circ < 20^\circ \quad \text{CUMPLE}$$

- Maniobra en Z de  $20^\circ / 20^\circ$

$$\text{DELO} / \text{DELR} = 5,20 ((\text{CB} * \text{B} / \text{Lpp}) + 0,019)$$

$$\text{DELO} = [5,20 (0,738 * (25,3 / 165) + 0,019)] * 20 = 13,74^\circ$$

Le aplicamos el margen de 20%,

$$\text{DELO} = 16,49^\circ < 25^\circ \quad \text{CUMPLE}$$

### Estimación de la capacidad de parada del buque

La distancia recorrida se representa adimensionalmente como  $\text{RH}/\text{DISW}^{2/3}$ , en función del parámetro de potencia PP.

$$\text{PP} = 0,305 \text{ V}^3 * \text{DISW} / (\text{PBA} * \text{DP})$$

Siendo:

V= velocidad en nudos

PBA, la máxima potencia dando atrás toda de un motor diesel oscila normalmente entre el 35% y el 40 % de la máxima potencia marcha avante.

$$\text{PBA} = 0,35 * \text{MCO} = 0,35 * 7914 = 2770$$

$$\text{DISW} = 35818,36 \text{ Tn}$$

$$\text{PP} = 2343,42$$

La ecuacion que representa esta curva es :

$$RH = 0,305 * \exp( 0,773 - (5*10e-5)*(PP)+0,617\ln( PP)) * DISW^{1/3}$$

$$RH = 2324m = 14,09 Lpp$$

IMO requiere una distancia RH no exceda de 15 Lpp

$$14,09Lpp < 15 Lpp \quad \text{CUMPLE}$$

### Proyecto de Timón.

- Área proyectada de la pala

$$AR = 0,01 * Lpp * T * \left( \frac{K1*B}{Lpp*CB} + K2 \right)$$

Siendo:

$$- K1 = 54 / ( 7,2 - 30 * (V / Lpp)) = 7,58$$

$$- K2 = 0,0008 * B / (T[Lpp/(B*CB)]^2 = 4,95 * 10^{-3}$$

Sustituyendo tenemos:

$$AR = 0,01 * 165 * 10,4 * ( (7,58 * 25,3) / (165 * 0,81) + 4,95 * 10^{-3} ) = 29,77 \text{ m}^2$$

$$\text{Area} = 29,77 \text{ m}^2$$

-Relacion de aspecto

La relación de aspecto, que es el cociente entre la altura y la longitud media del timón, suele ser cercana a 1,5. La altura del timón debe elegirse de modo que, en lo posible, la pala esté situada en el chorro de la hélice.

$$AR = 29,77 \text{ m}^2$$

La relacion de aspecto es  $Ht/Lt = 1,5$

$$\text{Siendo } Ht = 1,5 * Lt \rightarrow AR = 1,5 * Lt^2;$$

$$Lt = \sqrt{(29,77/1,5)} = 4,455 \text{ m}$$

$$H_t = 1,5 * L_t = 6,682 \text{ m}$$

Verificamos que la altura calculada del timon 6,682 m es mayor que el diámetro de la helice, 5,68 m.

-Compensación

El area de la pala a proa de su eje de giro debe ser aproximadamente el 20 % del area total y la longitud de la parte compensada no debe exceder del 35% de la longitud total del timon.

$$\text{Area de la pala a proa de su eje: } A_c = 0,2 * 29,77 = 5,95 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de la pala compensada: } X_L = 0,35 * L_t = 1,579 \text{ m}$$

$$X_A = L_t - X_L = 4,455 - 1,579 = 2,876 \text{ m}$$

-Mecha del timón

Diámetro de la mecha: Según las reglas de las Lloyd's Register, el diámetro de la mecha del timón no será menor que el calculado por la fórmula:

$$DM = 83,3 \cdot KR \cdot \sqrt[3]{(V + 3)^3 \sqrt{AR^2 \cdot XP^2 + KN^2}}$$

$$\text{Marcha avante: } DM = 291,38 \text{ mm}$$

$$\text{Marcha atrás : } DM = 551,28 \text{ mm}$$

Siendo:

- KR: coeficiente del timón

Avante, timón detrás del propulsor KR= 0,248

Avante, timon no detrás del propulsor  $KR= 0.235$

Marchas atrás,  $KR= 0,185$

Buque no propulsado,  $KR= 0, 226$  (no es aplicación)

- V, la velocidad máxima del buque en servicio, o bien la velocidad marcha atrás no se tomara inferior a la mitad de la velocidad de marcha avante.
- XP , distancia del centro de presión al eje del timón.

$$XP \text{ avante} = 0,33L_t - XL (\text{avante}) = 0,33*4,455 - 1,579 = 0,108$$

$$XP \text{ atrás} = XA - 0,25 L_t = 2, 876 - 0,25 * 4,455 = 1,762$$

Donde XL y XA son las distancias del eje del timon a los bordes de proa y popa de éste.

- KN , coeficiente según la disposición de los pinzotes del timon , dos o más  $KN=0$

Por tanto el diámetro de la mecha del timón **DM = 551 mm**

Tabla resumen

	<b>Resultado</b>	<b>Condición</b>	<b>Verificación</b>
<b>Diámetro de giro</b>	<b>501,6 m</b>	<b>DG &lt; 4,641 Lpp</b>	<b>OK</b>
<b>Diámetro de evolución</b>	<b>612,9 m</b>	<b>DT &lt; 5Lpp</b>	<b>OK</b>
<b>Avance</b>	<b>537,5 m</b>	<b>ADVC &lt; 4,5 Lpp</b>	<b>OK</b>
<b>Maniobra en Z de 10°/10°</b>	<b>10,34°</b>	<b>DELO &lt; 20°</b>	<b>OK</b>
<b>Maniobra en Z de 20°/20°</b>	<b>16,49°</b>	<b>DELO &lt; 20°</b>	<b>OK</b>
<b>Parada</b>	<b>14,09Lpp</b>	<b>&lt; 15 Lpp</b>	<b>OK</b>



## **CAPITULO 15. FRANCOBORDO Y ARQUEO**

### **Introducción**

En este capítulo vamos a hablar todo lo relacionado con francobordo y arqueo. Para ello, hemos utilizado como referencia “El Convenio Internacional de Líneas de Máxima Carga de 1966” (actualmente en vigor) para el francobordo y para el arqueo hemos utilizado “El Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques de 1969”

### **Francobordo**

El francobordo se define como la distancia vertical, medida en la sección maestra entre el borde superior de la línea de cubierta y el borde superior de línea de francobordo.

Es un elemento decisivo del proyecto del buque y debe tener un valor mínimo, en función del tipo y características del buque, establecido en el Convenio internacional de líneas de máxima carga de 1966.

Debe señalarse que muchos buques tienen un calado máximo menor que el correspondiente al francobordo mínimo reglamentario, por ejemplo, los cargueros para transportar cargas de baja densidad, o los petroleros con mucho lastre segregado, en los cuales el puntal se determina por el requerimiento de alcanzar un determinado volumen de sus espacios de carga y lastre.

Se dice que estos buques tienen un exceso de francobordo, en el sentido de que su francobordo real es mayor que el mínimo que podría tener según el Convenio de 1966.

Dentro del proceso de definición de las características principales de un proyecto preliminar, debe incluirse el cálculo del francobordo asignado es siempre mayor o igual que aquel.

A efecto de francobordo, los buques se clasifican en 2 tipos fundamentales:

1. Tipo A: es un buque proyectado para transportar cargas liquidas a granel, tiene una alta integridad de la cubierta expuesta a la intemperie, y una gran resistencia a la inundación debido a su alto grado de subdivisión.
2. Tipo B: todo el que no cumple las condiciones del tipo A.

#### **- Tipo de buque**

Este buque se considera a efectos del cálculo de francobordo como **TIPO A**

#### **- Eslora de francobordo:**

Definida como la mayor de los siguientes valores:

- A. 96% de la eslora total desde el extremo de la roda al extremo del codaste medido al 85% del puntal
- B. La eslora desde el extremo de la roda hasta la mecha del timon medido al 85% del puntal.

#### **- Puntal de francobordo:**

Lo consideramos como el puntal de trazado aumentando en el espesor del trancanil.

### Cálculo aproximado de Fb a partir de la relación t/d

Es evidente que si se conoce el calado del buque, como es lo normal en la primera fase del proyecto, y se puede estimar la relación T/D, del calado de proyecto al puntal, se puede deducir inmediatamente el francobordo, ya que:

$$FB = D - T = T ( D / T - 1 ) = T [ ( 1 / ( T / D ) ) - 1 ] = 4 \text{ m}$$

#### - Francobordo tabular.

Nos vamos a las tablas para el francobordo tubular para buques de tipo A.

L (m)	Francobordo(mm)
165	2198

#### - Correccion por eslora menos de 100 m.

Al ser > 100 m → C<sub>1</sub> = 0

#### - Correccion por CB

Si el coeficiente de bloque es mayor de 0,68, el francobordo tabular más la corrección C1, si existe, se multiplica por:

$$C_2 = ( CB85D + 0,68 ) / 1,36 = 1,04$$

- **Correccion por Puntal**

Si el puntal del buque excede de L/15, el francobordo se aumenta en:

$$C_3 = (D - L / 15) R$$

Siendo:

$$- R = L / 0,48 \text{ si } L > 120 \text{ m}$$

$$- R = 250 \quad \text{si } L \geq 120 \text{ m} \quad \rightarrow \text{ En nuestro caso, } R = 250.$$

$$C_3 = 1000 \text{ mm}$$

- **Correccion por superestructura**

Si la longitud total de las superestructuras es igual a la eslora del buque, se aplica al francobordo una corrección sustractiva  $D_e$ , definida en la siguiente tabla:

Eslora del buque (m)	Corrección $D_e$ (mm)
24	350
85	860
122 y mas	1070

Si la longitud total de las superestructuras E es menor que la eslora del buque, a la deducción anterior se le aplica un porcentaje Por según esta tabla:

E/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Tipo A	0	7	12	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100
Tipo B	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100

Los porcentajes de esta tabla pueden aproximarse por las siguientes fórmulas:  $Por = 0,30 + 37 E / L + 50 ( E / L )^2 = 50,23$

La deducción por superestructura completa,  $De = 1070$  mm.

La corrección tiene un valor de:

$$C_4 = De * Por / 100 = \mathbf{52,3 \text{ mm}}$$

- **Correccion por arrufo**

Al no considerar arrufo.  $\rightarrow C_5 = 0$

- **Francobordo de verano**

$$FB = FBT + C1 + C2 + C3 - C4 + C5 = \mathbf{3181,32 \text{ mm}}$$

- **Francobordo de agua dulce**

Se obtiene restando del francobordo minimo en agua salada al valor:

$$\text{DISW} / (40 \times \text{TCI}) = 24,25$$

Siendo:

$$\text{TCI} = \gamma * L_{pp} * B * \text{CPW} / 100 = 35,81$$

$$\text{DISW} = \gamma * L_{pp} * B * T * \text{CB} = 34735,81 \text{ Tn}$$

$$\text{FB} = 3181,32 - 24,25 = \mathbf{3157,07 \text{ mm}}$$

- **Altura minima en proa.**

La regla 39 del Convenio de 1966 exige que la distancia vertical desde la cubierta expuesta hasta la flotacion en carga correspondiente al francobordo de verano, medida en la Ppr, no sea menor de:

- Si  $L \geq 250 \rightarrow 7000 [ 1,36 / ( \text{CB} + 0,68 ) ]$
- Si  $L < 250 \rightarrow 56 L ( 1 - L / 500 ) [ 1,36 / ( \text{CB} + 0,68 ) ] = 5937 \text{ mm}$

$D - T = 4$ . No cumple

Si esta altura se consigue por medio de arrufo en la cubierta, éste se extenderá al menos hasta el 15% de la eslora a partir de la perpendicular de proa. Si se consigue por medio de un castillo, éste tendrá al menos una longitud igual al 7% de la eslora.

La altura requerida la conseguiremos por medio de un castillo de proa que se extenderá por lo menos una longitud igual al 7% de la eslora.

**La eslora del castillo de proa será de 11,55 m.**

**Tabla resumen**

<b>FRANCOBORDO DE VERANO</b>	<b>3181 mm</b>
<b>FRANCOBORDO EN AGUA DULCE</b>	<b>3157 mm</b>
<b>ALTURA MINIMA EN PROA</b>	<b>5937 mm</b>
<b>FRANCOBORDO MAXIMA CARGA</b>	<b>4666 mm</b>

## Arqueo

El concepto de arqueo indica el tamaño de un buque y se emplea para determinar reglamentariamente muchas de sus características técnicas y para aplicar las tarifas de uso de puerto, canales, remolcadores...

El arqueo se calculó por el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques (Convenio de 1969), firmado en Londres el 23 de Julio de 1969 por los países representados por la IMO.

En el arqueo se distinguen dos valores, llamados arqueo bruto y arqueo neto, con los que se intenta definir el tamaño total de un buque y el tamaño utilizable respectivamente.

Al finalizar la construcción de cada buque, la autoridad correspondiente realiza los cálculos de los arqueos bruto y neto según el Convenio de 1969 y emite un certificado con validez internacional. Sin embargo, durante el proyecto del buque es necesario calcular el arqueo, al menos aproximado, por varias razones:

- ✓ La cifra de arqueo bruto sirve de parámetro para determinar muchas características técnicas del buque, controladas por los convenios internacionales, como por ejemplo el número de tripulantes, los dispositivos contra incendios, medios de salvamento, equipos de radio y navegación, etc.. Por lo que es preciso conocerlo con cierta exactitud durante el desarrollo del proyecto.
  
- ✓ Siempre es deseable que el arqueo sea el mínimo posible debido a sus repercusiones económicas en la explotación del buque y, a veces, la especificación contractual define un valor máximo de arqueo bruto que no debe superarse.

### **Cálculo aproximado de forma directa del Arqueo Bruto:**

Si no se dispone de un buque base o modelo, o si se desea tener un control más detallado del cálculo del arqueo, éste se puede determinar por el siguiente procedimiento, que utiliza información deducida de un análisis de buques existentes.

El volumen V se considera desglosado en las siguientes partes, cuyo volumen se calcula aproximadamente por las fórmulas que se indican:

- ✓ **Volumen del casco por debajo de la cubierta de arqueo, hasta el nivel del puntal**

$$VBD = Lpp * B * D * CBD$$

$$CBD = CB + 0,35 [(D - T) / T] (1 - CB) = 0,771$$

$$VBD = 48278,09 \text{ m}^3$$

- ✓ **Volumen debido a la brusa de la cubierta**

$$VBR = 0,012 Lpp * B^2 = 1267,38 \text{ m}^2$$

- ✓ **Volumen debido al arrufo**

$ARM = A / 100 (Lpp / 3 + 10) 0,025 = 0$ . Porque se trata de un buque grande, tiene un valor relativamente pequeño, por lo que puede despreciarse.

✓ **Volumen de superestructuras y casetas**

Este término depende básicamente del tamaño del buque, del número de sus tripulantes y estándar de alojamientos. Para un estándar medio, correspondiente a buques actuales con tripulaciones reducidas, se puede estimar por:

$$VSUP = 41 * Lpp - 755 = 6010 \text{ m}^3$$

✓ **Volumen de brazolas de escotillas**

Es **cero**, debido a la ausencia de escotillas de grandes dimensiones.

✓ **Volumen total**

$$V_{TOTAL} = VDR + VBR + ARM + VSUP + V_{BRAZOLAS}$$

$$V_{TOTAL} = 55555,47 \text{ m}^3$$

✓ **Arqueo bruto**

$$GT = k1 * V_{TOTAL}$$

Siendo  $k1 = 0,2 + 0,02 \log_{10} V_{TOTAL} = 0,2948$

$$GT = 16377,75$$

### Cálculo del arqueo neto

El arqueo neto NT se calcula por la fórmula:

$$NT = k_2 * VCAR ( 4T / 3D )^2 + k_3 * ( N1 + N2 / 10 )$$

Siendo:

- $VCAR = 31500 \text{ m}^3$
- $k_2 = 0,2 + 0,02 \log_{10} * VCAR = 0,2899$
- $k_3 = 1,25 ( GT + 10000 ) / 10000 = 3,2972$
- N1 = número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas.
- N2 = número de los demás pasajeros.

Se tendrá en cuenta además que:

- Si N1 + N2 es menor de 13, ambas cifras se consideraran inferior a 0,25 GT
- El factor  $( 4T / 3D )^2$  no se tomará superior a 1.
- El término  $k_2 * VCAR ( 4T / 3D )^2$  no se tomará inferior a 0,25 GT
- NT no se tomará inferior a 0,30 GT

**ARQUEO NETO = 8796,44 NT**

### Tabla Resumen

ARQUEO	
GT	16377,75
NT	8796,44



## CAPITULO 15. PRESUPUESTO

### Introducción

El presupuesto del buque se va a realizar según el formato de la Dirección General de la Marina Mercante. El presupuesto ha sido desglosado en varias partidas generales, para cada una de las cuales se han detallado los gastos estimados de materiales y la mano de obra de cada equipo o instalación. A continuación se adelanta una descripción de dichas partidas:

1. Costes varios del astillero. Esta partida contempla los costes originados en la etapa de proyecto, los costes debidos a la clasificación por el Lloyd's Register, así como los relativos a los certificados necesarios para la operatividad del buque. Además, aquí se consideran los gastos de pruebas y garantías.
2. Casco. Se incluyen en este punto los costes de construcción de la estructura de acero del buque, así como los ocasionados por los procesos de soldadura, preparación de superficies y pintado de las mismas.
3. Equipo, armamento e instalaciones. Se considera los costes de armamento de los equipos de fondeo, amarre y remolque, junto con los gastos relativos a los distintos medios de salvamento, habilitación, equipos de fonda y hotel, equipos de acondicionamiento de alojamientos, equipos de navegación y comunicaciones, medios contraincendios, así como los gastos en equipos de servicio de carga y los relativos a instalaciones eléctricas, conductos y tuberías. Se consideran además una serie de costes adicionales en accesorios varios.
4. Maquinaria auxiliar de cubierta. Se incluyen los costes relativos al equipo de gobierno y a la maquinaria del equipo de fondeo y amarre.
5. Instalación propulsora. Se consideran aquí los costes derivados de la instalación a bordo del motor principal, así como los relativos a la disposición de la línea de ejes y la hélice propulsora.
6. Maquinaria auxiliar de propulsión. Se consideran en esta parte los costes relativos a la planta de generación eléctrica y los distintos equipos de circulación, refrigeración y lubricación de la planta propulsora y auxiliar. Además se incluyen los costes de arranque de motores, manejo de combustible y purificación, así como los costes en equipos auxiliares del casco, equipos sanitarios y varios.

7. Cargos y respetos. Se incluyen aquí los costes de los cargos y respetos reglamentarios, no reglamentarios y especiales.
8. Instalaciones especiales. Se presupuestan los costes relativos a los equipos para el manejo de cargas líquidas, las instalaciones y equipos de automatización, telecontrol y alarma, los sistemas de estabilización y los sistemas auxiliares de maniobra. Además, se incluyen los costes de las instalaciones, equipos especiales contra incendios y de seguridad.
9. Coste total del buque.

### **Beneficio del astillero**

Dada la dependencia del beneficio del astillero respecto a numerosos factores tales como la coyuntura del mercado, la productividad de la mano de obra, las fluctuaciones de los precios de los materiales y equipos, etc., no existe una referencia válida a tomar. El beneficio de la empresa puede llegar a alcanzar el 10% o el 15% del coste en casos muy favorables, o llegar a ser negativo. Por eso, se decide fijar el beneficio del astillero en un 7% del coste de construcción del buque. En los cálculos que a continuación se detallan se han utilizado los siguientes valores, obtenidos a partir de un análisis de mercado y por comparación con otros presupuestos de distintos proyectos.

- Coste medio de la mano de obra = 40 €/h
- Precio medio del acero = 600 €/tn

En los apartados siguientes, se han expuesto los criterios empleados en el cálculo del presupuesto, que están basados en la referencia bibliográfica “Apuntes de proyectos. Volumen I. Jaime Torroja Mendez “ Cabe aclarar que, puesto que todas las fórmulas de los costes de esta referencia están dadas en miles de pesetas, se multiplicará por el consiguiente factor de conversión para obtener el resultado en euros. Dada la magnitud de los resultados obtenidos, en todos los casos se redondeará al valor entero más cercano.

## 1. Costes varios del astillero

Se citan a continuación las distintas partidas y subpartidas que se incluyen bajo esta categoría que se refieren principalmente a los costes de diseño y construcción del buque proyecto.

- Costes de ingeniería  
Coste de proyecto

Ensayo de canal

Estudios diversos de consultoría.

Se supone un coste de 500.000 € para esta partida.

- Clasificación, reglamentos y certificados  
Otras entidades reguladoras

Inspección de buques

Colegio oficial de ingenieros navales

Se supone un gasto de 434749 € para esta partida

- Pruebas y garantías  
Botadura

Prácticos y remolcadores

Varada

Pruebas, ensayos, montadores y supervisores

Garantía

Se supone un gasto de 607072 € para esta partida.

- Servicios auxiliares durante la construcción  
Andamiaje

Instalaciones de fuerza y alumbrado

Limpieza

Se supone un gasto de 1.117.000 € para esta partida

- Otros gastos generales. Aquí se incluyen los costes del seguro. Se estiman en 601.012 €

En base a estas suposiciones, el coste estimado para la partida de “costes varios” es de **3.259.000 €**.

## 2. Casco

- Acero laminado

Hemos estimado en el capítulo del peso en rosca del buque que nuestro buque tiene un peso de acero de **7559,787 tn**. En este peso se engloba tanto las planchas como los perfiles. Hemos obtenido un precio medio de planchas de 600€/ tn y un precio medio de perfil de 650€/ tn, por lo que hemos decidido multiplicar este peso del acero de nuestro buque por una media de estos precios, por tanto, 625 €/tn.

Podemos estimar el precio total de esta partida con la ayuda de esta expresión:

$$\text{Coste}_{\text{ACERO}} = 1.15 * P_{\text{acero}} * \text{Precio}$$

Siendo:

- “P<sub>acero</sub>” = 7559,787 tn
- “Precio” = 625 €/ tn
- Se ha considerado, en este caso, un factor de un 15% , ya que el peso del acero bruto debe tenerse en cuenta las pérdidas de acero en los procesos de anidado y los excesos por laminación.

Por tanto, tenemos que

$$\text{Coste}_{\text{ACERO}} = 5.433.596 \text{ €}$$

En cuanto al número de horas de mano de obra necesarias, se han estimado con la ayuda de la siguiente expresión de la referencia nombrada al principio de este capítulo, que incluye además , el tiempo necesario para la instalación de polines y palos del casco.

$$\text{Horas casco} = K_S * P_{\text{ACERO}} * (1 + 0,3 * (1 - CB))$$

Siendo:

- “K<sub>s</sub>” = 25 h/tn, es el índice de mano de obra de casco, cantidad que se ha estimado y que depende del tipo de buque y de la productividad del astillero.
- “P<sub>ACERO</sub>”= 7559,787 tn
- “Cb”= 0,809

Por tanto el número de horas es

$$\text{Horas casco} = 25 * 7559,787 * (1 + 0,3 * (1 - 0,809)) = 199.824 \text{ horas}$$

Por tanto el coste de la mano de obra con respecto al acero es

$$199.824 \text{ h} * 40 \text{ € / h} = 7.992.962 \text{ €}$$

- Resto de los materiales del casco

En este subapartado se hace referencia a las piezas fundidas y forjadas, dispuestas en la estructura del codaste del buque. Su coste se ha estimado mediante la formula:

$$\text{Coste piezas} = 4 * L * \text{Tesc} * ( 1000 / 166,386 )$$

Siendo:

$$\text{“L”} = 165 \text{ m}$$

$$\text{“Tesc”} = 10,4 \text{ m}$$

$$\text{Coste piezas} = 4 * 165 * 10,4 * ( 1000 / 166,386 ) = 41.253 \text{ €}$$

El número de horas de mano de obra necesarias se puede calcular con la expresión

$$\text{H piezas} = 12 + 30 * \sqrt[3]{L} * \text{Tesc} = 1723 \text{ horas}$$

Que multiplicándolo por 40€/h, nos da **68930 €**

- Timón y accesorios

El coste aproximado de los materiales del timón, mecha y pinzote se ha obtenido con la expresión:

$$\text{Coste timon y accesorios} = 6 * \text{H timón} * \text{Cuerda timón} * 1000 / 166,386$$

Siendo:

$$\text{“H timón”} = \text{altura del timón, definida en capítulo 14 , 6, 682 m}$$

$$\text{“Cuerda timón”} = \text{cuerda del timón, definida en capítulo 14 , 4 ,45m}$$

Por tanto:

$$\text{Coste timón y accesorios} = 6 * 6,682 * 4,45 * 1000 / 166,386 = 1072 \text{ €}$$

El número de horas de mano de obra se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Horas timón} = 100 * \text{H timón} * \text{Cuerda timón} = 100 * 6.682 * 4,45 = 2973 \text{ h}$$

Que al multiplicar por 40€/ h nos sale= **118.939 €**

- Materiales auxiliares de construcción del buque.

En esta partida se han incluido diversos consumibles y materiales auxiliares empleados en la construcción del casco, tales como electrodos, gases de soldadura, materiales y herramientas diversas, etc. Se coste se ha estimado en 40€ por cada tonelada de acero estructural empleado, por lo q supone un coste de **302.391 €**. En esta partida no procede el cómputo de horas de mano de obra asociado.

- Preparación de superficies.

Debido a las condiciones en las que se encuentra el mercado, el coste de la preparación de superficies, que incluye granallado e imprimación se estima en 10€/m<sup>2</sup> en superficies externas y en 17 €/m<sup>2</sup> para superficies internas. Resultando aproximadamente un total de 1.083.000 €.

Por su parte la mano de obra se ha fijado aproximadamente en 0,02 h/ m<sup>2</sup> , por lo que obtenemos unas 1856 horas. Al multiplicar por 40€/ h, nos sale 72.240 €.

- Pintura y control de corrosión.

Esta partida contempla el coste de pintura del exterior e interior del casco, al igual que la pintura de tuberías, el galvanizado y la protección catódica por ánodos de sacrificio. Si coste se estima en base a valores facilitados por distintos astilleros y comparándolo con otros proyectos, siendo éste de unos 900.000€,aproximadamente.

Las horas correspondientes se estiman, como en el apartado de preparación de superficies, en 1856 horas. Por tanto el coste de mano de obra será el mismo, que el anterior, 72.240 €.

**Resumen coste Casco**

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE MATERIAL €</b>	<b>COSTE MANO DE OBRA €</b>	<b>TOTAL DE LA PARTIDA €</b>
<b>Acero del casco</b>	<b>5.433.596</b>	<b>7.992.962</b>	<b>13.426.558</b>
<b>Resto de material del casco</b>	<b>41.253</b>	<b>68.930</b>	<b>110.183</b>
<b>Timón y accesorios</b>	<b>1.072</b>	<b>118.939</b>	<b>120.011</b>
<b>Materiales auxiliares de construcción del casco</b>	<b>302.391</b>	<b>-</b>	<b>302.391</b>
<b>Preparación de superficies</b>	<b>1.083.000</b>	<b>72.240</b>	<b>1.155.249</b>
<b>Pintura y control de la corrosión</b>	<b>900.000</b>	<b>72.240</b>	<b>972.240</b>
<b>TOTALES</b>	<b>7.761.312</b>	<b>8.325.311</b>	<b>16.086.623</b>

### 3. Equipo, armamento e instalaciones

#### - Elementos de fondeo, amarre y remolque

Anclas.

Puede estimarse un precio de 2500€/tn de acero paracada una de las anclas dispuestas a bordo. Hay que recordar que hay 3 anclas (una de ellas de respeto) de 6900 kgs cada una, como calculamos en el capítulo 8. Por tanto:

$$\text{Coste anclas} = 6,9 * 3 * 2500 = 51750 \text{ €}$$

No se considera mano de obra en este material.

Cadenas, cables y estachas.

Su coste aproximado se puede calcular por la siguiente expresión:

$$\text{Coste cadenas, cables y estachas} = 0,025 * k * d^2 * l_c * ( 1000 / 166.386 )$$

Siendo:

“k” = 0,275, correspondiente a acero normal.

“d” =diámetro de los eslabones de la cadena, 64 mm

“lc” = longitud de cada cadena ,330 m

Por tanto:

$$\text{Coste cadenas, cables y estachas} = 0,025 * 0,275 * 64^2 * 330 * ( 1000 / 166.386 ) = 55.850 \text{ €}$$

En cuanto al coste de horas de mano de obra, se estima en conjunto según la expresión, siendo P anclas, el peso de las anclas en tonelada:

$$\text{Horas equipos fondeo amarre y remolque} = 27 * P_{\text{ancla}}^{0,4} = 90,73 \text{ horas}$$

Que multiplicándolo por 40€/ h nos da, **3629 €**

#### - Medios de salvamento

Botes salvavidas

El coste aproximado del bote salvavidas se ha estimado con ayuda de la expresión siguiente que depende del tipo de bote instalado. En este caso el bote es cerrado y contraincendios.

$$\text{Coste bote salv} = K_{bs} * N^{2/3} * 1000 / 166,386$$

Siendo:

“Kbs” = 700, por tratarse bote cerrado y contraincendios

“N” = 22 personas, capacidad del buque

Por tanto:

$$\text{Coste}_{\text{bote salv}} = 700 * 22^{2/3} * 1000 / 166,386 = 33031 \text{ €}$$

Bote de rescate:

Se va a disponer de un bote de rescate en la banda de babor y a popa. Su precio aproximado se ha estimado con la expresión siguiente, donde se ha supuesto una capacidad para 6 personas:

$$\text{Coste bote rescate} = 310 * 6^{2/3} * 1000 / 166,386 = 6151 \text{ €}$$

Balsas salvavidas:

Se ha estimado un precio unitario aproximado para cada una de las balsas dispuestas a bordo (4 balsas con una capacidad unitaria de 22 personas) según la siguiente fórmula:

$$\text{Coste balsas} = n^{\circ} \text{ balsas} * 160 * N^{2/3} * 1000 / 166,386 = 30200 \text{ €}$$

Dispositivo de lanzamiento de botes y balsas

El coste del dispositivo de lanzamiento del bote salvavidas se ha calculado mediante la fórmula:

$$\text{Coste} = K_{pb} * N^{2/3} * 1000 / 166,386$$

Siendo:

“Kbs” = 700, por tratarse bote cerrado y contraincendios

“N” = 22 personas, capacidad del buque

Por tanto:

$$\text{Coste}_{\text{bote salv}} = 700 * 22^{2/3} * 1000 / 166,386 = 33031 \text{ €}$$

El pescante del bote de rescate se estima en 8500 €, por tanto el total es de 41531 €

Varios

Se han incluido en esta partida el coste de aros, chalecos salvavidas, señales, lanzacabos y elementos varios de salvamento. Su cuantía se ha estimado con esta expresión:

$$\text{Costes varios} = (500 + 5 * N) * 1000 / 166,386$$

Siendo N el número máximo de personas a bordo, 22.

En cuanto a las horas de mano de obra imputables a la instalación de medios de salvamento, se utilizara la siguiente expresión:

$$\text{Horas mano obra salvamento} = 300 + 15 * N = 630 \text{ horas}$$

Y multiplicándolo por 40€/h nos sale **25200 €**

#### - **Habilitación**

El coste de esta partida se ha estimado a partir del área total de la habilitación en m<sup>2</sup> y de la calidad de los materiales empleados. La expresión que hemos utilizado considera que los materiales empleados son de gran calidad:

$$\text{Costes habil.} = K_h * S_h * 1000 / 166,386$$

Siendo:

“Kh” = 40, por emplear alto nivel de calidad

“Sh” = 1647 m<sup>2</sup>, superficie total de la habilitación.

Por tanto:

$$\text{Costes habil.} = 40 * 1647 * 1000 / 166,386 = 395946 \text{ €}$$

En cuanto al número de horas de mano de obra, se ha considerado de 16 h / m<sup>2</sup> de alojamientos de la habilitación, obteniéndose 26352 horas, que al multiplicarlos por 40€/h nos da **1.054.080 €**

#### - **Equipo de fonda y hotel**

Cocina y oficinas

Se ha estimado por la siguiente formula, siendo Kco = 80 y n = 22 personas

$$\text{Coste} = K_{co} * N * 1000 / 166,386 = 10 577 \text{ €}$$

Gambuzas frigoríficas

El coste depende del volumen neto de la gambuza frigorífica y se ha estimado según la expresión:

$$\text{Coste gambuza} = 300 * V_{\text{gambuza}}^{2/3} * 1000 / 166,386$$

Siendo:

$$V_{\text{gambuza}} = 148 \text{ m}^3$$

Por tanto

$$\text{Coste gambuza} = 300 * 148^{2/3} * 1000 / 166,386 = 50449 \text{ €}$$

Equipo de lavandería y varios

El coste de esta partida se ha estimado en 250 € por persona que pernocte a fondo, por tanto  $250 * 22 = 5500€$

En cuanto a la mano de obra dedicadas a la partida de equipos de fonda y hotel, se ha estimado en 115 horas/ tripulante, es decir 2530 horas, por lo que el coste de la mano de obra es de  $40 * 2530 = 101.200€$

### - Equipos de acondicionamiento de habitación

Equipos de calefacción y aire acondicionado

El coste medio de los sistemas de climatización se estima en  $70 \text{ €/m}^2$ , por tanto teniendo en cuenta los espacios de la habitación a climatizar,  $70 * 1647 = 115.290 \text{ €}$

Ventilación mecánica

Para los sistemas de ventilación mecánica, que son independientes de los instalados en los equipos de acondicionamiento de aire, el coste ha sido estimado con la ayuda de la siguiente expresión:

$$\text{Coste ventilación} = ( 175 * N^{0,215} + 0,2 * Sh^{0,25} ) * 1000/166,386 = 1789 \text{ €}$$

En cuanto al número de horas de mano de obra, se ha estimado un valor de  $2 \text{ h/m}^2$ , obteniéndose 3294 horas, que al multiplicar por 40, nos sale **131760 €**.

### - Equipos de navegación y comunicación

Equipo de navegación

En esta partida se incluyen los costes de los siguientes equipos: compás magnético, compás giroscópico, piloto automático, radar, radiogoniométrico, receptor de cartas, corredera, sonda, navegación por satélite y equipos auxiliares. Su coste total se ha estimado a partir de catálogos de equipamiento naval y datos facilitados por astilleros, obteniendo un total de **320.000€**

Equipo de comunicaciones externas e internas.

En el cálculo del coste aproximado de equipo de comunicaciones externas se han incluido los costes de telegrafía, telefonía y del sistema de comunicación por satélite. Se ha estimado en **52500€** debido a que se trata de un equipo de alto nivel. En lo relativo a los costes de equipo de comunicación internas se estima en **36800 €**

Las horas de mano de obra de la instalación de los equipos de navegación (500 horas) y comunicaciones (370 horas) se obtienen por comparación con datos de astilleros de otros proyectos similares, este coste se ha estimado en **34800€**

### - Medios contraincendios convencionales

Se va a disponer a bordo medios contraincendios convencionales en cámara de máquinas y en la zona de tanques de carga siguiendo los requerimientos de seguridad en este tipo de buques. La expresión utilizada es la siguiente:

$$\text{Coste} = 1.4 * \text{Lcm} * \text{Bcm} * \text{Dcm} * 1000/166,386$$

Siendo Lcm, Bcm, y Dcm las dimensiones de nuestra cámara de máquinas, que son respectivamente, 19.68, 21,3 y 13 , Por tanto

$$\text{Coste} = 1.4 * 19,6 * 21,3 * 13 * 1000/166,386 = 45665 \text{ €}$$

En cuanto a la mano de obra, se puede estimar unas 5,5 horas por metro de eslora total del buque proyecto, obteniéndose 907, 5 horas. Lo multiplicamos por 40€/h y nos sale **36300 €**

### - Instalación eléctrica

Su coste se ha estimado en función de la potencia eléctrica total instalada a bordo (3463 kW) de acuerdo con la siguiente expresión.

$$\text{Coste} = 80 * \text{kW}^{0,77} * 1000/166,386 = 255.476 \text{ €}$$

Por otro lado, el número de horas de mano de obra se estima con la ayuda de la siguiente expresión:

$$\text{H} = 4 * \text{Sh} + 6 * \text{kW} = 25467 \text{ horas}$$

Por tanto, al multiplicarlo por 40 €/h = nos da **1.018.680 €**

### - Tuberías

El coste de los materiales de las tuberías y conductos se ha estimado con la siguiente expresión que en cuenta que el motor consume combustible pesado.

$$\text{Coste} = [450 * (0,015 * \text{Lcm} * \text{Bcm} * \text{Dcm} + 0,18\text{L}) + 1,33 \text{ BHP} + 0,25 ( 3 * \text{Lcm} * \text{Bcm} * \text{Dcm} + \text{Vcarga} + 4\text{Sh})] * 1000/166,386$$

Siendo:

$$\text{Vcarga} = 31500 \text{ m}^3$$

$$\text{BHP} = 10650$$

Sustituyendo tenemos que el coste es de **1.152.756 €**

La mano de obra se estima con la siguiente expresión:

$$\text{Horas} = 11 * \text{BHP}^{0,85} = 29159 \text{ €}$$

Por lo que el coste de la mano de obra será = 29159 \* 40 = **1.166.003 €**

**- Accesorios de equipo, armamento e instalaciones**

En este apartado se han incluido los siguientes elementos:

Puertas metálicas, ventanas, portillos, escaleras, pasamanos, candeleros, escotillas, de acceso, lumbreras, registros, accesorios de fondeo, de amarre, grúas de servicio, escalas, toldos y fundas.

Para esa partida se ha estimado mediante otros buques, tomando un valor aproximado de **430.000 €** .

En cuanto a horas de mano de obra, se han estimado unas 19000 horas , por lo que nos salen unos **760.000€**

**Tabla resumen de coste de equipo, armamento e instalaciones**

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE MATERIAL €</b>	<b>COSTE MANO DE OBRA €</b>	<b>TOTAL PARTIDA €</b>
<b>Equipo de fondeo, amarre y remolque</b>	<b>107600€</b>	<b>3629 €</b>	<b>111229</b>
<b>Medios de salvamento</b>	<b>102413 €</b>	<b>25200 €</b>	<b>127613</b>
<b>Habilitación</b>	<b>395946 €</b>	<b>1.054.080 €</b>	<b>1450026</b>
<b>Equipos de fonda y habilitación</b>	<b>65949€</b>	<b>101.200€</b>	<b>167149</b>
<b>Acondicionamiento y habilitación</b>	<b>115.290€</b>	<b>131760 €.</b>	<b>247050</b>
<b>Navegación y comunicación</b>	<b>409300€</b>	<b>34800€</b>	<b>444100</b>
<b>Medios contra incendios</b>	<b>45665 €</b>	<b>36300 €</b>	<b>81965</b>
<b>Instalación eléctrica</b>	<b>255.476 €</b>	<b>1.018.680 €</b>	<b>1274156</b>
<b>Tuberías</b>	<b>1.152.756 €</b>	<b>1.166.003 €</b>	<b>2318759</b>
<b>Accesorios de equipo, armamento e instalaciones</b>	<b>430.000 €</b>	<b>760.000€</b>	<b>1190000</b>
<b>TOTALES</b>	<b>3080395</b>	<b>4331652</b>	<b>7412047</b>

#### 4. Maquinaria auxiliar de cubierta

Equipo de gobierno

El coste se obtiene por comparación con otros proyectos y teniendo en cuenta las características del buque proyecto se fija en **76056€**

Las horas de mano de obra se han estimado en función de la eslora del buque siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{Horas} = 22 * L^{2/3} = 661,82 \text{ horas}$$

Al multiplicar por 40€/h nos da **2647 €**.

Equipo de fondeo y amarre

Molinete:

Por comparación con otros proyectos y teniendo en cuenta las características del buque , se estima el coste de los molinetes de anclas en **65000€**.

Maquinillas de amarre:

El coste unitario de las maquinillas de amarre, suponiéndolas de tipo normal se ha estimado en función de la potencia de cada una de ellas según la formula :

$$\text{Coste} = 7 * 1300 * Pma^{2/3}$$

Siendo Pma = 45 kW la potencia unitaria de cada maquinilla aproximadamente ya que varía la potencia entre las maquinillas de proa y popa. Por tanto el resultado es de **115128 €**

El número de horas de mano de obra se calcula por

$$\text{Horas} = L ( 1,75 * n^{\circ} \text{ molinetes} + 1,7 * n^{\circ} \text{ maquinillas} ) = 1307 \text{ horas}$$

Por tanto,  $1307 * 40 = 52280 \text{ €}$

#### Resumen maquinaria auxiliar de cubierta

PARTIDA	COSTE MATERIAL €	COSTE DE MANO DE OBRA €	TOTAL PARTIDA €
Equipo de gobierno	76.056	2.647	78.703
Equipo de fondeo y amarre	180.128	52.280	232.408
Totales	256.184	549.27	311.111

## 5. Instalación propulsora

Maquinaria propulsora principal

El coste aproximado del motor principal MAN 7S40ME-B9.2, que se ha dispuesto en el buque es de **3.100.000€**

El número de horas de mano de obra necesarias para la instalación del motor se estima con esta expresión:

$$\text{Horas} = 10 * \text{BHP}^{2/3} = 4641 \text{ horas} * 40 \text{ €/h} = 185663 \text{ €}$$

Línea de ejes

Se han incluido bajo este concepto una serie de equipos e instalación con el montaje y funcionamiento de la línea de ejes. Hemos estimado que esta partida rondará los **213000€** y que ocupará un total de 1454 horas, por lo que costará **58160 €**

Hélice propulsora

El coste de la hélice propulsora de paso fijo instalada en el buque proyecto se ha estimado en

El número de horas de mano de obra se estima:

$$\text{Horas} = 240 + 0,004 \text{ BHP} = 282 \text{ horas} * 40 \text{ €/h} = 11280 \text{ €}$$

### Resumen costes de instalación propulsora

PARTIDA	COSTE MATERIAL €	COSTE DE MANO DE OBRA €	TOTAL PARTIDA €
<b>Motor Principal</b>	<b>3.100.000</b>	<b>185663</b>	<b>3285663</b>
<b>Línea de ejes</b>	<b>213000</b>	<b>58160</b>	<b>271160</b>
<b>Hélice propulsora</b>	<b>26785</b>	<b>11280</b>	<b>38065</b>
<b>Totales</b>	<b>3339785</b>	<b>255103</b>	<b>3594888</b>

## 6. Maquinaria auxiliar

Esta partida la hemos dividido en 2 subpartidas, grupos electrógenos y resto de maquinaria auxiliar.

Grupos electrógenos.

El coste de los equipos generadores de nuestro buque es de aproximadamente de **1.456.000€**. Las horas de mano de obra correspondiente a esta partida se han estimado con la siguiente expresión:

$$\text{Horas} = 52 * \text{kW}^{0,43} = 1729 \text{ horas}$$

Que al multiplicarlo por 40€/h , nos sale un costede **69187 €**.

Resto de equipos de maquinaria auxiliar

Al no tener mucha información de los equipos que componen esta partida hemos optado por estimarla a partir de un presupuesto de un buque de similares características. Para hacer esto le hemos restado el total de la partida de maquinaria auxiliar a la propulsión el coste de los grupos electrógenos que si conocemos y hemos hecho lo mismo con el número de horas. Por lo tanto tenemos, que el coste del resto de la maquinaria auxiliar a la propulsión para un buque como el nuestro lo podemos estimar en **1.230.000 €** y el número de horas en la instalación de todos los equipos es de 22498 horas. Por tanto, tenemos un coste de mano de obra de  $22498 \times 40\text{€} / \text{h} = 899920 \text{ €}$ .

Resumen costes de maquinaria auxiliar a la propulsión

PARTIDA	COSTE MATERIAL €	COSTE DE MANO DE OBRA €	TOTAL PARTIDA €
Grupos electrógenos	1.456.000	69187	1.525.187
Resto de la maquinaria auxiliar a la propulsión	1.230.000	899920	2.129.920
Totales	2.686.000	969.107	3.655.107

## 7. Cargos y respetos

### Cargos y respetos no reglamentarios

Los costes derivados de los cargos y respetos reglamentarios se suelen incluir en el de los correspondientes equipos; por lo que no cabe considerarlos. Sin embargo, los costes de los cargos y respetos no reglamentarios se han estimado en €.

### Respetos especiales

- Hélice de respeto, este coste se ha obtenido en función del peso y precio unitario de la hélice de servicio, ya que ambas son idénticas en la mayoría de los casos, por tanto el coste de la hélice de respeto al igual que la de servicio es de **26785 €**.
- Eje de cola de respeto, se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\text{Coste} = 0,4 * \text{BHP} * 1000/166,386 = 24.040€$$

El número de horas de mano de obra a considerar en esta partida completa se ha estimado según la expresión:

$$\text{Horas} = \text{BHP}^{2/3} + 2 * L + 100 = 894 \text{ horas}$$

Que al multiplicarlo por 40€/h, nos sale un total de €.

### Resumen costes de cargos y respetos

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE MATERIAL €</b>	<b>COSTE DE MANO DE OBRA €</b>	<b>TOTAL PARTIDA €</b>
<b>Cargos y respetos no reglamentarios</b>	<b>15000</b>	<b>-</b>	<b>15000</b>
<b>Respetos especiales</b>	<b>50825</b>	<b>35766</b>	<b>86591</b>
<b>Totales</b>	<b>65825</b>	<b>35766</b>	<b>101591</b>

## 8.Instalaciones especiales

Hemos dividido esta en partidas en varias subpartidas:

- Equipos especiales de manejo de la carga  
Aquí vamos a incluir los equipos de manejo de líquidos, las bombas, los eyectores de achique o agotamiento, los equipos de limpieza de tanques y las tuberías y valvulería de la carga. Para todo esto, hemos estimado un coste, sirviéndonos de referencia con otros buques, de **1.345.000 €** y un número de horas de mano de obra de 3200, que nos da un coste de mano de obra de **128.000€**
- Instalaciones y equipos automáticos de telecontrol y alarma  
En esta partida se engloban los costes de los equipos instalados en la cabina y en los puestos de control, al igual que los dispositivos de automatización y control instalados a bordo del buque. Su coste se estiman en **68.000€**. Los costes de mano de obra están incluidos en los costes de adquisición de material.
- Instalaciones y equipos especiales contraincendios  
El coste de esta partida se ha estimado en **144000€**, y la mano de obra se ha estimado en unas 7000 horas, por lo que el coste será de **280.000€**
- Instalaciones y equipos especiales de seguridad  
Aquí se incluye los costes por el equipo de protección del personal, el equipo de detección de gases y planta de gas inerte. En total se estima un coste de unos **234000€** y un coste de mano de obra de **250.000€**.

Resumen costes de instalaciones especiales

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE MATERIAL €</b>	<b>COSTE DE MANO DE OBRA €</b>	<b>TOTAL PARTIDA €</b>
<b>Equipos especiales manejo de la carga</b>	<b>1.345.000</b>	<b>128.000</b>	<b>1.473.000</b>
<b>Instalaciones y equipos automáticos de telecontrol y alarma</b>	<b>68.000</b>	<b>-</b>	<b>68.000</b>
<b>Instalaciones y equipos especiales contraincendios</b>	<b>144000</b>	<b>280.000</b>	<b>424.000</b>
<b>Instalaciones y equipos especiales de seguridad</b>	<b>234000</b>	<b>250.000</b>	<b>484.000</b>
<b>Totales</b>	<b>1.791.000</b>	<b>658.000</b>	<b>2.449.000</b>

**9. Costes totales del buque**

A continuación vamos a resumir en una tabla todos los datos de los costes de cada partida.

<b>PARTIDA</b>	<b>COSTE TOTAL €</b>
<b>COSTES VARIOS</b>	<b>3.259.000</b>
<b>CASCO</b>	<b>16.086.623</b>
<b>EQUIPO, ARMAMENTO, E INSTALACIONES</b>	<b>7.412.047</b>
<b>MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA</b>	<b>311.111</b>
<b>INSTALACION PROPULSORA</b>	<b>3.594.888</b>
<b>MAQUINARIA AUXILIAR</b>	<b>3.655.107</b>
<b>CARGOS Y RESPETOS</b>	<b>101.591</b>
<b>INSTALACIONES ESPECIALES</b>	<b>2.449.000</b>
<b>TOTAL COSTE DE CONSTRUCCION</b>	<b>36.869.367</b>
<b>BENEFICIO DEL ASTILLERO (7%)</b>	<b>2.580.855</b>
<b>PRECIO TOTAL DEL BUQUE</b>	<b>39.450.222</b>
<b>IVA (18%)</b>	<b>7.101.039</b>
<b>PRECIO DE MERCADO</b>	<b>46.551.261</b>

En la revista “Ingeniería naval” de Junio 2008 (página 10 , tabla 2) vienen expuestos los precios de nuevas construcciones desde 1998 a 2008. Con respecto a los buques petroleros, estos son los precios que se manejan.

<b>TIPO</b>	<b>DWT(MEDIO)</b>	<b>PRECIO NUEVAS CONSTRUCCIONES EN MILLONES DE DOLARES USA</b>
<b>VLCC</b>	<b>300.000</b>	<b>153/155</b>
<b>Suexmax</b>	<b>150.000</b>	<b>94/95</b>
<b>Aframax</b>	<b>111.000</b>	<b>76/77</b>
<b>Panamax</b>	<b>70.000</b>	<b>63/65</b>
<b>HANDY</b>	<b>47.000</b>	<b>51/52</b>
<b>Product Tanker</b>	<b>30.000</b>	<b>39/41</b>

Aplicándole un cambio de divisa de 1€ = 1,32\$, por lo que el precio de mercado de nuestro buque rondaría los 35, 26 millones de dólares.

Según esta tabla, un petrolero de productos de nueva construcción, rondaría los 39-41 millones de dólares. Algo superior a nuestro buque.

Esta diferencia puede ser debida a que hemos utilizado expresiones de coste y de cálculo de mano de obra, algo antiguas (en ptas) y también podría ser por la desviación del precio de materiales y equipos.

Un siguiente paso para afinar este presupuesto, sería la realización de un exhaustivo análisis de suministradores, empresas auxiliares y astilleros, pero eso es algo que se escapa a los objetivos del presente proyecto.



## CONCLUSIONES

La realización de este proyecto fin de carrera ha sido la utilización y síntesis de todas las asignaturas de esta ingeniería técnica. Algunas asignaturas han sido la base de este proyecto, mientras que otras han tenido menos peso en él, pero todas ellas han sido necesarias para la obtención del título y por ello todas tienen su importancia.

Quisiera agradecer a mi tutor, Antonio de Querol, su participación en este proyecto, así como a mis compañeros de clase que tanto me han ayudado.

Mención también requieren aquellos profesores que, desinteresadamente, han puesto su granito de arena para la obtención de esta titulación.

Como conclusión final, expongo todos los datos principales de mi proyecto.

- Tipo de buque: Petrolero de productos limpios del petróleo.
- Vida útil : 20 años
- Volumen de carga 31.500 m<sup>3</sup>
- Tripulación: 22
- Clasificación : Lloyd's Register of Shipping
- Autonomía: 2800 millas
- Lpp = 165 m
- B = 25,3 m
- D = 15 m
- T = 10,4 m
- Cb = 0,81
- Cp = 0,817
- Cm = 0,996
- $\Delta$  = 36070 tn.
- GT = 16377
- NT = 8796
- Potencia propulsora: 7945 kW

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS:

- “El proyecto básico del buque mercante” R. Alvariño, J.J. Azpíroz, M. Meizoso. Fondo Editorial de la Ingeniería Naval.
- “Ship design and construction” Written by a group of authorities. R.Taggart. The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- “Mecanica vectorial para ingenieros” P. Beer, Ferdinand. 1997 -1998
- “Teoria del buque. Antonio Bonilla de la Torre. 1979
- “Resistencia de Materiales”. Luis Ortiz Berrocal. 2002

### REGLAS:

- “Commons Structural Rules for Oil Tankers”.Lloyd’s Register. Julio 2010
- “Rules and Regulations for the Classification of Ships, July 2010” Lloyd’s Register of Shipping.
- Convenio MARPOL 73/78
- Convenio Internacional de líneas de máxima carga de 1969. IMO

### APUNTES:

- Apuntes de Teoría del Buque I”. Aurelio Guzman Cabañas, Pedro Gallardo Mateo. EUITN. AÑO 2010
- Apuntes de Teoría del Buque II”. Aurelio Guzman Cabañas, Pedro Gallardo Mateo. EUITN AÑO 2010
- Apuntes de cálculo de estructuras marinas. Antonio Barrios Gallego. EUITN
- Ingles técnico naval. Elena Lopez. Jose Mª Spielberg. Francisco Carrillo. EUITN AÑO 2009
- Apuntes de Técnicas de construcción naval. Francisco Valencia. EUITN .AÑO 2008
- Apuntes de Equipos y servicios. Rafael Gonzalez Linares, Jose F. Jimenez Escribano. Ricardo Miguel de la Villa. EUITN. AÑO 2008
- Fundamentos de la construcción naval. Gaspar Penagos, Ricardo Miguel de la villa, Gerónimo Pérez. EUITN. AÑO 2007.

### WEBS

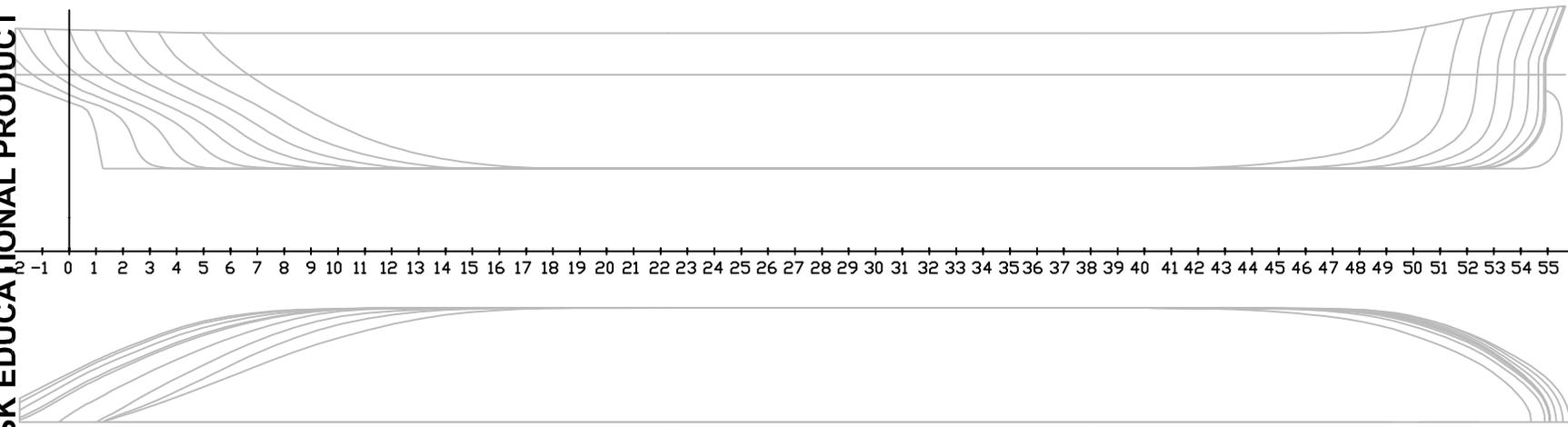
- [www.ingenierosnavales.com](http://www.ingenierosnavales.com)
- [www.man-mn.es](http://www.man-mn.es)
- [www.lr.org](http://www.lr.org)
- [www.revistanaval.com](http://www.revistanaval.com)
- [www.petroleo.com](http://www.petroleo.com)
- [www.imo.org](http://www.imo.org)
- [www.intertanko.com](http://www.intertanko.com)
- [www.marpol.net/convenio1.htm](http://www.marpol.net/convenio1.htm)
- <http://www.veristar.com/wps/myportal!/ut/p/ s.7 0 A/7 0 RNO>
- <http://www.uptankers.com/fleet.html>
- [http://www.teekay.com/index.aspx?page=vessel\\_details&imo=8814639](http://www.teekay.com/index.aspx?page=vessel_details&imo=8814639)
- <http://www.scf-group.com/pages.aspx?anim=1&cid=373&cs=4>



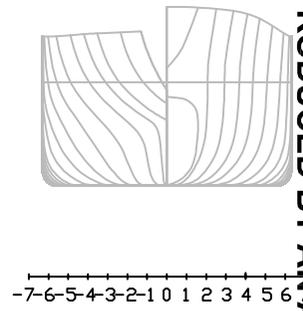
# PLANOS

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0



-7 -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6

LDA 173 metros  
LPP 165 metros  
B 25,3 metros  
D 15 metros  
T 10,4 metros

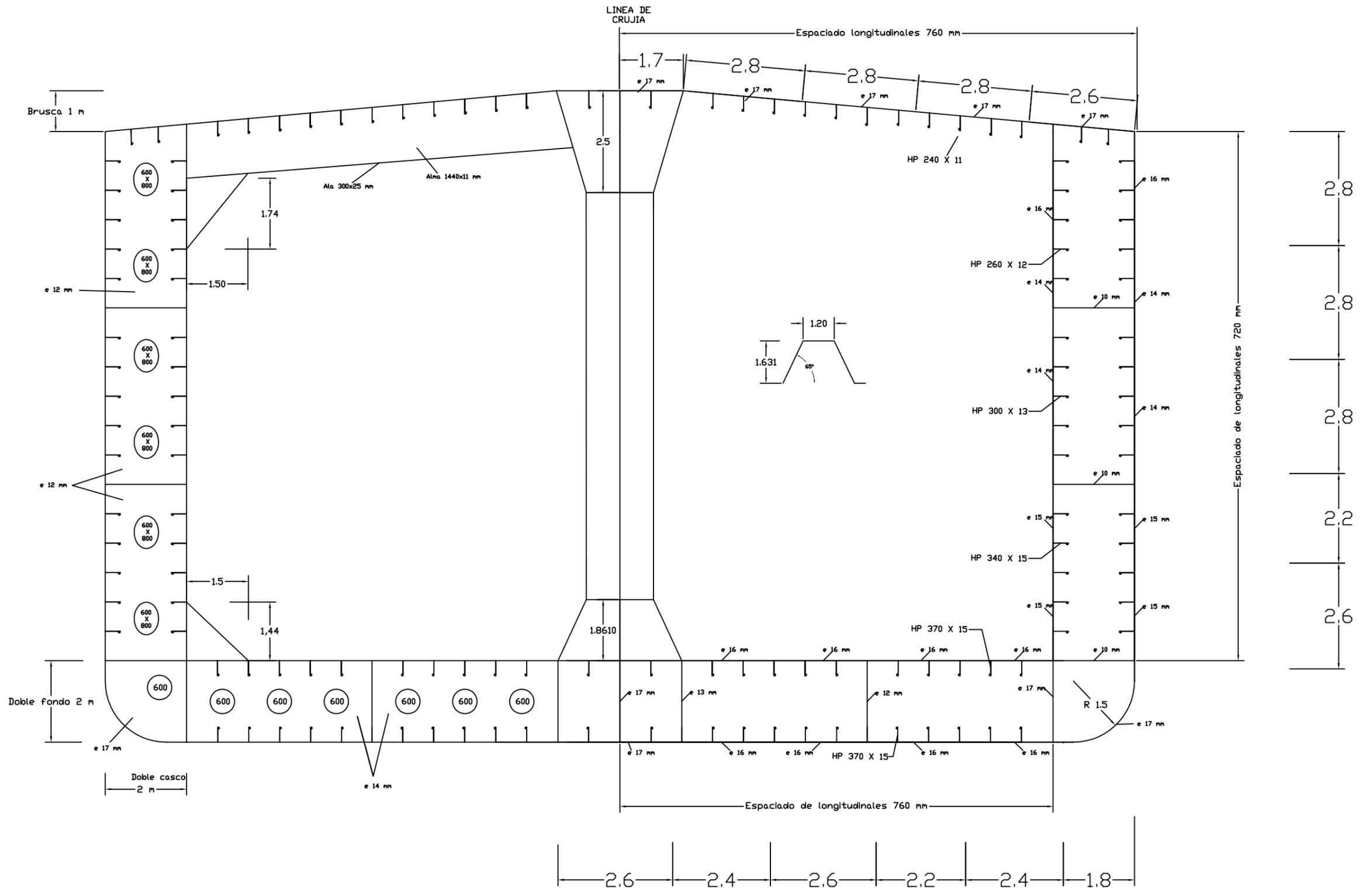
Separación entre cuadernas de trazado 3 metros  
Separación entre longitudinales 2 metros  
Separación entre líneas de agua 1 metro

DATOS HIDROSTATICOS PRINCIPALES

Displacement 37556 Tn  
Volume 36569 tn  
Draft to baseline 10,4 m  
Immersed depth 10,4 m  
Lwl 173 m  
Beam wl 25,3 m  
WSA 6708,218 m<sup>2</sup>  
Max cross sect area 262 m<sup>2</sup>  
Waterplane area 3824,706 m<sup>2</sup>  
Cp 0,817  
Cb 0,814  
Cm 0,996  
Cwp 0,885

LCB from zero pt. +86,166 m  
LCF from zero pt +82,433 m  
LCB from zero pt + 50,45 %  
LCF from zero pt + 48,26 %  
KB 5,385 m  
KG 0 m  
BMT 5,075 m  
BML 205,79 m  
GMT 10,46 m  
GML 211,18 m  
KMT 10,46 m  
KML 211,18 m  
Inmersion (Tpc) 39,28 tonne/c  
MTC 480,67 tonne  
RM at 1deg= GMT.DI 6856,32 tonne  
Precision Medium

Diseñado por: JOSE ANTONIO DE LA FLOR PRADA		Fecha 27/11/2011	Escala 1:450
UCA E.U.I.T.N.	Anteproyecto Petrolero de Productos de 31500 m <sup>3</sup>		
	Plano de formas	Firma:	Plano nº 1

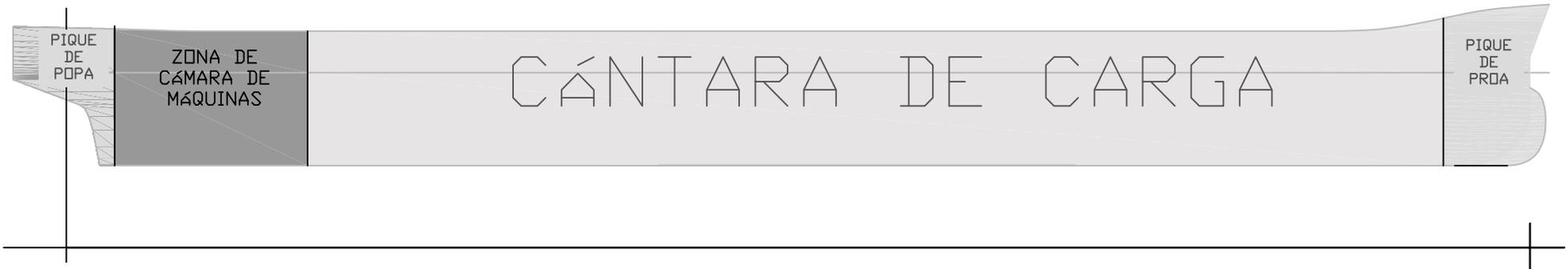


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

LPP	165 m	I eje neutro	106,128 m <sup>4</sup>
B	25,3 m	Wd	12,225 m <sup>3</sup>
D	15 m	Wb	16,793 m <sup>3</sup>
T	10,4 m	Mom flector	102013,089 tn*m

Diseñado por: JOSE ANTONIO DE LA FLOR PRADA		Fecha 27/11/2011	Escala 1:100
UCA E.U.I.T.N.		Anteproyecto de Petrolero de Productos de 31500 m <sup>3</sup>	
		Cuaderna Maestra	Firma: Plano n° 1



Loa.... 173 metros  
Lpp.... 165 metros

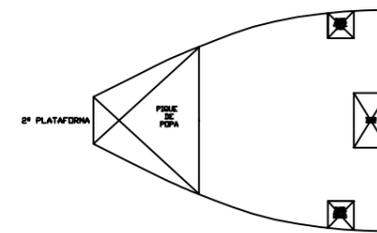
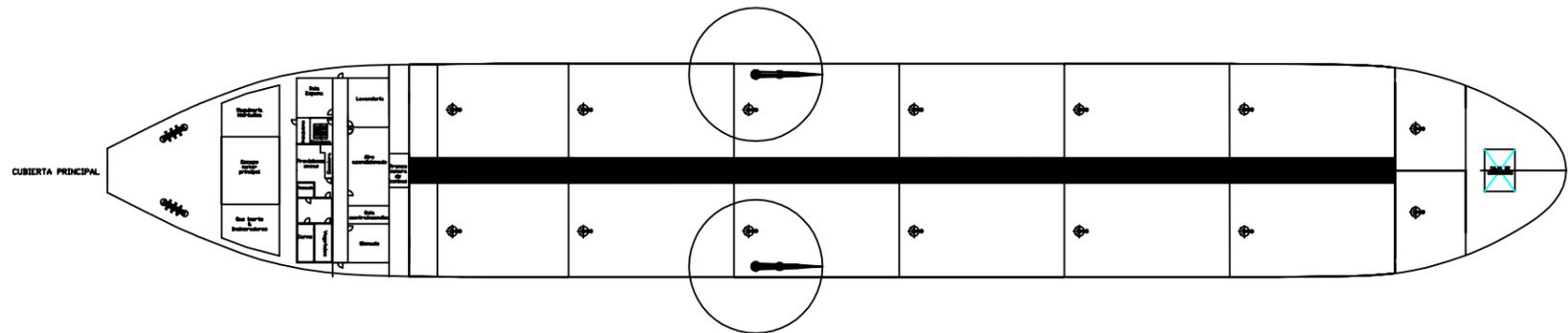
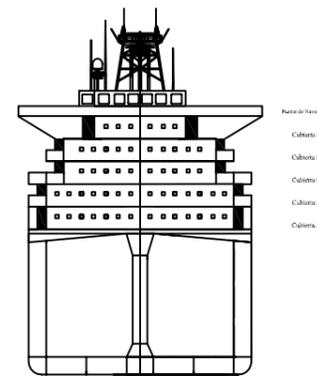
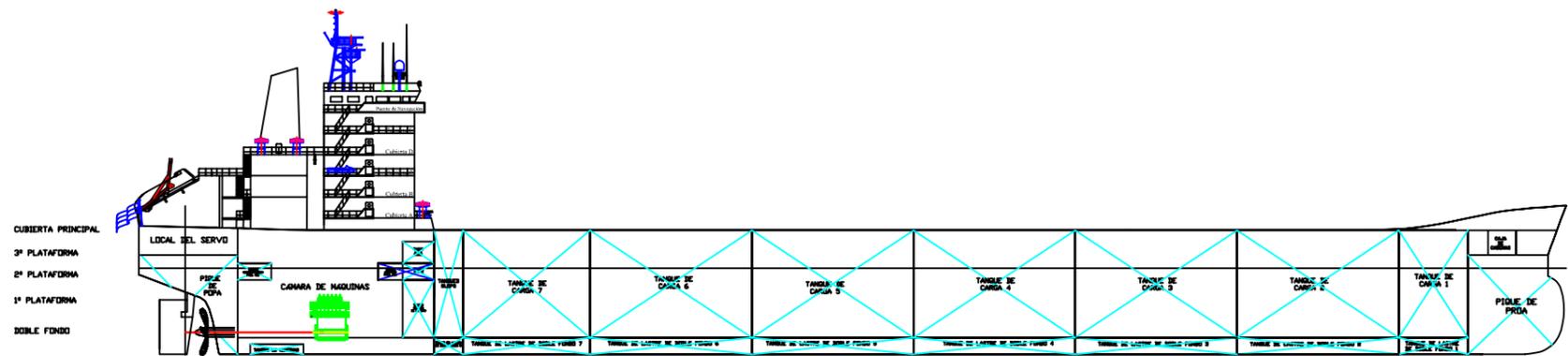
SEPARACIÓN ENTRE CUADERNAS :

- Zona de Pique de Popa: 600 mm.
- Zona de Cámara de máquinas: 700 mm.
- Zona de carga : 700 mm.
- Zona de Pique de Proa : 600 mm.

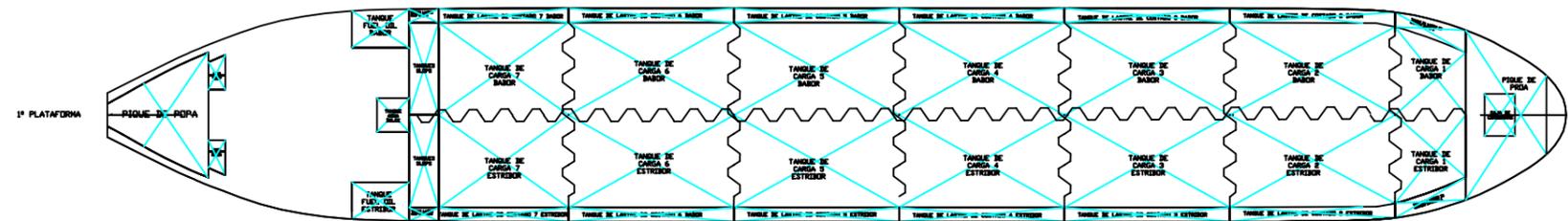
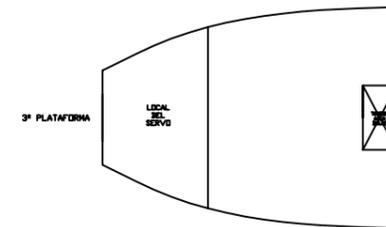
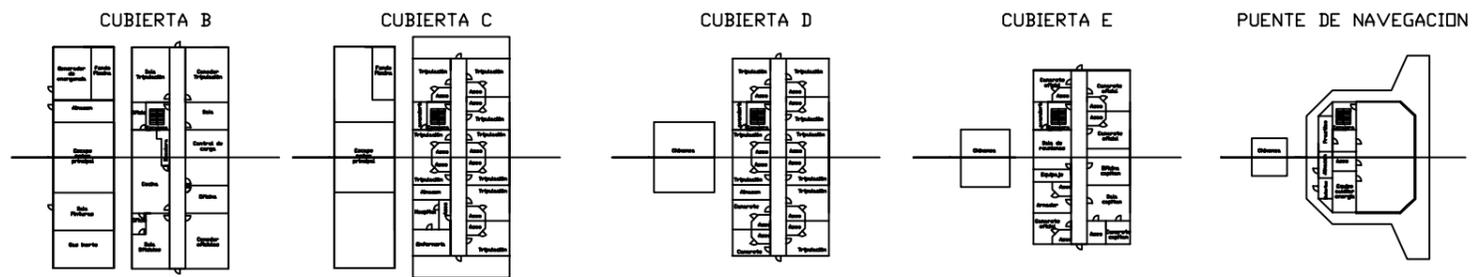
SEPARACIÓN ENTRE BULÁRCAMAS:

- Zona de carga: 3.500 mm.

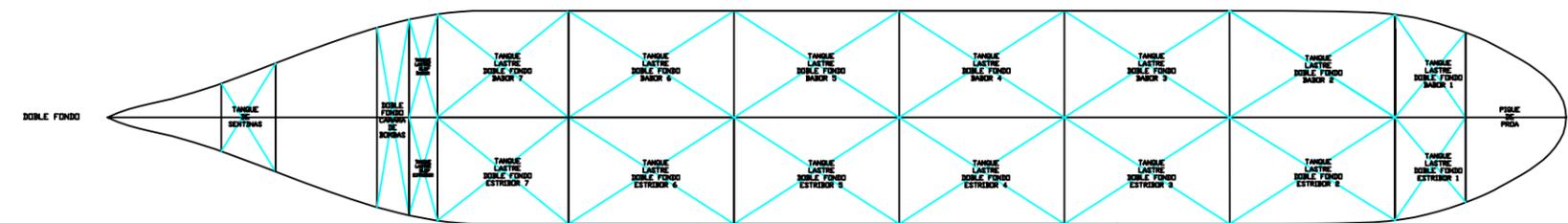
Diseñado por: JOSE ANTONIO DE LA FLOR PRADA		Fecha 27/11/2011	Escala 1:500
UCA	E.U.I.T.N.	Anteproyecto Petrolero de Productos de 31500 m <sup>3</sup>	
		Esaciado entre cuadernas	Firma: Plano nº 2



TANQUES	VOLUMEN m <sup>3</sup>
1	1280
2	4358
3	5318
4	5318
5	5318
6	5318
7	3903
SLOP	687
<b>TOTAL</b>	<b>31500</b>



LPP	165	m
B	25,3	m
D	15	m
T	10,4	m
CB	0,809	
Δ	36070	tn



Diseñado por: JOSE ANTONIO DE LA FLOR PRADA

Fecha  
27/11/2011

Escala  
1:700

UCA E.U.I.T.N.

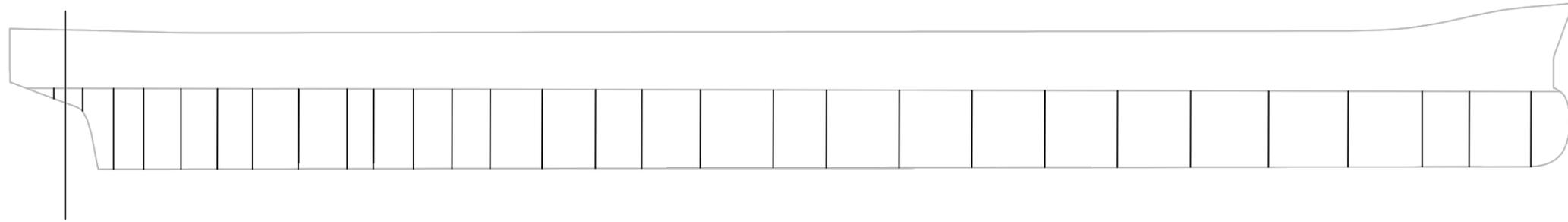
Anteproyecto Petrolero de Productos de 31500 m<sup>3</sup>

DISPOSICION GENERAL

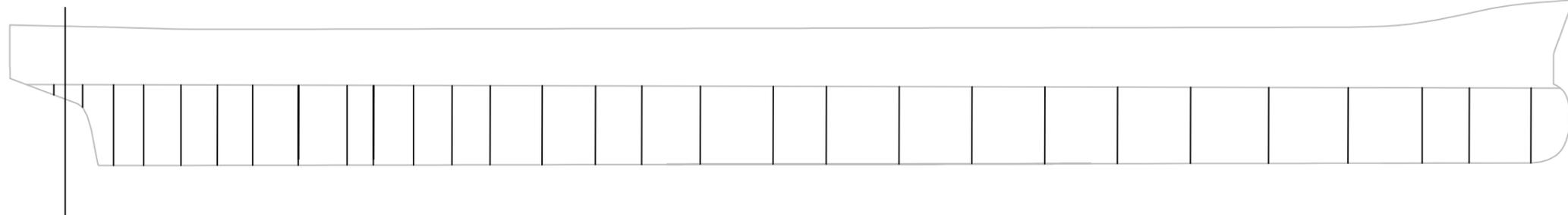
Firma:

3

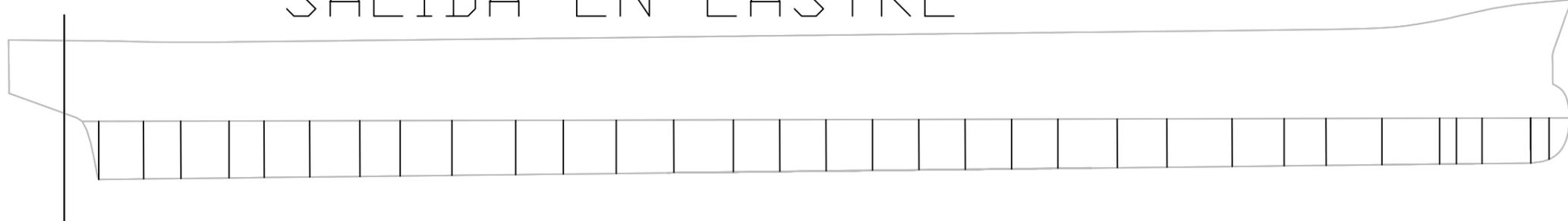
# SALIDA A PLENA CARGA



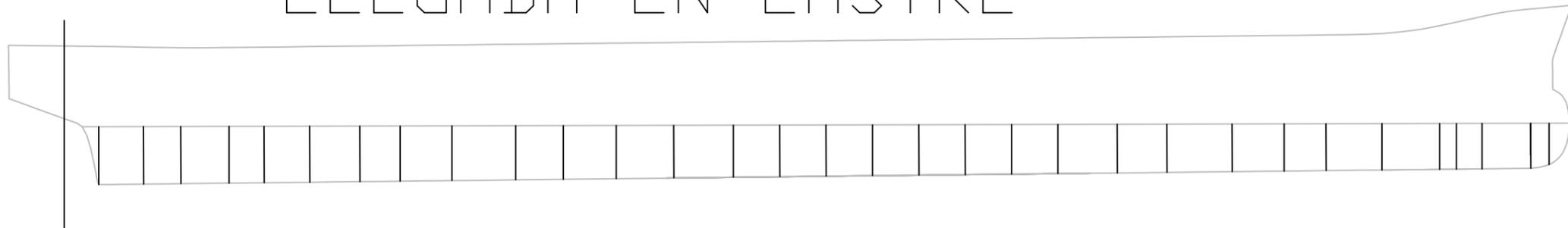
# LLEGADA A PLENA CARGA



# SALIDA EN LASTRE



# LLEGADA EN LASTRE



LQA 173 m  
 LPP 165 m  
 B 25,3 m  
 D 15 m  
 T 10,4 m  
 FRANCOBORDO 3181 mm  
 ALTURA MINIMA EN PROA 5937 mm

Diseñado por: JOSE ANTONIO DE LA FLOR PRADA

Fecha  
27/11/2011

Escala  
1:800

UCA E.U.I.T.N.

Anteproyecto Petrolero de Productos de 31500 m<sup>3</sup>

Plano de estabilidad

Firma:

4

**ANEXO**

**MOTOR**

**MAN DIESEL & TURBO**

**MODELO : 7S40ME-B9.2-TII**

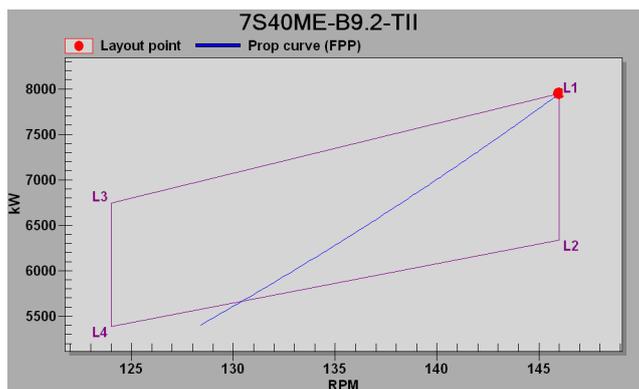


## **MAN Diesel & Turbo**

### **Main Engine Room Data**

<b>Main Engine</b>	7S40ME-B9.2-TII
<b>Compliance</b>	IMO-NOx Tier II
<b>Project name</b>	PROYECTO FIN DE CARRERA
<b>Project type</b>	PRODUCT OIL TANKER
<b>Project number</b>	001
<b>Date</b>	08 10 2011
<b>Yard</b>	UCA
<b>Country</b>	SPAIN
<b>Made by</b>	JOSE ANTONIO DE LA FLOR PRADA
<b>Department</b>	E.U.I.T.N.

## Specified Main Engine and Ratings



Further reading: [www.mandieselturbo.com/Papers/Basic\\_Principles\\_Of\\_Ship\\_Propulsion](http://www.mandieselturbo.com/Papers/Basic_Principles_Of_Ship_Propulsion) p. 20-29

## Specified Main Engine and Ratings

Turbocharger/engine version		conv.
Type of propeller		Fixed pitch
Cylinder oil lubricator type		Alpha ACC (power control)
Sulphur content in fuel	%	3.0

## Nominal Maximum Continuous Rating (NMCR)

Nominal engine power	(NMCR)	kW	7,945
Nominal engine speed		r/min	146.0
Mean effective pressure		bar	21.0
Mean piston speed		m/s	8.6

## Specified MCR (SMCR)

Engine shaft power		kW	7,945
Engine speed		r/min	146.0
Mean effective pressure		bar	21.0
Mean piston speed		m/s	8.6

## Normal Continuous Rating (NCR)

Service power		% of SMCR	100.0
Engine shaft power		kW	7,945
Engine speed		r/min	146.0

---

## Ambient reference conditions

---

### ISO Conditions

Scavenge air coolant temperature	°C	25.0
Ambient air temperature	°C	25.0
Barometric pressure	mbar	1,000
Exhaust gas back pressure	mmWC	300

### Tropical conditions

Sea water temperature	°C	32.0
Central water temperature	°C	36.0
Ambient air temperature	°C	45.0
Barometric pressure	mbar	1,000

### Specified ambient conditions

Scavenge air coolant temperature	°C	10.0
Ambient air temperature	°C	10.0
Barometric pressure	mbar	1,000

Further reading: [www.mandieselturbo.com/Papers/Influence\\_Of\\_Ambient\\_Temperature\\_Conditions](http://www.mandieselturbo.com/Papers/Influence_Of_Ambient_Temperature_Conditions) p. 7-11

## Expected SFOC, Lube Oil Consumption, Air and Exhaust gas data

### Tolerances

Reference LCV of fuel	kJ/kg	42,700
SFOC tolerance (SMCR)	%	+/- 5
Exhaust gas amount tolerance	%	+/- 5
Exhaust gas temperature tolerance	°C	-/+ 15

### ISO ambient conditions

#### Specific Fuel Oil Consumption

Nominal Maximum Continuous Rating (NMCR)	g/kWh	174.0
SMCR	g/kWh	174.0
NCR	g/kWh	174.0

#### Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	60,900
NCR	kg/h	60,900

#### Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	260
NCR	°C	260

#### Air consumption

SMCR	kg/s	16.5
NCR	kg/s	16.5

### Tropical ambient conditions

#### Specific Fuel Oil Consumption

SMCR	g/kWh	177.3
NCR	g/kWh	177.3

#### Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	57,200
NCR	kg/h	57,200

#### Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	294
NCR	°C	294

#### Air consumption

SMCR	kg/s	15.5
NCR	kg/s	15.5

---

## Specified ambient conditions

---

### Specific Fuel Oil Consumption

SMCR	g/kWh	171.1
NCR	g/kWh	171.1

### Exhaust Gas Amount

SMCR	kg/h	62,900
NCR	kg/h	62,900

### Exhaust Gas Temperature

SMCR	°C	234
NCR	°C	234

### Air consumption

SMCR	kg/s	17.1
NCR	kg/s	17.1

---

## Consumption of Lubrication Oils

---

### System Oil

Consumption per 24 hours	kg/24h	24.4
--------------------------	--------	------

### Cylinder Oil (SLOC)

SMCR	g/kWh	0.78
NCR	g/kWh	0.78

## Necessary Capacities of Auxiliary Machinery (SMCR)

### Layout of Systems

Cooling water system		Central cooling
Seawater inlet temperature	°C	32.0
Central water outlet temperature	°C	36.0
Tropical ambient air temperature	°C	45.0
Lubricating oil system		
Separate hydraulic control oil system		No
Separate turbocharger L.O. system		No

### Pumps

#### Fuel oil circulating pump

Flow capacity	m <sup>3</sup> /h	3.3
Pump head	bar	6.0

#### Fuel oil supply pump

Flow capacity	m <sup>3</sup> /h	2.0
Pump head	bar	4.0

#### Jacket water pump

Flow capacity	m <sup>3</sup> /h	70.0
Pump head	bar	3.0

#### Central cooling water pump

Flow capacity	m <sup>3</sup> /h	200.0
Pump head	bar	2.5

#### Seawater pump

Flow capacity	m <sup>3</sup> /h	245.0
Pump head	bar	2.5

#### Lubricating oil pump

Flow capacity	m <sup>3</sup> /h	165.0
Pump head	bar	3.9



## Coolers

### Scavenge air coolers

Heat dissipation	kW	3,090
Central water flow	m <sup>3</sup> /h	106

### Lubricating oil cooler

Heat dissipation	kW	680
Lubricating oil flow	m <sup>3</sup> /h	165
Central water flow	m <sup>3</sup> /h	94

### Jacket water cooler

Heat dissipation	kW	1,260
Jacket water flow	m <sup>3</sup> /h	70
Central water flow	m <sup>3</sup> /h	94

### Central cooler

Heat dissipation	kW	5,030
Central water flow	m <sup>3</sup> /h	200
Seawater flow	m <sup>3</sup> /h	245

### Fuel oil preheater

Heat capacity	kW	87
---------------	----	----

The pump heads stated are for guidance only, and depend on the actual pressure drop across coolers, filters, etc. in the systems.

Pertaining cooling water flow diagram, temperatures, viscosities and pressures for pumps and coolers, see "Engine Project Guide".

## Starting Air System, Engine dimensions, Tanks, etc.

### Starting air system, 30.0 bar g

---

#### Reversible engine

Receiver volume (12 starts)	m <sup>3</sup>	2 x 2.50
Compressors (total)	m <sup>3</sup> /h	150.0

### Main engine dimensions

---

#### Dimensions

Length excl. tuning wheel, tanktop	mm	6,400
Min length excl. tuning wheel, c/l	mm	0
Max length incl. tuning wheel, c/l	mm	0
Cylinder distance	mm	700
Width of bedplate	mm	2,590
Distance, foot - crankshaft c/l	mm	950

#### Overhaul

Normal lift, c/l - crane hook	mm	7,800
Crane capacity, normal lifting procedure	t	1.25
Double jib crane, c/l - deck beam	mm	7,200
Crane capacity, double jib crane	t	2 x 1.00

#### Weight

Weight of main engine, dry	t	142.0
Weight of water and oil in engine	t	1.0

The real engine length at crankshaft centreline level (c/l) may be between the above min and max lengths, and depends on the vibration conditions of the main engine and shaft system, i.e. on whether a vibration damper need to be installed.

The mass can vary up to 10% depending on the design and options chosen

## Dimensions of tanks, centrifuges and aux. blowers

---

### Fuel oil system

Marine diesel oil service tank, 4 hour	m <sup>3</sup>	6.5
Fuel oil settling tanks, 2 x 12 hour	m <sup>3</sup>	2 x 19.0
Fuel oil centrifuge, 98 °C	l/h	2,145
Fuel oil service tank, 6 h/95 °C	m <sup>3</sup>	10.0

The capacity of the F.O. centrifuge(s) is for guidance only. Actual capacity should be given by the maker

### Lubrication oil system

Lube oil storage tanks,(2x3 months)	m <sup>3</sup>	2 x 2.9
Lube oil centrifuge, 95 °C	l/h	1,081
Lube oil bottom (sump) tank, appr.	m <sup>3</sup>	10.0

### Cylinder oil system

Cylinder oil storage tanks	m <sup>3</sup>	2 x 18.0
Cylinder oil service tank	m <sup>3</sup>	1.4

### Various drain tanks

Stuffing box drain tank	m <sup>3</sup>	0.30
Scavenge air drain tank	m <sup>3</sup>	0.40

### Air cooler cleaning unit

Air cooler cleaning tank	m <sup>3</sup>	0.30
Capacity of pump	m <sup>3</sup> /h	1.00

### Jacket water

Expansion tank for jacket water	m <sup>3</sup>	1.00
---------------------------------	----------------	------

### Auxiliary blower(s)

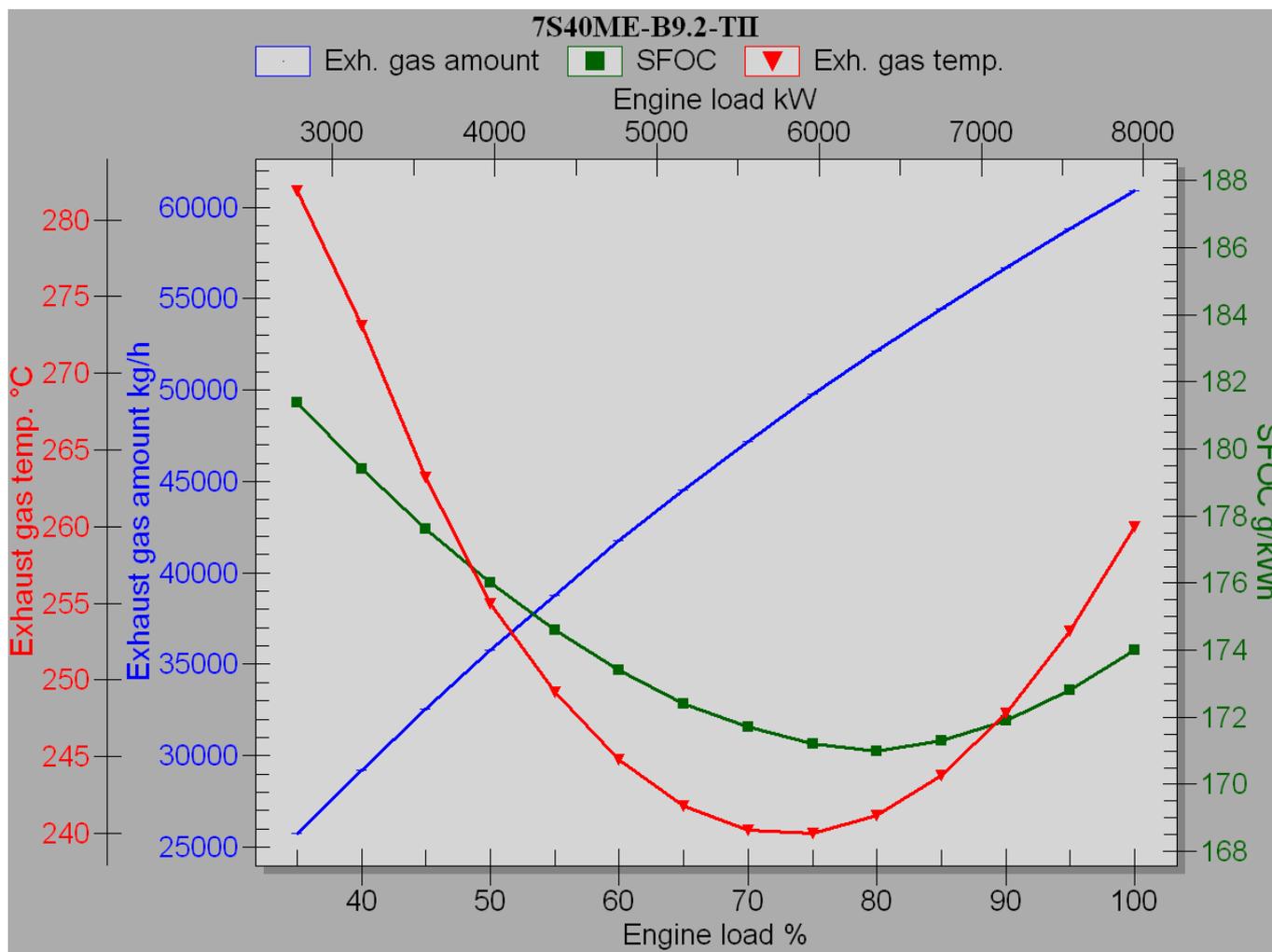
Electric motor rating of aux.blower(s)	kW	2 x 30
--	----	--------

## Tables of SFOC and Exhaust Gas Data

### Part Load Data at ISO Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	7,945	146.0	174.0	60,900	260.0
95.0	7,548	143.5	172.8	58,800	253.2
90.0	7,150	141.0	171.9	56,700	247.8
85.0	6,753	138.3	171.3	54,450	243.8
80.0	6,356	135.5	171.0	52,150	241.2
75.0	5,959	132.6	171.2	49,750	240.0
70.0	5,562	129.6	171.7	47,200	240.2
65.0	5,164	126.5	172.4	44,550	241.8
60.0	4,767	123.1	173.4	41,750	244.8
55.0	4,370	119.6	174.6	38,800	249.2
50.0	3,972	115.9	176.0	35,750	255.0
45.0	3,575	111.9	177.6	32,550	263.2
40.0	3,178	107.6	179.4	29,200	273.1
35.0	2,781	102.9	181.4	25,750	281.9

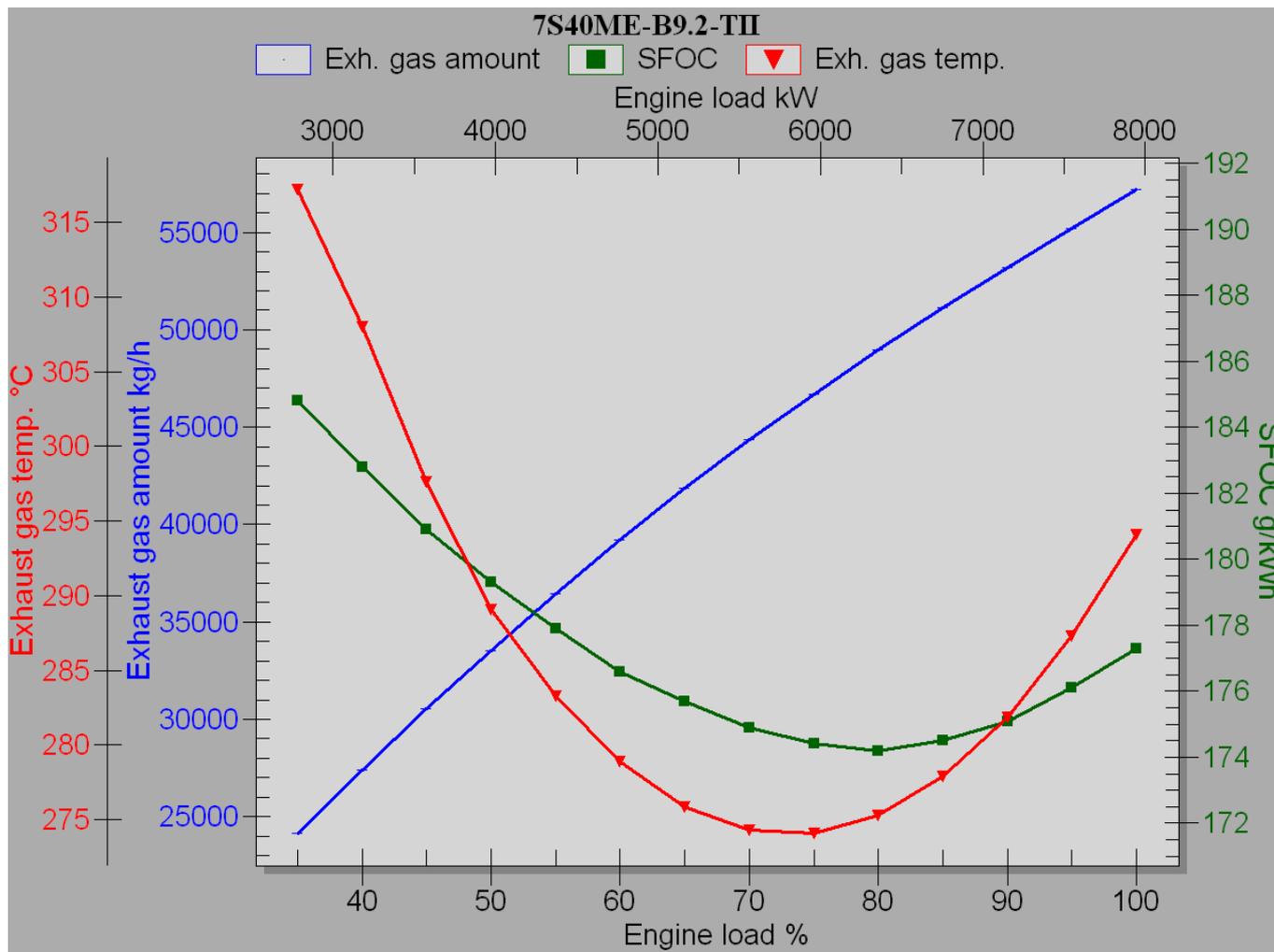
Ambient air suction temperature: 25.0 °C Cooling water temperature: 25.0 °C



### Part Load Data at Tropical Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	7,945	146.0	177.3	57,200	294.1
95.0	7,548	143.5	176.1	55,200	287.3
90.0	7,150	141.0	175.1	53,200	281.9
85.0	6,753	138.3	174.5	51,150	277.9
80.0	6,356	135.5	174.2	48,950	275.3
75.0	5,959	132.6	174.4	46,700	274.1
70.0	5,562	129.6	174.9	44,350	274.3
65.0	5,164	126.5	175.7	41,850	275.9
60.0	4,767	123.1	176.6	39,200	278.9
55.0	4,370	119.6	177.9	36,450	283.3
50.0	3,972	115.9	179.3	33,550	289.1
45.0	3,575	111.9	180.9	30,550	297.6
40.0	3,178	107.6	182.8	27,400	308.0
35.0	2,781	102.9	184.8	24,150	317.2

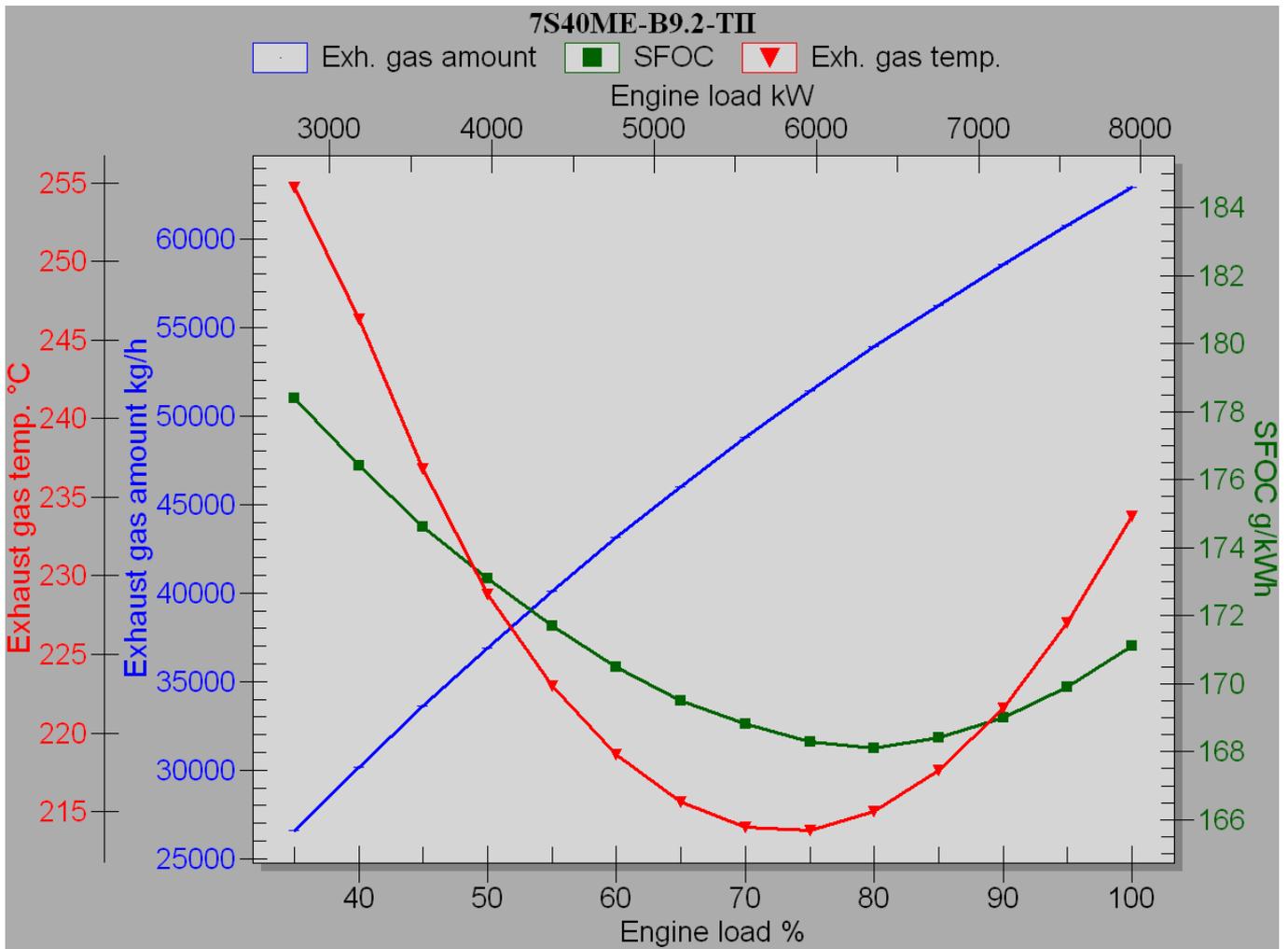
Ambient air suction temperature: 45.0 °C Cooling water temperature: 36.0 °C



### Part Load Data at Specified Ambient Conditions

Load	Power	Speed	SFOC	Exh. gas amount	Exh. gas temp.
% of SMCR	kW	r/min	g/kWh	kg/h	°C
100.0	7,945	146.0	171.1	62,900	233.8
95.0	7,548	143.5	169.9	60,750	227.0
90.0	7,150	141.0	169.0	58,550	221.6
85.0	6,753	138.3	168.4	56,250	217.6
80.0	6,356	135.5	168.1	53,900	215.0
75.0	5,959	132.6	168.3	51,400	213.8
70.0	5,562	129.6	168.8	48,800	214.0
65.0	5,164	126.5	169.5	46,000	215.6
60.0	4,767	123.1	170.5	43,150	218.6
55.0	4,370	119.6	171.7	40,100	223.0
50.0	3,972	115.9	173.1	36,900	228.8
45.0	3,575	111.9	174.6	33,600	236.8
40.0	3,178	107.6	176.4	30,150	246.3
35.0	2,781	102.9	178.4	26,600	254.7

Ambient air suction temperature: 10.0 °C Cooling water temperature: 10.0 °C





## Tables of Cooler Heat

① Engine load (% SMCR)	④ Scavenge air amount +/- 5% (kg/h)	⑨ Jacket water cooler heat -15/+0% (kW)
② Engine power (kW)	⑤ Scavenge air pressure (bar abs)	⑩ Main lubrication oil heat (kW)
③ Engine speed (r/min)	⑥ Scavenge air temperature BEFORE air cooler (°C)	⑪ Condensed water (t/24h)
	⑦ Scavenge air temperature AFTER air cooler (°C)	
	⑧ Scavenge air cooler heat (kW)	

### ISO Ambient Conditions

Air suction temperature: 25.0°C Cooling water temperature: 25.0°C

① %	② kW	③ r/min	④ kg/h	⑤ bar (abs)	⑥ °C	⑦ °C	⑧ kW	⑨ kW	⑩ kW	⑪ t/24h
100.0	7,945	146.0	59,500	4.30	219.0	37.0	3,030	1,110	600	0.0
95.0	7,548	143.5	57,500	4.11	211.0	36.0	2,830	1,070	590	0.0
90.0	7,150	141.0	55,450	3.92	204.0	34.0	2,630	1,030	580	0.0
85.0	6,753	138.3	53,300	3.73	196.0	33.0	2,430	990	570	0.0
80.0	6,356	135.5	51,050	3.54	188.0	32.0	2,230	940	560	0.0
75.0	5,959	132.7	48,750	3.35	180.0	31.0	2,030	900	550	0.0
70.0	5,562	129.6	46,250	3.16	171.0	30.0	1,820	860	540	0.0
65.0	5,164	126.5	43,650	2.97	162.0	29.0	1,620	820	520	0.0
60.0	4,767	123.1	40,900	2.78	152.0	29.0	1,420	780	510	0.0
55.0	4,370	119.6	38,050	2.59	142.0	28.0	1,220	740	490	0.0
50.0	3,972	115.9	35,050	2.40	132.0	27.0	1,020	700	470	0.0
45.0	3,575	111.9	31,900	2.21	121.0	27.0	840	660	450	0.0
40.0	3,178	107.6	28,650	2.02	109.0	26.0	660	620	420	0.0
35.0	2,781	102.9	25,250	1.84	97.0	26.0	500	570	400	0.0
30.0	2,384	97.7	21,750	1.67	85.0	26.0	360	530	370	0.0
25.0	1,986	92.0	18,200	1.51	73.0	32.0	240	490	340	0.0

### Tropical Ambient Conditions

Air suction temperature: 45.0°C Cooling water temperature: 36.0°C

100.0	7,945	146.0	55,800	4.16	246.0	48.0	3,090	1,130	610	27.1
95.0	7,548	143.5	53,850	3.98	238.0	47.0	2,890	1,090	600	26.8
90.0	7,150	141.0	51,950	3.79	230.0	45.0	2,690	1,050	590	26.3
85.0	6,753	138.3	49,950	3.61	222.0	44.0	2,490	1,000	580	25.6
80.0	6,356	135.5	47,850	3.43	214.0	43.0	2,280	960	570	24.6
75.0	5,959	132.7	45,650	3.24	205.0	42.0	2,080	920	560	23.5
70.0	5,562	129.6	43,400	3.06	196.0	41.0	1,880	880	550	22.2
65.0	5,164	126.5	40,950	2.88	186.0	40.0	1,670	840	530	20.7
60.0	4,767	123.1	38,350	2.70	176.0	40.0	1,470	790	510	19.0
55.0	4,370	119.6	35,650	2.51	166.0	39.0	1,270	750	500	17.2
50.0	3,972	115.9	32,850	2.33	155.0	38.0	1,070	710	480	15.2
45.0	3,575	111.9	29,900	2.15	143.0	38.0	880	670	450	13.1
40.0	3,178	107.6	26,800	1.96	131.0	37.0	700	630	430	10.9
35.0	2,781	102.9	23,650	1.79	118.0	37.0	530	580	400	8.7
30.0	2,384	97.7	20,400	1.63	105.0	37.0	390	540	380	6.7
25.0	1,986	92.0	17,000	1.48	93.0	43.0	270	500	340	1.0

### Specified Ambient Conditions

Air suction temperature: 10.0°C Cooling water temperature: 10.0°C

100.0	7,945	146.0	61,550	4.34	195.0	22.0	2,990	1,090	590	0.0
95.0	7,548	143.5	59,450	4.15	188.0	21.0	2,790	1,050	580	0.0
90.0	7,150	141.0	57,350	3.96	181.0	19.0	2,600	1,010	580	0.0
85.0	6,753	138.3	55,100	3.76	174.0	18.0	2,400	970	570	0.0
80.0	6,356	135.5	52,850	3.57	166.0	17.0	2,200	930	550	0.0
75.0	5,959	132.7	50,400	3.38	158.0	16.0	2,000	890	540	0.0
70.0	5,562	129.6	47,850	3.19	150.0	15.0	1,800	850	530	0.0
65.0	5,164	126.5	45,100	3.00	141.0	14.0	1,600	810	510	0.0
60.0	4,767	123.1	42,350	2.80	132.0	14.0	1,400	770	500	0.0
55.0	4,370	119.6	39,350	2.61	123.0	13.0	1,210	730	480	0.0
50.0	3,972	115.9	36,200	2.42	113.0	12.0	1,010	690	460	0.0
45.0	3,575	111.9	33,000	2.23	102.0	12.0	830	650	440	0.0
40.0	3,178	107.6	29,600	2.04	91.0	11.0	660	600	420	0.0
35.0	2,781	102.9	26,100	1.85	79.0	11.0	500	560	390	0.0
30.0	2,384	97.7	22,450	1.68	67.0	11.0	360	520	360	0.0
25.0	1,986	92.0	18,800	1.52	56.0	17.0	240	480	330	0.0

Scavenge air pressure and air cooler data for guidance only - not to be used for dimensioning of turbochargers and scavenge air coolers. See the design specification of the engine.

## Typical noise and vibration levels

### SMCR

Octave band centre freq.	31.5 Hz	63.0 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB(Lin)	dB(A)	Max dB(A)
A) Exhaust gas system (2x10 <sup>-5</sup> Pa)	123.6	118.6	112.8	105.3	101.5	99.5	94.2	83.4	73.6	125.2	104.9	-
B) Standard noise reduction (2x10 <sup>-5</sup> Pa)	97.6	97.2	96.6	96.7	95.7	95.3	94.9	92.5	88.2	105.2	101.1	105.2
C) Additional noise reduction (2x10 <sup>-5</sup> Pa)	97.6	97.0	95.3	94.5	94.0	93.4	93.0	90.1	83.6	104.0	99.0	104.0
D) Structureborne vibrations (5x10 <sup>-8</sup> m/s)	79.3	77.8	75.5	72.6	71.3	67.9	62.2	55.5	47.6	-	-	-

### NCR (100.0% of SMCR)

Octave band centre freq.	31.5 Hz	63.0 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	dB(Lin)	dB(A)	Max dB(A)
A) Exhaust gas system (2x10 <sup>-5</sup> Pa)	123.6	118.6	112.8	105.3	101.5	99.5	94.2	83.4	73.6	125.2	104.9	-
B) Standard noise reduction (2x10 <sup>-5</sup> Pa)	97.6	97.2	96.6	96.7	95.7	95.3	94.9	92.5	88.2	105.2	101.1	105.2
C) Additional noise reduction (2x10 <sup>-5</sup> Pa)	97.6	97.0	95.3	94.5	94.0	93.4	93.0	90.1	83.6	104.0	99.0	104.0
D) Structureborne vibrations (5x10 <sup>-8</sup> m/s)	79.3	77.8	75.5	72.6	71.3	67.9	62.2	55.5	47.6	-	-	-

### Notes

#### A) Sound pressure levels from exhaust gas system.

The expected sound pressure level at 1 metre from the edge of the exhaust gas pipe opening at an angle of 30 degrees to the direction of the gas flow and valid for a normal exhaust gas system - but without a boiler and silencer.

#### B) Airborne sound pressure levels - with standard noise reduction countermeasures.

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spartial noise values at a distance of 1 metre from the engine. Prescribed measuring surface area is 104.0 m<sup>2</sup>.

#### C) Air-borne sound pressure levels - with additional noise reduction countermeasures.

Expected mean sound pressure octave spectrum levels, i.e. the average spatial noise values at a distance of 1 metre from the engine. Prescribed measuring surface area is 104.0 m<sup>2</sup>.

Additional noise reduction countermeasures, e.g.:

1. Extra good turbocharger air intake silencer(s)
2. External sound insulation of scavenge air receiver
3. External sound insulation of scavenge air cooler(s).

Other additional noise reduction countermeasures are also available. The noise figures given are in accordance with the CIMAC recommendations for measurements of the overall noise for reciprocating engines. The average levels will, depending on the actual engine room configuration, be 1-5 dB higher when the engine is installed in the engine room.

#### D) Structureborne vibration levels

Expected mean velocity octave spectrum levels at the engine base plate as installed on board the ship. Based on an average engine foundation of a ship, and may only be used as a rough estimate as the velocity levels will depend on the actual foundation used. If the vibration velocity levels are referred to 10-9 m/s instead of 5x10<sup>-8</sup> m/s, the calculated dB figures will be 34.0 dB higher than above stated.

Further reading: [www.mandieselturbo.com/Papers/Diesel\\_Engines\\_And\\_the\\_Environment\\_Noise](http://www.mandieselturbo.com/Papers/Diesel_Engines_And_the_Environment_Noise)

## Alternative Engines and Turbochargers, Further Reading

### Alternative Turbochargers

	Central cool. water pump [m³/h]	Seawater pump flow [m³/h]	Lub. oil flow [m³/h]	Lub. oil cooler			Jacket water cooler flow, c.w. [m³/h]	Central cooler			Min. motor rating for aux blowers [kW]
				heat diss. [kW]	oil flow [m³/h]	c.w. flow [m³/h]		heat diss. [kW]	c.w. flow [m³/h]	s.w. flow [m³/h]	
▶ 1 x TCA55-24	200	245	165	680	165	94	94	5,030	200	245	2 x 30.0
1 x A170-L34	200	250	165	700	165	94	94	5,050	200	250	2 x 30.0
1 x MET53MB	200	250	165	710	165	94	94	5,060	200	250	2 x 30.0

▶ = selected turbocharger s.w. = seawater c.w. = central water

### References and Further Reading

[www.mandieselturbo.com/Papers/Basic\\_Principles\\_Of\\_Ship\\_Propulsion](http://www.mandieselturbo.com/Papers/Basic_Principles_Of_Ship_Propulsion)

Layout/load diagrams, running points, combinator curves, propeller propulsion, propeller types/dimensions, flow and operating conditions, ship types, hull resistance/forms, load lines.

[www.mandieselturbo.com/Papers/Influence\\_Of\\_Ambient\\_Temperature\\_Conditions](http://www.mandieselturbo.com/Papers/Influence_Of_Ambient_Temperature_Conditions)

Influence of ambient temperature conditions on engine operation, engine room ventilation, special high/low temperature precautions, adjustable bypass system.

[www.mandieselturbo.com/Papers/Propulsion\\_Trends\\_in\\_Bulk\\_Carriers](http://www.mandieselturbo.com/Papers/Propulsion_Trends_in_Bulk_Carriers)

Greater market demand for bulk carriers, double skinned hull design, sizes and classes, propulsion power demand, average bulk carriers, Handysize, Panamax,

[www.mandieselturbo.com/Papers](http://www.mandieselturbo.com/Papers)

Technical papers on propulsion trends in tankers/bulkers/shuttle tankers/container ships, exhaust gas boiler, emission control, LNG carrier, ME-GI engines, Alpha ACC, engine noise, vibration aspects.

# CÁLCULO CUADERNA

Elemento	Dimensiones		Area (m <sup>2</sup> )	Y (m)	Area * Y	Area * Y <sup>2</sup>	lpp (m <sup>4</sup> )
	X (m)	Y (m)					
Quilla	1,3	0,017	0,0221	-0,0085	-0,0002	0,0000	5,322E-07
Quilla vertical	0,0085	2	0,017	1	0,0170	0,0170	5,667E-03
Plancha fondo 1	2,4	0,016	0,0384	-0,0085	-0,0003	0,0000	8,192E-07
Plancha fondo 2	2,6	0,016	0,0416	-0,0085	-0,0004	0,0000	8,875E-07
Plancha fondo 3	2,2	0,016	0,0352	-0,0085	-0,0003	0,0000	7,509E-07
Plancha fondo 4	2,4	0,016	0,0384	-0,0085	-0,0003	0,0000	8,192E-07
Plancha doble fondo 1	2,4	0,016	0,0384	2	0,0768	0,1536	8,192E-07
Plancha doble fondo 2	2,6	0,016	0,0416	2	0,0832	0,1664	8,875E-07
Plancha doble fondo 3	2,2	0,016	0,0352	2	0,0704	0,1408	7,509E-07
Plancha doble fondo 4	2,4	0,016	0,0384	2	0,0768	0,1536	8,192E-07
Vagra 1	0,013	2	0,026	1	0,0260	0,0260	8,667E-03
Vagra 2	0,012	2	0,024	1	0,0240	0,0240	8,000E-03
Vagra 3	0,017	2	0,034	1	0,0340	0,0340	1,133E-02
Palmejar 1	1,75	0,01	0,0175	1	0,0175	0,0175	1,458E-07
Palmejar 2	2	0,01	0,02	6,333	0,1267	0,8021	1,667E-07
Palmejar 3	2	0,01	0,02	10,667	0,2133	2,2757	1,667E-07
Plancha forro 1	0,015	2,6	0,039	3,1	0,1209	0,3748	2,197E-02
Plancha forro 2	0,015	2,2	0,033	5,7	0,1881	1,0722	1,331E-02
Plancha forro 3	0,014	2,8	0,0392	8	0,3136	2,5088	2,561E-02
Plancha forro 4	0,014	2,8	0,0392	10,8	0,4234	4,5723	2,561E-02
Plancha forro 5	0,016	2,8	0,0448	13,6	0,6093	8,2862	2,927E-02
Plancha doble forro 1	0,015	2,6	0,039	3,1	0,1209	0,3748	2,197E-02
Plancha doble forro 2	0,015	2,2	0,033	5,7	0,1881	1,0722	1,331E-02
Plancha doble forro 3	0,014	2,8	0,0392	8	0,3136	2,5088	2,561E-02
Plancha doble forro 4	0,014	2,8	0,0392	10,8	0,4234	4,5723	2,561E-02
Plancha doble forro 5	0,016	2,8	0,0448	13,779	0,6173	8,5058	2,927E-02
Plancha cubierta 1	0,017	1,7	0,0289	15,933	0,4605	7,3366	6,960E-03
Plancha cubierta 2	0,017	2,8	0,0476	15,756	0,7500	11,8168	3,110E-02
Plancha cubierta 3	0,017	2,8	0,0476	15,536	0,7395	11,4891	3,110E-02
Plancha cubierta 4	0,017	2,8	0,0476	15,315	0,7290	11,1645	3,110E-02
Plancha cubierta 5	0,017	2,6	0,0442	15,102	0,6675	10,0807	2,490E-02

11 llantas de bulbo fondo (370 x 15)			0,0847	0,23	0,0195	0,0045	1,154E-03
11 llantas de bulbo doble fondo ( 370 x 15 )			0,0847	1,77	0,1499	0,2654	1,154E-03
2 llantas de bulbo de costado(340 x 15)			0,0138	2,72	0,0375	0,1021	1,584E-04
2 llantas de bulbo de costado(340 x 15)			0,0138	3,442	0,0475	0,1635	1,584E-04
2 llantas de bulbo de costado(340 x 15)			0,0138	4,167	0,0575	0,2396	1,584E-04
2 llantas de bulbo de costado(340 x 15)			0,0138	4,886	0,0674	0,3294	1,584E-04
2 llantas de bulbo de costado(340 x 15)			0,0138	5,608	0,0774	0,4340	1,584E-04
2 llantas de bulbo de costado(300 x 13)			0,01056	7,055	0,0745	0,5256	9,440E-05
2 llantas de bulbo de costado(300 x 13)			0,01056	7,777	0,0821	0,6387	9,440E-05
2 llantas de bulbo de costado(300 x 13)			0,01056	8,499	0,0897	0,7628	9,440E-05
2 llantas de bulbo de costado(300 x 13)			0,01056	9,221	0,0974	0,8979	9,440E-05
2 llantas de bulbo de costado(300 x 13)			0,01056	9,943	0,1050	1,0440	9,440E-05
2 llantas de bulbo de costado ( 260 x 12)			8,26E-03	11,389	0,0941	1,0714	5,540E-05
2 llantas de bulbo de costado ( 260 x 12)			8,26E-03	12,111	0,1000	1,2115	5,540E-05
2 llantas de bulbo de costado ( 260 x 12)			8,26E-03	12,833	0,1060	1,3603	5,540E-05
2 llantas de bulbo de costado ( 260 x 12)			8,26E-03	13,555	0,1120	1,5177	5,540E-05
2 llantas de bulbo de costado ( 260 x 12)			8,26E-03	14,277	0,1179	1,6837	5,540E-05
14 llantas de cubierta (240 x 11)			0,04886	15,5	0,7573	11,7386	2,800E-04
Pantoque	0,017	2,9	0,0493	0,277	0,0137	0,0038	2,071E-02
Totales			$\Sigma A$		$\Sigma A*Y$	$\Sigma A*Y^2$	$\Sigma I_{pp}$
			1,52476		9,6357	113,5409	4,152E-01

Y eje neutro 6,319463161 metros

$$I_n = \Sigma I_{pp} + \Sigma A * Y^2 - (Y \text{ eje neutro}^2 * \Sigma A) = 106,1278 \text{ m}^4$$

Módulo resistente

$$W_d = I_n / Y_d \quad 12,2259523 \text{ m}^3$$

$$W_b = I_n / Y_b \quad 16,79380457 \text{ m}^3$$

Requisitos mínimos de Lloyd's

Módulo mínimo 8,61 m<sup>3</sup>

Inercia mínima 42,65 m<sup>4</sup>

- ouy ) @ ' - ou° ) Bou@ \

Nombre	Owner	Built Year	LOA(m)	LPP(m)	B(m)	D(m)	T(m)	DWT(ton)	GT(ton)	Speed(Kn)	Capacity	FLAG	Nº Tanks	Fuel capac.	HP
Apartura	BUTTNER C.	2004		167	26		10	24064	16901	14,3		Gibraltar			
Stoc Persia	LANAUTIQUE SHIPPING CO LTD.	1984		165	24		9,4	19990		14,8		Noruega			
Mct Monte Rosa	HANSEATIC LLOYD	2007		165	24		9,6	19953	18500	14		Suiza			
Fair Energy	CLEVER HOLDING INC.	2005	178,76	165	25,3	15	11	28610	18625	14	31469	Liberia	14	2144	11820
Kokuka Courageous	CORAL ISLAND MARITIME S.A.	2010	170	161	26,8	15,6	10,1	27000	20193	14,8		Panama			10149
Korsaro	EMERALD CORAL SHIPPING LTD.	2008	169,9	159,78	25,4	14,9	9,49	25000	17644	14	31258,51	Italia	16	957,54	12228
Valpadana	NAVIGAZIONE MONTANARI S.p.A.	2002	176	168	27,4	15	9,01	25000	19230	15	32410	Italia			8743
Cape Blanc	CAPE BLANC NAVIGATION Inc.	1998	179		25	14,9				14,5		Liberia	16		
Apollo	BUTTNER C.	2003		167,7	26,4		9,2	21980	16914	15	29634	Gibraltar			10665
Halifax	ANCORA INVESTMENT TRUST	1992		163,8	26		10,9		16515	14	33405	Malta			8388
Valdaosta	NAVIGAZIONE MONTANARI S.p.A.	2002	176	168	27,4	15	9	25000	17600	15	33400	Italia			9694
Baki akar	AKAR DENIZ TASIMACILIGI VE TIC LTD	1987	167	158	27,4	15,55	10,45	29998	18023	14	32931,74	Turquia	11	1897	9060
Rasim akar	BAKI DENIZCILIK ISLETMESI VE LTC.	1990	167	158	27,4	15,55	10,45	29998	18260	14,3	32931,74	Turquia	11	2076,06	9060
Lista	MOWINCKEL KYSSTANKER	1995	170	163	24,3	15,6	10,1	28100	17500	14	32710	Malta	14	1100	9600
Stolt Viking	STOLT NIELSEN	2001		166	26		10,5	26707	16900	15	32580	Cayman			
Stolt Virtue	STOLT NIELSEN	2004		161	25		10,7	25230		15	29870	Singapur			
Basuto	STOLT NIELSEN	2006		156	25		10,6	25000		14	29600	Singapur			
Stolt Zulu	STOLT NIELSEN	2006		156	25		10,3	25170		14	29654	Singapur			
Stolt Vanguard	STOLT NIELSEN	2004		159	23		9,9	25261		14	28458	Hong kong			

	LOA(m)	LPP(m)	B(m)	D(m)	T(m)	DWT(ton)	GT(ton)	Speed(Kn)	Capacity
Valor Maximo	179	168	27,4	15,6	11	29998	20193	15	34405
Valor Minimo	167	156	24	14,9	8,8	19953	16515	14	29634
Media	172,97	163,790769	25,914286	15,23333	10,20769	25391,08333	17992,08333	14,40714286	32316,66556

Nº Tanks	Fuel capac.	HP
16	2144	12228
11	957,54	8388
13,666667	1634,92	9940,7

Nombre		Lpp/B	B/D	D/T	N° Froude
Apartura		6,423076923	-	-	0,181753065
Stoc Persia		6,875	-	-	0,189244682
Mct Monte Rosa		6,875	-	-	0,17901524
Fair Energy		6,52173913	1,686666667	1,363636364	0,17901524
Kokuka Courageous		6,007462687	1,717948718	1,544554455	0,191581124
Korsaro		6,290551181	1,704697987	1,570073762	0,181915945
Valpadana		6,131386861	1,826666667	1,66481687	0,19008181
Cape Blanc		-	1,677852349	-	-
Apollo		6,352272727	-	-	0,190251753
Halifax		6,3	-	-	0,179669776
Valdaosta		6,131386861	1,826666667	1,666666667	0,19008181
Baki akar		5,766423358	1,762057878	1,488038278	0,182937792
Rasim akar		5,766423358	1,762057878	1,488038278	0,186857887
Lista		6,70781893	1,557692308	1,544554455	0,180110144
Stolt Viking		6,384615385	-	-	0,191223453
Stolt Virtue		6,44	1,644736842	1,420560748	0,194170058
Basuto		6,24	1,644736842	1,433962264	0,184106735
Stolt Zulu		6,24	1,644736842	1,475728155	0,184106735
Stolt Vanguard		6,913043478	1,513157895	1,535353535	0,182361608

Media		6,212180104	1,706350089	1,529699393	0,186699617
-------	--	-------------	-------------	-------------	-------------

# REPORT ESTABILIDAD

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	67,2	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3,1510	m.deg	12,2302	Pass	+288,14
	1					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	67,2	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5,1570	m.deg	22,4492	Pass	+335,32
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	67,2	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1,7190	m.deg	10,2190	Pass	+494,47
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	38,2	deg	38,2		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	1,055	Pass	+427,4
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	38,2		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	38,2	Pass	+52,73
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	1,229	Pass	+719,23
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of max. GZ	38,2	deg			
	lower heel angle	0,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	4,8700	m.deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than ( $>$ )	3,1510	m.deg	12,2302	Pass	+288,14

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	67,8	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3,1510	m.deg	12,4540	Pass	+295,24
		2				
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	67,8	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5,1570	m.deg	22,8891	Pass	+343,84
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	67,8	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1,7190	m.deg	10,4350	Pass	+507,04
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	38,2	deg	38,2		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	1,079	Pass	+439,45
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	38,2		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	38,2	Pass	+52,73
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	1,256	Pass	+737,05
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of max. GZ	38,2	deg			
	lower heel angle	0,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	4,8700	m.deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than ( $>$ )	3,1510	m.deg	12,4540	Pass	+295,24

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	103,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3,1510	m.deg	42,0012	Pass	+1232,95
		3				
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	103,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5,1570	m.deg	75,1765	Pass	+1357,76
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	103,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1,7190	m.deg	33,1753	Pass	+1829,92
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	3,775	Pass	+1787,42
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	47,3		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	47,3	Pass	+89,09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	4,913	Pass	+3175,65
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of max. GZ	47,3	deg			
	lower heel angle	0,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	4,8700	m.deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than ( $>$ )	3,1510	m.deg	42,0012	Pass	+1232,95

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	103,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3,1510	m.deg	42,1257	Pass	+1236,9
		4				
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	103,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5,1570	m.deg	75,3514	Pass	+1361,15
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	103,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1,7190	m.deg	33,2258	Pass	+1832,85
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	3,781	Pass	+1790,39
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	47,3		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	47,3	Pass	+89,09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	4,929	Pass	+3186,22
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of max. GZ	47,3	deg			
	lower heel angle	0,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	4,8700	m.deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg			
	shall be greater than ( $>$ )	3,1510	m.deg	42,1257	Pass	+1236,9

# Stability Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Salida en plena carga

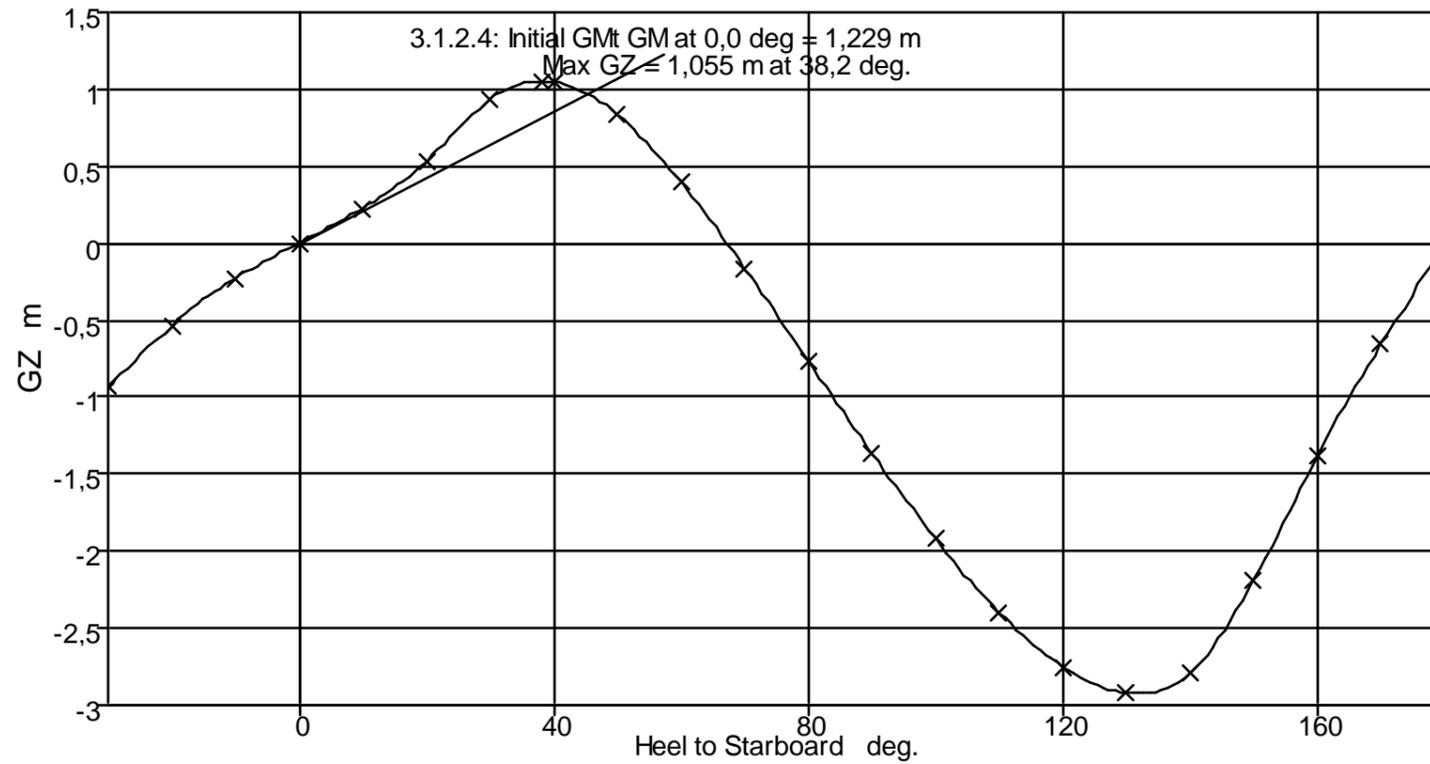
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		8155,000	8155,000	74,250	0,000	9,490	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	96%	12,548	635,464	610,040	150,563	-4,024	8,683		409,527	Maximum
Tank 1 estribor	96%	12,548	635,469	610,045	150,563	4,024	8,683		409,527	Maximum
Tank 2 babor	96%	12,495	1973,597	1894,652	136,633	-5,187	8,366		1532,574	Maximum
Tank 2 estribor	96%	12,495	1973,595	1894,651	136,633	5,187	8,366		1532,573	Maximum
Tank 3 babor	96%	12,484	2067,358	1984,571	117,193	-5,456	8,294		1669,797	Maximum
Tank 3 estribor	96%	12,484	2067,358	1984,571	117,193	5,456	8,294		1669,797	Maximum
Tank 4 babor	96%	12,481	2090,329	2006,755	97,597	-5,471	8,256		1695,899	Maximum
Tank 4 estribor	96%	12,481	2090,329	2006,755	97,597	5,471	8,256		1695,899	Maximum
Tank 5 babor	96%	12,480	2084,564	2001,181	78,199	-5,477	8,240		1670,038	Maximum
Tank 5 estribor	96%	12,480	2084,564	2001,181	78,199	5,477	8,240		1670,038	Maximum
Tank 6 babor	96%	12,475	2092,086	2008,410	58,487	-5,476	8,207		1694,963	Maximum
Tank 6 estribor	96%	12,475	2092,086	2008,410	58,487	5,476	8,207		1694,963	Maximum
Tank 7 babor	96%	12,480	1654,250	1588,073	41,001	-5,475	8,241		1325,233	Maximum
Tank 7 estribor	96%	12,480	1654,250	1588,073	41,001	5,475	8,241		1325,233	Maximum
SlopTank babor	96%	12,483	434,572	417,189	31,553	-5,449	8,276		350,582	Maximum
SlopTank estribor	96%	12,483	434,572	417,189	31,553	5,449	8,276		350,582	Maximum
Lastre babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Pique proa	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Pique popa	80%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		1129,034	Maximum
Tank Almacen FO babor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	-9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank Almacen FO estribor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	50%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		1,410	Maximum
Total Loadcase				33318,864	86,186	0,000	8,581		21827,670	
FS correction							0,655			
VCG fluid							9,237			



Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	33319	33319	33319	33318	33320	33319	33319	33319	33319	33319	33319	33320	33319	33316	33319	33318	33319	33320	33319	33319	33319	33319	33319
Draft at FP m	9,352	9,208	9,166	9,152	9,166	9,208	9,346	9,909	10,821	12,236	14,879	22,487	N/A	7,022	-0,552	-3,131	-4,443	-5,245	-5,686	-5,722	-5,696	-5,683	-5,683
Draft at AP m	9,219	9,362	9,475	9,509	9,475	9,362	9,225	9,389	9,785	10,438	11,742	15,640	N/A	-0,180	-4,090	-5,483	-6,273	-6,833	-7,307	-7,549	-7,676	-7,719	-7,719
WL Length m	169,676	170,078	170,393	170,490	170,394	170,078	169,692	170,093	170,811	171,881	172,868	172,928	172,304	170,875	167,720	166,181	165,018	164,327	164,644	165,183	165,533	165,654	165,654
Immersed Depth m	13,855	12,669	11,163	9,499	11,163	12,669	13,853	14,982	15,809	16,213	16,175	15,727	14,988	16,022	16,581	16,655	16,249	15,380	14,281	13,615	12,847	12,105	12,105
WL Beam m	26,107	26,921	25,690	25,300	25,690	26,921	26,105	23,316	19,602	17,822	17,108	16,791	16,802	17,281	18,156	19,594	21,037	23,588	27,923	26,923	25,690	25,300	25,300
Wetted Area m^2	6430,941	6231,309	6221,319	6218,782	6221,416	6231,303	6431,059	6677,832	6759,857	6788,519	6814,423	6832,220	6846,214	6855,770	6865,937	6890,417	6912,327	6949,471	6924,118	6943,098	6961,886	6968,106	6968,106
Waterpl. Area m^2	3892,622	4004,117	3840,288	3790,057	3840,297	4004,109	3892,747	3507,871	3071,942	2777,713	2591,213	2493,174	2467,918	2514,813	2616,647	2792,443	3083,193	3551,722	3968,738	3871,770	3724,115	3673,170	3673,170
Prismatic Coeff.	0,825	0,816	0,810	0,808	0,810	0,816	0,825	0,833	0,837	0,837	0,836	0,839	0,845	0,854	0,872	0,882	0,888	0,889	0,882	0,874	0,870	0,869	0,869
Block Coeff.	0,530	0,560	0,665	0,793	0,665	0,560	0,530	0,547	0,614	0,654	0,680	0,712	0,749	0,687	0,644	0,599	0,576	0,545	0,495	0,537	0,595	0,641	0,641
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	86,202	86,181	86,177	86,176	86,178	86,182	86,188	86,197	86,206	86,213	86,219	86,221	86,222	86,214	86,216	86,212	86,215	86,206	86,205	86,207	86,208	86,207	86,207
VCB from DWL m	-4,669	-4,536	-4,505	-4,496	-4,505	-4,536	-4,669	-5,127	-5,671	-6,151	-6,519	-6,754	-6,840	-6,774	-6,561	-6,209	-5,739	-5,192	-4,679	-4,446	-4,343	-4,311	-4,311
GZ m	-0,934	-0,536	-0,227	0,000	0,227	0,536	0,934	1,049	0,835	0,395	-0,160	-0,763	-1,365	-1,923	-2,398	-2,751	-2,919	-2,791	-2,189	-1,378	-0,658	0,000	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	83,960	83,603	83,342	83,229	83,342	83,604	83,963	84,290	84,163	83,838	83,645	83,330	82,851	82,372	82,744	83,077	83,553	83,963	84,056	84,679	84,852	84,890	84,890
TCF to zero pt. m	-3,793	-3,438	-1,740	0,000	1,740	3,438	3,793	3,849	4,940	5,957	6,785	7,413	7,816	7,966	7,917	7,633	7,119	6,394	4,543	2,646	1,321	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,3	179,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-1,1	-2,4	N/A	-2,5	-1,2	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 43,67 m)		24,1
Deck Edge (immersion pos = 43,67 m)		24,4

# Stability Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase - Llegada a plena carga

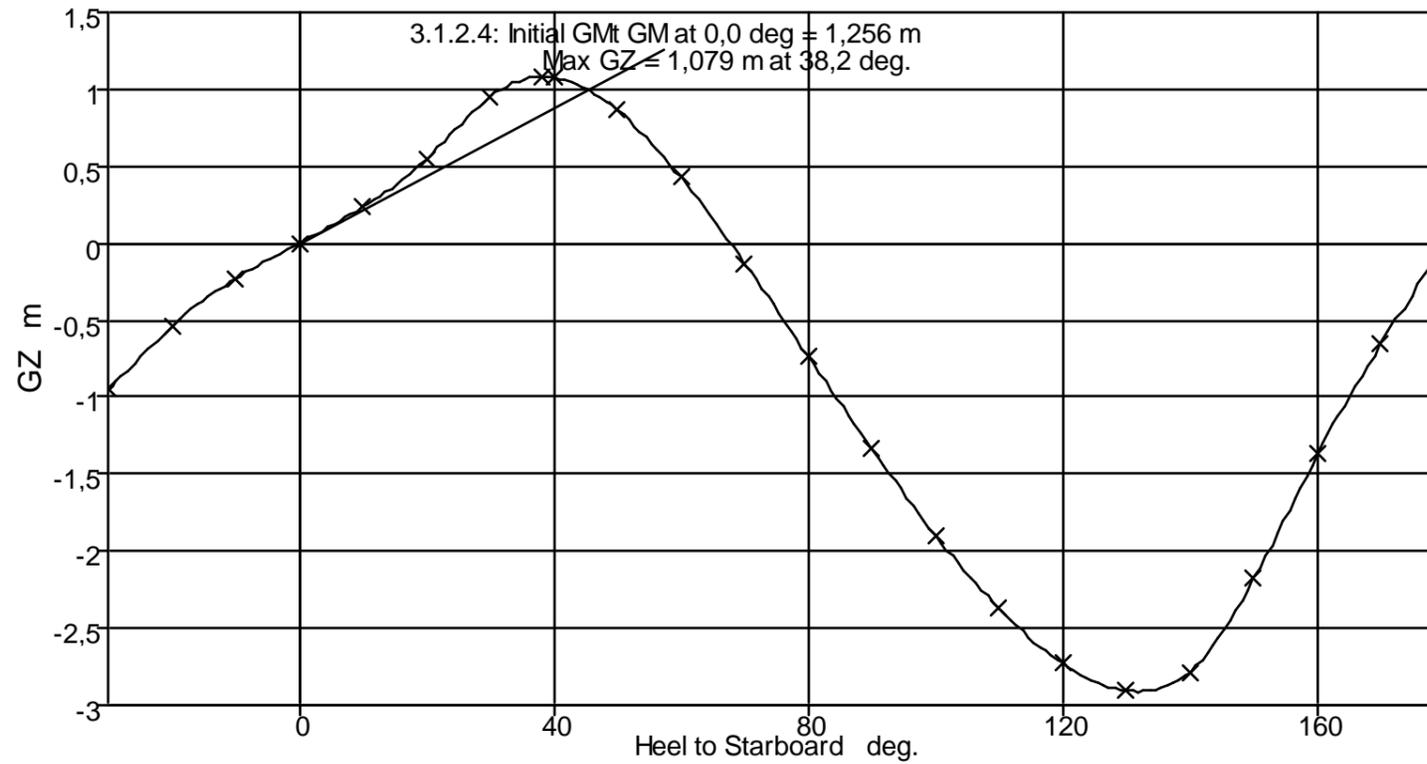
### Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m	Trans.Ar m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		8155,000	8155,000	74,250	0,000	9,490	0,000		User Specified
Tank 1 babor	96%	12,548	635,464	610,040	150,563	-4,024	8,683		409,527	Maximum
Tank 1 estribor	96%	12,548	635,469	610,045	150,563	4,024	8,683		409,527	Maximum
Tank 2 babor	96%	12,495	1973,597	1894,652	136,633	-5,187	8,366		1532,574	Maximum
Tank 2 estribor	96%	12,495	1973,595	1894,651	136,633	5,187	8,366		1532,573	Maximum
Tank 3 babor	96%	12,484	2067,358	1984,664	117,193	-5,456	8,295		1669,797	Maximum
Tank 3 estribor	96%	12,484	2067,358	1984,664	117,193	5,456	8,295		1669,797	Maximum
Tank 4 babor	96%	12,481	2090,329	2006,716	97,597	-5,471	8,256		1695,899	Maximum
Tank 4 estribor	96%	12,481	2090,329	2006,716	97,597	5,471	8,256		1695,899	Maximum
Tank 5 babor	96%	12,480	2084,564	2001,181	78,199	-5,477	8,240		1670,038	Maximum
Tank 5 estribor	96%	12,480	2084,564	2001,181	78,199	5,477	8,240		1670,038	Maximum
Tank 6 babor	96%	12,475	2092,086	2008,403	58,487	-5,476	8,207		1694,963	Maximum
Tank 6 estribor	96%	12,475	2092,086	2008,403	58,487	5,476	8,207		1694,963	Maximum
Tank 7 babor	96%	12,480	1654,250	1588,080	41,001	-5,475	8,241		1325,233	Maximum
Tank 7 estribor	96%	12,480	1654,250	1588,080	41,001	5,475	8,241		1325,233	Maximum
SlopTank babor	96%	12,483	434,572	417,189	31,553	-5,449	8,276		350,582	Maximum
SlopTank estribor	96%	12,483	434,572	417,189	31,553	5,449	8,276		350,582	Maximum
Lastre babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Pique proa	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Pique popa	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank Almacen FO babor	10%	0,219	4,768	0,477	26,652	-9,725	7,110		35,176	Maximum
Tank Almacen FO estribor	10%	0,219	4,768	0,477	26,652	9,725	7,110		35,176	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	50%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		1,410	Maximum
Total Loadcase				33229,268	86,347	0,000	8,583		20768,988	
FS correction							0,625			
VCG fluid							9,208			



Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	33229	33229	33229	33228	33230	33229	33229	33229	33229	33229	33233	33231	33230	33227	33229	33229	33229	33230	33229	33229	33229	33229	33229
Draft at FP m	9,383	9,242	9,199	9,185	9,200	9,242	9,383	9,953	10,878	12,311	14,996	22,714	N/A	7,256	-0,442	-3,057	-4,381	-5,200	-5,646	-5,684	-5,658	-5,645	-5,645
Draft at AP m	9,134	9,280	9,394	9,429	9,394	9,279	9,133	9,276	9,639	10,234	11,429	15,000	N/A	-0,808	-4,395	-5,685	-6,426	-6,946	-7,400	-7,639	-7,765	-7,808	-7,808
WL Length m	169,442	169,850	170,167	170,265	170,167	169,850	169,441	169,784	170,721	171,911	172,882	172,925	172,286	170,921	167,918	166,388	165,237	164,561	164,873	165,429	165,779	165,900	165,900
Immersed Depth m	13,850	12,638	11,127	9,422	11,128	12,638	13,850	14,977	15,804	16,206	16,168	15,722	15,000	16,036	16,594	16,668	16,264	15,396	14,309	13,647	12,881	12,142	12,142
WL Beam m	26,189	26,921	25,690	25,300	25,690	26,921	26,189	23,318	19,602	17,806	17,092	16,784	16,795	17,277	18,153	19,598	21,039	23,589	27,994	26,923	25,690	25,300	25,300
Wetted Area m^2	6418,060	6221,707	6211,527	6208,950	6211,630	6221,701	6418,079	6664,251	6729,136	6774,281	6800,575	6817,614	6830,713	6836,509	6851,506	6873,966	6896,682	6935,417	6913,014	6932,723	6951,380	6957,506	6957,506
Waterpl. Area m^2	3897,053	4000,842	3836,829	3786,691	3836,839	4000,834	3897,028	3509,268	3070,535	2779,524	2593,451	2495,421	2470,857	2521,389	2616,859	2791,187	3083,906	3548,113	3975,670	3875,623	3728,245	3677,598	3677,598
Prismatic Coeff.	0,824	0,818	0,812	0,810	0,812	0,818	0,824	0,832	0,835	0,834	0,834	0,837	0,842	0,852	0,869	0,878	0,884	0,885	0,877	0,869	0,865	0,864	0,864
Block Coeff.	0,527	0,561	0,666	0,799	0,666	0,561	0,527	0,547	0,613	0,654	0,679	0,710	0,747	0,685	0,641	0,596	0,573	0,542	0,491	0,533	0,591	0,636	0,636
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	86,351	86,345	86,341	86,340	86,342	86,346	86,352	86,362	86,362	86,379	86,384	86,387	86,387	86,384	86,381	86,377	86,388	86,369	86,368	86,370	86,371	86,370	86,370
VCB from DWL m	-4,661	-4,528	-4,496	-4,487	-4,496	-4,528	-4,661	-5,117	-5,660	-6,138	-6,506	-6,740	-6,826	-6,761	-6,549	-6,197	-5,728	-5,183	-4,671	-4,436	-4,332	-4,300	-4,300
GZ m	-0,952	-0,545	-0,232	0,000	0,232	0,545	0,952	1,074	0,863	0,425	-0,130	-0,733	-1,336	-1,896	-2,375	-2,733	-2,905	-2,782	-2,182	-1,372	-0,655	0,000	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	83,943	83,670	83,413	83,299	83,413	83,670	83,943	84,270	84,088	83,774	83,556	83,229	82,737	82,143	82,632	83,077	83,487	84,006	83,940	84,581	84,751	84,784	84,784
TCF to zero pt. m	-3,806	-3,432	-1,737	0,000	1,737	3,432	3,806	3,870	4,953	5,971	6,794	7,416	7,812	7,954	7,909	7,619	7,101	6,371	4,545	2,654	1,326	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,2	179,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	-1,2	-2,7	N/A	-2,8	-1,4	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 126,849 m)		24,1
Deck Edge (immersion pos = 126,849 m)		24,4

# Stability Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase - Salida en lastre

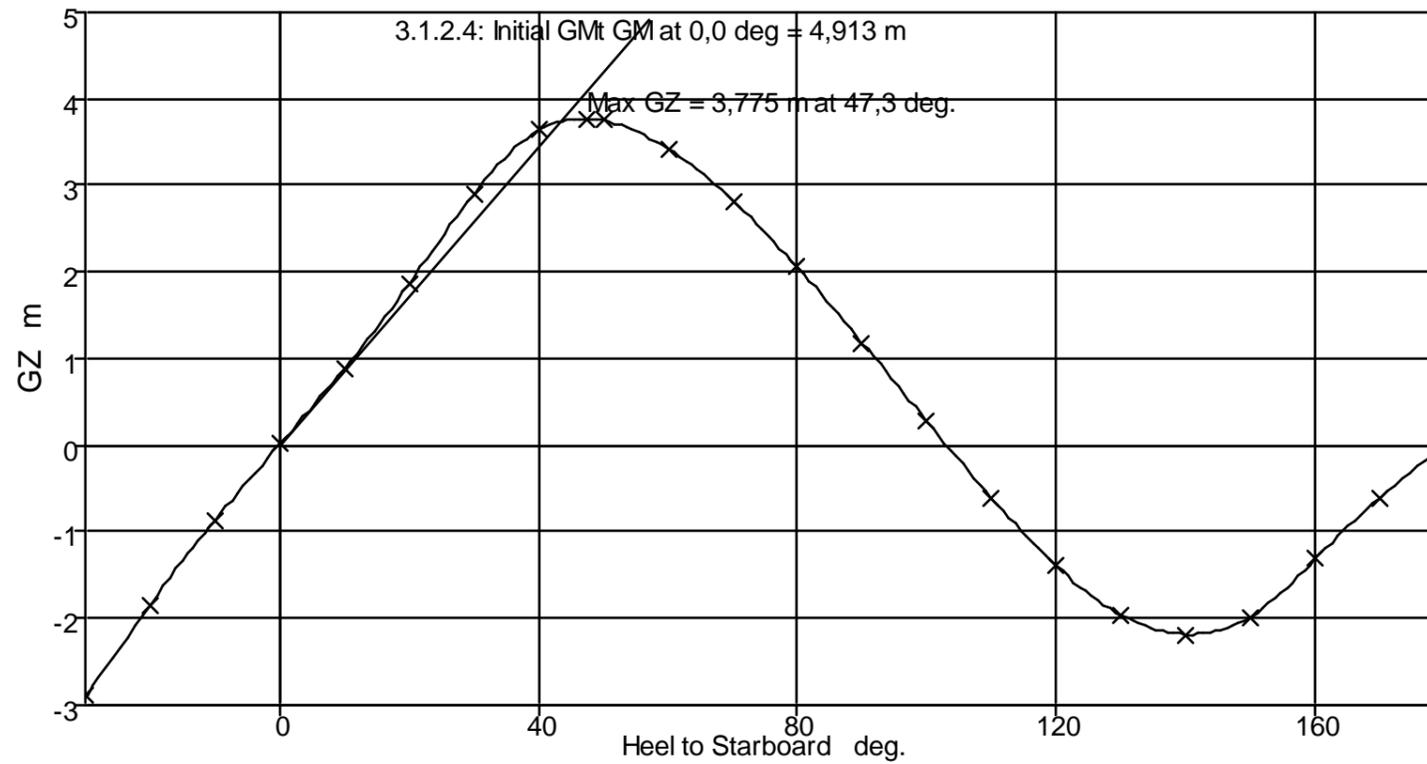
### Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		8155,000	8155,000	74,250	0,000	9,490	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 1 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 1	100%	12,838	41,523	41,523	148,654	-10,797	10,979		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	-4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre babor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	-11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	-5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre babor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	-11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	-6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	-11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	-6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	-11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	-5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	-11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	-4,327	1,067		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	4,327	1,067		0,000	Maximum
Pique proa	100%	12,000	1236,294	1236,294	158,713	0,000	6,775		0,000	Maximum
Pique popa	100%	12,000	368,918	368,918	2,273	0,000	9,670		0,000	Maximum
Tank Almacen FO babor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	-9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank Almacen FO estribor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	50%	9,459	41,523	20,761	148,273	10,707	8,530		1,370	Maximum
Total Loadcase				20893,210	86,086	-0,011	6,727		1,370	
FS correction							0,000			
VCG fluid							6,727			



Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tonne	20892	20893	20893	20893	20893	20893	20893	20893	20893	20894	20893	20894	20895	20893	20893	20893	20893	20893	20893	20895	20894	20893
Draft at FP m	5,612	5,681	5,658	5,647	5,658	5,681	5,613	5,100	4,182	2,692	-0,202	-8,558	N/A	-23,892	-15,533	-12,632	-11,085	-10,073	-9,477	-9,329	-9,294	-9,284
Draft at AP m	6,018	6,309	6,440	6,482	6,440	6,309	6,018	5,302	4,247	2,686	-0,211	-8,731	N/A	-24,788	-16,258	-13,345	-11,846	-10,941	-10,467	-10,431	-10,527	-10,556
WL Length m	162,431	162,590	162,656	162,710	162,656	162,590	162,431	162,070	161,689	163,148	164,658	167,385	171,513	172,889	172,915	172,023	170,907	170,795	170,796	170,797	170,799	170,799
Immersed Depth m	10,859	9,626	8,003	6,458	8,003	9,626	10,859	11,515	11,779	11,727	11,358	10,692	9,766	10,872	11,646	12,060	12,106	11,777	11,026	10,252	9,321	8,508
WL Beam m	26,342	26,903	25,690	25,300	25,690	26,903	26,342	23,599	21,053	19,628	18,150	17,248	16,717	16,714	16,953	17,647	19,598	22,953	25,198	26,921	25,689	25,300
Wetted Area m^2	5078,678	5088,456	5065,847	5058,181	5065,846	5088,458	5078,771	5003,075	5017,496	5021,282	5031,002	5040,780	5057,051	5078,039	5101,771	5132,050	5180,231	5287,321	5525,250	5823,537	5831,524	5833,498
Waterpl. Area m^2	3797,243	3802,678	3661,557	3608,510	3661,556	3802,680	3797,302	3538,287	3066,698	2768,739	2574,491	2458,166	2418,015	2447,333	2546,649	2732,139	3029,136	3424,844	3741,417	4046,230	3882,433	3830,423
Prismatic Coeff.	0,839	0,822	0,811	0,808	0,811	0,822	0,839	0,847	0,852	0,846	0,841	0,830	0,813	0,811	0,817	0,828	0,842	0,856	0,865	0,863	0,861	0,859
Block Coeff.	0,439	0,484	0,610	0,767	0,610	0,484	0,439	0,463	0,508	0,543	0,600	0,660	0,728	0,649	0,597	0,557	0,503	0,441	0,430	0,432	0,498	0,554
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	86,075	86,071	86,068	86,067	86,068	86,071	86,077	86,079	86,084	86,086	86,076	86,087	86,089	86,093	86,097	86,102	86,107	86,115	86,121	86,124	86,129	86,131
VCB from DWL m	-3,538	-3,218	-2,997	-2,925	-2,997	-3,218	-3,538	-3,738	-3,947	-4,173	-4,369	-4,499	-4,552	-4,523	-4,418	-4,250	-4,042	-3,829	-3,551	-3,109	-2,779	-2,672
GZ m	-2,893	-1,842	-0,864	0,011	0,886	1,862	2,911	3,635	3,752	3,423	2,826	2,055	1,183	0,274	-0,609	-1,391	-1,967	-2,180	-1,980	-1,312	-0,599	-0,011
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	85,127	85,845	86,147	86,263	86,147	85,845	85,128	84,255	83,920	83,661	83,486	84,088	84,347	84,551	84,769	84,871	84,777	84,703	84,194	82,849	82,535	82,430
TCF to zero pt. m	-4,644	-2,472	-1,213	0,000	1,213	2,472	4,644	6,958	7,595	8,003	8,174	8,146	7,844	7,296	6,520	5,553	4,437	3,419	3,453	3,615	1,824	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,3	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,6
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	N/A	-0,3	-0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 38,828 m)		36,8
Deck Edge (immersion pos = 38,828 m)		37,1

# Stability Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase - llegada en lastre

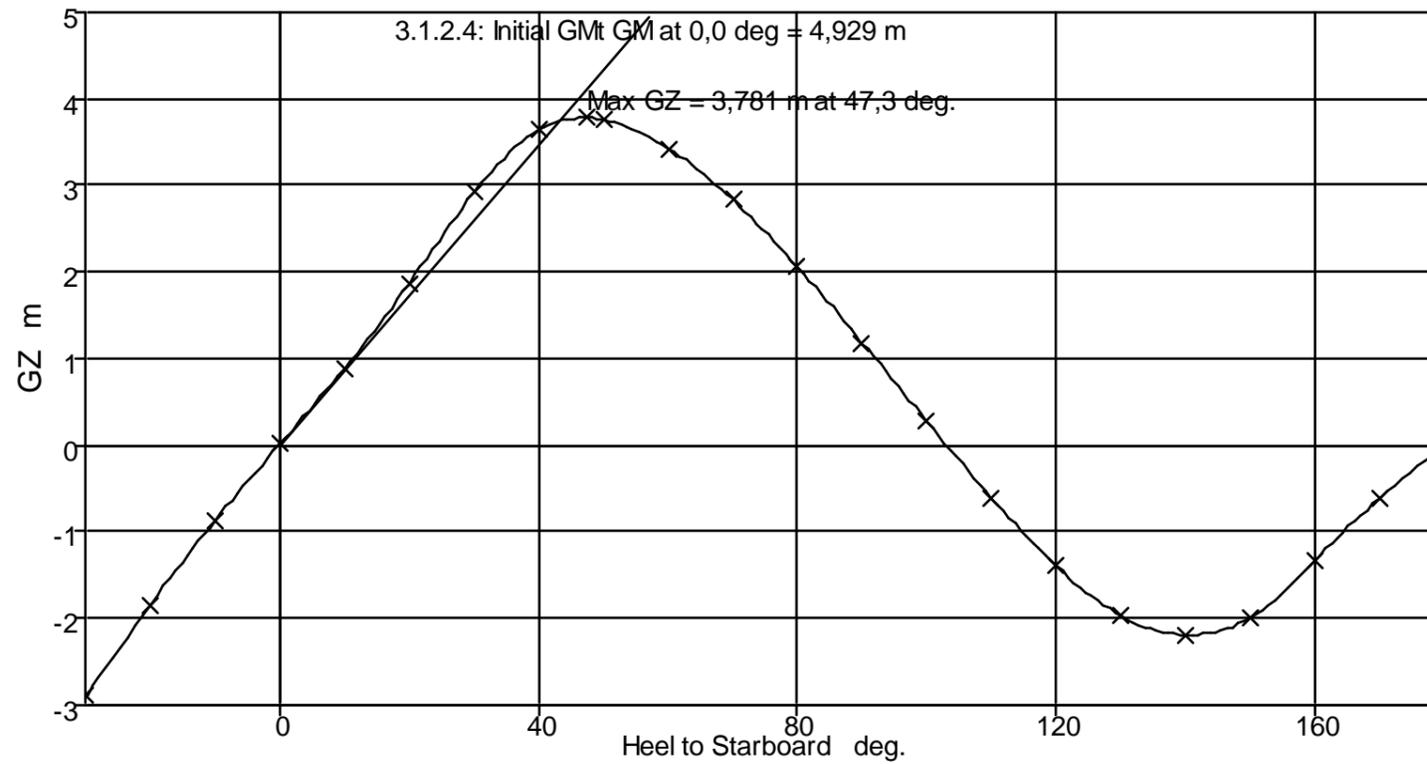
### Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		8155,000	8155,000	74,250	0,000	9,490	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 1 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 1	100%	12,838	41,523	41,523	148,654	-10,797	10,979		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	-4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre babor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	-11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	-5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre babor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	-11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	-6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	-11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	-6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	-11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	-5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	-11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	-4,327	1,067		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	4,327	1,067		0,000	Maximum
Pique proa	100%	12,000	1236,294	1236,294	158,713	0,000	6,775		0,000	Maximum
Pique popa	100%	12,000	368,918	368,918	2,273	0,000	9,670		0,000	Maximum
Tank Almacen FO babor	10%	0,219	4,768	0,477	26,652	-9,725	7,110		35,176	Maximum
Tank Almacen FO estribor	10%	0,219	4,768	0,477	26,652	9,725	7,110		35,176	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	50%	9,459	41,523	20,761	148,273	10,707	8,530		1,370	Maximum
Total Loadcase				20803,508	86,342	-0,011	6,722		71,723	
FS correction							0,003			
VCG fluid							6,725			



Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tonne	20802	20803	20804	20804	20804	20803	20803	20804	20804	20805	20804	20804	20805	20804	20804	20803	20803	20803	20803	20805	20804	20803
Draft at FP m	5,655	5,723	5,699	5,688	5,699	5,723	5,656	5,147	4,241	2,771	-0,073	-8,309	N/A	-23,642	-15,410	-12,552	-11,027	-10,028	-9,440	-9,297	-9,263	-9,252
Draft at AP m	5,918	6,213	6,344	6,385	6,344	6,213	5,918	5,187	4,096	2,478	-0,545	-9,408	N/A	-25,474	-16,595	-13,561	-12,000	-11,057	-10,561	-10,509	-10,604	-10,632
WL Length m	162,383	162,544	162,609	162,630	162,609	162,544	162,383	162,043	161,660	162,941	164,451	167,190	171,294	172,903	172,911	171,993	170,886	170,796	170,797	170,798	170,799	170,800
Immersed Depth m	10,822	9,586	7,957	6,365	7,957	9,586	10,822	11,479	11,763	11,721	11,352	10,684	9,767	10,878	11,653	12,070	12,115	11,790	11,052	10,278	9,350	8,539
WL Beam m	26,237	26,897	25,690	25,300	25,690	26,897	26,238	23,598	21,051	19,623	18,146	17,252	16,730	16,723	16,974	17,665	19,598	22,948	25,211	26,921	25,689	25,300
Wetted Area m^2	5065,125	5078,495	5055,732	5048,086	5055,731	5078,496	5065,277	4988,843	5000,901	5006,912	5010,704	5025,838	5041,405	5062,954	5087,018	5117,470	5166,013	5274,023	5511,290	5814,340	5822,279	5824,212
Waterpl. Area m^2	3788,442	3798,741	3657,808	3604,652	3657,807	3798,742	3788,539	3537,250	3064,515	2767,116	2566,396	2455,550	2414,666	2444,507	2544,000	2729,295	3026,137	3419,947	3734,955	4048,726	3884,848	3832,796
Prismatic Coeff.	0,841	0,825	0,814	0,811	0,814	0,825	0,842	0,849	0,850	0,844	0,839	0,828	0,812	0,808	0,813	0,824	0,839	0,851	0,860	0,858	0,855	0,852
Block Coeff.	0,440	0,484	0,611	0,775	0,611	0,484	0,440	0,462	0,507	0,542	0,599	0,659	0,725	0,645	0,593	0,553	0,500	0,439	0,426	0,430	0,495	0,550
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	86,334	86,331	86,328	86,327	86,328	86,331	86,336	86,340	86,346	86,348	86,349	86,351	86,353	86,357	86,361	86,365	86,370	86,377	86,383	86,384	86,390	86,391
VCB from DWL m	-3,530	-3,209	-2,986	-2,914	-2,986	-3,209	-3,531	-3,731	-3,937	-4,162	-4,356	-4,484	-4,537	-4,509	-4,404	-4,237	-4,031	-3,821	-3,544	-3,103	-2,771	-2,663
GZ m	-2,899	-1,848	-0,867	0,011	0,889	1,868	2,918	3,640	3,759	3,430	2,832	2,059	1,185	0,274	-0,611	-1,395	-1,972	-2,186	-1,989	-1,325	-0,605	-0,011
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	85,268	85,933	86,233	86,349	86,233	85,933	85,268	84,311	84,011	83,742	83,763	84,199	84,483	84,679	84,879	84,971	84,863	84,775	84,252	82,798	82,485	82,380
TCF to zero pt. m	-4,646	-2,464	-1,208	0,000	1,208	2,464	4,646	6,978	7,612	8,017	8,193	8,150	7,845	7,292	6,510	5,537	4,416	3,402	3,438	3,621	1,827	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,2	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4	N/A	-0,6	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 43,67 m)		37,1
Deck Edge (immersion pos = 43,67 m)		37,3

# RESISTENCIA LONGITUDINAL

# Longitudinal Strength Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (High precision, 104 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase - Salida en plena carga

Damage Case - Intact

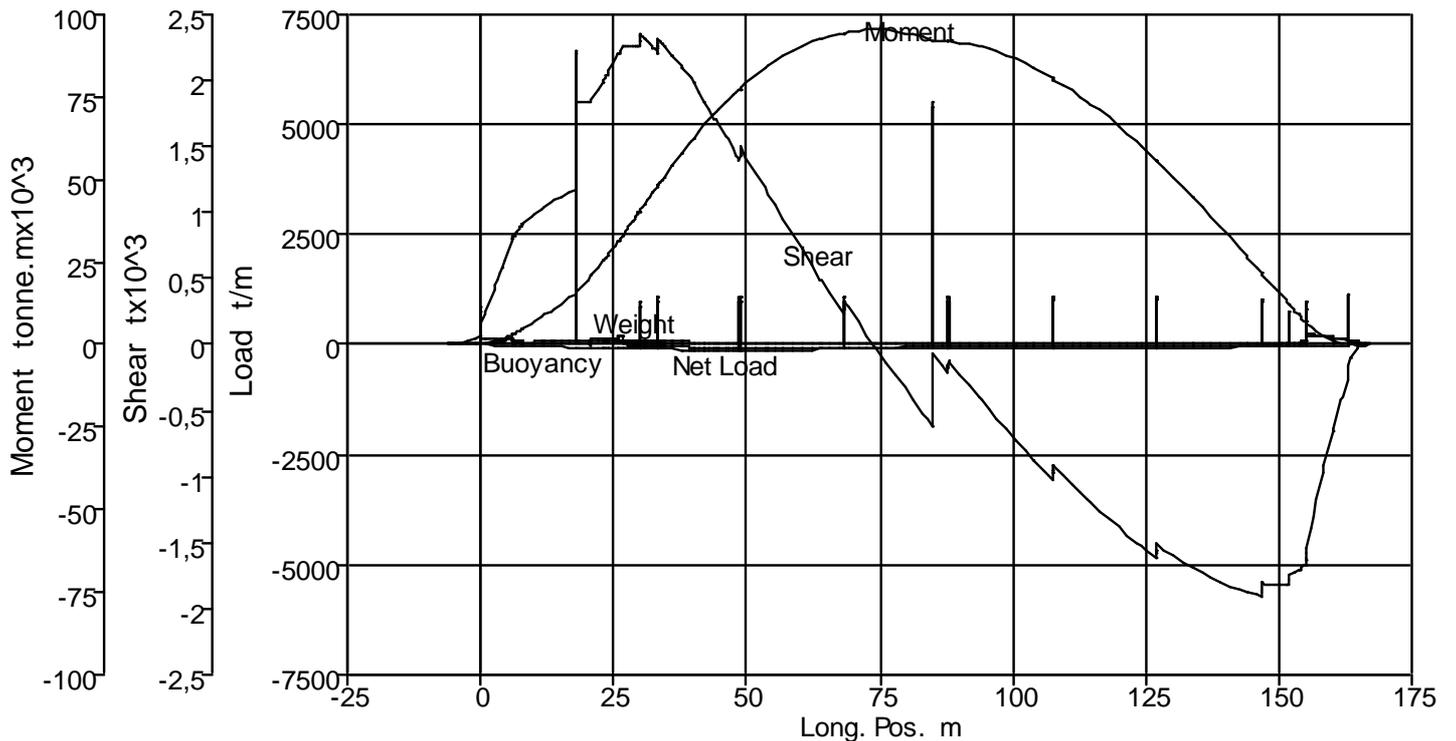
Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantit y	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans.Ar m m	Vert. Arm m
Peso continuo acero	1		7559,780	7559,780	78,370	0,000	165,000	0,000	10,189
Mamparo colision de proa	1		75,000	75,000	155,100	155,100	155,100	0,000	9,900
Mamparo colision de popa	1		0,000	0,000	6,000	6,000	6,000	0,000	9,800
Mamparo 1	1		98,000	98,000	146,700	146,700	146,700	0,000	8,800
Mamparo 2	1		104,000	104,000	127,100	127,100	127,100	0,000	8,500
Mamparo 3	1		104,000	104,000	107,500	107,500	107,500	0,000	8,500
Mamparo 4	1		104,000	104,000	87,900	87,900	87,900	0,000	8,500
Mamparo 5	1		104,000	104,000	68,300	68,300	68,300	0,000	8,500
Mamparo 6	1		104,000	104,000	48,700	48,700	48,700	0,000	8,500
Mamparo 7	1		100,000	100,000	33,300	33,300	33,300	0,000	8,600
Mamparo a popa de los slops tanks	1		89,000	89,000	29,800	29,800	29,800	0,000	9,100
Mastil de proa	1		72,000	72,000	152,000	152,000	152,000	0,000	17,800
Chimenea y guardacalor	1		70,000	70,000	15,400	10,000	20,800	0,000	22,400
Superestructura y puente	1		365,000	365,000	25,600	12,000	39,200	0,000	20,100
Estructura del codaste	1		112,000	112,000	1,500	0,000	3,000	0,000	8,700
Castillo	1		86,000	86,000	156,000	152,000	160,000	0,000	17,200
Refuerzos camara maquinas	1		456,000	456,000	23,700	20,700	26,700	0,000	2,500
Refuerzos tanques c.m.	1		130,000	130,000	26,800	23,800	29,800	0,000	11,800
Refuerzos pique proa	1		215,000	215,000	160,000	154,000	166,000	0,000	6,200
Refuerzos pique popa	1		46,000	46,000	5,600	3,600	7,600	0,000	9,800
Equipo de amarre y fondeo	1		103,000	103,000	163,000	163,000	163,000	0,000	16,000
Equipo de carga	1		546,000	546,000	85,000	85,000	85,000	0,000	15,200
Equipo gobierno	1		72,000	72,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,300
Peso maquinaria	1		659,000	659,000	17,900	17,900	17,900	0,000	7,540
Tank 1 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 1 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Lastre babor 1	0%	0,000	41,539	0,000	148,654			-10,796	10,976
Lastre Doble fondo babor 1	0%	0,000	134,715	0,000	150,609			-4,035	1,069
Lastre Doble fondo estribor 1	0%	0,000	134,715	0,000	150,609			4,035	1,069
Lastre babor 2	0%	0,000	380,817	0,000	136,079			-11,718	8,786
Lastre estribor 2	0%	0,000	380,817	0,000	136,079			11,718	8,786
Lastre Doble fondo babor 2	0%	0,000	442,216	0,000	136,521			-5,557	1,036
Lastre Doble fondo estribor 2	0%	0,000	442,216	0,000	136,521			5,557	1,036
Lastre babor 3	0%	0,000	440,612	0,000	117,291			-11,804	8,500
Lastre estribor 3	0%	0,000	440,612	0,000	117,291			11,804	8,500
Lastre Doble fondo babor 3	0%	0,000	494,107	0,000	117,258			-6,159	1,016
Lastre Doble fondo estribor 3	0%	0,000	494,107	0,000	117,258			6,159	1,016
Lastre babor 4	0%	0,000	441,175	0,000	97,700			-11,805	8,498

Lastre estribor 4	0%	0,000	441,175	0,000	97,700			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 4	0%	0,000	497,312	0,000	97,700			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 4	0%	0,000	497,312	0,000	97,700			6,197	1,014
Lastre babor 5	0%	0,000	441,175	0,000	78,100			-11,805	8,498
Lastre estribor 5	0%	0,000	441,175	0,000	78,100			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 5	0%	0,000	497,318	0,000	78,100			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 5	0%	0,000	497,318	0,000	78,100			6,197	1,014
Lastre babor 6	0%	0,000	440,531	0,000	58,510			-11,803	8,507
Lastre estribor 6	0%	0,000	440,531	0,000	58,510			11,803	8,507
Lastre Doble fondo babor 6	0%	0,000	492,625	0,000	58,557			-6,141	1,017
Lastre Doble fondo estribor 6	0%	0,000	492,625	0,000	58,557			6,141	1,017
Lastre babor 7	0%	0,000	315,474	0,000	41,337			-11,758	8,935
Lastre estribor 7	0%	0,000	315,474	0,000	41,337			11,758	8,935
Lastre Doble fondo babor 7	0%	0,000	337,487	0,000	41,343			-5,415	1,041
Lastre Doble fondo estribor 7	0%	0,000	337,487	0,000	41,343			5,415	1,041
Lastre Slop tank babor	0%	0,000	53,969	0,000	31,605			-11,690	10,200
Lastre Slop tank estribor	0%	0,000	53,969	0,000	31,605			11,690	10,200
Lastre Doble fondo Slop babor	0%	0,000	61,154	0,000	31,584			-4,329	1,066
Lastre Doble fondo Slop estribo	0%	0,000	61,154	0,000	31,584			4,329	1,066
Pique proa	80%	10,056	1206,812	965,457	158,519			0,000	5,672
Pique popa	80%	11,259	369,664	295,734	2,408			0,000	9,172
Tank Almacen FO babor	98%	2,000	4,791	4,695	26,560			-9,884	8,010
Tank Almacen FO estribor	98%	2,000	4,791	4,695	26,560			9,884	8,010
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			-4,344	8,837
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			4,344	8,837
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900			0,000	8,000
Lastre estribor 1	0%	0,000	41,539	0,000	148,654			10,796	10,976
Total Loadcase				12695,873	77,504			0,000	9,938



<b>Name</b>	<b>Long. Pos. m</b>	<b>Buoyancy t/m</b>	<b>Weight t/m</b>	<b>Net Load t/m</b>	<b>Shear tx10<sup>3</sup></b>	<b>Moment tonne.mx10<sup>3</sup></b>
st 2	4,000	3,991	109,186	105,195	0,583	1,716
st 3	14,000	44,520	71,431	26,910	1,096	11,015
st 4	24,000	83,255	163,010	79,755	2,053	27,147
st 5	34,000	106,988	63,281	-43,706	2,280	49,705
st 6	44,000	116,377	49,028	-67,349	1,716	70,068
st 7	54,000	115,336	48,194	-67,143	1,142	84,516
st 8	64,000	110,253	47,360	-62,893	0,490	92,772
st 9	74,000	104,422	46,526	-57,896	-0,010	95,338
st 10	84,000	98,571	45,692	-52,879	-0,563	92,561
st 11	94,000	92,720	44,858	-47,863	-0,417	90,044
st 12	104,000	86,870	44,024	-42,846	-0,870	83,694
st 13	114,000	81,015	43,190	-37,825	-1,170	73,734
st 14	124,000	74,297	42,356	-31,941	-1,520	60,363
st 15	134,000	65,199	41,522	-23,677	-1,696	44,536
st 16	144,000	52,340	40,687	-11,652	-1,877	26,694
st 17	154,000	31,327	68,520	37,193	-1,708	8,644

<b>Key point</b>	<b>Type</b>	<b>Freeboard m</b>
Margin Line (freeboard pos = 11,475 m)		9,527
Deck Edge (freeboard pos = 11,475 m)		9,603



# Longitudinal Strength Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (High precision, 104 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase - Llegada en plena carga

Damage Case - Intact

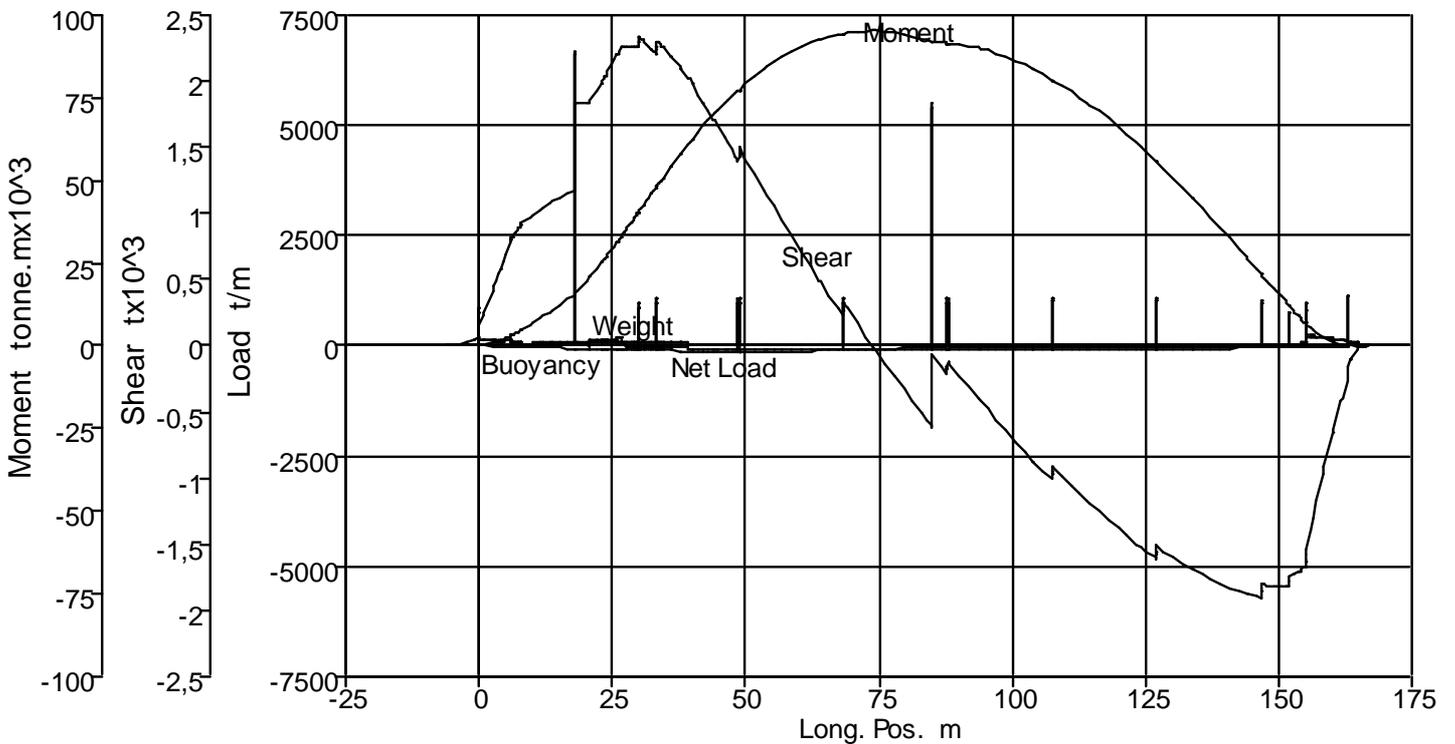
Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantit y	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans.Ar m m	Vert. Arm m
Peso continuo acero	1		7559,780	7559,780	78,370	0,000	165,000	0,000	10,189
Mamparo colision de proa	1		75,000	75,000	155,100	155,100	155,100	0,000	9,900
Mamparo colision de popa	1		0,000	0,000	6,000	6,000	6,000	0,000	9,800
Mamparo 1	1		98,000	98,000	146,700	146,700	146,700	0,000	8,800
Mamparo 2	1		104,000	104,000	127,100	127,100	127,100	0,000	8,500
Mamparo 3	1		104,000	104,000	107,500	107,500	107,500	0,000	8,500
Mamparo 4	1		104,000	104,000	87,900	87,900	87,900	0,000	8,500
Mamparo 5	1		104,000	104,000	68,300	68,300	68,300	0,000	8,500
Mamparo 6	1		104,000	104,000	48,700	48,700	48,700	0,000	8,500
Mamparo 7	1		100,000	100,000	33,300	33,300	33,300	0,000	8,600
Mamparo a popa de los slops tanks	1		89,000	89,000	29,800	29,800	29,800	0,000	9,100
Mastil de proa	1		72,000	72,000	152,000	152,000	152,000	0,000	17,800
Chimenea y guardacalor	1		70,000	70,000	15,400	10,000	20,800	0,000	22,400
Superestructura y puente	1		365,000	365,000	25,600	12,000	39,200	0,000	20,100
Estructura del codaste	1		112,000	112,000	1,500	0,000	3,000	0,000	8,700
Castillo	1		86,000	86,000	156,000	152,000	160,000	0,000	17,200
Refuerzos camara maquinas	1		456,000	456,000	23,700	20,700	26,700	0,000	2,500
Refuerzos tanques c.m.	1		130,000	130,000	26,800	23,800	29,800	0,000	11,800
Refuerzos pique proa	1		215,000	215,000	160,000	154,000	166,000	0,000	6,200
Refuerzos pique popa	1		46,000	46,000	5,600	3,600	7,600	0,000	9,800
Equipo de amarre y fondeo	1		103,000	103,000	163,000	163,000	163,000	0,000	16,000
Equipo de carga	1		546,000	546,000	85,000	85,000	85,000	0,000	15,200
Equipo gobierno	1		72,000	72,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,300
Peso maquinaria	1		659,000	659,000	17,900	17,900	17,900	0,000	7,540
Tank 1 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 1 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank babor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank estribor	96%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Lastre babor 1	0%	0,000	41,539	0,000	148,654			-10,796	10,976
Lastre Doble fondo babor 1	0%	0,000	134,715	0,000	150,609			-4,035	1,069
Lastre Doble fondo estribor 1	0%	0,000	134,715	0,000	150,609			4,035	1,069
Lastre babor 2	0%	0,000	380,817	0,000	136,079			-11,718	8,786
Lastre estribor 2	0%	0,000	380,817	0,000	136,079			11,718	8,786
Lastre Doble fondo babor 2	0%	0,000	442,216	0,000	136,521			-5,557	1,036
Lastre Doble fondo estribor 2	0%	0,000	442,216	0,000	136,521			5,557	1,036
Lastre babor 3	0%	0,000	440,612	0,000	117,291			-11,804	8,500
Lastre estribor 3	0%	0,000	440,612	0,000	117,291			11,804	8,500
Lastre Doble fondo babor 3	0%	0,000	494,107	0,000	117,258			-6,159	1,016
Lastre Doble fondo estribor 3	0%	0,000	494,107	0,000	117,258			6,159	1,016
Lastre babor 4	0%	0,000	441,175	0,000	97,700			-11,805	8,498

Lastre estribor 4	0%	0,000	441,175	0,000	97,700			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 4	0%	0,000	497,312	0,000	97,700			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 4	0%	0,000	497,312	0,000	97,700			6,197	1,014
Lastre babor 5	0%	0,000	441,175	0,000	78,100			-11,805	8,498
Lastre estribor 5	0%	0,000	441,175	0,000	78,100			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 5	0%	0,000	497,318	0,000	78,100			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 5	0%	0,000	497,318	0,000	78,100			6,197	1,014
Lastre babor 6	0%	0,000	440,531	0,000	58,510			-11,803	8,507
Lastre estribor 6	0%	0,000	440,531	0,000	58,510			11,803	8,507
Lastre Doble fondo babor 6	0%	0,000	492,625	0,000	58,557			-6,141	1,017
Lastre Doble fondo estribor 6	0%	0,000	492,625	0,000	58,557			6,141	1,017
Lastre babor 7	0%	0,000	315,474	0,000	41,337			-11,758	8,935
Lastre estribor 7	0%	0,000	315,474	0,000	41,337			11,758	8,935
Lastre Doble fondo babor 7	0%	0,000	337,487	0,000	41,343			-5,415	1,041
Lastre Doble fondo estribor 7	0%	0,000	337,487	0,000	41,343			5,415	1,041
Lastre Slop tank babor	0%	0,000	53,969	0,000	31,605			-11,690	10,200
Lastre Slop tank estribor	0%	0,000	53,969	0,000	31,605			11,690	10,200
Lastre Doble fondo Slop babor	0%	0,000	61,154	0,000	31,584			-4,329	1,066
Lastre Doble fondo Slop estribo	0%	0,000	61,154	0,000	31,584			4,329	1,066
Pique proa	80%	10,056	1206,812	965,436	158,519			0,000	5,672
Pique popa	80%	11,259	369,664	295,734	2,408			0,000	9,172
Tank Almacen FO babor	10%	0,301	4,791	0,479	26,262			-9,692	7,114
Tank Almacen FO estribor	10%	0,301	4,791	0,479	26,262			9,692	7,114
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			-4,344	8,837
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			4,344	8,837
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900			0,000	8,000
Lastre estribor 1	0%	0,000	41,539	0,000	148,654			10,796	10,976
Total Loadcase				12687,422	77,538			0,000	9,939



<b>Name</b>	<b>Long. Pos. m</b>	<b>Buoyancy t/m</b>	<b>Weight t/m</b>	<b>Net Load t/m</b>	<b>Shear tx10<sup>3</sup></b>	<b>Moment tonne.mx10<sup>3</sup></b>
st 2	4,000	3,979	109,189	105,210	0,583	1,715
st 3	14,000	44,423	71,431	27,008	1,097	11,017
st 4	24,000	83,100	161,932	78,832	2,054	27,159
st 5	34,000	106,820	63,281	-43,539	2,275	49,681
st 6	44,000	116,224	49,028	-67,196	1,713	70,003
st 7	54,000	115,205	48,194	-67,011	1,140	84,425
st 8	64,000	110,144	47,360	-62,784	0,490	92,668
st 9	74,000	104,335	46,526	-57,809	-0,009	95,232
st 10	84,000	98,507	45,692	-52,815	-0,562	92,461
st 11	94,000	92,679	44,858	-47,821	-0,415	89,958
st 12	104,000	86,851	44,024	-42,827	-0,868	83,624
st 13	114,000	81,018	43,190	-37,829	-1,168	73,684
st 14	124,000	74,323	42,356	-31,967	-1,518	60,332
st 15	134,000	65,247	41,522	-23,725	-1,695	44,520
st 16	144,000	52,404	40,687	-11,716	-1,876	26,690
st 17	154,000	31,387	68,520	37,133	-1,708	8,645

<b>Key point</b>	<b>Type</b>	<b>Freeboard m</b>
Margin Line (freeboard pos = 11,475 m)		9,536
Deck Edge (freeboard pos = 11,475 m)		9,612



# Longitudinal Strength Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (High precision, 104 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase - Salida en lastre

Damage Case - Intact

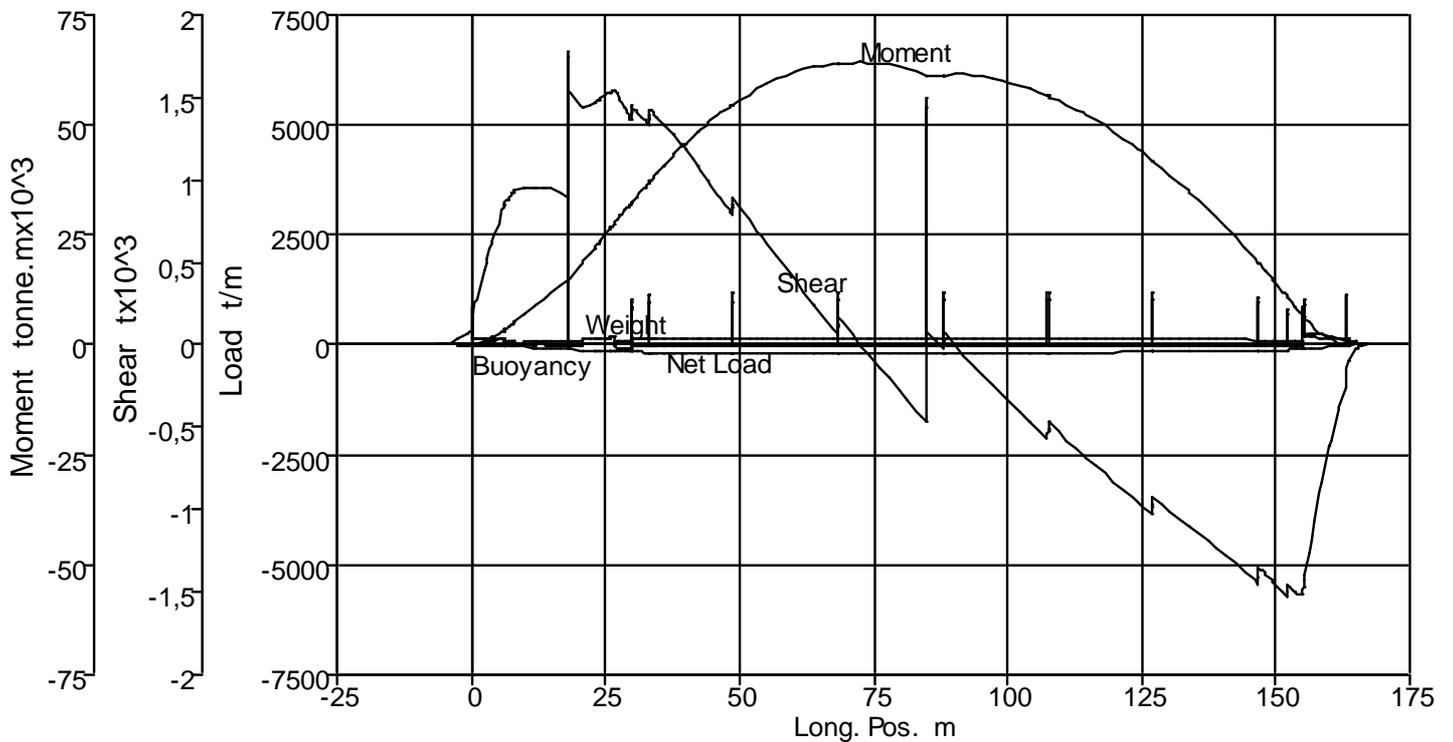
Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantit y	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m
Peso continuo acero	1		7559,780	7559,780	78,370	0,000	165,000	0,000	10,189
Mamparo colision de proa	1		75,000	75,000	155,100	155,100	155,100	0,000	9,900
Mamparo colision de popa	1		0,000	0,000	6,000	6,000	6,000	0,000	9,800
Mamparo 1	1		98,000	98,000	146,700	146,700	146,700	0,000	8,800
Mamparo 2	1		104,000	104,000	127,100	127,100	127,100	0,000	8,500
Mamparo 3	1		104,000	104,000	107,500	107,500	107,500	0,000	8,500
Mamparo 4	1		104,000	104,000	87,900	87,900	87,900	0,000	8,500
Mamparo 5	1		104,000	104,000	68,300	68,300	68,300	0,000	8,500
Mamparo 6	1		104,000	104,000	48,700	48,700	48,700	0,000	8,500
Mamparo 7	1		100,000	100,000	33,300	33,300	33,300	0,000	8,600
Mamparo a popa de los slops tanks	1		89,000	89,000	29,800	29,800	29,800	0,000	9,100
Mastil de proa	1		72,000	72,000	152,000	152,000	152,000	0,000	17,800
Chimenea y guardacalor	1		70,000	70,000	15,400	10,000	20,800	0,000	22,400
Superestructura y puente	1		365,000	365,000	25,600	12,000	39,200	0,000	20,100
Estructura del codaste	1		112,000	112,000	1,500	0,000	3,000	0,000	8,700
Castillo	1		86,000	86,000	156,000	152,000	160,000	0,000	17,200
Refuerzos camara maquinas	1		456,000	456,000	23,700	20,700	26,700	0,000	2,500
Refuerzos tanques c.m.	1		130,000	130,000	26,800	23,800	29,800	0,000	11,800
Refuerzos pique proa	1		215,000	215,000	160,000	154,000	166,000	0,000	6,200
Refuerzos pique popa	1		46,000	46,000	5,600	3,600	7,600	0,000	9,800
Equipo de amarre y fondeo	1		103,000	103,000	163,000	163,000	163,000	0,000	16,000
Equipo de carga	1		546,000	546,000	85,000	85,000	85,000	0,000	15,200
Equipo gobierno	1		72,000	72,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,300
Peso maquinaria	1		659,000	659,000	17,900	17,900	17,900	0,000	7,540
Tank 1 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 1 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Lastre babor 1	100%	12,863	41,539	41,539	148,654			-10,796	10,976
Lastre Doble fondo babor 1	100%	2,000	134,715	134,715	150,609			-4,035	1,069
Lastre Doble fondo estribor 1	100%	2,000	134,715	134,715	150,609			4,035	1,069
Lastre babor 2	100%	13,000	380,817	380,817	136,079			-11,718	8,786
Lastre estribor 2	100%	13,000	380,817	380,817	136,079			11,718	8,786
Lastre Doble fondo babor 2	100%	2,000	442,216	442,216	136,521			-5,557	1,036
Lastre Doble fondo estribor 2	100%	2,000	442,216	442,216	136,521			5,557	1,036
Lastre babor 3	100%	13,000	440,612	440,612	117,291			-11,804	8,500
Lastre estribor 3	100%	13,000	440,612	440,612	117,291			11,804	8,500
Lastre Doble fondo babor 3	100%	2,000	494,107	494,107	117,258			-6,159	1,016
Lastre Doble fondo estribor 3	100%	2,000	494,107	494,107	117,258			6,159	1,016
Lastre babor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700			-11,805	8,498

Lastre estribor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 4	100%	2,000	497,312	497,312	97,700			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 4	100%	2,000	497,312	497,312	97,700			6,197	1,014
Lastre babor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100			-11,805	8,498
Lastre estribor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 5	100%	2,000	497,318	497,318	78,100			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 5	100%	2,000	497,318	497,318	78,100			6,197	1,014
Lastre babor 6	100%	13,000	440,531	440,531	58,510			-11,803	8,507
Lastre estribor 6	100%	13,000	440,531	440,531	58,510			11,803	8,507
Lastre Doble fondo babor 6	100%	2,000	492,625	492,625	58,557			-6,141	1,017
Lastre Doble fondo estribor 6	100%	2,000	492,625	492,625	58,557			6,141	1,017
Lastre babor 7	100%	13,000	315,474	315,474	41,337			-11,758	8,935
Lastre estribor 7	100%	13,000	315,474	315,474	41,337			11,758	8,935
Lastre Doble fondo babor 7	100%	2,000	337,487	337,487	41,343			-5,415	1,041
Lastre Doble fondo estribor 7	100%	2,000	337,487	337,487	41,343			5,415	1,041
Lastre Slop tank babor	100%	12,149	53,969	53,969	31,605			-11,690	10,200
Lastre Slop tank estribor	100%	12,149	53,969	53,969	31,605			11,690	10,200
Lastre Doble fondo Slop babor	100%	2,000	61,154	61,154	31,584			-4,329	1,066
Lastre Doble fondo Slop estribo	100%	2,000	61,154	61,154	31,584			4,329	1,066
Pique proa	100%	12,000	1206,812	1206,812	158,569			0,000	6,735
Pique popa	100%	12,000	369,664	369,664	2,271			0,000	9,669
Tank Almacen FO babor	97%	1,988	4,791	4,647	26,570			-9,884	8,000
Tank Almacen FO estribor	97%	1,988	4,791	4,647	26,570			9,884	8,000
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			-4,344	8,837
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			4,344	8,837
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900			0,000	8,000
Lastre estribor 1	100%	12,863	41,539	41,539	148,654			10,796	10,976
Total Loadcase				24035,515	84,020			0,000	7,492



<b>Nam e</b>	<b>Long. Pos. m</b>	<b>Buoyancy t/m</b>	<b>Weight t/m</b>	<b>Net Load t/m</b>	<b>Shear tx10<sup>3</sup></b>	<b>Moment tonne.mx10<sup>3</sup></b>
st 2	4,000	11,619	118,943	107,324	0,621	1,824
st 3	14,000	76,338	71,431	-4,907	0,956	10,832
st 4	24,000	135,654	162,993	27,338	1,487	23,534
st 5	34,000	170,738	135,545	-35,193	1,404	38,073
st 6	44,000	184,760	138,938	-45,822	1,002	50,303
st 7	54,000	186,615	143,176	-43,439	0,660	58,676
st 8	64,000	184,209	143,111	-41,099	0,237	63,194
st 9	74,000	181,047	142,291	-38,756	-0,057	64,194
st 10	84,000	177,865	141,456	-36,409	-0,433	61,767
st 11	94,000	174,684	140,622	-34,062	-0,135	61,246
st 12	104,000	171,502	139,787	-31,715	-0,463	58,272
st 13	114,000	168,316	138,949	-29,368	-0,664	52,801
st 14	124,000	164,219	137,124	-27,095	-0,946	44,758
st 15	134,000	157,153	131,595	-25,557	-1,104	34,717
st 16	144,000	141,681	112,475	-29,206	-1,367	22,409
st 17	154,000	101,016	95,524	-5,492	-1,508	8,048

<b>Key point</b>	<b>Type</b>	<b>Freeboard m</b>
Margin Line (freeboard pos = 13,222 m)		7,205
Deck Edge (freeboard pos = 13,222 m)		7,281



# Longitudinal Strength Calculation - Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (High precision, 104 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase – Llegada en lastre

Damage Case - Intact

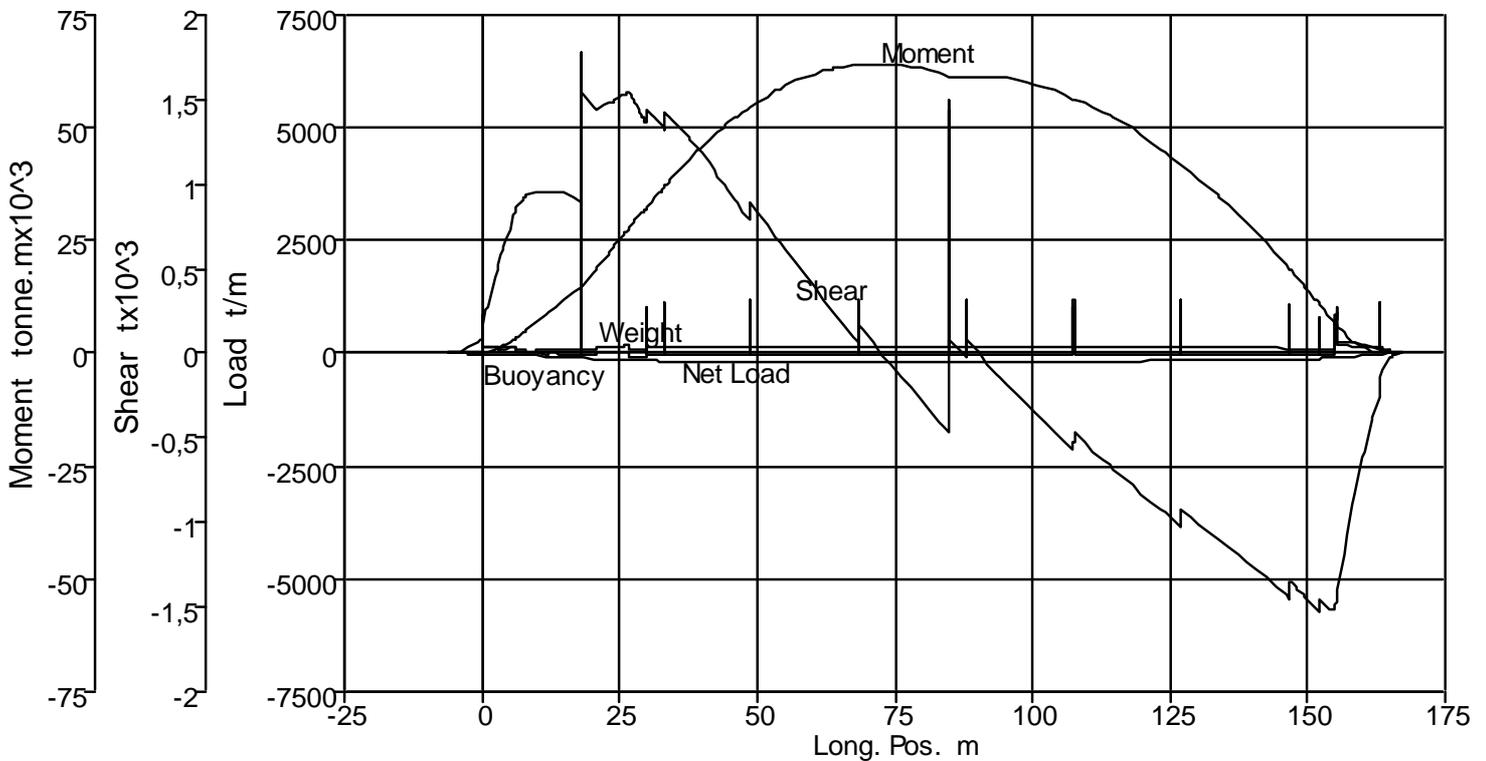
Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantit y	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Aft. Limit m	Fwd. Limit m	Trans.Ar m m	Vert. Arm m
Peso continuo acero	1		7559,780	7559,780	78,370	0,000	165,000	0,000	10,189
Mamparo colision de proa	1		75,000	75,000	155,100	155,100	155,100	0,000	9,900
Mamparo colision de popa	1		0,000	0,000	6,000	6,000	6,000	0,000	9,800
Mamparo 1	1		98,000	98,000	146,700	146,700	146,700	0,000	8,800
Mamparo 2	1		104,000	104,000	127,100	127,100	127,100	0,000	8,500
Mamparo 3	1		104,000	104,000	107,500	107,500	107,500	0,000	8,500
Mamparo 4	1		104,000	104,000	87,900	87,900	87,900	0,000	8,500
Mamparo 5	1		104,000	104,000	68,300	68,300	68,300	0,000	8,500
Mamparo 6	1		104,000	104,000	48,700	48,700	48,700	0,000	8,500
Mamparo 7	1		100,000	100,000	33,300	33,300	33,300	0,000	8,600
Mamparo a popa de los slops tanks	1		89,000	89,000	29,800	29,800	29,800	0,000	9,100
Mastil de proa	1		72,000	72,000	152,000	152,000	152,000	0,000	17,800
Chimenea y guardacalor	1		70,000	70,000	15,400	10,000	20,800	0,000	22,400
Superestructura y puente	1		365,000	365,000	25,600	12,000	39,200	0,000	20,100
Estructura del codaste	1		112,000	112,000	1,500	0,000	3,000	0,000	8,700
Castillo	1		86,000	86,000	156,000	152,000	160,000	0,000	17,200
Refuerzos camara maquinas	1		456,000	456,000	23,700	20,700	26,700	0,000	2,500
Refuerzos tanques c.m.	1		130,000	130,000	26,800	23,800	29,800	0,000	11,800
Refuerzos pique proa	1		215,000	215,000	160,000	154,000	166,000	0,000	6,200
Refuerzos pique popa	1		46,000	46,000	5,600	3,600	7,600	0,000	9,800
Equipo de amarre y fondeo	1		103,000	103,000	163,000	163,000	163,000	0,000	16,000
Equipo de carga	1		546,000	546,000	85,000	85,000	85,000	0,000	15,200
Equipo gobierno	1		72,000	72,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,300
Peso maquinaria	1		659,000	659,000	17,900	17,900	17,900	0,000	7,540
Tank 1 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 1 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 2 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 3 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 4 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 5 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 6 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Tank 7 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
SlopTank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502			0,000	-2,000
Lastre babor 1	100%	12,863	41,539	41,539	148,654			-10,796	10,976
Lastre Doble fondo babor 1	100%	2,000	134,715	134,715	150,609			-4,035	1,069
Lastre Doble fondo estribor 1	100%	2,000	134,715	134,715	150,609			4,035	1,069
Lastre babor 2	100%	13,000	380,817	380,817	136,079			-11,718	8,786
Lastre estribor 2	100%	13,000	380,817	380,817	136,079			11,718	8,786
Lastre Doble fondo babor 2	100%	2,000	442,216	442,216	136,521			-5,557	1,036
Lastre Doble fondo estribor 2	100%	2,000	442,216	442,216	136,521			5,557	1,036
Lastre babor 3	100%	13,000	440,612	440,612	117,291			-11,804	8,500
Lastre estribor 3	100%	13,000	440,612	440,612	117,291			11,804	8,500
Lastre Doble fondo babor 3	100%	2,000	494,107	494,107	117,258			-6,159	1,016
Lastre Doble fondo estribor 3	100%	2,000	494,107	494,107	117,258			6,159	1,016
Lastre babor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700			-11,805	8,498

Lastre estribor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 4	100%	2,000	497,312	497,312	97,700			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 4	100%	2,000	497,312	497,312	97,700			6,197	1,014
Lastre babor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100			-11,805	8,498
Lastre estribor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100			11,805	8,498
Lastre Doble fondo babor 5	100%	2,000	497,318	497,318	78,100			-6,197	1,014
Lastre Doble fondo estribor 5	100%	2,000	497,318	497,318	78,100			6,197	1,014
Lastre babor 6	100%	13,000	440,531	440,531	58,510			-11,803	8,507
Lastre estribor 6	100%	13,000	440,531	440,531	58,510			11,803	8,507
Lastre Doble fondo babor 6	100%	2,000	492,625	492,625	58,557			-6,141	1,017
Lastre Doble fondo estribor 6	100%	2,000	492,625	492,625	58,557			6,141	1,017
Lastre babor 7	100%	13,000	315,474	315,474	41,337			-11,758	8,935
Lastre estribor 7	100%	13,000	315,474	315,474	41,337			11,758	8,935
Lastre Doble fondo babor 7	100%	2,000	337,487	337,487	41,343			-5,415	1,041
Lastre Doble fondo estribor 7	100%	2,000	337,487	337,487	41,343			5,415	1,041
Lastre Slop tank babor	100%	12,149	53,969	53,969	31,605			-11,690	10,200
Lastre Slop tank estribor	100%	12,149	53,969	53,969	31,605			11,690	10,200
Lastre Doble fondo Slop babor	100%	2,000	61,154	61,154	31,584			-4,329	1,066
Lastre Doble fondo Slop estribo	100%	2,000	61,154	61,154	31,584			4,329	1,066
Pique proa	100%	12,000	1206,812	1206,812	158,569			0,000	6,735
Pique popa	100%	12,000	369,664	369,664	2,271			0,000	9,669
Tank Almacen FO babor	10%	0,263	4,791	0,479	26,441			-9,711	7,111
Tank Almacen FO estribor	10%	0,263	4,791	0,479	26,441			9,711	7,111
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			-4,344	8,837
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,332	12,332	7,068			4,344	8,837
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900			0,000	8,000
Lastre estribor 1	100%	12,863	41,539	41,539	148,654			10,796	10,976
Total Loadcase				24027,179	84,040			0,000	7,492



<b>Nam e</b>	<b>Long. Pos. m</b>	<b>Buoyancy t/m</b>	<b>Weight t/m</b>	<b>Net Load t/m</b>	<b>Shear tx10<sup>3</sup></b>	<b>Moment tonne.mx10<sup>3</sup></b>
st 2	4,000	11,568	118,943	107,375	0,621	1,824
st 3	14,000	76,224	71,431	-4,793	0,957	10,837
st 4	24,000	135,507	161,917	26,410	1,488	23,554
st 5	34,000	170,590	135,545	-35,045	1,400	38,062
st 6	44,000	184,628	138,938	-45,690	0,999	50,254
st 7	54,000	186,501	143,176	-43,326	0,658	58,602
st 8	64,000	184,114	143,111	-41,003	0,237	63,106
st 9	74,000	180,970	142,291	-38,679	-0,057	64,103
st 10	84,000	177,807	141,456	-36,350	-0,432	61,678
st 11	94,000	174,643	140,622	-34,021	-0,134	61,167
st 12	104,000	171,480	139,787	-31,693	-0,462	58,206
st 13	114,000	168,312	138,949	-29,364	-0,663	52,751
st 14	124,000	164,234	137,124	-27,110	-0,945	44,724
st 15	134,000	157,185	131,595	-25,590	-1,103	34,698
st 16	144,000	141,730	112,475	-29,255	-1,366	22,401
st 17	154,000	101,067	95,524	-5,543	-1,508	8,046

<b>Key point</b>	<b>Type</b>	<b>Freeboard m</b>
Margin Line (freeboard pos = 13,222 m)		7,213
Deck Edge (freeboard pos = 13,222 m)		7,288

u° " 0° o'-j y @ @ k @

# Equilibrium Calculation -Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase – SALIDA EN PLENA CARGA

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m	Trans.Ar m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		9367,000	9367,000	73,210	0,000	10,380	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	97%	12,662	661,689	641,830	150,565	-4,029	8,744		422,032	Maximum
Tank 1 estribor	97%	12,662	661,694	641,835	150,565	4,029	8,744		422,032	Maximum
Tank 2 babor	97%	12,621	2044,640	1983,300	136,634	-5,188	8,429		1571,374	Maximum
Tank 2 estribor	97%	12,621	2044,638	1983,298	136,634	5,188	8,429		1571,372	Maximum
Tank 3 babor	97%	12,613	2152,676	2088,023	117,193	-5,456	8,359		1720,783	Maximum
Tank 3 estribor	97%	12,613	2152,676	2088,023	117,193	5,456	8,359		1720,783	Maximum
Tank 4 babor	97%	12,611	2165,574	2100,638	97,597	-5,472	8,321		1738,833	Maximum
Tank 4 estribor	97%	12,611	2165,574	2100,638	97,597	5,472	8,321		1738,833	Maximum
Tank 5 babor	97%	12,610	2170,592	2105,474	78,199	-5,477	8,305		1721,032	Maximum
Tank 5 estribor	97%	12,610	2170,592	2105,474	78,199	5,477	8,305		1721,032	Maximum
Tank 6 babor	97%	12,607	2167,395	2102,378	58,487	-5,476	8,272		1737,873	Maximum
Tank 6 estribor	97%	12,607	2167,395	2102,378	58,487	5,476	8,272		1737,873	Maximum
Tank 7 babor	97%	12,610	1722,519	1670,839	41,001	-5,475	8,306		1365,699	Maximum
Tank 7 estribor	97%	12,610	1722,519	1670,839	41,001	5,475	8,306		1365,699	Maximum
SlopTank babor	97%	12,612	439,099	425,926	31,553	-5,450	8,340		350,582	Maximum
SlopTank estribor	97%	12,612	439,099	425,926	31,553	5,450	8,340		350,582	Maximum
Lastre babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Pique proa	50%	6,932	618,147	309,044	158,534	0,000	4,067		2308,098	Maximum
Pique popa	80%	11,314	295,134	236,107	2,486	0,000	9,173		1110,901	Maximum
Tank Almacen FO babor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	-9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank Almacen FO estribor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Total Loadcase				36291,087	85,764	0,000	8,844		24675,411	
FS correction							0,680			
VCG fluid							9,524			

Draft Amidsh. m	10,392
Displacement tonne	36289
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	10,150
Draft at AP m	10,633
Draft at LCF m	10,392
Trim (+ve by stern) m	0,483
WL Length m	170,795
WL Beam m	25,300
Wetted Area m <sup>2</sup>	6491,954
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3825,480
Prismatic Coeff.	0,811
Block Coeff.	0,794
Midship Area Coeff.	0,995
Waterpl. Area Coeff.	0,885
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,749
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	82,594
KB m	5,227
KG fluid m	9,524
BMt m	5,230
BML m	212,875
Gmt corrected m	0,933
GML corrected m	208,578
KMt m	10,457
KML m	218,101
Immersion (TPc) tonne/cm	39,211
MTc tonne.m	458,728
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	590,748
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 17,444 m)		4,664
Deck Edge (freeboard pos = 17,444 m)		4,74

# Equilibrium Calculation -Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase – LLEGADA A PLENA CARGA

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m	Trans.Ar m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
lighship	1		9367,000	9367,000	73,210	0,000	10,380	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	97%	12,673	661,689	641,838	150,564	-4,029	8,744		422,032	Maximum
Tank 1 estribor	97%	12,673	661,694	641,843	150,564	4,029	8,744		422,032	Maximum
Tank 2 babor	97%	12,648	2044,640	1983,300	136,626	-5,189	8,429		1571,374	Maximum
Tank 2 estribor	97%	12,648	2044,638	1983,299	136,626	5,189	8,429		1571,372	Maximum
Tank 3 babor	97%	12,640	2152,676	2088,096	117,186	-5,456	8,359		1720,783	Maximum
Tank 3 estribor	97%	12,640	2152,676	2088,096	117,186	5,456	8,359		1720,783	Maximum
Tank 4 babor	97%	12,639	2165,574	2100,607	97,590	-5,472	8,321		1738,833	Maximum
Tank 4 estribor	97%	12,639	2165,574	2100,607	97,590	5,472	8,321		1738,833	Maximum
Tank 5 babor	97%	12,638	2170,592	2105,474	78,192	-5,477	8,305		1721,032	Maximum
Tank 5 estribor	97%	12,638	2170,592	2105,474	78,192	5,477	8,305		1721,032	Maximum
Tank 6 babor	97%	12,635	2167,395	2102,373	58,480	-5,476	8,272		1737,873	Maximum
Tank 6 estribor	97%	12,635	2167,395	2102,373	58,480	5,476	8,272		1737,873	Maximum
Tank 7 babor	97%	12,633	1722,519	1670,844	40,996	-5,475	8,306		1365,699	Maximum
Tank 7 estribor	97%	12,633	1722,519	1670,844	40,996	5,475	8,306		1365,699	Maximum
SlopTank babor	97%	12,619	439,099	425,969	31,553	-5,450	8,341		350,582	Maximum
SlopTank estribor	97%	12,619	439,099	425,969	31,553	5,450	8,341		350,582	Maximum
Lastre babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Pique proa	50%	6,943	618,147	309,073	158,531	0,000	4,067		2308,098	Maximum
Pique popa	80%	11,307	295,134	236,105	2,476	0,000	9,173		1110,901	Maximum
Tank Almacen FO babor	10%	0,219	4,768	0,477	26,652	-9,725	7,110		35,176	Maximum
Tank Almacen FO estribor	10%	0,219	4,768	0,477	26,652	9,725	7,110		35,176	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,307	12,307	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Total Loadcase				36201,600	85,906	0,000	8,846		24745,764	
FS correction							0,684			
VCG fluid							9,529			

Draft Amidsh. m	10,169
Displacement tonne	36199
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	9,881
Draft at AP m	10,357
Draft at LCF m	10,169
Trim (+ve by stern) m	0,377
WL Length m	170,794
WL Beam m	25,300
Wetted Area m <sup>2</sup>	6482,670
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3822,871
Prismatic Coeff.	0,812
Block Coeff.	0,798
Midship Area Coeff.	0,995
Waterpl. Area Coeff.	0,885
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,895
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	82,648
KB m	5,214
KG fluid m	9,529
BMt m	5,239
BML m	212,966
GMt corrected m	0,924
GML corrected m	208,651
KMt m	10,453
KML m	218,181
Immersion (TPc) tonne/cm	39,184
MTc tonne.m	457,761
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	583,777
Max deck inclination deg	0,1
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 17,444 m)		4,729
Deck Edge (freeboard pos = 17,444 m)		4,805

# Equilibrium Calculation -Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase – SALIDA EN LASTRE

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m	Trans.Ar m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		9376,000	9376,000	73,210	0,000	10,380	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 1 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank estribor	0%	0,000	452,679	0,000	31,553	5,451	8,534		0,000	Maximum
Lastre babor 1	100%	12,838	41,523	41,523	148,654	-10,797	10,979		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	-4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre babor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	-11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	-5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre babor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	-11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	-6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	-11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	-6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	-11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	-5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	-11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	-4,327	1,067		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	4,327	1,067		0,000	Maximum
Pique proa	100%	12,000	1236,294	1236,294	158,713	0,000	6,775		0,000	Maximum
Pique popa	100%	12,000	368,918	368,918	2,273	0,000	9,670		0,000	Maximum
Tank Almacen FO babor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	-9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank Almacen FO estribor	98%	1,963	46,253	45,328	26,596	9,878	8,010		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,687	12,687	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,687	12,687	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	100%	12,838	41,523	41,523	148,654	10,797	10,979		0,000	Maximum
Total Loadcase				22135,733	85,049	0,000	7,263		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							7,263			

Draft Amidsh. m	6,411
Displacement tonne	22137
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	5,704
Draft at AP m	7,118
Draft at LCF m	6,384
Trim (+ve by stern) m	1,415
WL Length m	163,996
WL Beam m	25,300
Wetted Area m <sup>2</sup>	5184,028
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3641,447
Prismatic Coeff.	0,791
Block Coeff.	0,735
Midship Area Coeff.	0,988
Waterpl. Area Coeff.	0,878
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,016
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	85,632
KB m	3,302
KG fluid m	7,263
BMt m	8,116
BML m	301,967
GMt corrected m	4,154
GML corrected m	298,005
KMt m	11,417
KML m	305,268
Immersion (TPc) tonne/cm	37,325
MTc tonne.m	399,816
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1605,016
Max deck inclination deg	0,5
Trim angle (+ve by stern) deg	0,5

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 13,851 m)		7,97
Deck Edge (freeboard pos = 13,851 m)		8,046

# Equilibrium Calculation -Proyecto

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Users\Jose\Desktop\Maxsurf-Hydromax\Proyecto (Medium precision, 54 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

## Loadcase – LLEGADA EN LASTRE

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m<sup>3</sup>)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m	Trans.Ar m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		9376,000	9376,000	73,210	0,000	10,380	0,000	0,000	User Specified
Tank 1 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 1 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 2 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 3 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 4 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 5 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 6 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
Tank 7 estribor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank babor	0%	0,000	0,000	0,000	-5,502	0,000	-2,000		0,000	Maximum
SlopTank estribor	0%	0,000	452,679	0,000	31,553	5,451	8,534		0,000	Maximum
Lastre babor 1	100%	12,838	41,523	41,523	148,654	-10,797	10,979		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	-4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 1	100%	2,000	134,487	134,487	150,609	4,031	1,070		0,000	Maximum
Lastre babor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	-11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre estribor 2	100%	13,000	379,149	379,149	136,062	11,716	8,792		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	-5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 2	100%	2,000	441,476	441,476	136,520	5,550	1,036		0,000	Maximum
Lastre babor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	-11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre estribor 3	100%	13,000	440,495	440,495	117,289	11,803	8,500		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	-6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 3	100%	2,000	493,510	493,510	117,256	6,153	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 4	100%	13,000	441,175	441,175	97,700	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 4	100%	2,000	497,016	497,016	97,700	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	-11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre estribor 5	100%	13,000	441,175	441,175	78,100	11,805	8,498		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	-6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 5	100%	2,000	497,022	497,022	78,100	6,195	1,015		0,000	Maximum
Lastre babor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	-11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre estribor 6	100%	13,000	440,445	440,445	58,511	11,803	8,508		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	-6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 6	100%	2,000	492,066	492,066	58,558	6,136	1,017		0,000	Maximum
Lastre babor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	-11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre estribor 7	100%	13,000	314,701	314,701	41,343	11,756	8,944		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo babor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	-5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo estribor 7	100%	2,000	336,928	336,928	41,344	5,409	1,042		0,000	Maximum
Lastre Slop tank babor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	-11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Slop tank estribor	100%	12,132	53,568	53,568	31,606	11,687	10,220		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop babor	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	-4,327	1,067		0,000	Maximum
Lastre Doble fondo Slop estribo	100%	2,000	61,086	61,086	31,584	4,327	1,067		0,000	Maximum
Pique proa	100%	12,000	1236,294	1236,294	158,713	0,000	6,775		0,000	Maximum
Pique popa	100%	12,000	368,918	368,918	2,273	0,000	9,670		0,000	Maximum
Tank Almacen FO babor	10%	0,250	46,253	4,625	26,503	-9,709	7,111		35,176	Maximum
Tank Almacen FO estribor	10%	0,250	46,253	4,625	26,503	9,709	7,111		35,176	Maximum
Tank aceite lubricacion babor	100%	3,000	12,687	12,687	7,068	-4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank aceite lubricacion estribo	100%	3,000	12,687	12,687	7,068	4,341	8,837		0,000	Maximum
Tank camara bombas	100%	2,000	26,849	26,849	27,900	0,000	8,000		0,000	Maximum
Lastre estribor 1	100%	12,838	41,523	41,523	148,654	10,797	10,979		0,000	Maximum
Total Loadcase				22054,328	85,264	0,000	7,260		70,352	
FS correction							0,003			
VCG fluid							7,263			

Draft Amidsh. m	6,387
Displacement tonne	22055
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	5,740
Draft at AP m	7,034
Draft at LCF m	6,362
Trim (+ve by stern) m	1,294
WL Length m	163,769
WL Beam m	25,300
Wetted Area m <sup>2</sup>	5174,513
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	3637,408
Prismatic Coeff.	0,795
Block Coeff.	0,742
Midship Area Coeff.	0,988
Waterpl. Area Coeff.	0,878
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	85,234
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	85,721
KB m	3,288
KG fluid m	7,263
BMT m	8,138
BML m	302,059
GMt corrected m	4,163
GML corrected m	298,084
KMt m	11,426
KML m	305,347
Immersion (TPc) tonne/cm	37,283
MTc tonne.m	398,447
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1602,348
Max deck inclination deg	0,4
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 13,851 m)		8,044
Deck Edge (freeboard pos = 13,851 m)		8,12

