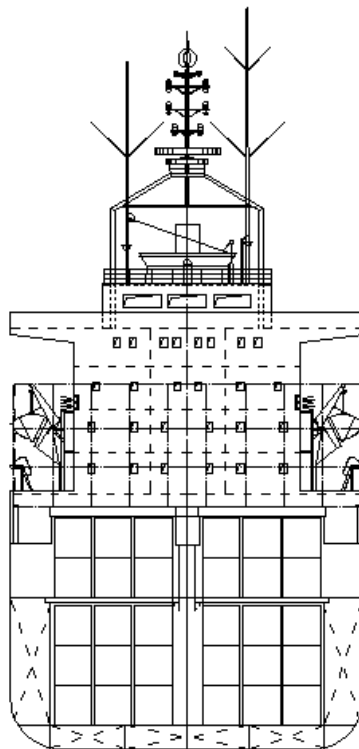




UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

**ALUMNO:**

**Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS**

**TUTOR:**

**Germán ROMERO VALIENTE**

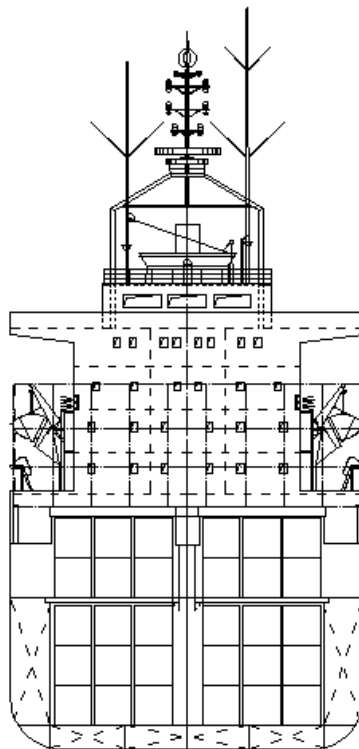
**MAYO 2014**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 0

### MEMORIA

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 0**

**MEMORIA**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
0.- INTRODUCCIÓN	3
1.-CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE	3
2.- ANALISIS DE LOS REQUERIMIENTOS	4
3.- CRITERIO DE VELOCIDAD DE SERVICIO	5
4.- DIMENSIONAMIENTO Y CALCULOS PRELIMINARES	5
5.- PLANO DE FORMAS	6
6.- CALCULOS DE LA CARENA Y CAPACIDADES	7
7.- FRANCOBORDO Y ARQUEO	7
B.- POTENCIA Y PROPULSOR	7
9.- AUTONOMÍA	8
10.- ESCANTILLONAOO	8
11.- PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD	8
12.- ESTADOS DE CARGA	9
13.- ESTABILIDAD Y SEGURIDAD	9
14.- RESISTENCIA LONGITUDINAL	10
15.- DISPOSICION GENERAL	10
16.- CAMARA DE MÁQUINAS	13
17.- POTENCIA Y PLANTA ELECTRICAS	14

## **0.- INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto fin de carrera constituye un trabajo académico, en el que se pretende que se apliquen los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniero Naval y Oceánico en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Se pretende que su planteamiento sea lo más parecido al que realmente se enfrentan los profesionales en las empresas, aunque hay que tener presente que para realizar el mismo, en algunas ocasiones no se tienen ni los datos ni los medios de los que se disponen en astilleros y en oficinas técnicas.

La metodología empleada se basa, como en cualquier otro buque, en la conocida espiral de proyecto, donde se estiman características, posteriormente se comprueban otros parámetros dependientes de ellas, y en su caso se modifican las estimaciones iniciales para conseguir las especificaciones requeridas en el proyecto cada vez con mayor precisión. Es una metodología conceptual que permite el desarrollo del proyecto procurando, en la medida de lo posible, el volver a repetir los cálculos. Además, admite la posibilidad de utilizar diferentes márgenes de proyecto sobre ciertas magnitudes críticas, como el peso en rosca, y permite lograr un equilibrio entre la fase de proyecto en la que se encuentra y la precisión obtenida en el cálculo o estimación. La estructura de la espiral de proyecto no aparece de forma explícita en el documento, pero la filosofía del método será la aplicada en los cálculos de los diferentes cuadernillos.

Ha sido de gran utilidad la consulta de datos de buques similares, pues la aplicación adecuada de métodos y cálculos tiene una enorme implicación en la fase de diseño, pues es en esta fase donde los problemas presentan una solución más fácil y barata.

## **1.- CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE**

Las características del buque proyecto son:

- Peso Muerto: 18000 TPM
- Volumen de bodegas: 24000 m<sup>3</sup>
- Velocidad de servicio: 18 nudos
- Propulsión: motor diesel directamente acoplado
- Tripulación: 28 personas + 2 alumnos
- Grúas y medios de carga: incluye pluma para carga pesada de 150 t
- Contenedores: Tamaño 20 x 8 x 8.5 pies
- Autonomía: 12000 millas
- Paso por canales de Suez y San Lorenzo
- Clasificación: DNV

## **2.- ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS**

La construcción de buques de carga general ha caído progresivamente en las últimas décadas, debido al auge de los buques de carga especializados. Sin embargo, el carguero de carga general, que a su vez es capaz de transportar contenedores, ha subsistido al desarrollo de buques especializados, precisamente por la capacidad de transportar contenedores. Existen dos clases de buques de carga general, los multipropósito y los semicontenedores. El objeto del proyecto será un semicontenedor.

El transporte de contenedores y de carga general está generalizado, por lo que la utilización operativa de un buque polivalente para realizar este transporte, le confiere una flexibilidad que le permite adaptarse sin costosas operaciones a este tipo de tráfico en muchas partes del mundo.

Como rutas posibles, pueden citarse, las rutas entre Países nórdicos, costa Atlántica en Europa, mar Mediterráneo, costa Oeste de Estados Unidos - Canadá, rutas entre países en desarrollo en Sudamérica y en África.

Se deduce que la filosofía de utilización de este buque es salir de los puertos con las bodegas llenas con carga general homogénea, de una densidad media aproximada de unas 0,7 t/m<sup>3</sup>, para alcanzar el peso muerto máximo, o bien podría tomar contenedores 20' ISO entre bodegas y sobre cubierta. Los contenedores bajo cubierta se pueden cargar con su peso máximo de 20 t cada uno, y

los contenedores sobre cubierta no podrán cargarse con excesivo peso debido a la elevación del centro de gravedad, llevando como mucho 10 t cada uno.

Se requerirá por tanto un volumen de lastre aceptable para la condición de carga de contenedores y la de navegación en lastre.

### **3.- CRITERIO DE VELOCIDAD DE SERVICIO**

Si se cumplen las previsiones de servicio requeridas por el armador, el 50% de la vida activa del buque va a transportar contenedores, que supone una condición de carga más ligera que la de plena carga homogénea.

La velocidad fijada para servicio de 18 nudos corresponderá a la velocidad de servicio con el peso muerto máximo de 18000 t al 90% de la potencia máxima continua, siendo la velocidad de pruebas en esta condición de unos 19 nudos.

La velocidad de servicio se deberá mantener con mala mar, por lo que se tendrá en cuenta un margen de servicio del 15%.

En consecuencia, los cálculos de potencia de remolque y de las características del propulsor que han permitido elegir la potencia a instalar, están planteados en esta condición.

### **4.- DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULOS PRELIMINARES**

Partiendo de los datos básicos, peso muerto de 18000 t, volumen de bodegas de 24000 m<sup>3</sup>, velocidad de servicio a plena carga de 18 nudos, autonomía de 12.000 millas y tipo de propulsor, se ha efectuado el dimensionamiento del buque siguiendo distintas etapas cada vez más definidas.

En primer lugar se hizo una recopilación de buques parecidos y se obtuvo en un primer análisis, alrededor de qué valores estaban las dimensiones. Después se analizaron diversas alternativas alrededor de dichos valores optimizando una cifra de mérito.

A continuación, se efectuaron estimaciones de la potencia a instalar y del peso en rosca, ajustado finalmente las dimensiones iniciales.

Una vez definidas las características principales, se realizó una estimación de capacidades de las bodegas de carga, y una estimación de la estabilidad.

Como resumen de ese estudio, el buque fue definido en sus dimensiones principales, coeficientes de formas, desplazamiento a plena carga, peso en rosca, potencia a instalar, capacidades de bodegas, agua de lastre y tanques de combustible, y una primera estimación de la estabilidad.

En cuanto a los coeficientes prismático y de la maestra, son de valor alto, debido a que el buque debe tener bodegas de carga rectangulares que permitan mayor estiba de contenedores.

## **5.- PLANO DE FORMAS**

Con las dimensiones principales y coeficientes de la carena, y ante la falta de información de una carena de un buque base, se decidió obtener las formas a partir de la serie sistemática FORMDATA, modificándolas en el sentido de que se le ha quitado la astilla muerta, y se ha abierto un poco el abanico de proa para conseguir introducir el mayor número de contenedores en manga en la bodega de proa.

Una ventaja adicional de las formas obtenidas de FORMDATA, es la posibilidad de disponer de los resultados de ensayos de canal para la obtención de las potencias de remolque y coeficientes de estela, succión y rotativo-relativo por el método de Guldhammer, aunque utilizaremos el método de Holtrop para la estimación de la potencia.

Una vez obtenida la cartilla de trazado, se ha definido el casco por medio de superficies NURBS en el programa de arquitectura naval MAXSURF, lo que ha permitido alisar las formas obtenidas de la serie sistemática.



## **6.- CÁLCULOS DE LA CARENA Y CAPACIDADES**

Mediante el módulo HYDROMAX de MAXSURF se han obtenido los cálculos de arquitectura naval, hidrostáticas, curvas KN, capacidades de tanques, volúmenes de bodegas y curvas de estabilidad.

A este respecto cabe señalar que el balance de capacidades hecho en el estudio preliminar se ha visto confirmado en el estudio detallado de los mismos, llegando a una capacidad de bodegas de algo más de 24000 m<sup>3</sup>.

## **7.- FRANCOBORDO Y ARQUEO**

Se ha calculado el francobordo siguiendo el Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1966. Se hace notar que el francobordo en la flotación de verano obtenido concuerda muy bien con el calado medio estimado inicialmente.

El arqueo se ha calculado siguiendo la legislación sobre Arqueos de Buques mercantes.

## **8.- POTENCIA Y PROPULSOR**

Se han efectuado los cálculos de potencia de remolque partir del método de Holtrop, utilizando el método implementado en hoja Excel en la asignatura Hidrodinámica Marina de 5º curso.

Estos cálculos se han realizado para la condición del 100% del desplazamiento a plena carga. De esta forma, se ha obtenido la potencia necesaria para propulsar el buque a una velocidad de servicio de 18 nudos en la condición de plena carga homogénea.

Se ha elegido una hélice sistemática de Troost serie B, de 5 palas, capaz de dar el máximo rendimiento en la condición de carga máxima y a una velocidad de servicio de 18 nudos, con un régimen del motor propulsor del 90% de la potencia máxima continua, de acuerdo con la práctica habitual.

Se hace notar que se ha tomado un margen del 15% para el paso de las condiciones de

pruebas a servicio por casco sucio, mal tiempo, etc, como se ha mencionado anteriormente.

### **9.- AUTONOMÍA**

Se ha comprobado en el cuadernillo de Cámara de máquinas, que el buque tiene la suficiente capacidad de tanques de fuel oil, diesel oil, aceite lubricante y agua dulce para la autonomía pedida de 12.000 millas, a la velocidad de servicio de 18 nudos y al régimen correspondiente del motor propulsor, así como un margen aproximado de un 10% de consumos existentes en la llegada a puerto.

### **10.- ESCANTILLONADO**

La estructura es de tipo longitudinal y la geometría de la sección maestra corresponde a la de los buques abiertos con grandes escotillas de carga, cuyas brazolas coinciden con los mamparos longitudinales de los tanques laterales de agua de lastre.

Se ha seguido el Reglamento del DNV, y se ha escantillonado la cuaderna maestra que ha permitido estimar el peso del casco de acero continuo y la posición del centro de gravedad por el método de Aldwinckle. También se ha escantillonado un mamparo corrugado de separación de bodegas y las zonas de cubierta comprendidas entre las aberturas de escotillas.

### **11.- PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD**

Se han obtenido los pesos y centros de gravedad del buque en rosca, dividiendo en tres grupos y a su vez éstos en varios subgrupos para una mejor definición. Los grupos son los siguientes:

- 1.- Casco
- 2.- Maquinaria
- 3.- Equipo y habilitación

De esta forma se ha determinado el peso en rosca y la posición del centro de gravedad, y el resultado tuvo una desviación muy aceptable con respecto a la estimación preliminar.

A la vez que se ha calculado el peso en rosca se ha distribuido cada partida del mismo, de acuerdo con la disposición general, lo que ha servido para el cálculo de la resistencia longitudinal en las diferentes condiciones de carga.

## **12.- ESTADOS DE CARGA**

Una vez obtenido el peso en rosca y la posición del centro de gravedad, se han establecido las tres condiciones de carga más importantes en las situaciones de salida y llegada a puerto, las cuales son:

- Salida de puerto con plena carga homogénea y 100% de consumos
- Llegada a puerto con plena carga homogénea y 10 % consumos
- Salida de puerto con carga de contenedores y 100% de consumos
- Llegada a puerto con carga de contenedores y 10% de consumos
- Salida de puerto en lastre con 100%de consumos
- Llegada a puerto en lastre con 10% de consumos.

Para este estudio se ha tenido en cuenta que el buque no alcanzara asientos por la popa superiores a 1,5% L, ni asientos negativos en ningún caso, y exceptuando la condición de carga general homogénea, se ha empleado el lastre líquido necesario para conseguir que la hélice tuviera la inmersión adecuada, evitar el slamming por insuficiente calado a proa y conseguir la estabilidad adecuada.

## **13.- ESTABILIDAD Y SEGURIDAD**

Se ha efectuado el cálculo de las curvas de estabilidad para las condiciones de carga citadas, cumpliéndose en todas ellas los criterios de la OMI.

En cuanto a seguridad, aparte de los mamparos estancos de compartimentación, en este buque hay que asegurar la correcta estiba y trincado de los contenedores, especialmente los que van sobre cubierta, de forma que no caigan al mar incluso en condiciones de mala mar.

La carga sobre cubierta y tapas de escotillas elevan el centro de gravedad, aunque los

contenedores sobre cubierta no van cargados con carga máxima. Siendo la carga de contenedores una carga ligera, el buque no alcanza el calado de proyecto y tendrá francobordo en exceso. Para conseguir condiciones adecuadas y seguras de navegación, se han dispuesto los tanques de lastre necesarios.

Se han instalado los medios de salvamento y contra incendios según el reglamento de SEVIMAR.

#### **14.- RESISTENCIA LONGITUDINAL**

Se han obtenido para cada condición de carga, las curvas de pesos, empujes, esfuerzos cortantes y momentos flectores, utilizando el módulo Hydromax del programa Maxsurf, comprobando que los momentos flectores obtenidos cumplen con el reglamento, al no exceder las tensiones los valores reglamentarios.

#### **15.- DISPOSICIÓN GENERAL**

Desde el punto de vista de las dimensiones y de la disposición general del buque, hay que considerar que el tamaño de las bodegas y de sus correspondientes escotillas está determinado por las dimensiones de los contenedores.

Una vez obtenidas las formas de la carena, se decidió que la Cámara de máquinas estuviera situada a popa, de acuerdo con la tendencia generalizada en buques semejantes ya construidos y con propulsión similar. Además de la menor longitud de la línea de ejes y en consecuencia menor peso y eliminación del túnel del eje, las formas finas a popa así lo aconsejan, ya que se ha aprovechado mejor el volumen destinado a bodegas, lo que permite mayor número de contenedores bajo cubierta.

Se ha estudiado su compartimentación de la forma más racional posible, teniendo en cuenta las necesidades de la vida a bordo y las inherentes al propio buque.

Como criterio, se ha decidido que toda la tripulación se alojara en camarotes individuales.

Solamente los dos alumnos van en un camarote doble.

Se ha seguido el criterio de separación de tanques de combustible y agua de lastre en el doble fondo, de acuerdo con las tendencias internacionales de lastre limpio y MARPOL.

Sobre la Cámara de Máquinas se ha situado la superestructura de alojamientos.

Se ha dotado al buque de tanques laterales profundos de lastre limpio hasta el doble fondo, que es la disposición típica de estos buques. También llevará tanques de lastre en todo el doble fondo de bodegas. Se dotará del lastre necesario para conseguir alcanzar el desplazamiento mínimo requerido en la condición de carga más ligera, y en cualquier otra condición intermedia entre ésta y plena carga. Además, se dispondrán las bodegas lo más paralelepípedicas posible, adecuadas a las características dimensionales fijas de los contenedores a transportar, lo que también redundará en facilidad de estiba de la carga general.

El buque ha sido dotado del suficiente número de mamparos, de acuerdo con lo exigido por reglamento, a fin de conseguir la estanqueidad necesaria y evitar longitudes de bodegas excesivas.

Las cinco bodegas tienen la capacidad exigida de proyecto, el número de contenedores capaces de transportar juntamente con los que van al exterior sobre la cubierta principal y las escotillas, será el máximo que permite un barco con el volumen bodegas requerido.

Par ello, el buque se ha proyectado con dos escotillas por bodega en manga, excepto la bodega número 1, lo que es típico en estos buques y tamaño. Los mamparos longitudinales de los tanques laterales de agua de lastre están en la línea prolongación de las brazolas longitudinales de las escotillas, desde el entrepuente hasta el doble fondo.

Hay que reservar espacio suficiente sobre cubierta para la estiba de contenedores, y la altura a la que está situado el puente debe ser suficiente para garantizar la visibilidad que permita el correcto gobierno del buque. Se ha estudiado el tránsito de la tripulación por cubierta con los contenedores estibados.

Con la adopción de esta disposición, la distribución de contenedores en el buque ha quedado en la siguiente:

- Bodega nº 5: sobre cubierta principal ..... 58 contenedores  
Bajo cubierta principal ..... 58 contenedores
- Bodega nº 4: sobre cubierta principal ..... 87 contenedores  
Bajo cubierta principal ..... 90 contenedores
- Bodega nº 3: sobre cubierta principal ..... 85 contenedores  
Bajo cubierta principal ..... 90 contenedores
- Bodega nº 2: sobre cubierta principal ..... 40 contenedores  
Bajo cubierta principal ..... 38 contenedores
- Bodega nº 1: sobre cubierta castillo ..... 16 contenedores  
Bajo cubierta castillo ..... 12 contenedores

Total: 574 contenedores.

Las dos escotillas de cada una de las bodegas números 3 y 4 son idénticas, y permiten la estiba de 2 x 3 contenedores en sentido transversal y 3 en el longitudinal. Las de la bodega 5 son para 2 x 3 contenedores en sentido transversal y 2 en el longitudinal. Las de la bodega 2 son para 2 x 2 contenedores en sentido transversal y 2 en el longitudinal.

La escotilla de la bodega número 1 permite la estiba de 4 contenedores en sentido transversal y 1 en el longitudinal.

El sistema de cierres de las escotillas, será con paneles abatibles del tipo "Holding" de techo plano y pueden ser operadas operadas con las grúas del buque, para las de cubierta principal. Las de entrepuente serán del tipo "Pontón", y también pueden ser accionadas con las grúas del buque.

Los paneles, tanto de un tipo como de otro, irán estibados a proa y popa de las aberturas de escotillas, junto a los pedestales de las grúas.

El buque ha sido dotado con dos grúas electrohidráulicas, una doble de 2 x 12 t, y otra de 25 t como medios de carga y descarga de carga general y de contenedores. Se ha decidido la instalación de grúas por razones de economía de tiempo, seguridad en el manejo y eliminación de personal auxiliar en la maniobra.

El criterio para elegir la capacidad de elevación de las grúas y plumas ha sido el que puedan elevar un contenedor de 20 pies, cuyo peso bruto máximo es de unas 20 t aproximadamente.

Para el manejo de la carga pesada y como complemento del equipo de carga, el buque se ha equipado en las bodegas 3 y 4 con un mástil tipo Stuelken de 150 t. Se ha elegido el tipo "Father and son" con dos plumas ligeras de 25 t cada una, que se utilizan también para la carga y descarga de contenedores. Este tipo de equipo de carga se ha considerado requisito de proyecto, a pesar de su escasa utilización en la actualidad. Las dos plumas de 25 toneladas permiten la carga y descarga simultánea de las bodegas a proa y popa. Se podría sustituir perfectamente por una grúa doble para carga pesada.

## **16.- CÁMARA DE MÁQUINAS**

Un requisito del proyecto es que la propulsión sea con un motor diesel directamente acoplado.

Se ha elegido un motor de carrera larga y de pocas revoluciones, con gran rendimiento propulsor y menor longitud, precisando por ello de menos espacio para su instalación.

Se ha elegido el motor propulsor WARTSILA RTA 48T R1 7L de 13860 BHP (10185 kW) por las ventajas que representa el tener un cilindro menos que otros motores similares en potencia.

Se ha instalado la Cámara de Control en la Cámara de máquinas. Desde esta cámara y por medio de la correspondiente consola, se puede arrancar y parar el motor, controlar y centralizar toda

la información del motor principal, grupos y maquinaria auxiliar.

Para aprovechar la energía, el buque dispondrá de una caldera de gases de escape situada en el guardacalor.

### **17.- POTENCIA Y PLANTA ELÉCTRICAS**

Se ha efectuado un balance eléctrico de los diferentes consumidores eléctricos a bordo, para las siguientes condiciones de carga:

- Navegación
- Maniobra
- Carga y descarga en puerto
- Atracado en puerto
- Emergencia

Una vez determinada la condición más desfavorable, carga y descarga en puerto, se ha decidido la instalación de tres alternadores diesel idénticos, de los cuales dos acoplados en paralelo se reparten la carga y el tercer grupo queda de reserva o puede estar en periodo de mantenimiento, como es habitual en buques mercantes

Respecto al grupo de emergencia, se ha instalado uno de la potencia adecuada para satisfacer la demanda de los servicios y receptores de emergencia, así como los considerados como esenciales para la propulsión.

Se ha previsto la correspondiente interconexión entre los cuadros eléctrico principal y de emergencia.

La tensión y frecuencia de la red, se ha decidido que sea de 440 V - 60 Hz, pensando en la posibilidad de utilización del buque en rutas que toquen puertos norteamericanos, con las ventajas que supone para las tomas de tierra y la facilidad de obtención de repuestos.

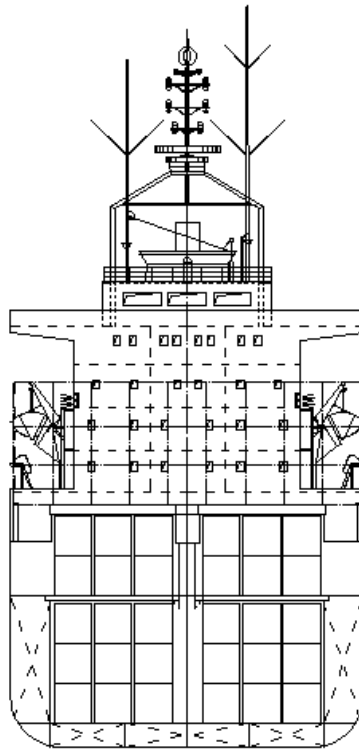




UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 1

## DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULOS PRELIMINARES

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 1**

**DIMENSIONAMIENTO Y CÁLCULOS PRELIMINARES**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- CARACTERÍSTICAS DE BUQUES SEMICONTENEDORES DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES	3
2.- RELACIÓN DE BUQUES SIMILARES	5
3.- DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA INICIAL. MÉTODO DEL BUQUE BASE	6
4.- DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS BASADAS EN LA BASE DE DATOS MEDIANTE CIFRA DE MÉRITO	7
5.- ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA FINAL	10
6.- COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD INICIAL A APLENA CARGA	12
7.- RELACIÓN DE ALTERNATIVAS	15

## **1.- CARACTERÍSTICAS DE BUQUES SEMICONTENEDORES DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES**

Las características más significativas de los buques polivalentes de carga general y de contenedores, que varían entre 15000 y 25000 TPM, según la referencia "El Proyecto básico del Buque Mercante", de Ricardo Alvariño y Manuel Meizoso, editorial FEIN, son entre otras:

- El buque se diseña teniendo en cuenta el módulo contenedor.
- Planta propulsora situada a popa
- Cuatro o cinco bodegas que proporcionen acceso eficiente a la carga y buena distribución a los diferentes puertos de la ruta.
- Medios de carga y descarga propios y adecuados.
- Escotillas lo suficientemente amplias para evitar el manejo de la carga en los espacios laterales en el fondo de la bodega, es decir, que permitan la estiba vertical de la carga. El tamaño de las escotillas está condicionado por el tamaño de los contenedores. Se dimensionan para tres contenedores de 20 pies en eslora y tres en manga, además de los huelgos entre ellos.
- Dos escotillas en manga en las bodegas centrales. Las escotillas de entrepuente no tendrán brazola para no dificultar las carga y sus estiba.
- Entrepunte de altura suficiente para estibar dos contenedores en altura de 8.5 pies, teniendo en cuenta la altura de la brazola, lo que da una altura de entrepuente de unos 3.6 m.
- Las bodegas inferiores son adecuadas para estibar tres contenedores en altura, lo que da una altura desde la línea base hasta el entrepuente de unos 9.5 m.
- El puntal a la cubierta superior resulta del orden de 13.1 m, con calado de 9,5 a 10 m dependiendo del peso muerto.

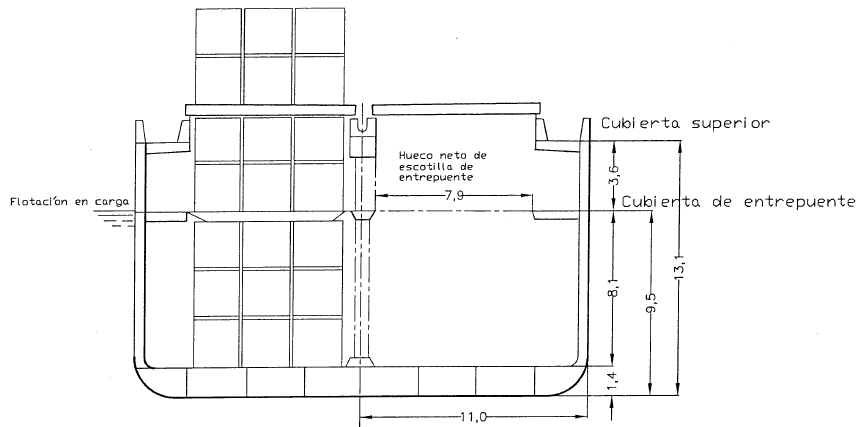
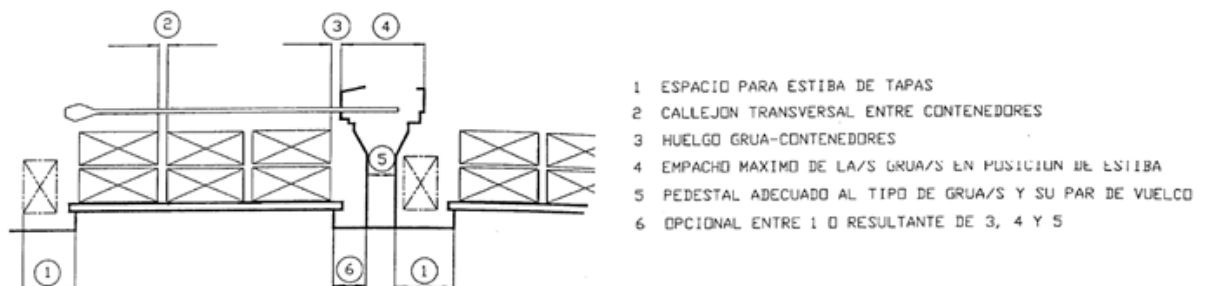


Figura 2.6.2.- Sección transversal de un carguero con doble escotilla. Carga de contenedores.

- La manga del buque viene determinada por la estabilidad. En el caso de puntales del orden de 13 m, la manga necesaria es del orden de 22 m.
- Las tapas de escotilla tienen que soportar la carga de 2 a 3 contenedores en altura, teniendo en cuenta la visibilidad desde el puente de gobierno.

Las características anteriores nos indican que las dimensiones de manga y puntal del buque proyecto están cercanas a 22 m y 13.1 m respectivamente, lo que supone un punto de partida para calcular las dimensiones iniciales transversalmente.

En este tipo de buque, una primera estimación de la eslora se puede hacer teniendo en cuenta los contenedores que va a llevar en eslora en cada bodega, sus huelgos, y junto con la estimación de la dimensión en eslora de cada medio de carga y la estiba de las tapas de escotilla, permitirá obtener la eslora aproximada de cada bodega. A eso se le suma la eslora estimada de la cámara de máquinas y la de los piques de proa y popa.



## 2.- RELACIÓN DE BUQUES SIMILARES

No es fácil obtener datos de buques de este tipo, por lo que ha habido que remontarse a buques desde hace 30 años para obtener la siguiente relación.

Los dos últimos buques de la relación son buques multipropósito, que son algo mayores que el de proyecto y no podrían pasar por el canal de San Lorenzo cuya manga máxima es de 23.1 m.

Como ha quedado establecido anteriormente, según el libro "El proyecto básico del buque mercante", un buque de las características del de proyecto tendrá una manga de unos 22 m y un puntal de unos 13 m como se ve en los buques ELBELAND, MOSEL Y BRUGE.

Nombre	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)	P.M. (t)	$\Delta$ (t)	$C_b$	$V_s$ (Kn)	Nº conte.	Vol. m <sup>3</sup> Bodegas
ELBELAND	150.5	22.85	12.75	9.67	17760	24370	0.71	17.2	723	25037
AESA 80501	148	22.80	13.80	10.28	19000	25245	0.71	17		25485
MOSEL	153.5	22.85	12.75	9.62	18000			17	723	27389
BRUGGE	153.8	22.86	13.80	10.25	19000			17.2	700	25825
MONSUN	146	23.05	13.40	10.18	17300			17	604	25600
ORBITA	152.5	22.25	13.40	9.85	18080		0.70	18	309	24306
MARCHEN MAERSK	163.2	25.91	14.73	9.35	17000			21	628	26335
VAN DYCK	153.1	25.6	13.7	9.99	20632	29469	0.73	17.2	601	31593
YAMOUSO- URRO	146	24	13.30	9.80	16750			17.5	470	25200
VARICARGO	144.1	21.2	12.90	9.60	18500			15		26000
STADION- GRACHT	160.7	25.3	14.38	10.74	20760			19.5		23795
CN AUSTRAL	164	27.0	14.6	10.0	20760			18		31177

De la base de datos anterior podemos acotar las dimensiones principales del barco proyecto, lo que nos permitirá establecer una serie de alternativas que se evaluarán en función de una cifra de mérito.

En principio, el buque más parecido y del que se dispone también del dato del desplazamiento es el que se ha colocado en primer lugar de la relación. Es algo más lento, tiene un

volumen de bodegas algo mayor, de lo que deduce que el coeficiente de bloque debe ser algo mayor que el del buque proyecto. Se considerará como buque base el llamado ELBELAND.

### 3.- DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA INICIAL. MÉTODO DEL BUQUE BASE.

Este método consiste en la extrapolación de las características del buque base mediante correlaciones que han sido comprobadas por la experiencia.

Una primera estimación del desplazamiento del buque proyecto se puede obtener considerando constante la relación peso muerto a desplazamiento del buque base:

$$\frac{PM_{BP}}{\Delta_{BP}} = \frac{PM_{BB}}{\Delta_{BB}} \Rightarrow \Delta_{BP} = PM_{BP} * \frac{\Delta_{BB}}{PM_{BB}} = 18000 * \frac{24370}{17760} = 24700 \text{ t}$$

Con los pocos datos de los que se dispone en esta fase, se estima que el desplazamiento de nuestro buque será aproximadamente de 24700 t.

La eslora la podemos estimar a partir de la relación:

$$\frac{L_{BP}}{\Delta_{BP}^{1/3}} = \frac{L_{BB}}{\Delta_{BB}^{1/3}} \Rightarrow L_{BP} = L_{BB} * \left( \frac{\Delta_{BP}}{\Delta_{BB}} \right)^{1/3} = 150.5 * \left( \frac{24700}{24370} \right)^{1/3} = 151.2 \text{ m}$$

La manga se puede estimar mediante la relación:

$$\frac{L_{BP}}{B_{BP}} = \frac{L_{BB}}{B_{BB}} \Rightarrow B_{BP} = B_{BB} * \left( \frac{L_{BP}}{L_{BB}} \right) = 22.85 * \frac{151.2}{150.5} = 22.96 \text{ m}$$

El puntal se puede estimar a partir de la relación:

$$\frac{V \text{ bod.}_{BP}}{L_{BP} * B_{BP} * D_{BP}} = \frac{V \text{ bod.}_{BB}}{L_{BB} * B_{BB} * D_{BB}} \Rightarrow D_{BP} = \frac{L_{BB} * B_{BB} * D_{BB}}{L_{BP} * B_{BP}} * \frac{V \text{ bod.}_{BP}}{V \text{ bod.}_{BB}}$$

$$D_{BP} = \frac{150.5 * 22.85 * 12.75}{151.2 * 22.96} * \frac{24000}{25037} = 12.11 \text{ m}$$

El valor obtenido en esta relación no es válido, es muy bajo, pues según lo mencionado en el

apartado 1, el puntal de este tipo de buque, con carga de 5 contenedores en puntal, es de unos 13 m. Si tomamos como puntal del buque proyecto 13 m y no 12.11m, aparentemente hay un aumento del volumen de bodegas del barco proyecto sobre el base, cuando tiene realmente menos. La explicación es que a cambio el buque proyecto tendrá un coeficiente de bloque menor al tener una velocidad de servicio 1 nudo mayor, lo que disminuirá el volumen de bodegas con respecto al buque base. Por tanto, vemos que basarnos solo en una estimación sencilla a partir de relaciones del buque base, no es suficiente para tener garantías de un correcto dimensionamiento.

Para estimar el coeficiente de bloque se puede utilizar la fórmula de Alexander, donde el parámetro K lo obtendremos aplicándola al buque base, ya que conocemos su coeficiente de bloque. El valor de la velocidad es en pruebas, por lo que aumentaremos un nudo la de servicio:

$$C_b = K - \frac{V}{2 * \sqrt{3.28 * L_{PP}}} \Rightarrow K = 0.71 + \frac{18.2}{2 * \sqrt{3.28 * 150.5}} = 1.1196$$

$$C_{bBP} = 1.1196 - \frac{19}{2 * \sqrt{3.28 * 151.2}} = 0.693$$

Estos datos nos dan un calado aproximado del buque proyecto de:

$$T_{BP} = \frac{\Delta}{L * B * C_b} = \frac{24700}{151.2 * 22.95 * 0.693} = 10.27 \text{ m}$$

Los datos obtenidos son solo indicativos, por lo que se necesita un método más fiable.

#### **4.- DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS BASADAS EN LA BASE DE DATOS MEDIANTE CIFRA DE MÉRITO.**

La primera alternativa ha sido generada para poder tener una primera estimación de las dimensiones del buque proyecto. Es necesario generar más alternativas para poder elegir la óptima en esta primera etapa de proyecto. El proceso de generación de alternativas es el siguiente:

- Tomamos los siguientes datos y los fijamos: B/D, B/T, L0, B0, ΔL y ΔB, donde L0 y B0 son, respectivamente, unos valores mínimos que fijamos para la eslora y la manga en función de



la primera alternativa y de la base de datos. Los dos incrementos son las variaciones que iremos dando a la eslora y la manga para generar las alternativas. En cuanto a las relaciones B/D y B/T, según los apuntes de proyectos son, para este tipo de barcos:

$1.5 < B/D < 1.8$  ; 1.5 para buque poco estables y 1.8 para buque con buena estabilidad

$2.3 < B/T < 2.8$  ; 2.3 menor resistencia al avance

Tomaremos en principio  $B/D = 1.8$ , pues nos interesa buena estabilidad, ya que va a llevar carga sobre cubierta y  $B/T = 2.3$  para menor resistencia al avance.

- A continuación se forman las tablas en hoja de cálculo. Se variará la manga entre 23.1 m, máximo valor para pasar por el canal de San Lorenzo y 22.7 m, en incrementos de 0.05 m. Para cada valor de la manga se variará la eslora de medio en medio metro entre 150 m y 160 m, que es donde ya hemos estimado que estará la del buque proyecto. Con las relaciones B/T y B/D se obtendrán el calado y puntal de cada alternativa y se estimará el valor del francobordo para descartar aquellas alternativas cuyas relaciones de calado y puntal que no lo cumplan.

Las columnas de las tablas que se presentan al final del cuadernillo se refieren a los siguientes valores, donde las fórmulas de estimación están obtenidas de apuntes de proyectos de la ETSIN (UPM) y método de estimación del peso en rosca de J. L. García Garcés y M. Meizoso:

- Eslora entre perpendiculares
- Manga
- Puntal, calculado a partir de la relación B/D
- Calado, calculado a partir de la relación B/T
- K es el coeficiente de Alexander para estimar el coeficiente de bloque de cada alternativa
- Coeficiente de bloque por la fórmula de Alexander
- Volumen de carena obtenido de las dimensiones y coeficiente de bloque.
- Coeficiente de la maestra calculado por la fórmula de Kerlen:

$$C_M = 1.006 - 0.0056 * C_B^{-3.56}$$

- Coeficiente prismático, cociente entre  $C_B$  y  $C_M$
- Coeficiente de la flotación calculado por la fórmula de J. Torroja, (apuntes de proyectos):

$$C_F = 0.248 + 0.7778 * C_B$$

- Francobordo mínimo, calculado a partir del cálculo simplificado del libro "El proyecto básico del buque mercante, basado en el convenio de líneas de carga de 1966. A partir del francobordo tabular se han calculado las correcciones por coeficiente de bloque, por puntal y por superestructuras considerando una relación E/L de 0.3.
- D – T – F.B.: Se comprueba la reserva de francobordo mediante puntal menos calado menos francobordo. Si es menor que cero se descarta la alternativa.
- BHP: predicción de potencia calculada a partir del método de Watson:

$$BHP = \frac{0.889 * \Delta^{2/3} * \left( 40 - \frac{L_{PP}}{61} + 400 * (K - 1)^2 - 12 * C_B \right) * V^3}{15000 - 1.81 * N * L_{PP}^{0.5}}$$

donde la velocidad en nudos es en pruebas y las revoluciones del motor, se supondrán para el cálculo en 120 rpm, ya que es un motor lento.

- WME: peso del motor propulsor: se ha supuesto un valor de 300 t después de ver en catálogos motores de una potencia aproximada a la que sale en las diferentes alternativas.
- WRP: peso restante de la maquinaria propulsora  $WRP = K_m * MCO^{0.7}$ , con  $K_m = 0.56$  para cargueros y MCO, la máxima potencia continua del motor obtenida en cada alternativa.
- WQP: suma de pesos WME y WMQ.
- VMQ: volumen de la cámara de máquinas  $WMQ = 0.85 * L_{CM} * B * (D - D_{DFM}) * C_B$ , con  $L_{CM}$  eslora de cámara de máquinas obtenida por  $L_{CM} = 0.102 * L_{PP}^{0.94} + 0.273 * MCO^{0.375}$ , y  $D_{DFM}$  es la altura del doble fondo de cámara de máquinas que se ha estimado en 1.70 m.

- WQR: peso restante de la maquinaria, calculado como  $WQR = 0.03 * VMQ$ .
- WQ: peso de la maquinaria, suma de pesos WQP y WQR.
- WST: peso de acero calculado por el método directo de J. L. García Garcés:

$$WST = K_{ex} * 0.0293 * L_{pp}^{1.5} * B * D^{0.5}$$

donde  $K_{ex} = 1$ .

- WOA: peso de habilitación y equipos, calculado por el método directo  $WOA = K_e * L_{pp} * B$ , con  $K_e = 0.45$  para buque de carga de estándar alto.
- WR: peso del buque en rosca, suma de  $WST + WQ + WOA$
- $I_1$ : índice de mérito que tiene en cuenta el aprovechamiento del volumen de carga. Interesa que sea alto.

$$I_1 = \frac{V_{\text{Bodegas}}}{L * B * D}$$

- $I_2$ : índice de mérito relativo a la relación peso muerto/desplazamiento. Interesa que sea alto.

$$I_2 = \frac{TPM}{\Delta}$$

- $I_3$ : índice de almirantazgo. Interesa que sea alto.

$$I_3 = \frac{V^3 * TPM^{2/3}}{BHP} ; V \text{ es la velocidad de pruebas en nudos}$$

- $I_4$ : índice de mérito relativo al volumen ocupado por el lastre. Interesa que sea bajo. Se supondrá que el volumen de lastre es el del buque base, que es de  $7000 \text{ m}^3$ .

$$I_4 = \frac{V_{\text{lastre}}}{L * B * D}$$

- $I_5$ : índice de mérito que relaciona el peso de la estructura con el desplazamiento. Interesa que sea bajo.

$$I_5 = \frac{WST}{\Delta}$$

Para calcular el índice de mérito total, los índices de mérito se ponderarán según el siguiente criterio:

$$I_m = \frac{3 * I_1 + 2 * I_2 + 1 * I_3 + 2 * (1 - I_4) + 3 * (1 - I_5)}{3 + 2 + 1 + 2 + 3}$$

## 5.- ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA FINAL

Calculado el índice de mérito total, se elige la alternativa que parezca más adecuada. Para ello hay que eliminar alternativas no viables. En primer lugar se eliminan aquellas en las que la reserva de francobordo es negativa. Esto ha ocasionado que la relación inicial de B/D = 1.8 no se haya podido utilizar, al salir negativa la reserva de francobordo. Se ha bajado la relación a 1.74, la cual da suficiente reserva de francobordo en todas las alternativas.

Para esta nueva relación, la siguiente eliminación de alternativas es de aquellas en las que el peso en rosca, calculado mediante desglose con las fórmulas antes mostradas, más el peso muerto, sea mayor que el desplazamiento obtenido a partir de las dimensiones y del coeficiente de bloque. Estas alternativas no son válidas y aparecen en la hoja de cálculo con un NO en la columna filtro.

De las alternativas que cumplan los requisitos anteriores se ve las que dan el máximo valor de la cifra de mérito y se analiza cual es la alternativa final elegida.

A continuación se muestra los resultados de las 168 alternativas obtenidas, señalando como óptimas las 95, 117 y 139 con valores de  $I_m$ , 29.445, 29.451 y 29,459 respectivamente.

Las dimensiones de estas alternativas son:

Alternativa 95:  $L_{pp} = 155 \text{ m}$  ;  $B = 22.90 \text{ m}$  ;  $D = 13.16 \text{ m}$  ;  $T = 9.96 \text{ m}$

Alternativa 117:  $L_{pp} = 155,5 \text{ m}$  ;  $B = 22.85 \text{ m}$  ;  $D = 13.13 \text{ m}$  ;  $T = 9.93 \text{ m}$

Alternativa 139:  $L_{pp} = 156 \text{ m}$  ;  $B = 22.80 \text{ m}$  ;  $D = 13.10 \text{ m}$  ;  $T = 9.91 \text{ m}$

De estas tres, la de mayor cifra de mérito es la 139, lo que nos da como óptimo, un buque de dimensiones y coeficientes:

$$L_{pp} = 156 \text{ m} ; B = 22.80 \text{ m} ; D = 13.10 \text{ m} ; T = 9.91 \text{ m}$$

$$C_B = 0.699 ; C_M = 0.986 ; C_p = 0.71 ; \nabla = 24668 \text{ m}^3 ; \text{BHP} = 14864 \text{ C.V.}$$

Al final del cuadernillo se muestran los resultados de la hoja de cálculo.

Con estos datos, hay que estimar la estabilidad inicial.

El puntal está de acuerdo con lo expresado en el apartado 1, referente a las características de estos buques obtenidas del libro " El proyecto básico del buque mercante". La manga es superior a 22 m , luego cumple. Con 22.80 m de manga se pueden llevar 9 contenedores en manga sobre cubierta, ya que teniendo en cuenta los 8 huelgos necesarios entre contenedores, de 80 mm cada uno, necesitamos una manga mínima de valor 22.59 m:

$$B = 9 * 8 * 0.3048 + 8 * 0.080 = 22.59 \text{ m} < 22.80 \text{ m}$$

## 6.- COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD INICIAL A PLENA CARGA

La estabilidad inicial a plena carga viene medida por el valor de la altura metacéntrica GM, que se obtiene a partir de la expresión:

$$GM = KM - KG$$

donde KM la ordenada del metacentro y KG la ordenada del centro de gravedad del buque. Las ordenadas se miden sobre la línea de base y en esta fase del proyecto hay que aproximarlas mediante expresiones que dependen de las características principales.

- **Estimación de KM:** vamos a utilizar la fórmula de Schneekluth.

$$KM = B * \left( C * \frac{0.08 * B}{\sqrt{C_M * T}} + \frac{0.9 - 0.3 * C_M - 0.1 * C_B}{B/T} \right) =$$

$$= 22.8 * \left( 0.884 * \frac{0.08 * 22.8}{\sqrt{0.986 * 9.91}} + \frac{0.9 - 0.3 * 0.986 - 0.1 * 0.699}{22.8 / 9.91} \right) = 9.030 \text{ m}$$

donde

$$C = \frac{C_{wp}}{C_{wn}} = \frac{C_F}{1 + \frac{2 * C_B}{\sqrt{C_M}}} = \frac{3 * 0.71}{1 + \frac{2 * 0.699}{\sqrt{0.986}}} = 0.884$$

#### - Estimación de KG:

**KG del peso de acero:** vamos a utilizar la fórmula de Schneekluth que nos da la altura del centro de gravedad de la estructura de acero sin superestructuras ni casetas, como porcentaje del puntal más correcciones.

$$\begin{aligned} \text{KG}_{\text{WST}} (\%D) &= \frac{\left( 48 + \frac{0.15 * (0.85 - \text{CBD}) * L_{\text{PP}}^2}{D^2} \right) * DA}{D} = \\ &= \frac{\left( 48 + \frac{0.15 * (0.85 - 0.734) * 156^2}{13.1^2} \right) * 13.1}{13.1} = 50.47\% * D \end{aligned}$$

donde DA es el puntal medio en metros, corregido por arrufo y volumen de escotillas, y CBD vale:

$$\text{CBD} = C_B + 0.35 * \frac{D - T}{T} * (1 - C_B) = 0.7 + 0.35 * \frac{13.1 - 9.91}{9.91} * (1 - 0.699) = 0.734$$

Correcciones:

- Existe bulbo de proa: -0.4 % D → el buque proyecto llevará bulbo
- $\frac{L_{\text{PP}}}{B} \neq 6.5 \Rightarrow +0.8\% D$  por cada  $\frac{\Delta L_{\text{PP}}}{B} = \pm 1 \rightarrow$  No hay corrección

Aplicando las correcciones obtenemos:

$$\text{KG}_{\text{WST}} = \frac{D}{100} * (\% \text{KG}_{\text{WST}} + \text{Corr}_1 + \text{Corr}_2) = \frac{13.10}{100} * (50.47 - 0.4 + 0) = 6.559 \text{ m}$$

**KG de la maquinaria propulsora y auxiliar:** usamos el método de Kupras.

$$KG_{WQ} = 0.17 * T + 0.36 * D = 0.17 * 9.91 + 0.36 * 13.1 = 6.401 \text{ m}$$

**KG del equipo de habilitación:** usamos el método de Kupras.

$$KG_{WOA} = D + 1.25 + 0.01 * (L_{PP} - 125) = 13.1 + 1.25 + 0.01 * (156 - 125) = 14.66 \text{ m}$$

**KG del buque en rosca:**

Con los dos valores anteriores y los pesos obtenidos en la alternativa elegida, se obtiene:

$$\begin{aligned} KG_{WR} &= \frac{WST * KG_{WST} + WQ * KG_{WQ} + WOA * KG_{WOA}}{WST + WQ + WOA} = \\ &= \frac{4712 * 6.559 + 967 * 6.401 + 1601 * 14.66}{4712 + 967 + 1601} = \frac{60566.44}{7280} = 8.320 \text{ m} \end{aligned}$$

Entonces, el GM del peso en rosca es:

$$GM_{rosca} = KM - KG = 9.030 - 8.320 = 0.71 \text{ m}$$

**KG del peso muerto:**

Se estima de la siguiente forma:

$$KG_{DW} = F_{DF} + 0.5 * D_{Bodegas} = 1.5 + 0.5 * (13.1 - 1.5) = 7.3 \text{ m}$$

donde  $D_{DF}$  es la altura del doble fondo en la zona de bodegas, que en nuestro caso será de 1.5 m, y  $D_{Bodegas}$  es la diferencia entre el puntal y la altura de doble fondo.

**KG del buque en carga:**

Con los dos valores anteriores se obtiene:

$$KG = \frac{WR * KG_{WR} + DW * KG_{DW}}{WR + DW} = \frac{7280 * 8.32 + 18000 * 7.3}{7280 + 18000} = 7.59 \text{ m}$$

**Cálculo de GM:**

Con los datos anteriores se puede obtener la estimación del GM inicial del buque proyecto:

$$GM = KM - KG = 9.030 - 7.590 = 1.440 \text{ m}$$

En principio supondremos un valor corrector por superficies libres de 0,3 m, con lo que el GM real aproximado será:

$$GM = 1.44 - 0.3 = 1.14 \text{ m} \rightarrow \text{la estimación de la estabilidad inicial es adecuada}$$

**7.- RELACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Altern.	Lm)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	∇ (m³)	Cm	Cp	Cw	F.B.	D-T-F.B	MCO CV
1	150	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,691	24058	0,985	0,702	0,786	3004	0,228	14639
2	150,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,692	24163	0,985	0,702	0,786	3007	0,225	14679
3	151	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,693	24268	0,985	0,703	0,787	3010	0,223	14720
4	151,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,693	24373	0,985	0,704	0,787	3013	0,220	14761
5	152	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,694	24478	0,985	0,704	0,788	3016	0,217	14802
6	152,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,695	24584	0,986	0,705	0,789	3019	0,213	14842
7	153	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,696	24689	0,986	0,706	0,789	3023	0,210	14883
8	153,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,696	24794	0,986	0,706	0,790	3026	0,206	14923
9	154	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,697	24900	0,986	0,707	0,790	3030	0,203	14964
10	154,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,698	25005	0,986	0,708	0,791	3034	0,198	15004
11	155	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,698	25110	0,986	0,708	0,791	3038	0,194	15045
12	155,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,699	25216	0,986	0,709	0,792	3042	0,190	15085
13	156	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,700	25321	0,986	0,710	0,792	3046	0,186	15125
14	156,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,700	25427	0,986	0,710	0,793	3049	0,183	15166
15	157	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,701	25532	0,986	0,711	0,793	3052	0,180	15206
16	157,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,702	25638	0,986	0,711	0,794	3055	0,177	15246
17	158	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,702	25744	0,986	0,712	0,794	3059	0,174	15286
18	158,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,703	25849	0,986	0,713	0,795	3062	0,171	15326
19	159	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,704	25955	0,986	0,713	0,795	3065	0,168	15366
20	159,5	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,704	26061	0,986	0,714	0,796	3068	0,164	15406
21	160	23,1	13,28	10,04	1,1196	0,705	26167	0,987	0,715	0,796	3071	0,161	15446
22	150	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,691	23954	0,985	0,702	0,786	2997	0,228	14596
23	150,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,692	24058	0,985	0,702	0,786	3000	0,226	14637
24	151	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,693	24163	0,985	0,703	0,787	3002	0,223	14678
25	151,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,693	24268	0,985	0,704	0,787	3005	0,220	14718
26	152	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,694	24373	0,985	0,704	0,788	3008	0,217	14759
27	152,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,695	24477	0,986	0,705	0,789	3012	0,213	14799



Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	Lm)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	$\nabla$ (m <sup>3</sup> )	Cm	Cp	Cw	F.B.	D-T-F.B	MCO
28	153	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,696	24582	0,986	0,706	0,789	3016	0,210	14840
29	153,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,696	24687	0,986	0,706	0,790	3019	0,206	14880
30	154	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,697	24792	0,986	0,707	0,790	3023	0,203	14921
31	154,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,698	24897	0,986	0,708	0,791	3027	0,199	14961
32	155	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,698	25002	0,986	0,708	0,791	3031	0,195	15001
33	155,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,699	25107	0,986	0,709	0,792	3035	0,190	15042
34	156	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,700	25212	0,986	0,710	0,792	3039	0,186	15082
35	156,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,700	25317	0,986	0,710	0,793	3042	0,183	15122
36	157	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,701	25422	0,986	0,711	0,793	3045	0,180	15162
37	157,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,702	25527	0,986	0,711	0,794	3048	0,177	15202
38	158	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,702	25632	0,986	0,712	0,794	3051	0,174	15242
39	158,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,703	25738	0,986	0,713	0,795	3055	0,171	15282
40	159	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,704	25843	0,986	0,713	0,795	3058	0,168	15322
41	159,5	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,704	25948	0,986	0,714	0,796	3061	0,165	15362
42	160	23,05	13,25	10,02	1,1196	0,705	26053	0,987	0,715	0,796	3064	0,162	15402
43	150	23	13,22	10,00	1,1196	0,691	23850	0,985	0,702	0,786	2990	0,228	14554
44	150,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,692	23954	0,985	0,702	0,786	2993	0,226	14595
45	151	23	13,22	10,00	1,1196	0,693	24058	0,985	0,703	0,787	2995	0,223	14635
46	151,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,693	24163	0,985	0,704	0,787	2998	0,220	14676
47	152	23	13,22	10,00	1,1196	0,694	24267	0,985	0,704	0,788	3001	0,217	14716
48	152,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,695	24371	0,986	0,705	0,789	3005	0,214	14757
49	153	23	13,22	10,00	1,1196	0,696	24476	0,986	0,706	0,789	3008	0,210	14797
50	153,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,696	24580	0,986	0,706	0,790	3012	0,207	14837
51	154	23	13,22	10,00	1,1196	0,697	24684	0,986	0,707	0,790	3015	0,203	14878
52	154,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,698	24789	0,986	0,708	0,791	3020	0,199	14918
53	155	23	13,22	10,00	1,1196	0,698	24893	0,986	0,708	0,791	3024	0,195	14958
54	155,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,699	24998	0,986	0,709	0,792	3028	0,191	14998
55	156	23	13,22	10,00	1,1196	0,700	25103	0,986	0,710	0,792	3032	0,187	15038
56	156,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,700	25207	0,986	0,710	0,793	3035	0,183	15078
57	157	23	13,22	10,00	1,1196	0,701	25312	0,986	0,711	0,793	3038	0,180	15118
58	157,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,702	25417	0,986	0,711	0,794	3041	0,177	15158
59	158	23	13,22	10,00	1,1196	0,702	25521	0,986	0,712	0,794	3044	0,174	15198
60	158,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,703	25626	0,986	0,713	0,795	3047	0,171	15238
61	159	23	13,22	10,00	1,1196	0,704	25731	0,986	0,713	0,795	3050	0,168	15278
62	159,5	23	13,22	10,00	1,1196	0,704	25836	0,986	0,714	0,796	3054	0,165	15317
63	160	23	13,22	10,00	1,1196	0,705	25941	0,987	0,715	0,796	3057	0,162	15357
64	150	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,691	23747	0,985	0,702	0,786	2983	0,228	14512
65	150,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,692	23850	0,985	0,702	0,786	2985	0,226	14552
66	151	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,693	23954	0,985	0,703	0,787	2988	0,223	14593
67	151,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,693	24058	0,985	0,704	0,787	2991	0,220	14633
68	152	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,694	24162	0,985	0,704	0,788	2994	0,217	14674
69	152,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,695	24265	0,986	0,705	0,789	2998	0,214	14714
70	153	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,696	24369	0,986	0,706	0,789	3001	0,210	14754

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	Lm)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	$\nabla$ (m <sup>3</sup> )	Cm	Cp	Cw	F.B.	D-T-F.B	MCO
71	153,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,696	24473	0,986	0,706	0,790	3005	0,207	14794
72	154	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,697	24577	0,986	0,707	0,790	3008	0,203	14834
73	154,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,698	24681	0,986	0,708	0,791	3012	0,199	14875
74	155	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,698	24785	0,986	0,708	0,791	3016	0,195	14915
75	155,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,699	24889	0,986	0,709	0,792	3021	0,191	14955
76	156	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,700	24993	0,986	0,710	0,792	3025	0,187	14995
77	156,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,700	25098	0,986	0,710	0,793	3028	0,184	15034
78	157	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,701	25202	0,986	0,711	0,793	3031	0,181	15074
79	157,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,702	25306	0,986	0,711	0,794	3034	0,177	15114
80	158	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,702	25410	0,986	0,712	0,794	3037	0,174	15154
81	158,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,703	25515	0,986	0,713	0,795	3040	0,171	15194
82	159	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,704	25619	0,986	0,713	0,795	3043	0,168	15233
83	159,5	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,704	25723	0,986	0,714	0,796	3046	0,165	15273
84	160	22,95	13,19	9,98	1,1196	0,705	25828	0,987	0,715	0,796	3049	0,162	15313
85	150	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,691	23643	0,985	0,702	0,786	2976	0,229	14470
86	150,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,692	23746	0,985	0,702	0,786	2978	0,226	14510
87	151	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,693	23850	0,985	0,703	0,787	2981	0,224	14550
88	151,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,693	23953	0,985	0,704	0,787	2984	0,221	14591
89	152	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,694	24056	0,985	0,704	0,788	2987	0,218	14631
90	152,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,695	24160	0,986	0,705	0,789	2990	0,214	14671
91	153	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,696	24263	0,986	0,706	0,789	2994	0,210	14711
92	153,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,696	24367	0,986	0,706	0,790	2997	0,207	14751
93	154	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,697	24470	0,986	0,707	0,790	3001	0,203	14791
94	154,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,698	24574	0,986	0,708	0,791	3005	0,199	14831
95	155	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,698	24677	0,986	0,708	0,791	3009	0,195	14871
96	155,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,699	24781	0,986	0,709	0,792	3013	0,191	14911
97	156	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,700	24885	0,986	0,710	0,792	3017	0,187	14951
98	156,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,700	24988	0,986	0,710	0,793	3021	0,184	14991
99	157	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,701	25092	0,986	0,711	0,793	3024	0,181	15031
100	157,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,702	25196	0,986	0,711	0,794	3027	0,178	15070
101	158	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,702	25300	0,986	0,712	0,794	3030	0,175	15110
102	158,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,703	25404	0,986	0,713	0,795	3033	0,171	15150
103	159	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,704	25508	0,986	0,713	0,795	3036	0,168	15189
104	159,5	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,704	25612	0,986	0,714	0,796	3039	0,165	15229
105	160	22,9	13,16	9,96	1,1196	0,705	25715	0,987	0,715	0,796	3042	0,162	15268
106	150	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,691	23540	0,985	0,702	0,786	2969	0,229	14428
107	150,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,692	23643	0,985	0,702	0,786	2971	0,226	14468
108	151	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,693	23746	0,985	0,703	0,787	2974	0,224	14508
109	151,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,693	23849	0,985	0,704	0,787	2977	0,221	14548
110	152	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,694	23951	0,985	0,704	0,788	2980	0,218	14588
111	152,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,695	24054	0,986	0,705	0,789	2983	0,214	14628
112	153	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,696	24157	0,986	0,706	0,789	2987	0,211	14668
113	153,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,696	24260	0,986	0,706	0,790	2990	0,207	14708

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	Lm)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	$\nabla$ (m <sup>3</sup> )	Cm	Cp	Cw	F.B.	D-T-F.B	MCO
114	154	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,697	24363	0,986	0,707	0,790	2994	0,203	14748
115	154,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,698	24467	0,986	0,708	0,791	2998	0,199	14788
116	155	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,698	24570	0,986	0,708	0,791	3002	0,195	14828
117	155,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,699	24673	0,986	0,709	0,792	3006	0,191	14868
118	156	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,700	24776	0,986	0,710	0,792	3010	0,187	14908
119	156,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,700	24879	0,986	0,710	0,793	3013	0,184	14947
120	157	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,701	24983	0,986	0,711	0,793	3016	0,181	14987
121	157,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,702	25086	0,986	0,711	0,794	3020	0,178	15026
122	158	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,702	25189	0,986	0,712	0,794	3023	0,175	15066
123	158,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,703	25293	0,986	0,713	0,795	3026	0,172	15106
124	159	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,704	25396	0,986	0,713	0,795	3029	0,169	15145
125	159,5	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,704	25500	0,986	0,714	0,796	3032	0,165	15184
126	160	22,85	13,13	9,93	1,1196	0,705	25603	0,987	0,715	0,796	3035	0,162	15224
127	150	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,691	23437	0,985	0,702	0,786	2961	0,229	14386
128	150,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,692	23539	0,985	0,702	0,786	2964	0,227	14426
129	151	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,693	23642	0,985	0,703	0,787	2966	0,224	14466
130	151,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,693	23744	0,985	0,704	0,787	2969	0,221	14506
131	152	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,694	23847	0,985	0,704	0,788	2973	0,218	14546
132	152,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,695	23949	0,986	0,705	0,789	2976	0,214	14586
133	153	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,696	24052	0,986	0,706	0,789	2980	0,211	14626
134	153,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,696	24154	0,986	0,706	0,790	2983	0,207	14666
135	154	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,697	24257	0,986	0,707	0,790	2987	0,204	14705
136	154,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,698	24360	0,986	0,708	0,791	2991	0,200	14745
137	155	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,698	24462	0,986	0,708	0,791	2995	0,195	14785
138	155,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,699	24565	0,986	0,709	0,792	2999	0,191	14824
139	156	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,699	24668	0,986	0,709	0,792	3003	0,187	14864
140	156,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,700	24771	0,986	0,710	0,793	3006	0,184	14904
141	157	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,701	24874	0,986	0,711	0,793	3009	0,181	14943
142	157,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,702	24976	0,986	0,711	0,794	3012	0,178	14983
143	158	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,702	25079	0,986	0,712	0,794	3015	0,175	15022
144	158,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,703	25182	0,986	0,713	0,795	3019	0,172	15061
145	159	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,704	25285	0,986	0,713	0,795	3022	0,169	15101
146	159,5	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,704	25388	0,986	0,714	0,796	3025	0,166	15140
147	160	22,8	13,10	9,91	1,1196	0,705	25491	0,987	0,715	0,796	3028	0,162	15179
148	150	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,691	23334	0,985	0,702	0,786	2954	0,229	14344
149	150,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,692	23436	0,985	0,702	0,786	2957	0,227	14384
150	151	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,693	23538	0,985	0,703	0,787	2959	0,224	14424
151	151,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,693	23640	0,985	0,704	0,787	2962	0,221	14463
152	152	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,694	23742	0,985	0,704	0,788	2965	0,218	14503
153	152,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,695	23844	0,986	0,705	0,789	2969	0,215	14543
154	153	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,696	23946	0,986	0,706	0,789	2972	0,211	14583
155	153,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,696	24049	0,986	0,706	0,790	2976	0,208	14623
156	154	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,697	24151	0,986	0,707	0,790	2980	0,204	14662

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	Lm)	B(m)	D(m)	T(m)	K	Cb	$\nabla$ (m <sup>3</sup> )	Cm	Cp	Cw	F.B.	D-T-F.B	MCO
157	154,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,698	24253	0,986	0,708	0,791	2984	0,200	14702
158	155	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,698	24355	0,986	0,708	0,791	2988	0,196	14742
159	155,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,699	24457	0,986	0,709	0,792	2992	0,192	14781
160	156	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,700	24560	0,986	0,710	0,792	2996	0,187	14821
161	156,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,700	24662	0,986	0,710	0,793	2999	0,184	14860
162	157	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,701	24765	0,986	0,711	0,793	3002	0,181	14899
163	157,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,702	24867	0,986	0,711	0,794	3005	0,178	14939
164	158	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,702	24969	0,986	0,712	0,794	3008	0,175	14978
165	158,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,703	25072	0,986	0,713	0,795	3011	0,172	15017
166	159	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,704	25175	0,986	0,713	0,795	3015	0,169	15057
167	159,5	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,704	25277	0,986	0,714	0,796	3018	0,166	15096
168	160	22,75	13,07	9,89	1,1196	0,705	25380	0,987	0,715	0,796	3021	0,163	15135

Altern.	L(m)	WME(t)	WRP(t)	WQP(t)	WMQ(m <sup>3</sup> )	WQR(t)	WQ(t)	WST(t)	WOA(t)	WR(t)
1	150	400	461	861	3344,72	100,34	962	4531	1559	7051
2	150,5	400	462	862	3355,38	100,66	963	4553	1564	7081
3	151	400	463	863	3366,04	100,98	964	4576	1570	7110
4	151,5	400	464	864	3376,68	101,30	965	4599	1575	7139
5	152	400	465	865	3387,32	101,62	967	4621	1580	7168
6	152,5	400	466	866	3397,95	101,94	968	4644	1585	7197
7	153	400	467	867	3408,58	102,26	969	4667	1590	7227
8	153,5	400	468	868	3419,19	102,58	970	4690	1596	7256
9	154	400	469	869	3429,80	102,89	971	4713	1601	7285
10	154,5	400	469	869	3440,40	103,21	973	4736	1606	7315
11	155	400	470	870	3450,99	103,53	974	4759	1611	7344
12	155,5	400	471	871	3461,58	103,85	975	4782	1616	7373
13	156	400	472	872	3472,15	104,16	976	4805	1622	7403
14	156,5	400	473	873	3482,72	104,48	977	4828	1627	7432
15	157	400	474	874	3493,28	104,80	979	4851	1632	7462
16	157,5	400	475	875	3503,84	105,12	980	4875	1637	7492
17	158	400	476	876	3514,38	105,43	981	4898	1642	7521
18	158,5	400	476	876	3524,92	105,75	982	4921	1648	7551
19	159	400	477	877	3535,45	106,06	983	4944	1653	7580
20	159,5	400	478	878	3545,97	106,38	985	4968	1658	7610
21	160	400	479	879	3556,49	106,69	986	4991	1663	7640
22	150	400	460	860	3327,50	99,83	960	4516	1556	7032
23	150,5	400	461	861	3338,12	100,14	961	4538	1561	7061
24	151	400	462	862	3348,72	100,46	963	4561	1566	7090
25	151,5	400	463	863	3359,31	100,78	964	4584	1571	7119
26	152	400	464	864	3369,90	101,10	965	4606	1577	7148
27	152,5	400	465	865	3380,48	101,41	966	4629	1582	7177

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	L(m)	WME(t)	WRP(t)	WQP(t)	WMQ(m <sup>3</sup> )	WQR(t)	WQ(t)	WST(t)	WOA(t)	WR(t)
28	153	400	466	866	3391,05	101,73	968	4652	1587	7206
29	153,5	400	467	867	3401,61	102,05	969	4675	1592	7236
30	154	400	468	868	3412,17	102,36	970	4698	1597	7265
31	154,5	400	468	868	3422,71	102,68	971	4721	1603	7294
32	155	400	469	869	3433,25	103,00	972	4743	1608	7324
33	155,5	400	470	870	3443,78	103,31	974	4766	1613	7353
34	156	400	471	871	3454,31	103,63	975	4789	1618	7382
35	156,5	400	472	872	3464,82	103,94	976	4813	1623	7412
36	157	400	473	873	3475,33	104,26	977	4836	1628	7441
37	157,5	400	474	874	3485,83	104,58	978	4859	1634	7471
38	158	400	475	875	3496,33	104,89	979	4882	1639	7500
39	158,5	400	475	875	3506,81	105,20	981	4905	1644	7530
40	159	400	476	876	3517,29	105,52	982	4928	1649	7559
41	159,5	400	477	877	3527,76	105,83	983	4952	1654	7589
42	160	400	478	878	3538,23	106,15	984	4975	1660	7619
43	150	400	459	859	3310,34	99,31	959	4501	1553	7012
44	150,5	400	460	860	3320,90	99,63	960	4524	1558	7041
45	151	400	461	861	3331,45	99,94	961	4546	1563	7070
46	151,5	400	462	862	3341,99	100,26	962	4569	1568	7099
47	152	400	463	863	3352,53	100,58	964	4591	1573	7128
48	152,5	400	464	864	3363,05	100,89	965	4614	1578	7157
49	153	400	465	865	3373,57	101,21	966	4637	1584	7186
50	153,5	400	466	866	3384,08	101,52	967	4660	1589	7216
51	154	400	467	867	3394,58	101,84	968	4682	1594	7245
52	154,5	400	467	867	3405,08	102,15	970	4705	1599	7274
53	155	400	468	868	3415,57	102,47	971	4728	1604	7303
54	155,5	400	469	869	3426,04	102,78	972	4751	1609	7332
55	156	400	470	870	3436,52	103,10	973	4774	1615	7362
56	156,5	400	471	871	3446,98	103,41	974	4797	1620	7391
57	157	400	472	872	3457,44	103,72	976	4820	1625	7420
58	157,5	400	473	873	3467,88	104,04	977	4843	1630	7450
59	158	400	474	874	3478,33	104,35	978	4866	1635	7479
60	158,5	400	474	874	3488,76	104,66	979	4889	1640	7509
61	159	400	475	875	3499,19	104,98	980	4912	1646	7538
62	159,5	400	476	876	3509,61	105,29	982	4935	1651	7568
63	160	400	477	877	3520,02	105,60	983	4959	1656	7597
64	150	400	459	859	3293,23	98,80	957	4486	1549	6993
65	150,5	400	459	859	3303,74	99,11	959	4509	1554	7022
66	151	400	460	860	3314,23	99,43	960	4531	1559	7051
67	151,5	400	461	861	3324,72	99,74	961	4554	1565	7080
68	152	400	462	862	3335,21	100,06	962	4576	1570	7108
69	152,5	400	463	863	3345,68	100,37	963	4599	1575	7137
70	153	400	464	864	3356,14	100,68	965	4622	1580	7166

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	L(m)	WME(t)	WRP(t)	WQP(t)	WMQ(m <sup>3</sup> )	WQR(t)	WQ(t)	WST(t)	WOA(t)	WR(t)
71	153,5	400	465	865	3366,60	101,00	966	4644	1585	7195
72	154	400	466	866	3377,05	101,31	967	4667	1590	7225
73	154,5	400	467	867	3387,49	101,62	968	4690	1596	7254
74	155	400	467	867	3397,93	101,94	969	4713	1601	7283
75	155,5	400	468	868	3408,36	102,25	971	4735	1606	7312
76	156	400	469	869	3418,77	102,56	972	4758	1611	7341
77	156,5	400	470	870	3429,19	102,88	973	4781	1616	7370
78	157	400	471	871	3439,59	103,19	974	4804	1621	7400
79	157,5	400	472	872	3449,99	103,50	975	4827	1627	7429
80	158	400	473	873	3460,38	103,81	976	4850	1632	7458
81	158,5	400	474	874	3470,76	104,12	978	4873	1637	7488
82	159	400	474	874	3481,13	104,43	979	4896	1642	7517
83	159,5	400	475	875	3491,50	104,75	980	4919	1647	7547
84	160	400	476	876	3501,86	105,06	981	4943	1652	7576
85	150	400	458	858	3276,17	98,29	956	4472	1546	6973
86	150,5	400	459	859	3286,62	98,60	957	4494	1551	7002
87	151	400	459	859	3297,07	98,91	958	4517	1556	7031
88	151,5	400	460	860	3307,50	99,23	960	4539	1561	7060
89	152	400	461	861	3317,93	99,54	961	4562	1566	7089
90	152,5	400	462	862	3328,35	99,85	962	4584	1572	7118
91	153	400	463	863	3338,77	100,16	963	4607	1577	7146
92	153,5	400	464	864	3349,17	100,48	964	4629	1582	7175
93	154	400	465	865	3359,57	100,79	966	4652	1587	7204
94	154,5	400	466	866	3369,96	101,10	967	4675	1592	7233
95	155	400	466	866	3380,34	101,41	968	4697	1597	7262
96	155,5	400	467	867	3390,72	101,72	969	4720	1602	7292
97	156	400	468	868	3401,09	102,03	970	4743	1608	7321
98	156,5	400	469	869	3411,44	102,34	971	4766	1613	7350
99	157	400	470	870	3421,80	102,65	973	4788	1618	7379
100	157,5	400	471	871	3432,14	102,96	974	4811	1623	7408
101	158	400	472	872	3442,48	103,27	975	4834	1628	7437
102	158,5	400	473	873	3452,81	103,58	976	4857	1633	7467
103	159	400	473	873	3463,13	103,89	977	4880	1638	7496
104	159,5	400	474	874	3473,45	104,20	979	4903	1644	7525
105	160	400	475	875	3483,76	104,51	980	4926	1649	7555
106	150	400	457	857	3259,16	97,77	954	4457	1542	6954
107	150,5	400	458	858	3269,56	98,09	956	4479	1548	6983
108	151	400	458	858	3279,95	98,40	957	4502	1553	7011
109	151,5	400	459	859	3290,34	98,71	958	4524	1558	7040
110	152	400	460	860	3300,71	99,02	959	4547	1563	7069
111	152,5	400	461	861	3311,08	99,33	960	4569	1568	7098
112	153	400	462	862	3321,44	99,64	962	4592	1573	7126
113	153,5	400	463	863	3331,80	99,95	963	4614	1578	7155

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	L(m)	WME(t)	WRP(t)	WQP(t)	WMQ(m <sup>3</sup> )	WQR(t)	WQ(t)	WST(t)	WOA(t)	WR(t)
114	154	400	464	864	3342,14	100,26	964	4637	1584	7184
115	154,5	400	465	865	3352,48	100,57	965	4659	1589	7213
116	155	400	466	866	3362,81	100,88	966	4682	1594	7242
117	155,5	400	466	866	3373,13	101,19	968	4705	1599	7271
118	156	400	467	867	3383,45	101,50	969	4727	1604	7300
119	156,5	400	468	868	3393,75	101,81	970	4750	1609	7329
120	157	400	469	869	3404,06	102,12	971	4773	1614	7358
121	157,5	400	470	870	3414,35	102,43	972	4796	1619	7387
122	158	400	471	871	3424,63	102,74	973	4818	1625	7417
123	158,5	400	472	872	3434,91	103,05	975	4841	1630	7446
124	159	400	472	872	3445,18	103,36	976	4864	1635	7475
125	159,5	400	473	873	3455,45	103,66	977	4887	1640	7504
126	160	400	474	874	3465,70	103,97	978	4910	1645	7534
127	150	400	456	856	3242,20	97,27	953	4443	1539	6935
128	150,5	400	457	857	3252,54	97,58	954	4465	1544	6963
129	151	400	458	858	3262,88	97,89	955	4487	1549	6992
130	151,5	400	458	858	3273,22	98,20	957	4509	1554	7020
131	152	400	459	859	3283,54	98,51	958	4532	1560	7049
132	152,5	400	460	860	3293,86	98,82	959	4554	1565	7078
133	153	400	461	861	3304,17	99,12	960	4576	1570	7106
134	153,5	400	462	862	3314,47	99,43	961	4599	1575	7135
135	154	400	463	863	3324,76	99,74	963	4621	1580	7164
136	154,5	400	464	864	3335,05	100,05	964	4644	1585	7193
137	155	400	465	865	3345,33	100,36	965	4667	1590	7222
138	155,5	400	465	865	3355,60	100,67	966	4689	1595	7251
139	156	400	466	866	3365,86	100,98	967	4712	1601	7280
140	156,5	400	467	867	3376,12	101,28	968	4734	1606	7309
141	157	400	468	868	3386,37	101,59	970	4757	1611	7338
142	157,5	400	469	869	3396,61	101,90	971	4780	1616	7367
143	158	400	470	870	3406,84	102,21	972	4803	1621	7396
144	158,5	400	471	871	3417,07	102,51	973	4825	1626	7425
145	159	400	472	872	3427,29	102,82	974	4848	1631	7454
146	159,5	400	472	872	3437,50	103,12	975	4871	1636	7483
147	160	400	473	873	3447,70	103,43	977	4894	1642	7512
148	150	400	455	855	3225,28	96,76	952	4428	1536	6915
149	150,5	400	456	856	3235,58	97,07	953	4450	1541	6944
150	151	400	457	857	3245,87	97,38	954	4472	1546	6972
151	151,5	400	457	857	3256,15	97,68	955	4495	1551	7001
152	152	400	458	858	3266,42	97,99	956	4517	1556	7029
153	152,5	400	459	859	3276,68	98,30	958	4539	1561	7058
154	153	400	460	860	3286,94	98,61	959	4561	1566	7087
155	153,5	400	461	861	3297,19	98,92	960	4584	1571	7115
156	154	400	462	862	3307,43	99,22	961	4606	1577	7144

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Altern.	L(m)	WME(t)	WRP(t)	WQP(t)	WMQ(m <sup>3</sup> )	WQR(t)	WQ(t)	WST(t)	WOA(t)	WR(t)
157	154,5	400	463	863	3317,67	99,53	962	4629	1582	7173
158	155	400	464	864	3327,89	99,84	963	4651	1587	7201
159	155,5	400	464	864	3338,11	100,14	965	4674	1592	7230
160	156	400	465	865	3348,32	100,45	966	4696	1597	7259
161	156,5	400	466	866	3358,53	100,76	967	4719	1602	7288
162	157	400	467	867	3368,73	101,06	968	4741	1607	7317
163	157,5	400	468	868	3378,92	101,37	969	4764	1612	7346
164	158	400	469	869	3389,10	101,67	970	4787	1618	7375
165	158,5	400	470	870	3399,27	101,98	972	4810	1623	7404
166	159	400	471	871	3409,44	102,28	973	4832	1628	7433
167	159,5	400	471	871	3419,60	102,59	974	4855	1633	7462
168	160	400	472	872	3429,76	102,89	975	4878	1638	7491

Alternativas	Lm)	I1	I2	I3	I4	I5	I m total	Filtro
1	150	0,52	0,730	321,82	0,1522	0,184	29,908	NO
2	150,5	0,52	0,727	320,92	0,1517	0,184	29,826	NO
3	151	0,52	0,724	320,03	0,1512	0,184	29,744	NO
4	151,5	0,52	0,721	319,15	0,1507	0,184	29,663	NO
5	152	0,51	0,717	318,27	0,1502	0,184	29,582	NO
6	152,5	0,51	0,714	317,40	0,1497	0,184	29,502	0,94
7	153	0,51	0,711	316,54	0,1492	0,184	29,422	79,56
8	153,5	0,51	0,708	315,68	0,1487	0,185	29,343	158,19
9	154	0,51	0,705	314,82	0,1482	0,185	29,264	236,83
10	154,5	0,51	0,702	313,97	0,1477	0,185	29,186	315,47
11	155	0,50	0,699	313,13	0,1473	0,185	29,109	394,12
12	155,5	0,50	0,696	312,29	0,1468	0,185	29,032	472,77
13	156	0,50	0,694	311,46	0,1463	0,185	28,955	551,42
14	156,5	0,50	0,691	310,63	0,1459	0,185	28,879	630,08
15	157	0,50	0,688	309,81	0,1454	0,185	28,803	708,75
16	157,5	0,50	0,685	309,00	0,1449	0,185	28,728	787,42
17	158	0,50	0,682	308,18	0,1445	0,186	28,653	866,10
18	158,5	0,49	0,679	307,38	0,1440	0,186	28,579	944,78
19	159	0,49	0,677	306,58	0,1436	0,186	28,506	1023,46
20	159,5	0,49	0,674	305,78	0,1431	0,186	28,432	1102,15
21	160	0,49	0,671	304,99	0,1427	0,186	28,360	1180,84
22	150	0,52	0,733	322,75	0,1528	0,184	29,994	NO
23	150,5	0,52	0,730	321,85	0,1523	0,184	29,911	NO
24	151	0,52	0,727	320,96	0,1518	0,184	29,829	NO
25	151,5	0,52	0,724	320,07	0,1513	0,184	29,748	NO
26	152	0,52	0,721	319,19	0,1508	0,184	29,667	NO
27	152,5	0,52	0,717	318,32	0,1503	0,185	29,586	NO
28	153	0,51	0,714	317,45	0,1498	0,185	29,506	NO



Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Alternativas	Lm)	I1	I2	I3	I4	I5	I m total	Filtro
29	153,5	0,51	0,711	316,59	0,1493	0,185	29,427	68,44
30	154	0,51	0,708	315,73	0,1489	0,185	29,348	146,70
31	154,5	0,51	0,705	314,88	0,1484	0,185	29,270	224,96
32	155	0,51	0,702	314,04	0,1479	0,185	29,192	303,23
33	155,5	0,51	0,699	313,20	0,1474	0,185	29,115	381,50
34	156	0,50	0,697	312,36	0,1470	0,185	29,038	459,78
35	156,5	0,50	0,694	311,53	0,1465	0,185	28,962	538,06
36	157	0,50	0,691	310,71	0,1460	0,186	28,886	616,35
37	157,5	0,50	0,688	309,89	0,1456	0,186	28,810	694,64
38	158	0,50	0,685	309,08	0,1451	0,186	28,735	772,94
39	158,5	0,50	0,682	308,27	0,1446	0,186	28,661	851,24
40	159	0,49	0,680	307,46	0,1442	0,186	28,587	929,55
41	159,5	0,49	0,677	306,67	0,1437	0,186	28,514	1007,86
42	160	0,49	0,674	305,87	0,1433	0,186	28,441	1086,17
43	150	0,53	0,736	323,69	0,1535	0,184	30,080	NO
44	150,5	0,52	0,733	322,78	0,1530	0,184	29,997	NO
45	151	0,52	0,730	321,89	0,1525	0,184	29,915	NO
46	151,5	0,52	0,727	321,00	0,1520	0,184	29,833	NO
47	152	0,52	0,724	320,12	0,1515	0,185	29,752	NO
48	152,5	0,52	0,721	319,24	0,1510	0,185	29,671	NO
49	153	0,52	0,717	318,37	0,1505	0,185	29,591	NO
50	153,5	0,51	0,714	317,51	0,1500	0,185	29,511	NO
51	154	0,51	0,711	316,65	0,1495	0,185	29,432	56,79
52	154,5	0,51	0,708	315,80	0,1490	0,185	29,354	134,67
53	155	0,51	0,705	314,95	0,1485	0,185	29,276	212,56
54	155,5	0,51	0,702	314,10	0,1481	0,185	29,198	290,46
55	156	0,51	0,700	313,27	0,1476	0,186	29,121	368,36
56	156,5	0,50	0,697	312,44	0,1471	0,186	29,045	446,27
57	157	0,50	0,694	311,61	0,1467	0,186	28,969	524,18
58	157,5	0,50	0,691	310,79	0,1462	0,186	28,893	602,09
59	158	0,50	0,688	309,97	0,1457	0,186	28,818	680,01
60	158,5	0,50	0,685	309,16	0,1453	0,186	28,743	757,94
61	159	0,50	0,682	308,36	0,1448	0,186	28,669	835,86
62	159,5	0,49	0,680	307,55	0,1444	0,186	28,596	913,80
63	160	0,49	0,677	306,76	0,1439	0,186	28,522	991,73
64	150	0,53	0,740	324,63	0,1542	0,184	30,166	NO
65	150,5	0,53	0,736	323,72	0,1537	0,184	30,083	NO
66	151	0,53	0,733	322,83	0,1531	0,185	30,001	NO
67	151,5	0,52	0,730	321,94	0,1526	0,185	29,919	NO
68	152	0,52	0,727	321,05	0,1521	0,185	29,837	NO
69	152,5	0,52	0,724	320,17	0,1516	0,185	29,756	NO
70	153	0,52	0,721	319,30	0,1511	0,185	29,676	NO
71	153,5	0,52	0,718	318,43	0,1507	0,185	29,596	NO

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Alternativas	Lm)	I1	I2	I3	I4	I5	I m total	Filtro
72	154	0,51	0,715	317,57	0,1502	0,185	29,517	NO
73	154,5	0,51	0,712	316,71	0,1497	0,185	29,438	44,61
74	155	0,51	0,709	315,86	0,1492	0,186	29,360	122,12
75	155,5	0,51	0,706	315,02	0,1487	0,186	29,282	199,64
76	156	0,51	0,703	314,18	0,1482	0,186	29,205	277,17
77	156,5	0,51	0,700	313,34	0,1478	0,186	29,128	354,70
78	157	0,51	0,697	312,51	0,1473	0,186	29,052	432,23
79	157,5	0,50	0,694	311,69	0,1468	0,186	28,976	509,77
80	158	0,50	0,691	310,87	0,1464	0,186	28,901	587,31
81	158,5	0,50	0,688	310,06	0,1459	0,186	28,826	664,86
82	159	0,50	0,685	309,25	0,1454	0,186	28,752	742,41
83	159,5	0,50	0,683	308,45	0,1450	0,187	28,678	819,97
84	160	0,50	0,680	307,65	0,1445	0,187	28,604	897,53
85	150	0,53	0,743	325,57	0,1548	0,185	30,253	NO
86	150,5	0,53	0,740	324,67	0,1543	0,185	30,170	NO
87	151	0,53	0,736	323,77	0,1538	0,185	30,087	NO
88	151,5	0,53	0,733	322,87	0,1533	0,185	30,005	NO
89	152	0,52	0,730	321,99	0,1528	0,185	29,923	NO
90	152,5	0,52	0,727	321,10	0,1523	0,185	29,842	NO
91	153	0,52	0,724	320,23	0,1518	0,185	29,762	NO
92	153,5	0,52	0,721	319,36	0,1513	0,185	29,682	NO
93	154	0,52	0,718	318,49	0,1508	0,185	29,602	NO
94	154,5	0,52	0,715	317,64	0,1503	0,186	29,523	NO
95	155	0,51	0,712	316,78	0,1498	0,186	29,445	31,90
96	155,5	0,51	0,709	315,93	0,1494	0,186	29,367	109,05
97	156	0,51	0,706	315,09	0,1489	0,186	29,289	186,20
98	156,5	0,51	0,703	314,26	0,1484	0,186	29,212	263,35
99	157	0,51	0,700	313,42	0,1479	0,186	29,136	340,51
100	157,5	0,51	0,697	312,60	0,1475	0,186	29,060	417,68
101	158	0,50	0,694	311,78	0,1470	0,186	28,984	494,84
102	158,5	0,50	0,691	310,96	0,1465	0,187	28,909	572,01
103	159	0,50	0,688	310,15	0,1461	0,187	28,834	649,19
104	159,5	0,50	0,686	309,35	0,1456	0,187	28,760	726,37
105	160	0,50	0,683	308,55	0,1452	0,187	28,687	803,55
106	150	0,53	0,746	326,52	0,1555	0,185	30,341	NO
107	150,5	0,53	0,743	325,61	0,1550	0,185	30,257	NO
108	151	0,53	0,740	324,71	0,1545	0,185	30,174	NO
109	151,5	0,53	0,736	323,82	0,1540	0,185	30,092	NO
110	152	0,53	0,733	322,93	0,1535	0,185	30,010	NO
111	152,5	0,52	0,730	322,04	0,1530	0,185	29,928	NO
112	153	0,52	0,727	321,16	0,1525	0,185	29,848	NO
113	153,5	0,52	0,724	320,29	0,1520	0,186	29,767	NO
114	154	0,52	0,721	319,42	0,1515	0,186	29,688	NO

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

Alternativas	Lm)	I1	I2	I3	I4	I5	I m total	Filtro
115	154,5	0,52	0,718	318,56	0,1510	0,186	29,608	NO
116	155	0,52	0,715	317,71	0,1505	0,186	29,530	NO
117	155,5	0,51	0,712	316,86	0,1500	0,186	29,451	18,68
118	156	0,51	0,709	316,01	0,1495	0,186	29,374	95,46
119	156,5	0,51	0,706	315,17	0,1491	0,186	29,296	172,23
120	157	0,51	0,703	314,34	0,1486	0,186	29,220	249,02
121	157,5	0,51	0,700	313,51	0,1481	0,187	29,144	325,81
122	158	0,51	0,697	312,69	0,1476	0,187	29,068	402,60
123	158,5	0,50	0,694	311,87	0,1472	0,187	28,993	479,40
124	159	0,50	0,691	311,06	0,1467	0,187	28,918	556,20
125	159,5	0,50	0,689	310,25	0,1463	0,187	28,843	633,00
126	160	0,50	0,686	309,45	0,1458	0,187	28,770	709,81
127	150	0,54	0,749	327,48	0,1562	0,185	30,429	NO
128	150,5	0,53	0,746	326,57	0,1557	0,185	30,345	NO
129	151	0,53	0,743	325,66	0,1552	0,185	30,262	NO
130	151,5	0,53	0,740	324,76	0,1547	0,185	30,179	NO
131	152	0,53	0,736	323,87	0,1541	0,185	30,097	NO
132	152,5	0,53	0,733	322,98	0,1536	0,186	30,015	NO
133	153	0,53	0,730	322,10	0,1531	0,186	29,934	NO
134	153,5	0,52	0,727	321,23	0,1526	0,186	29,854	NO
135	154	0,52	0,724	320,36	0,1521	0,186	29,774	NO
136	154,5	0,52	0,721	319,49	0,1517	0,186	29,694	NO
137	155	0,52	0,718	318,64	0,1512	0,186	29,615	NO
138	155,5	0,52	0,715	317,78	0,1507	0,186	29,537	NO
139	156	0,51	0,712	316,94	0,1502	0,186	29,459	4,94
140	156,5	0,51	0,709	316,09	0,1497	0,186	29,381	81,34
141	157	0,51	0,706	315,26	0,1492	0,187	29,304	157,75
142	157,5	0,51	0,703	314,43	0,1488	0,187	29,228	234,17
143	158	0,51	0,700	313,60	0,1483	0,187	29,152	310,59
144	158,5	0,51	0,697	312,78	0,1478	0,187	29,076	387,01
145	159	0,51	0,695	311,97	0,1474	0,187	29,001	463,44
146	159,5	0,50	0,692	311,16	0,1469	0,187	28,927	539,87
147	160	0,50	0,689	310,35	0,1464	0,187	28,853	616,30
148	150	0,54	0,753	328,44	0,1569	0,185	30,517	NO
149	150,5	0,54	0,749	327,52	0,1564	0,185	30,433	NO
150	151	0,53	0,746	326,62	0,1559	0,185	30,349	NO
151	151,5	0,53	0,743	325,71	0,1553	0,185	30,266	NO
152	152	0,53	0,740	324,82	0,1548	0,186	30,184	NO
153	152,5	0,53	0,736	323,93	0,1543	0,186	30,102	NO
154	153	0,53	0,733	323,05	0,1538	0,186	30,021	NO
155	153,5	0,53	0,730	322,17	0,1533	0,186	29,940	NO
156	154	0,52	0,727	321,30	0,1528	0,186	29,860	NO
157	154,5	0,52	0,724	320,43	0,1523	0,186	29,780	NO

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
DIMENSIONAMIENTO

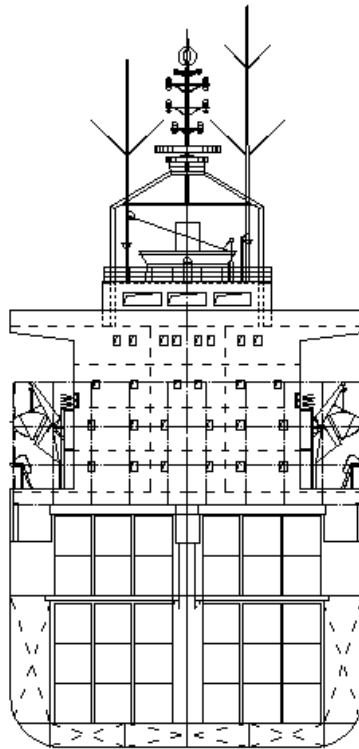
Alternativas	Lm)	I1	I2	I3	I4	I5	I m total	Filtro
158	155	0,52	0,721	319,57	0,1518	0,186	29,701	NO
159	155,5	0,52	0,718	318,72	0,1513	0,186	29,622	NO
160	156	0,52	0,715	317,87	0,1509	0,187	29,544	NO
161	156,5	0,52	0,712	317,02	0,1504	0,187	29,467	NO
162	157	0,51	0,709	316,18	0,1499	0,187	29,389	66,71
163	157,5	0,51	0,706	315,35	0,1494	0,187	29,313	142,76
164	158	0,51	0,703	314,52	0,1489	0,187	29,236	218,80
165	158,5	0,51	0,700	313,70	0,1485	0,187	29,161	294,85
166	159	0,51	0,698	312,88	0,1480	0,187	29,086	370,91
167	159,5	0,51	0,695	312,07	0,1475	0,187	29,011	446,96
168	160	0,50	0,692	311,26	0,1471	0,188	28,937	523,03



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 2

**FORMAS**

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 2**

**FORMAS**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- OBTENCIÓN DE FORMAS	3
2.- CARTILLA DE TRAZADO	5
3.- COMPROBACIÓN DE VOLUMENES	7
4.- PLANO DE FORMAS	11
5.- CURVA DE ÁREAS DE SECCIONES	11
ANEXO: PLANO DE FORMAS	

## 1.- OBTENCIÓN DE FORMAS

Del estudio realizado en el cuadernillo de Dimensionamiento se ha llegado a la conclusión de que las dimensiones principales del buque proyecto son:

- Eslora entre perpendiculares .....	156 m
- Manga de trazado .....	22.80 m
- Puntal de trazado .....	13.10 m
- Calado a plena carga .....	9.91 m
- Coeficiente de bloque .....	0.70
- Coeficiente de la maestra .....	0.986
- Coeficiente prismático .....	0.710

Se van a obtener la formas de la serie sistemática FORMDATA. Como el buque se puede considerar rápido, la posición longitudinal adecuada del centro de carena debe estar a popa de la sección media. Según el gráfico de Danckwart estimamos una posición de  $-0.57\%$  a popa de la sección media.

Con esta posición del centro de carena, entrando en los gráficos de FORMDATA, el coeficiente de bloque para el cuerpo de proa es de  $C_{Bpr} = 0.69$  y el de popa  $C_{Bpp} = 0.71$ .

De FORMDATA sacamos el cuerpo de proa B82F, que significa que el área transversal del bulbo es del 8% del área de la maestra, y la popa es CB1A. Estos gráficos de FORMDATA están adimensionalizados, de forma que entrando con las dimensiones y coeficientes, obtenemos las semimangas de las secciones de la carena que tiene esas dimensiones y coeficientes buscados.

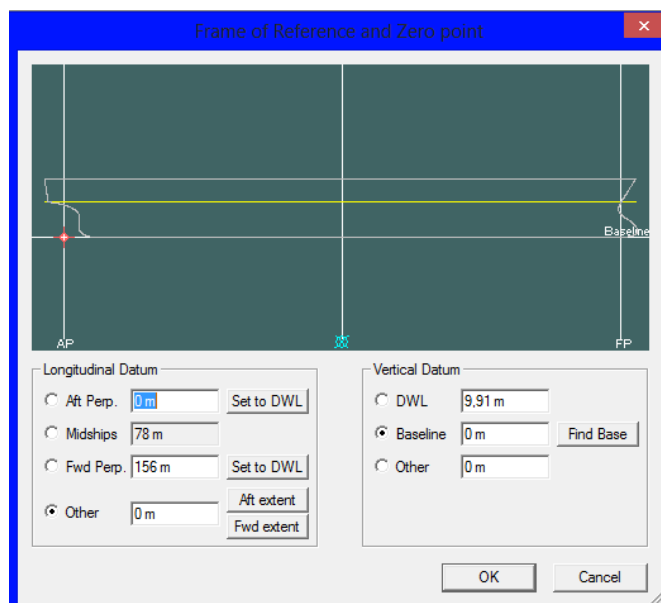
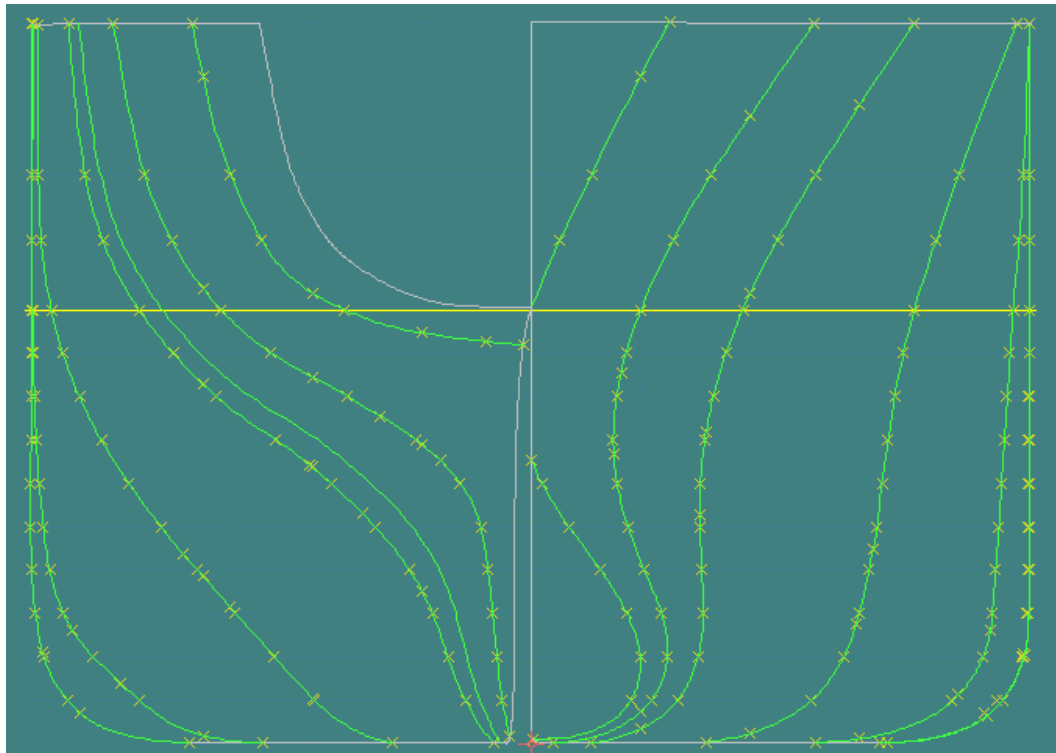
Esta carena se ha modificado quitándole la pequeña astilla muerta que lleva el cuerpo de proa de esta serie, haciendo que el radio de pantoque de la cuaderna maestra sea el que corresponda a un coeficiente de la maestra de 0.986.

También se ha abierto el abanico de proa en la obra muerta, para conseguir introducir bajo cubierta, en proa, el mayor número de contenedores posible en manga. Este abanico mayor, también permite ganar espacio en la cubierta del castillo, para la ubicación de la máquina de levar y maquinaria de cubierta, y poder realizar más cómodamente las operaciones de maniobra.



La popa es de espejo, con lo que se consigue mayor volumen en dicha zona para el local del servomotor, tanques de agua dulce, gambuza frigorífica, etc., y mayor superficie a popa de la toldilla para a maquinaria de cubierta.

Se ha utilizado el programa Maxsurf para definir la carena. Una vez definida y alisada, se comprueban las dimensiones y coeficientes buscados. La caja de cuernas obtenida es:



Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	25262	t
2	Volume (displaced)	24645,474	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	9,910	m
4	WL Length	160,120	m
5	Beam max extents o	22,810	m
6	Wetted Area	3903,344	m <sup>2</sup>
7	Max sect. area	222,026	m <sup>2</sup>
8	Prismatic coeff. (Cp)	0,712	
9	Block coeff. (Cb)	0,699	
10	Max Sect. area coeff	0,985	
11	Waterpl. area coeff.	0,824	
12	LCB length	77,818	from zero pt. (+ve fwd) m
13	LCF length	71,541	from zero pt. (+ve fwd) m
14	LCB %	49,883	from zero pt. (+ve fwd) % Lbp
15	LCF %	45,860	from zero pt. (+ve fwd) % Lbp
16	KB	5,248	m
17	BMT	4,271	m
18	BML	181,851	m
19	KMt	9,519	m
20	KML	187,099	m

Density

VCG

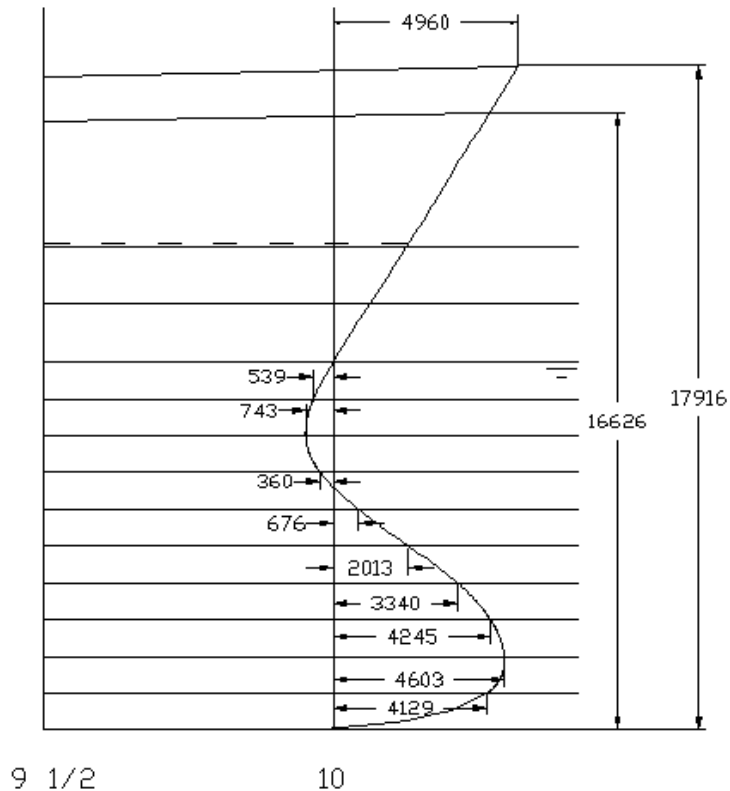
## 2.- CARTILLA DE TRAZADO

El programa permite obtener la cartilla de trazado siguiente:

CALADO (m)	SECCIONES						
	0 0 m	1/2 7.8 m	1 15,6 m	2 31,2 m	3 46,8 m	4 62,4 m	5 78 m
Altura pie cuaderna	9,109	0	0	0	0	0	0
Semimanga pie cuaderna	0	0,490	0,859	3,166	6,115	8,138	8,138
0,991		0,660	1,502	4,957	8,957	10,747	10,747
1,982		0,784	1,907	5,872	9,999	11,241	11,241
2,973		0,879	2,251	6,756	10,68	11,36	11,36
3,964		0,983	2,786	7,627	10,996	11,40	11,40
4,955		1,153	3,565	8,441	11,144	11,40	11,40
5,946		1,627	4,571	9,188	11,235	11,40	11,40
6,937		2,630	5,829	9,819	11,305	11,40	11,40
7,928		4,191	7,194	10,314	11,348	11,40	11,40
8,919		5,949	8,179	10,692	11,369	11,40	11,40
9,91	4,286	7,087	8,947	10,957	11,39	11,40	11,40
11,50	6,150	8,209	9,781	11,183	11,40	11,40	11,40
13	6,876	8,825	10,183	11,256	11,40	11,40	11,40
Altura Cub. toldilla	16,455	16,455	16,455	16,455			
Semimanga Cub. toldilla	7,747	9,541	10,557	11,272			

CALADO (m)	SECCIONES						
	5 78 m	6 93,6 m	7 109,2 m	8 124,8 m	9 140,4 m	9 1/2 148,2 m	10 156 m
Altura pie cuaderna	0	0	0	0	0	0	0,101
Semimanga pie cuaderna	8,138	8,138	6,491	3,986	1,366	0,506	0
0,991	10,747	10,747	9,604	6,396	3,333	3,333	2,276
1,982	11,241	11,241	10,306	7,134	3,81	3,81	2,486
2,973	11,36	11,36	10,527	7,496	3,922	3,922	2,188
3,964	11,40	11,40	10,603	7,715	3,883	3,883	1,582
4,955	11,40	11,40	10,667	7,888	3,858	3,858	0,859
5,946	11,40	11,40	10,723	8,007	3,864	3,864	0,247
6,937	11,40	11,40	10,783	8,142	3,957	3,957	
7,928	11,40	11,40	10,849	8,304	4,157	4,157	
8,919	11,40	11,40	10,92	8,499	4,447	4,447	
9,91	11,40	11,40	10,998	8,747	4,833	4,833	0
11,50	11,40	11,40	11,13	9,239	5,615	5,615	0,653
13	11,40	11,40	11,224	9,769	6,497	6,497	1,375
Altura Cub. castillo					8,724	6,452	3,172
Manga Cub. castillo					16,438	16,449	16,492

Los croquis de proa y popa son:



Los parámetros del bulbo son:

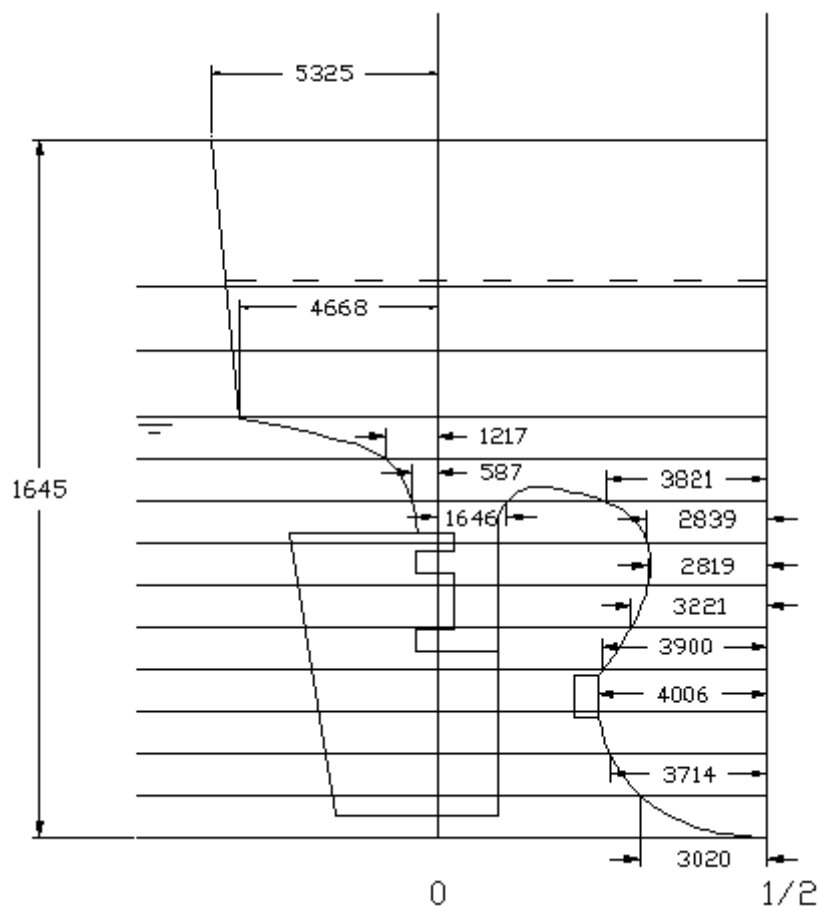
Altura del bulbo: 6.48 m

Manga: 4.96 m

Área: 20.04 m<sup>2</sup>

Altura del centro de gravedad: 2.45 m

Protuberancia desde la Ppr: 4603 mm



El codaste se ha definido para tener los suficientes huelgos que establece el reglamento.

### 3.- COMPROBACIÓN DE VOLUMENES

Para dar por definitivas las formas hay que realizar una comprobación del volumen de bodegas requerido por el Armador. Para ello hay que realizar una distribución de la eslora entre piques, bodegas y cámara de máquinas.

El pique de popa se puede estimar en función de las formas de popa y del codaste. Teniendo en cuenta que adoptaremos una separación de cuadernas de 600 mm, se estima una eslora de  $0.6 \times 13 = 7.8$  m a proa de la perpendicular de popa.

Para la dimensión del pique de proa hay que calcular la posición del mamparo del pique de proa, que según reglamento es:

$$X_c (\text{mínimo}) = 0.05 * L_F - X_r$$

$$X_c (\text{máximo}) = 0.08 * L_F - X_r$$

donde  $X_r$  es el mínimo de:

$$X_r = 0.5 * x_b \text{ (m)}$$

$$X_r = 0.015 * L_F \text{ (m)}$$

$$X_r = 3 \text{ (m)}$$

donde  $x_b$  es la distancia desde el extremo de proa del bulbo a la perpendicular de proa en una flotación del 85% del puntal, y  $L_F$  es el 96% de la eslora total en esa flotación, o la distancia entre la proa y el eje de la mecha del timón, también en esa flotación, si ésta es mayor.

Estimando la posición del timón para nuestro barco, y obteniendo  $x_b$  del plano de formas, se obtiene:

$$L_F = \max(0.96 * 161.5, 156.7) = 156.7 \text{ m}$$

$$X_r = 0.5 * x_b = 0.5 * 3.794 = 1.897 \text{ m}$$

$$X_r = 0.015 * L_F = 0.015 * 156.7 = 2.351$$

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

$$X_c (\text{mínimo}) = 0.05 * L_F - X_r = 0.05 * 156.7 - 1.897 = 5.938 \text{ m}$$

$$X_c (\text{máximo}) = 0.08 * L_F - X_r = 0.08 * 156.7 - 1.897 = 10.639 \text{ m}$$

Para poder utilizar el pique de proa como tanque de lastre interesa que tenga una eslora alta ya que no tiene mucha manga. Se dispondrá el mamparo del pique de proa a 9.45 m a popa de la perpendicular de proa.

La eslora de cámara de máquinas se puede estimar según la fórmula siguiente obtenida del

libro "El proyecto básico del buque mercante", capítulo 1, 1.3.5.2, "Espacios de maquinaria":

$$L_{CM} = CW1 \cdot PB^{CW2}$$

donde  $PB = 14864 \text{ CV} = 10940 \text{ kW} = 10.94 \times 10^3 \text{ kW}$ , es la potencia instalada en  $\text{kW} \times 10^3$ , obtenida en la alternativa de dimensionamiento,  $CW1$  varía entre de 8 a 8.6, y  $CW2$  varía entre 0.4 y 0.48. Tomando los valores de  $CW1$  y  $CW2$  máximos, la eslora sería:

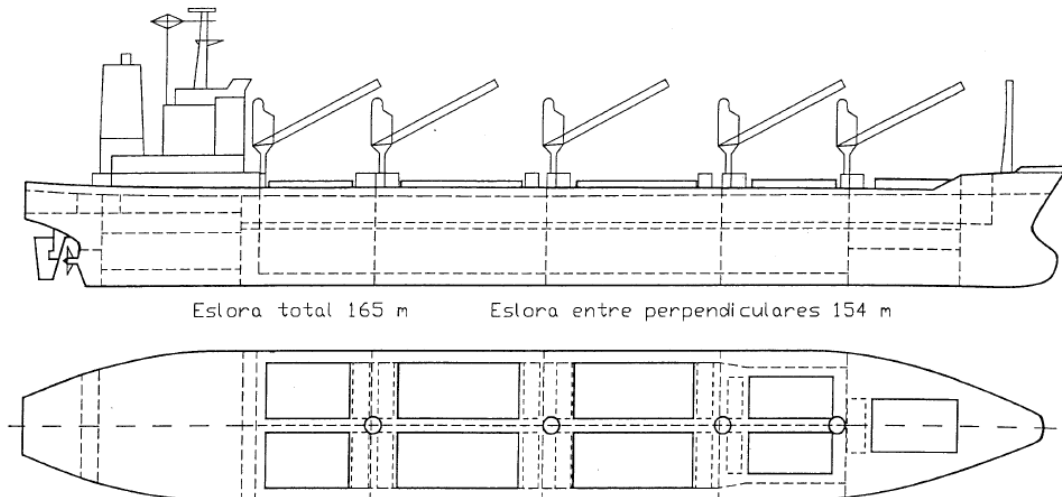
$$L_{CM} = CW1 \cdot PB^{CW2} = 8.6 \cdot 10.94^{0.48} = 27.11 \text{ m}$$

Como utilizaremos una separación de cuadernas de 750 mm en la zona de máquinas y bodegas, la eslora de cámara de máquinas será de  $0.75 \times 36 = 27 \text{ m}$ , pues tenemos que hacer coincidir en cuadernas los mamparos.

El buque es de 5 bodegas, ya que según reglamento necesitamos 7 mamparos estancos con cámara de máquinas a popa, es decir, 2 mamparos de piques, el mamparo de proa de cámara de máquinas, y 4 mamparos más que dividen la eslora de bodegas en 5. De los 156 m de eslora entre perpendiculares nos queda para bodegas  $156 - 7.8 - 27 - 9.45 = 111.75 \text{ m}$ .

El barco llevará dos escotillas en manga de dimensiones para 3 contenedores tanto en eslora como en manga, un entrepuente y doble casco hasta el entrepuente, cuyo mamparo está a 8.85 m desde crujía. El doble casco no se puede extender en toda la eslora de bodegas porque el barco se afina a proa y a popa de esta zona, por lo que estará limitado por la semimanga del casco a la altura del doble fondo, que va a 1.5 m de la línea base.

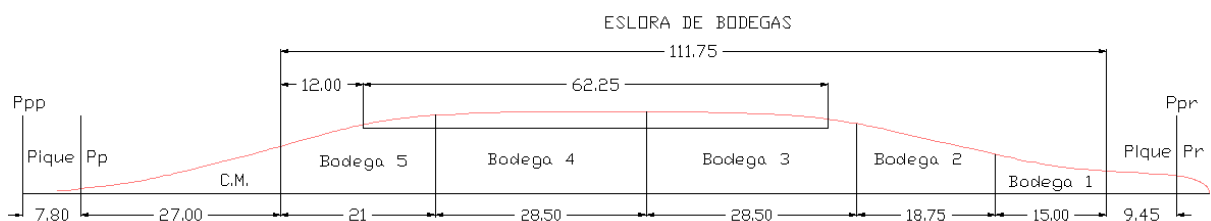
La disposición general esquemática de este tipo de buque se ve en la siguiente figura obtenida del libro "El proyecto básico del buque mercante". Se observa que en la bodega 2, debido al afinamiento del casco, las escotillas son para dos contenedores en manga y en eslora, de dimensiones  $12.75 \times 5.38 \text{ m}$  cada una. La bodega 5 llevará 2 contenedores en eslora, y las bodegas 3 y 4 llevarán 3 contenedores en eslora, de dimensiones  $19.5 \times 8.01 \text{ m}$  cada una. La bodega 1 llevará una escotilla central de dimensiones  $9.0 \times 10.62 \text{ m}$ .



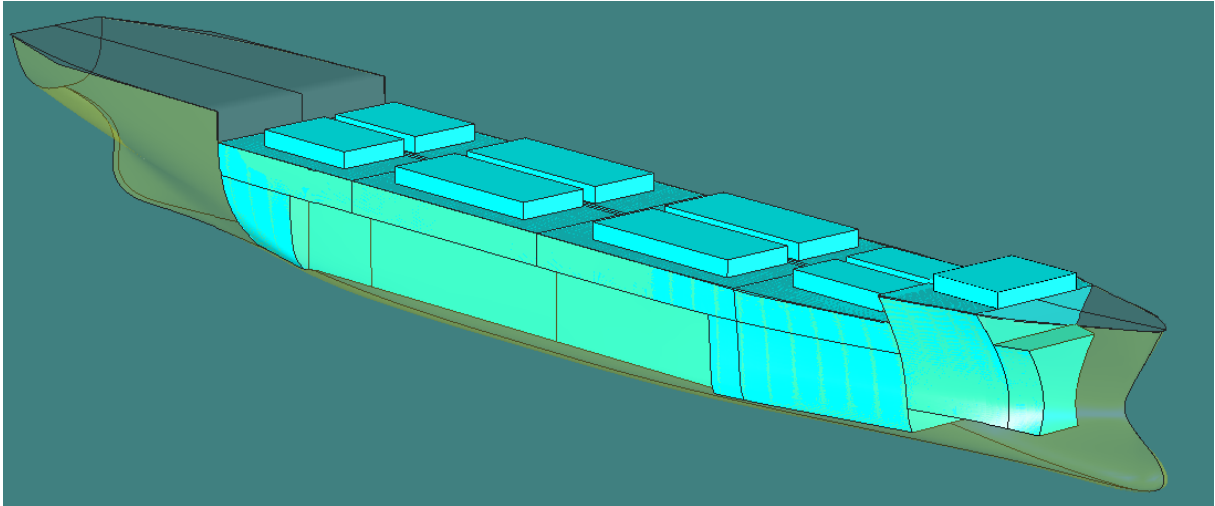
Teniendo en cuenta los huelgos entre escotillas para los medios de carga, se ha hecho una disposición de bodegas con las siguientes esloras, teniendo en cuenta que la clara de cuadernas es de 750 mm en esta zona:

- Bodega 1:  $0.75 \times 20 = 15.00$  m
- Bodega 2:  $0.75 \times 25 = 18.75$  m
- Bodega 3:  $0.75 \times 38 = 28.50$  m
- Bodega 4:  $0.75 \times 38 = 28.50$  m
- Bodega 5:  $0.75 \times 28 = 21$  m

Eslora total de bodegas = 111.75 m



Las dimensiones de escotillas, de bodegas, de doble casco, de doble fondo, se introducen en el módulo hydromax de maxsurf, y se obtienen los volúmenes de bodegas con un 98% de permeabilidad. Se comprueba que cumple el volumen requerido, con lo que damos por buenas las formas.



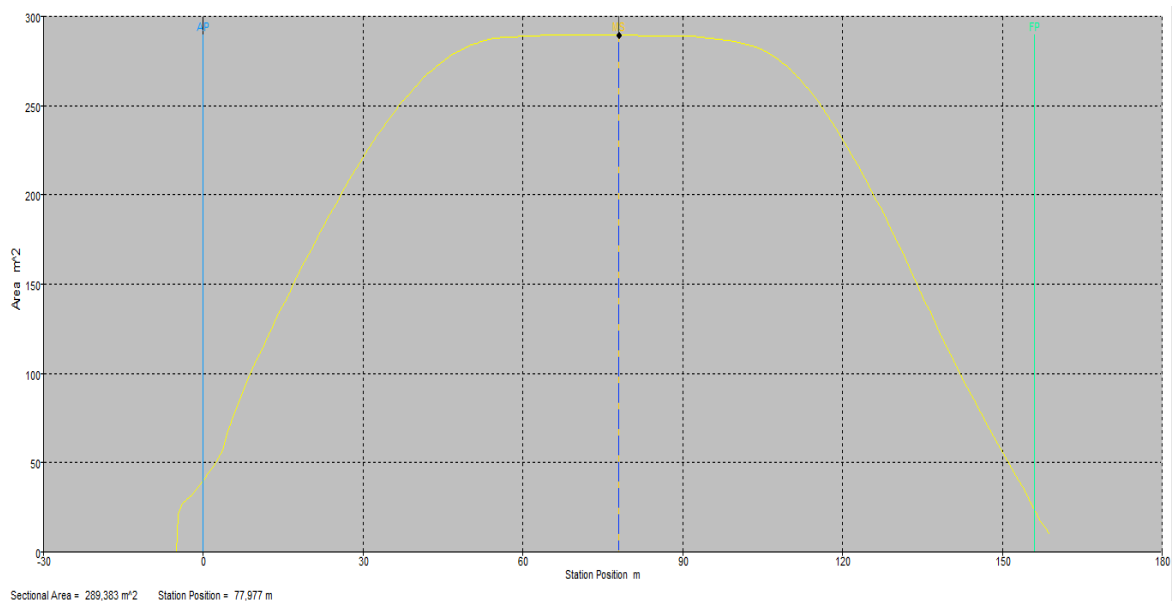
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Bodega 1	13.880	0.000	100.000	2194.577	2194.577	138.183	0.000	11.361	0.000
Bodega 2	13.400	0.000	100.000	3913.168	3913.168	121.543	0.000	7.877	0.000
Bodega 3	13.400	0.000	100.000	6757.459	6757.459	98.765	0.000	8.054	0.000
Bodega 4	13.400	0.000	100.000	6677.219	6677.219	69.987	0.000	8.094	0.000
Bodega 5	13.400	0.000	100.000	4570.991	4570.991	46.227	0.000	8.246	0.000

Volumen total = 2194.577 + 3913.168 + 6757.459 + 6677.219 + 4570.991 = 24113.174 m<sup>3</sup> > 24000 m<sup>3</sup>

#### 4.- PLANO DE FORMAS

Ver anexo.

#### 5.- CURVA DE ÁREAS DE SECCIONES

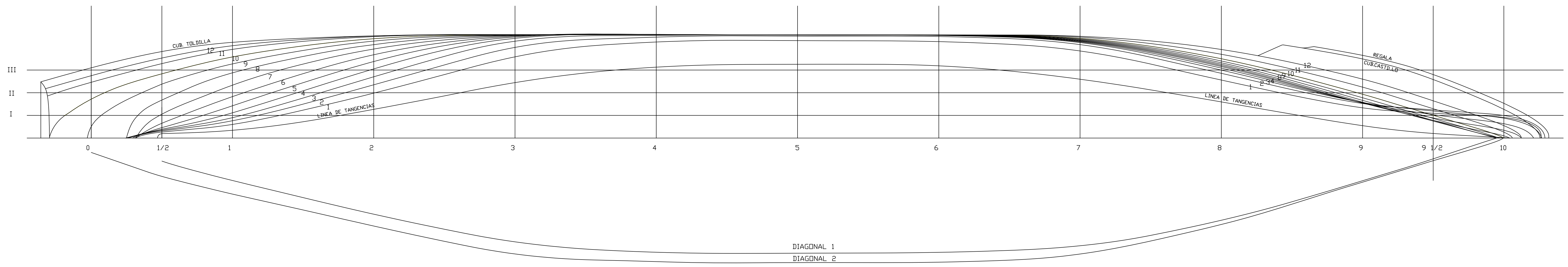
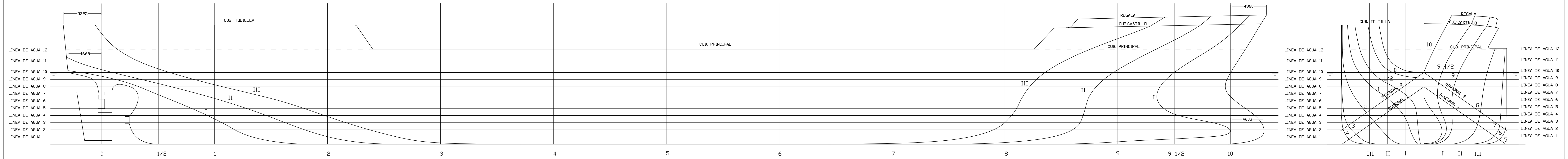




	Area X m	Area Y m <sup>2</sup>
1	160,525531	0,128919
2	158,238403	12,837055
3	155,951274	20,164679
4	151,377018	35,620554
5	146,802762	51,628211
6	142,228505	68,805563
7	137,654249	89,171788
8	133,079992	111,502282
9	128,505736	134,086018
10	123,931480	154,991346
11	119,357223	174,141081
12	114,782967	191,248039
13	110,208710	204,379462
14	105,634454	213,132410
15	101,060197	217,505251
16	96,485941	219,743732
17	91,911685	221,111378
18	87,337428	221,599602
19	82,763172	221,607848
20	78,188915	221,703220
21	73,614659	221,885721

22	69,040403	222,017761
23	64,466146	221,670131
24	59,891890	220,981040
25	55,317633	220,066364
26	50,743377	216,649176
27	46,169121	209,577687
28	41,594864	198,322920
29	37,020608	183,343757
30	32,446351	165,662888
31	27,872095	145,572080
32	23,297839	123,465891
33	18,723582	100,525927
34	14,149326	77,236755
35	9,575069	54,095726
36	5,000813	26,915236
37	0,426556	5,436589
38	-1,860572	1,656508
39	-4,147700	0,001739

**ANEXO:**



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA MAXIMA	166.30 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	156 m
MANGA DE TRAZADO	22.80 m
PUNTA DE TRAZADO	13.10 m
CALADO DE PROYECTO	9.91 m
ARRUFO EN CUBIERTA CASTILLO	REGLEMENTARIO

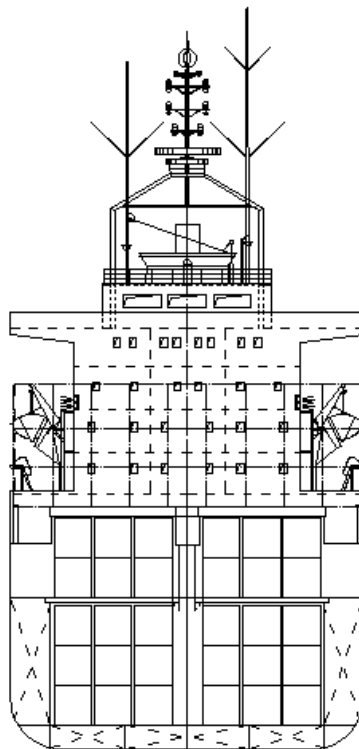
E. T. S. INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA	PROYECTO FIN DE CARRERA
BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18500 T.P.M.	
<b>PLANO DE FORMAS</b>	
ESCALA: 1:200	Alumno: ALFONSO MARTINEZ ESCOBEDRILLAS
	FECHA: 2013



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 3

### DISPOSICIÓN GENERAL

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

### **CUADERNILLO 3**

### **DISPOSICIÓN GENERAL**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- POSICIÓN DE MAMPAROS Y TAMAÑO DE ECOTILLAS	4
3.- DISPOSICIÓN DE CUBIERTAS	5
4.- CASTILLO	6
5.- MEDIOS DE CARGA	6
6.- ESTIBA DE CONTENEDORES	8
7.- TANQUES	12
8.- CÁMARA DE MÁQUINAS	14
9.- HABILITACIÓN	14

## **1.- INTRODUCCIÓN**

La disposición general, de acuerdo con los planos de este cuadernillo, se ha proyectado teniendo en cuenta la carga que va a transportar el buque, principalmente los contenedores de 20 pies, que tienen características geométricas fijas, y junto con los medios de carga, condicionan las dimensiones de bodegas. Los contenedores a transportar dentro de bodegas serán de 8 pies y de 8.5 pies de altura. Los de 8 pies podrán ir estibados en cinco alturas sobre doble fondo, o en 3 alturas sobre doble fondo y en dos alturas sobre la tapa de escotilla de entrepuente. Los de 8.5 pies podrán ir estibados en 5 alturas sobre el doble fondo. Sobre cubierta podrán llevar hasta 3 alturas en las bodegas 2, 3, 4 y 5, y 2 alturas en la bodega 1. El entrepuente está a 9.7 m sobre la línea base.

A tal efecto se ha estudiado la disposición, forma de bodegas y aberturas de escotillas, lo más convenientes para obtener el máximo aprovechamiento del volumen y su adecuación a los contenedores.

El espacio de carga se ha subdividido en 5 bodegas, con un volumen total de unos 24100 m<sup>3</sup> aproximadamente. Se han determinado en el cuadernillo de formas las dimensiones de cámara de máquinas, bodegas y piques, y se ha comprobado que dichas formas son válidas para obtener el volumen de bodegas pedido.

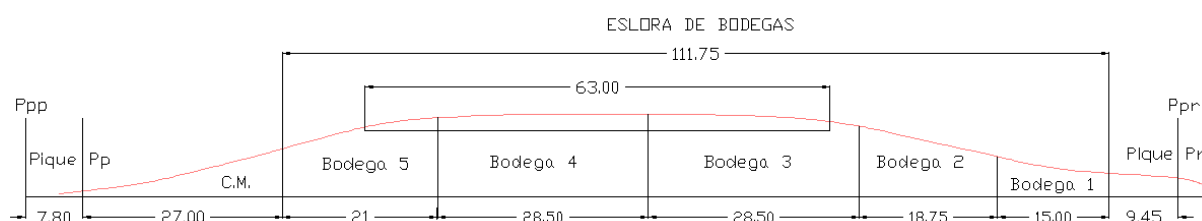
Para completar la disposición general se necesitan datos de otros cuadernillos, como capacidad de combustible, tamaño del motor, etc.. Obtenida la información necesaria de esos cuadernillos se realiza la disposición general.

También se dispondrán todos los tanques necesarios para fuel oil, diesel oil, aceite, agua y en cámara de máquinas, y tanques de lastre en la zona del doble fondo y doble casco. El buque se ha dotado de tanques laterales de lastre entre doble fondo y entrepuente, en todo el doble casco, que permiten disponer de la suficiente capacidad para la condición más ligera de carga, y conseguir una longitud importante de bodegas lo más geométrica posible.

Se ha elegido una clara de cuadernas en zona de máquinas y bodegas de 750 mm, dentro del

rango típico de estos buques. Esta dimensión permite adaptar las bulárcamas de modo que los extremos de escotilla apoyen en baos. Las dimensiones de cámara de máquinas y de bodegas ya han sido fijadas con múltiplos de esta cantidad, en el cuadernillo de formas. La clara entre bulárcamas será de 4 claras de cuadernas, y excepcionalmente 3 o 5 claras donde haya que ajustar eslora de escotillas y de bodegas. Se ha optado por poner una clara de cuadernas de 600 mm en los piques, que es la separación máxima que permite la sociedad de clasificación.

Las esloras de los espacios, en metros, son:



Para el transporte de contenedores y manejo de la carga se dispondrán los medios necesarios de estiba y fijación desmontables, conos de bloqueo, conos intermedios de estiba, guarniciones de enganche, cables y tensores de trinca, etc., o bien de un sistema de guías desmontables si las condiciones del tráfico lo aconsejan.

Asímismo, se definen los espacios de los diferentes niveles de la habitación y toda la compartimentación interior, escalas, accesos y comunicaciones entre todos los espacios. Los espacios de habitación irán sobre cámara de máquinas, a proa del guardacalor.

## **2.- POSICIÓN DE MAMPAROS Y TAMAÑO DE ESCOTILLAS**

De acuerdo con la disposición de los mamparos de separación de piques, cámara de máquinas y de bodegas, los números de cuadernas en los que están situados los mamparos y el número de claras son:

- Mamparo pique de popa: cuaderna 13
- Mamparo de proa cámara de máquinas: cuaderna 49, y 36 claras de cuaderna.

- Mamparo de proa bodega 5: cuaderna 77, y 28 claras de cuaderna.
- Mamparo de proa bodega 4: cuaderna 115, y 38 claras de cuaderna.
- Mamparo de proa bodega 3: cuaderna 153, y 38 claras de cuaderna.
- Mamparo de proa bodega 2: cuaderna 178, y 25 claras de cuaderna.
- Mamparo pique de proa (mamparo de proa bodega 1): cuaderna 198, y 20 claras de cuaderna.

El tamaño en eslora de las escotillas también será múltiplo de la clara de cuadernas. Las escotillas de entrepuente tendrán las mismas dimensiones que las de la cubierta principal:

- Bodega 5: 2 escotillas de 12750 mm x 8010 mm, entre cuadernas 55 y 72.
- Bodega 4: 2 escotillas de 19500 mm x 8010 mm, entre cuadernas 82 y 108.
- Bodega 3: 2 escotillas de 19500 mm x 8010 mm, entre cuadernas 122 y 148.
- Bodega 2: 2 escotillas de 12750 mm x 5380 mm, entre cuadernas 152 a 174.
- Bodega 1: 1 escotilla de 9000 mm x 10620 mm, entre cuadernas 181 a 193.

Teniendo en cuenta las dimensiones de bodega y las de las escotillas, y su disposición, se sitúan las bulárcamas cada 4 claras y en algún caso a 5 o 3 claras para ajustar. De esta forma mantenemos la regularidad de la estructura al máximo, ajustada a las dimensiones obtenidas.

Las tapas de escotillas se pueden abrir y cerrar utilizando los medios de carga del buque.

La posición del mamparo del pique de proa se ha calculado en el cuadernillo de formas, y está a 9.45 m a popa de la perpendicular de proa, coincidiendo con la cuaderna 198. Albergará un tanque de lastre.

### **3.- DISPOSICIÓN DE CUBIERTAS**

En la zona de carga, entre el fondo y la cubierta principal, se dispondrá un doble fondo a 1.5 m sobre la línea base y una cubierta de entrepuente a 9.7 m también desde la línea base.

En la cámara de máquinas la altura del doble fondo se eleva a 1.7 m, para tener en cuenta la disponibilidad de volumen en los tanques del doble fondo y bajo el motor principal, y se dispondrá entre el entrepuente y doble fondo, una plataforma intermedia a 5.8 m, que permita aprovechar el



espacio de la misma.

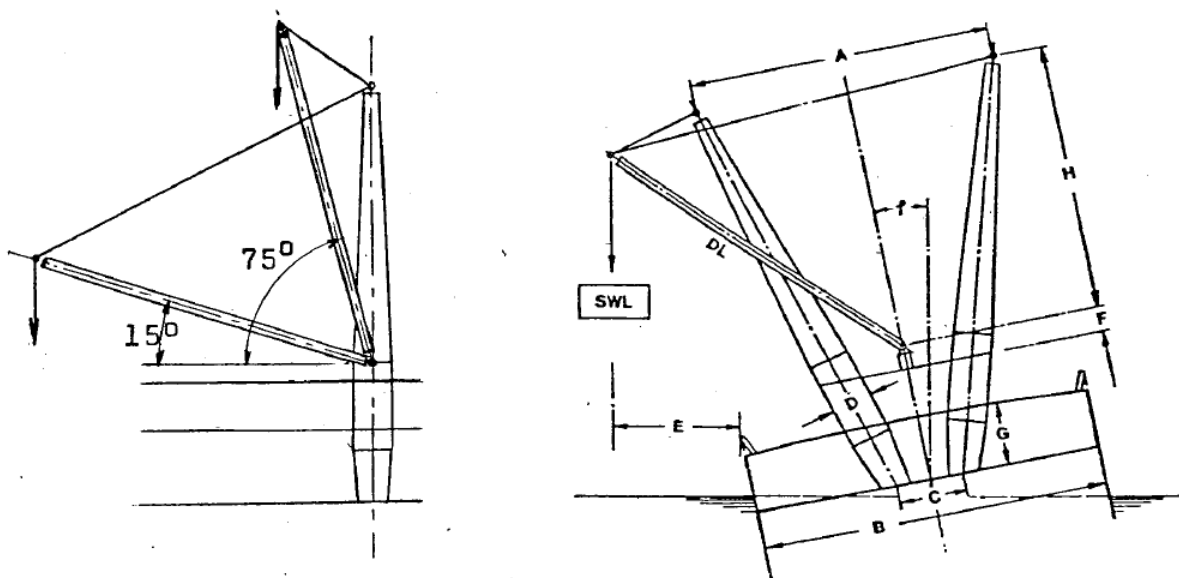
En la cubierta principal, en la cubierta de toldilla, y en las plataformas de la superestructura se han previsto candeleros y pasamanos. Los pasamanos superiores serán de tubo a excepción de los que van sobre amurada que serán de madera noble. Los candeleros serán de pletinas y los pasamanos inferiores de redondo de acero o fibra. Las aberturas de acceso entre candeleros, por los costados, serán de cadena.

#### 4.- CASTILLO

El castillo irá situado desde la cuaderna 173 hasta proa, con una altura de 3100 mm. Dentro del Castillo irá el pañol del Contraмаestre, el pañol de accesorios de contenedores y una caseta de bombas. La cubierta del Castillo llevará una amurada continua.

#### 5.- MEDIOS DE CARGA

Los espacios de carga serán atendidos por una grúa de 23 toneladas para las bodegas 1 y 2, una grúa doble para la bodega 5 de 2 x 12 toneladas, con posibilidad de operar también en la bodega 4, y una pluma para carga pesada tipo Stüelcken, de 150 t, del tipo llamado "Father and Son" que se ha instalado entre las bodegas 3 y 4 para la carga y descarga de las mismas. Los tipos, dimensiones y características de los medios de carga son los siguientes:



B = manga del buque

DL = longitud de la pluma =  $(0.5 * B + 6) * 1.4 = (0.5 * 22.8 + 6) * 1.4 = 24.36$  m

$A_{m\acute{a}x} = 0.85 * B = 0.85 * 22.8 = 19.38$  m

D = diámetro del palo = 2.6 m

E = 6 m

F = 1.7 m

H =  $0.65 * DL = 0.65 * 24 = 15.6$  m

$\varphi$  = hasta  $12^\circ$

Peso mástiles y plumas ligeras = 142 t

Peso de la pluma carga pesada = 35 t

H + F =  $15.6 + 1.7 = 17.3$  m

Máximo ángulo desde la línea central =  $60^\circ$

Máximo ángulo de elevación =  $75^\circ$

Mínimo ángulo de elevación =  $15^\circ$

Chigres = 3 x 10 Kn

Potencia de cada uno = 80 kW

Ciclo de carga en minutos con 3 chigres:

150 t	-----	19 minutos
75 t	-----	9.5 minutos
37.5 t	-----	7 minutos
10 t	-----	5 minutos

2 plumas para cargas semipesadas y para las bodega 3 y 4 respectivamente:

Longitud = 25 m

Ángulo de giro =  $75^\circ$

E = 6 m

Máximo ángulo desde la línea central =  $60^\circ$

Entre las bodegas 1 y 2 se colocará una grúa McGregor Tipo GL, de 29 m de radio de alcance y 25 t de capacidad de elevación, suficiente para la carga general que pueda llevar en esas bodegas y para los contenedores, de 20 t de peso. La gama de estas grúas es:



**HOISTING CAPACITY:**

25-100t

**JIB RADIUS:**

20-41m

**HOISTING SPEED:**

19-50 m/min

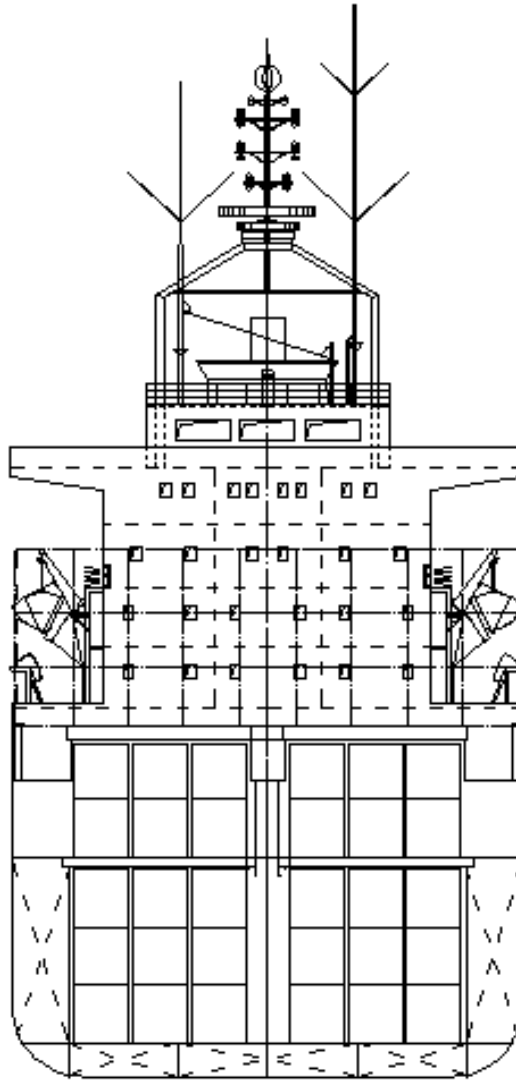
GL crane

Designed for handling containers and multipurpose cargoes

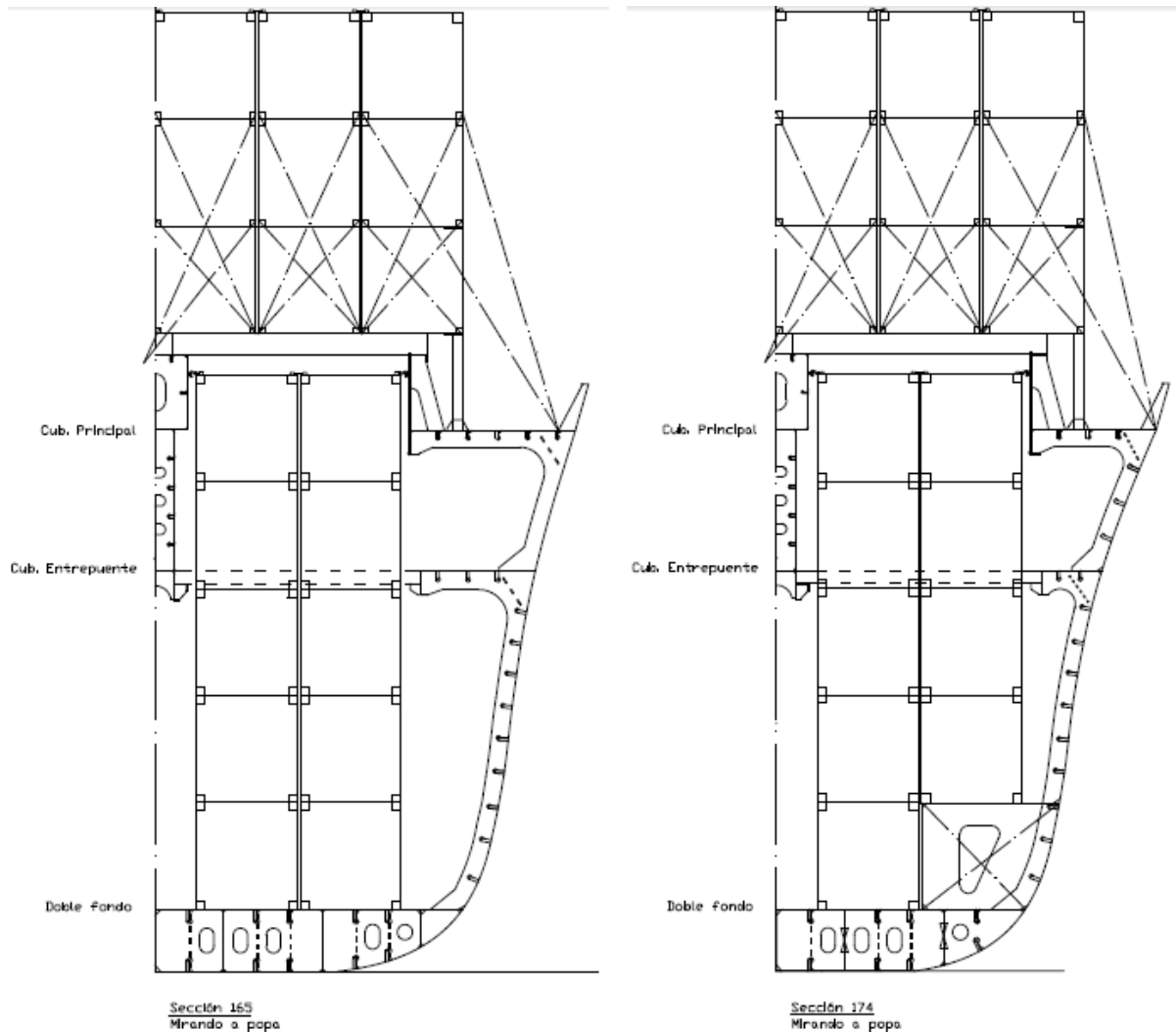
Llevará una grúa similar a la anterior, pero doble, entre las bodegas 4 y 5 de 2 x 25 t de capacidad de elevación.

## **6.- ESTIBA DE CONTENEDORES**

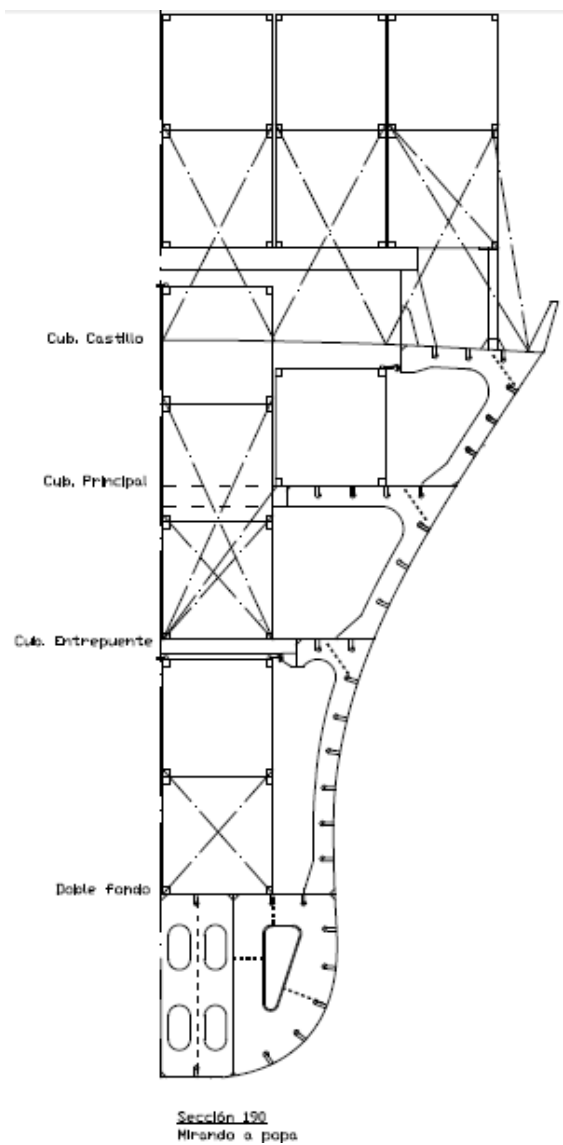
La distribución de los contenedores en las bodegas 3, 4 y 5 es la de 6 contenedores en manga, 3 por escotilla, y 5 contenedores en altura, en el interior de las bodegas, y de 9 contenedores en manga en tres alturas para los contenedores sobre cubierta. En eslora, la bodega 5 llevará dos contenedores, y las bodegas 3 y 4 llevarán 3 contenedores. El total de contenedores que se pueden transportar en la bodega 5 es de 58 contenedores bajo cubierta y 58 sobre cubierta. En la bodega 4 se podrá transportar 90 contenedores bajo cubierta y 87 sobre cubierta. En la bodega 3 se podrá transportar 90 contenedores bajo cubierta y 85 sobre cubierta.



En las bodegas 1 y 2, debido a que el barco se estrecha, se ha realizado un corte del casco por las posiciones de proa de los contenedores, para poder ver el número de contenedores que se pueden colocar en manga y en atura. Se representa a continuación la disposición de estas bodegas, teniendo en cuenta el espacio requerido para los refuerzos, los cuales se han estimado a partir de los de la maestra. En la bodega 2 hay dos escotillas para 2 contenedores en manga, y dos en eslora. Sobre cubierta irán 6 contenedores en manga. El total de contenedores que se pueden transportar en esta bodega será de 38 contenedores bajo cubierta y 40 contenedores sobre cubierta, 4 de estos últimos dispuestos en sentido transversal a proa. Las secciones de proa de los contenedores en eslora son la 165 y la 174, cuya representación mirando hacia popa son:



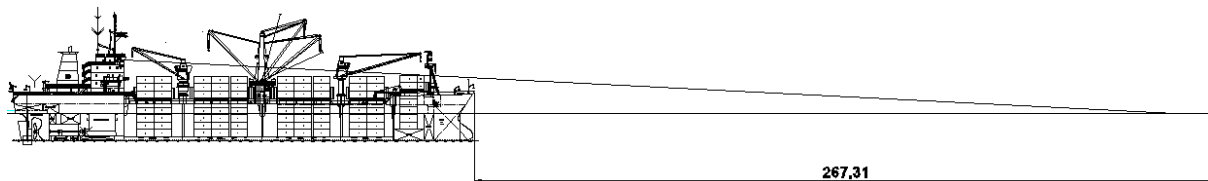
En el caso de la bodega 1 solo hay una escotilla para 4 contenedores en manga en la altura superior, disminuyendo hacia abajo al estrecharse el casco. En eslora se dispondrá un solo contenedor. Sobre cubierta llevará dos contenedores en altura. El total de contenedores a transportar en esta bodega es de 12 contenedores bajo cubierta y 16 contenedores sobre cubierta, 4 de estos últimos dispuestos en sentido transversal a proa.



El total de contenedores de 20 pies que podrá transportar el buque es de  $58+90+90+38+12 = 288$  bajo cubierta y  $58 + 87 + 85 + 40 + 16 = 286$  sobre cubierta, total 574 contenedores.

BODEGA	Contenedores bajo cubierta	Contenedores sobre cubierta
1	12	16
2	38	40
3	90	85
4	90	87
5	58	58

Con esta disposición y número de contenedores sobre cubierta, la eslora máxima sin visibilidad por la proa, 267.31 m, está dentro del límite permitido de dos esloras como máximo, 315 m en nuestro caso, según la regla 22 del Capítulo V del SOLAS.



## 7.- TANQUES

Las capacidades de los tanques se han obtenido en el cuadernillo 5 con la ayuda del programa Hydromax.

Los tanques de lastre se situarán en los piques de proa y popa, y a lo largo del doble fondo desde la bodega 1 hasta popa de la bodega 5. También se dispondrán en el doble casco en la zona de carga. Estos suman un total de 20 tanques. Además, habrá 2 tanques en el local del servo y 4 tanques de lastre más en la cámara de máquinas, haciendo un total de 25 tanques. La disposición de los mismos se ha realizado para poder obtener los asientos adecuados en las distintas condiciones de carga. Su situación está representada en los planos de disposición general del anexo, y en el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval se presenta la situación tal y como se obtiene del programa Hydromax.

El volumen de lastre tiene que ser suficiente para asegurar suficiente calado de la hélice en cualquier condición de carga, así como un trimado adecuado inferior al 1,5 % de la eslora, que es el valor máximo recomendado por el IMO. Además, se tendrá en cuenta que el buque debe tener la hélice sumergida un 10% de su diámetro, es decir, debe de tener un calado mínimo de 6.70 m. Esto se comprobará en el cuadernillo de condiciones carga.

La regla 12ª de MARPOL establece en cuanto a la protección de los tanques de combustible líquido, la separación mínima del casco, tanto del fondo como del costado, quedan exceptuados los

tanques de menos de 30 m<sup>3</sup>. Además, no pueden estar en contacto directo con tanques de agua, de aceite, ni con la habilitación, por lo que se colocarán cofferdams donde sea necesaria esta separación.

Para buques con capacidad para combustible entre 600 m<sup>3</sup> y 5000 m<sup>3</sup>, la separación del fondo será de  $B/20$  ó 2 m, si este valor es inferior. El valor mínimo de separación es de 760 mm. En nuestro caso la separación es de  $B/20 = 22.8/20 = 1.14$  m. La separación de los tanques del costado será de  $w = 0.4 + 2.4 * C/20000$  m, siendo C la capacidad total de combustible. En nuestro caso C es de unos 1494 m<sup>3</sup>, como se ha calculado en el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval. Eso da un valor de  $w = 0.58$  m. Pero el valor mínimo es de 1 m, excepto si los tanques tienen una capacidad inferior a 500 m<sup>3</sup>, como es nuestro caso, en que se permite que la separación de 0.76 m. Por tanto no se podrá llevar tanques de combustible en el doble fondo, y se colocarán por encima del mismo, en cámara de máquinas y a popa de la bodega 5, separados del costado 0.76 m, como se muestra en los planos de disposición general.

Los tanques de sedimentación y de servicio diario de combustible fuel se sitúan en la cámara de máquinas. Los 9 tanques de almacén de fuel irán repartidos entre cámara de máquinas (6) y sobre el doble fondo a popa de la bodega 5 (3), entre el doble fondo y la altura de la cubierta de entrepuente. La capacidad total de fuel oil, 1303.66 m<sup>3</sup> es suficiente para la autonomía de proyecto. Los tanques de sedimentación y servicio diario se colocarán a la altura de la cubierta de entrepuente para asegurar el cebado de las bombas de baja presión del motor.

Análogamente, los tanques de sedimentación, servicio diario y los 3 almacén de diésel se sitúan en cámara de máquinas. La capacidad total de diésel es suficiente para la autonomía requerida. Los tanques de sedimentación y servicio diario se colocarán a la altura de la cubierta principal.

Los 2 tanques almacén de agua dulce con capacidad de 124 m<sup>3</sup> irán a popa de la cámara de máquinas. Los tanques de lodos, reboses, aguas aceitosas, aceite sucio y agua destilada irán en el doble fondo de la cámara de máquinas. Los tanques de aceite de cilindros y almacén de aceite del



motor principal irán a proa de cámara de máquinas en la zona de crujía, por encima de la cubierta principal, para disponer del mismo por gravedad.

Los tanques tienen al menos el volumen necesario de combustible, aceite y agua calculados en el cuadernillo de cámara de máquinas.

## **8.- CÁMARA DE MÁQUINAS**

Los accesos interiores entre las diferentes plataformas de cámara de máquinas se harán por dos escaleras, una a estribor y otra a proa babor. Tal y como dispone la Regla 45 del SOLAS, la Cámara de máquinas tendrá dos medios de evacuación tan separados como sea posible, uno de ellos con protección ignífuga, formando un tronco de escape de emergencia hasta la cubierta superior, que irá en el mamparo de proa a estribor, que permite la salida desde cualquier nivel hasta la cubierta principal.

Se han tenido en cuenta las posibles operaciones de movimiento de piezas en Cámara de máquinas y se dispondrá un puente grúa dimensionado atendiendo a las recomendaciones del fabricante del Motor Principal.

Los alternadores irán en la cubierta de entrepuente, a popa de la cámara de máquinas. En el cuadernillo de Cámara de máquinas se realiza la descripción de la disposición general con más detalle, así como los planos de disposición general de los distintos niveles de cámara de máquinas.

## **9.- HABILITACIÓN**

La habilitación para 28 tripulantes está situada a popa del buque, encima de la cámara de máquinas, dispuesta en cinco niveles, además de la cubierta principal. La altura de la toldilla es de 3300 mm y entre el resto de cubiertas de habilitación hay 2800 mm. Se anexan los planos de disposición general del buque, perfil, cubiertas y habilitación, en anexo.

Los camarotes y zonas de servicio se han alineado de forma que los recorridos de las tuberías sean lo más cortos posibles. Se ha procurado que las camas están orientadas en el sentido longitudinal del buque, con la cabeza a proa, para minimizar los efectos de los movimientos del buque que provoquen mareo.

Los locales y camarotes se han distribuido de la forma siguiente. En la cubierta principal, a babor y de proa a popa, se colocan el comedor y sala de estar de oficiales, la cocina, el comedor-estar de la tripulación, y los pañoles de estachas, de ropas, lavandería, y la frigorífica en crujía a popa. Junto a la frigorífica y a estribor se situará la gambuza. Los alimentos entran al buque a través de un polipasto exterior situado a popa de la habitación que los deposita en la cubierta toldilla.

Sobre cubierta de toldilla y a popa de la misma, se sitúan los pañoles de cubierta, el generador de emergencia, la oficina de carga del buque y el local de tratamiento de basuras. A proa de la toldilla hay camarotes de tripulación: un cocinero, un marmitón, un mayordomo, tres mozos y cuatro marineros. Los camarotes de tripulación, exceptuando los de oficiales serán individuales con aseo compartido.

En el primer nivel, el de cubierta de botes, estarán los camarotes del contraмаestre, tres engrasadores, calderero, un limpiador y tres camareros, además de la oficina del buque y el hospital o enfermería.

En el segundo nivel, el de cubierta de oficiales, se disponen los camarotes de oficiales de puente a estribor y los de máquinas a babor, en el orden de proa a popa, primer, segundo y tercer oficial de puente, y primer, segundo, tercer y cuarto oficial de máquinas. Estos camarotes serán individuales, con aseo también individual y con más metros cuadrados que el del resto de la tripulación.

En el cuarto nivel, cubierta bajo el puente, irán los camarotes más grandes, que son los del Capitán y del Jefe de máquinas, a estribor y babor respectivamente. Dispondrán de oficina-salón, dormitorio y aseo cada uno de ellos. A popa de este nivel llevarán dos camarotes para alumnos, un

camarote oficina para el práctico, y un camarote para el Armador. Entre los camarotes del Capitán y Jefe de máquinas habrá un salón para reuniones.

Por último, la cubierta del puente de navegación tendrá una disposición tradicional, con el puente a proa, el local de derrota a popa del mismo, y el local radio (T.S.H.), uno a babor y el otro a estribor. La disposición interior de los elementos que están en el puente de navegación se realizará permitiendo la máxima visibilidad posible desde el mismo y en todas las direcciones. El puente dispondrá de dos alerones a los costados con las correspondientes consolas de maniobra para las operaciones de atraque. El local de derrota cuenta con una cortinilla de forma que por la noche el puente de navegación permanezca a oscuras. A popa en babor tenemos el local de baterías y a babor un pequeño aseo.

Se dispondrá de un sistema de acceso exterior mediante escaleras hasta la cubierta principal, además de los accesos por el interior. El resto de cubiertas tiene también doble acceso, uno por el exterior a popa y otro por el interior. La cubierta de botes tendrá también acceso directo a los botes por el interior de la habitación, tanto a babor como a estribor, y mediante una escala de acceso por el exterior desde cubierta principal a la plataforma de botes.

Se ha previsto el siguiente mobiliario:

#### **Puente, derrota y T.S.H.**

Gobierno:

- 1 estante abatible
- 2 taburetes altos
- 2 armarios para banderas
- 2 estibas de prismáticos

Derrota:

- 1 mesa para cartas con cajones y cronómetro
- 1 sofá de tres plazas

- 1 estante librería
- 1 taburete
- 1 armario

T.S.H.

- 1 mesa de trabajo
- 1 sillón giratorio
- 1 estante librería
- 1 armario

### **Cámara del Capitán y Jefe de máquinas, salón y camarotes de oficiales**

Se ha previsto en cámara del capitán y del Jefe de Máquinas:

- 1 cama con cajones y nicho para maletas
- 1 armario ropero doble
- 1 cómoda con cajones
- 1 mesita de noche
- 1 mesa de despacho
- 1 sillón
- 1 sofá de tres plazas con apoyabrazos
- 2 sofás
- 1 mesa de centro
- 1 mesa rinconera
- 1 aparador

En el salón de oficiales:

- 9 módulos tapizados
- 2 mesas rinconeras
- 2 mesitas de centro
- 2 butacas
- 1 aparador
- 1 mesa de juego
- 2 sillones
- 1 estante para televisión

En los camarotes de los primeros oficiales, por cada uno se ha previsto:

- 1 cama
- 1 armario ropero doble
- 1 mesita de noche
- 1 mesa de despacho
- 1 sillón
- 1 sofá de tres plazas
- 1 mesita de centro
- 1 sofá
- 1 mesa rinconera
- 1 aparador

En las camarotes de los oficiales 2° y 3° y armador, por cada uno se ha previsto:

- 1 cama
- 1 mesita de noche
- 1 sofá de dos plazas
- 1 mesita de centro
- 1 sillón
- 1 armario ropero
- 1 mesa rinconera
- 1 aparador

En el camarote para los dos alumnos, llevará:

- 1 litera doble
- 1 mesa de noche
- 1 sofá de dos plazas
- 1 mesita de centro
- 1 sillón
- 1 armario ropero
- 1 mesa rinconera
- 1 aparador

En los camarotes del 4° oficial y práctico por cada uno se ha previsto:

- 1 cama

- 1 mesita de noche
- 1 armario ropero
- 1 mesa
- 1 sillón

### **Maestranza**

Se ha previsto por camarote:

- 1 cama
- 1 mesa
- 1 sillón
- 1 armario ropero
- 1 sofá de tres plazas

### **Enfermería**

La enfermería se habilitará con lo siguiente:

- 2 camas o litera doble
- 2 armarios roperos
- 1 armario para botiquín
- 1 mesa
- 1 sillón
- 2 mesitas de noche

### **Oficina**

La oficina llevará los muebles siguientes:

- 1 mesa doble con cajones
- 2 sillones
- 2 armarios dobles
- 1 archivador

La oficina de carga llevará:

- 4 archivadores
- 1 taburete

### **Tripulación**

Por cada camarote de tripulación llevará lo siguiente:

- Cama
- 1 mesa
- 1 sillón
- 1 sofá de tres plazas
- 1 armario ropero<sup>3</sup>

### **Comedores**

El comedor estar de oficiales llevará lo siguiente:

- 7 módulos tapizados
- 2 mesas rinconeras
- 1 mesa centro
- 2 butacas
- 3 mesas de comedor
- 12 sillones
- 1 aparador
- 1 armario
- 1 estante para televisión

El comedor estar de tripulación llevará lo siguiente:

- 7 módulos tapizados
- 1 mesa rinconera
- 1 mesa centro
- 4 butacas
- 1 aparador doble
- 2 mesas de comedor
- 16 sillas para mesas de comedor
- 1 estante para televisión

### **Aseos individuales**

Todos los aseos de camarotes individuales dispondrán de:

- 1 ducha, 1 inodoro y 1 lavabo

En los camarotes de maestranza y tripulación, el lavabo se instalará en el camarote y por cada aseo común a dos camarotes dispondrán de:

- 1 ducha y 1 inodoro.

Los inodoros y lavabos serán de porcelana vitrificada, color blanco. La grifería y valvulería sanitaria serán de latón cromado.

### **Aseos comunes**

Habrá uno en el Puente y otro en la cubierta de Toldilla, que llevará:

- 1 inodoro y 1 lavabo

Para el servicio de máquinas y en la cubierta principal se han previsto tres aseos, dos con inodoro y otro con ducha, instalándose los lavabos correspondientes en el local para cambio de ropa de trabajo.

### **Portillo y ventanas**

Las puertas exteriores de madera para paso a la habitación dispondrán de portillos fijos de 200 mm de diámetro.

Los portillos del casco para la cocina y comedores tendrán un diámetro de 400 mm, y en los locales donde haya más de uno serán alternativamente fijos y practicables, excepto en la cocina que serán todos practicables. Llevarán tapa ciega embisagrada aquellos en los que lo requieran las reglas de Francobordo.

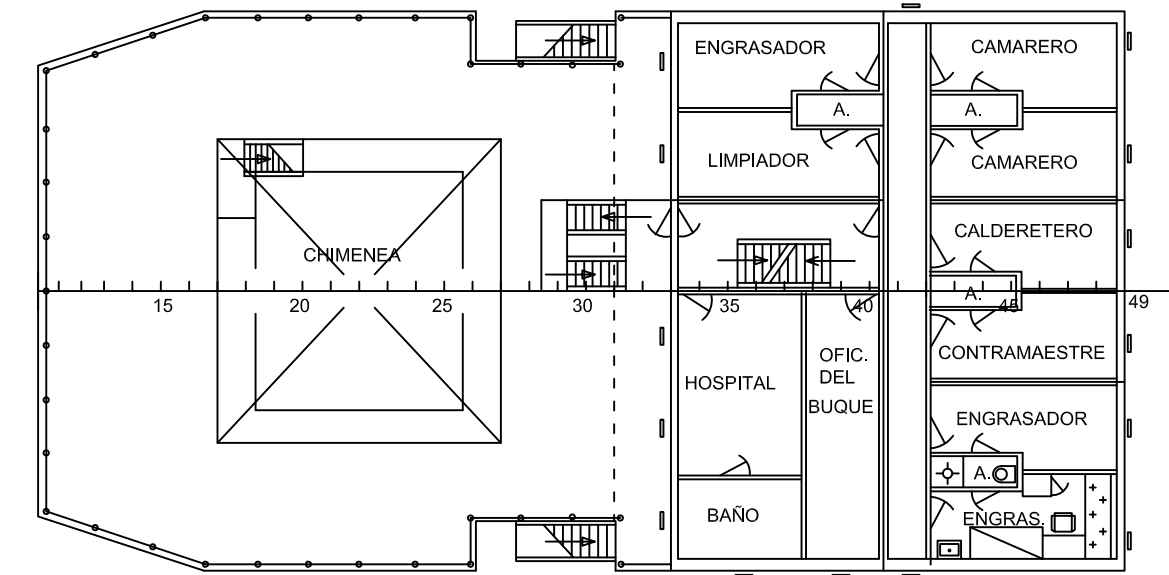
La superestructura de habitación llevará las ventanas necesarias que muestran los planos de disposición general. Las ventanas serán fijas o practicables y de 400 x 600 mm.



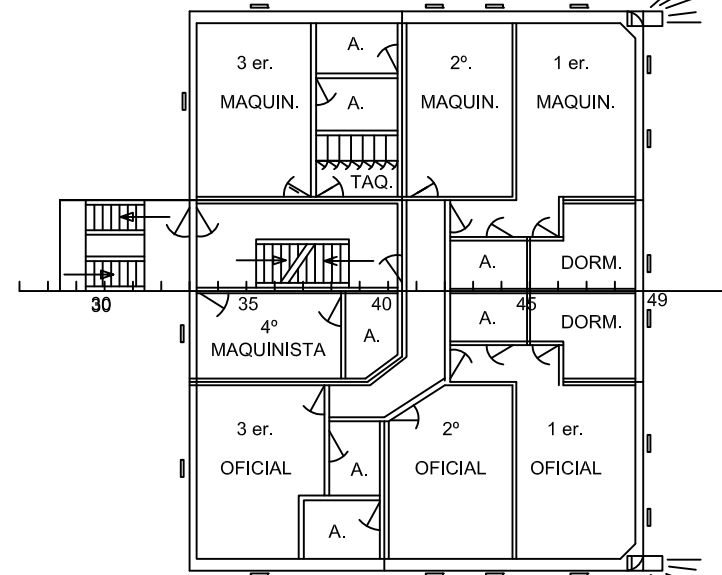
En el frente del Puente de Gobierno se han previsto tres ventanas panorámicas de 2400 x 900 mm. La ventana llevarán limpiaparabrisas de tipo marino con unidad de control variable de velocidad, una de ellas llevará un vista clara. El cristal será de luneta térmica para evitar la formación de hielo en el mecanismo.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

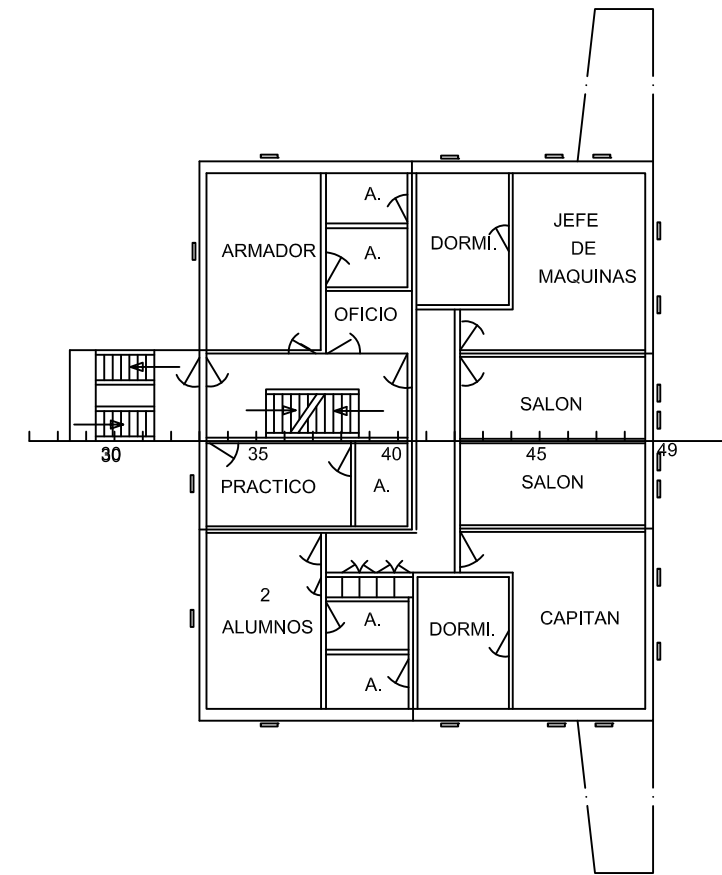
- "EL PROYECTO BÁSICO DEL BUQUE MERCANTE". Alvariño Castro, Ricardo. FEIN.
- Apuntes de la asignatura "Proyectos". ETSINO



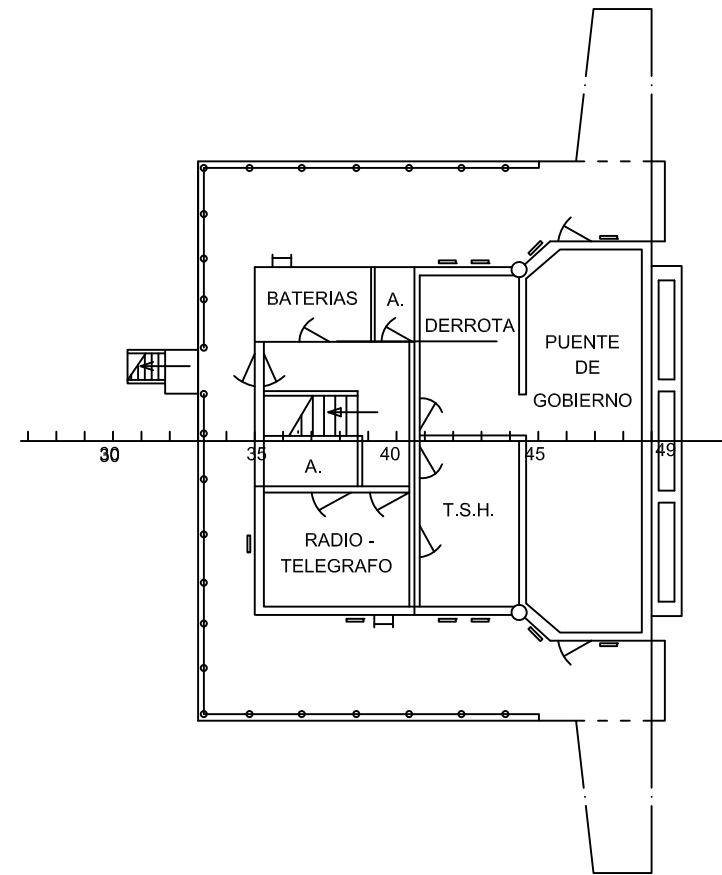
CUB. BOTES



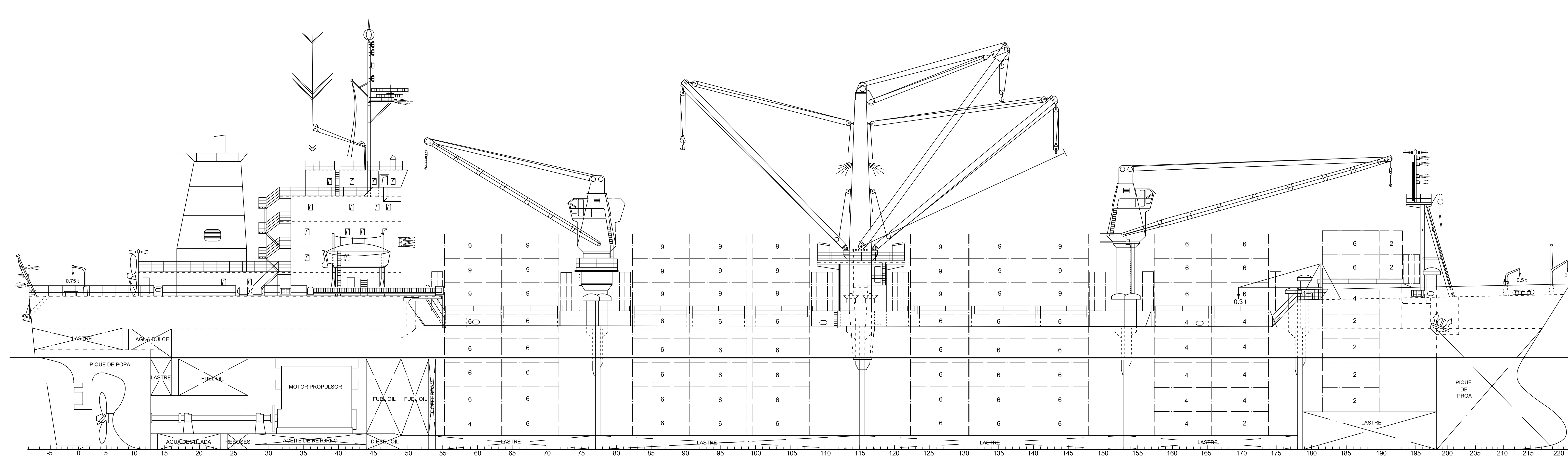
CUB. OFICIALES



CUB. BAJO PUENTE



PUENTE DE NAVEGACION



CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA MAXIMA	166.30 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	156 m
MANGA DE TRAZADO	22.80 m
PUNTAL DE TRAZADO	13.10 m
CALADO DE PROYECTO	9.91 m
ARRUFO EN CUBIERTA CASTILLO	REGLAMENTARIO

E. T. S. INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA

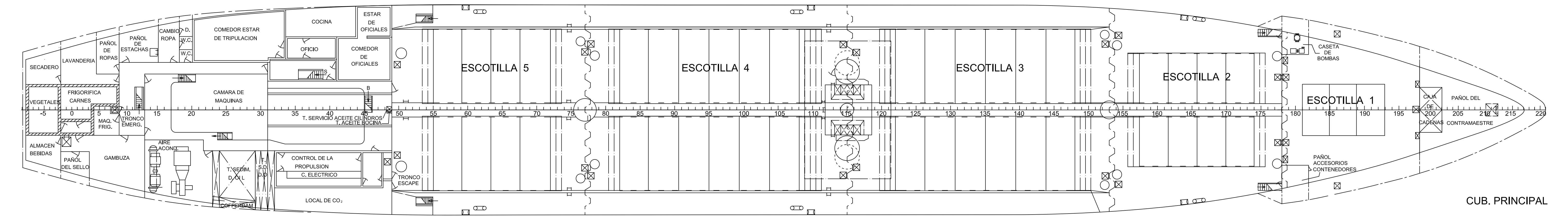
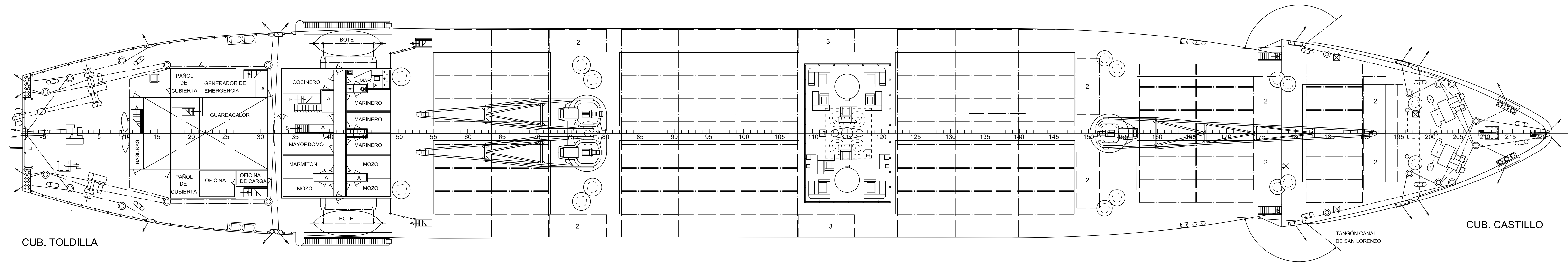
PROYECTO FIN DE CARRERA

BUQUE DE CARGA GENERAL  
SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM  
**DISPOSICION GENERAL**  
**PERFIL LONGIT. Y HABILITACION**

ESCALA: 1 : 200

Alumno: ALFONSO MARTINEZ ESCONDILLAS

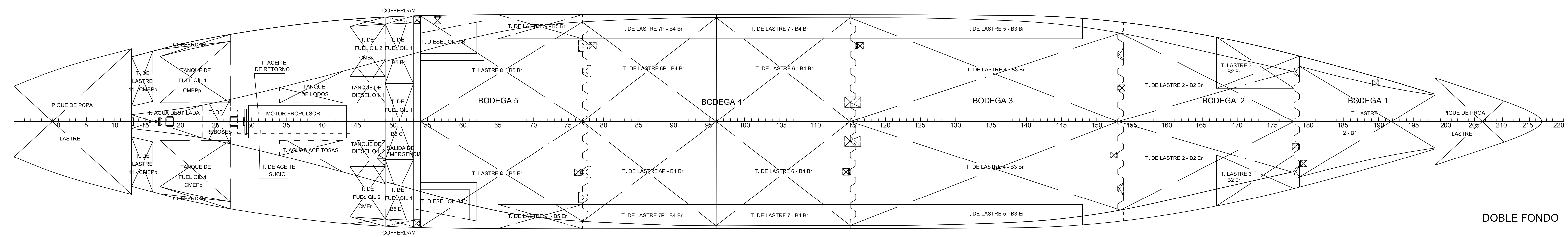
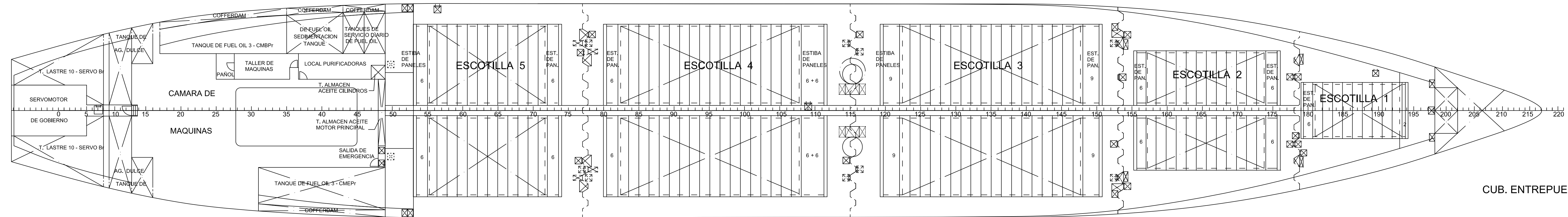
FECHA: 2014



**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA MAXIMA	166.30 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	156 m
MANGA DE TRAZADO	22.80 m
PUNTAL DE TRAZADO	13.10 m
CALADO DE PROYECTO	9.91 m
ARRUFO EN CUBIERTA CASTILLO	REGLAMENTARIO

E. T. S. INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA	PROYECTO FIN DE CARRERA
BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM	
<b>DISPOSICIÓN GENERAL CUB. CASTILLO Y PRINCIPAL</b>	
ESCALA: 1 : 200	Alumno: ALFONSO MARTINEZ ESCONDILLAS
	FECHA: 2014



**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA MAXIMA	166.30 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	156 m
MANGA DE TRAZADO	22.80 m
PUNTAL DE TRAZADO	13.10 m
CALADO DE PROYECTO	9.91 m
ARRUFO EN CUBIERTA CASTILLO	REGLAMENTARIO

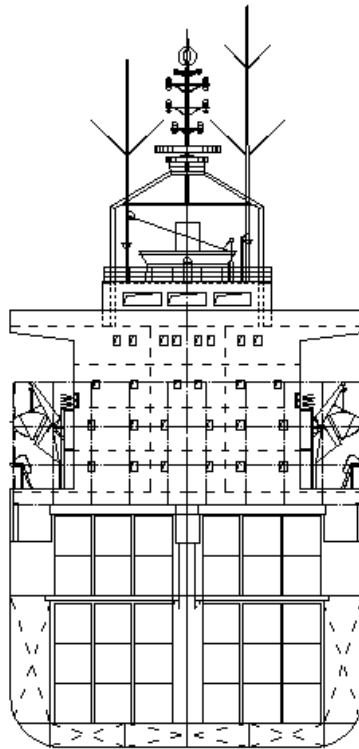
E. T. S. INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA	PROYECTO FIN DE CARRERA
BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM	
<b>DISPOSICIÓN GENERAL CUB. SEGUNDA Y DOBLE FONDO</b>	
ESCALA: 1 : 200	Alumno: ALFONSO MARTINEZ ESCONDRIILLAS
	FECHA: 2014



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 4

## CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 4**

**CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- HIDROSTÁTICAS	4
3.- CARENAS INCLINADAS	10
4.- CAPACIDADES DE TANQUES	13
5.- VOLÚMENES DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y BODEGAS	17
6.- FRANCOBORDO	18
7.- ARQUEO	24
ANEXO: TABLAS DE CAPACIDADES	28
Tanques de lastre	29
Tanques de combustible	57
Otros tanques	76
Volúmenes de Cámara de máquinas y Bodegas	87

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Se han realizado los cálculo de hidrostáticas, carenas inclinadas KN, y las tablas de capacidades y centros de gravedad de los tanques definidos en el cuadernillo de disposición general, mediante el módulo Hydromax del programa Maxsurf, donde se han definido previamente las formas y los límites de los tanques.

El cálculo de hidrostáticas se ha realizado para asiento nulo, asientos por popa de 0.5 m y 1 m. Para el cálculo de capacidades de tanques se ha deducido un 2% del volumen por refuerzos.

El cálculo del francobordo se ha realizado según el Convenio Internacional sobre líneas de carga, y el cálculo de Arqueo según el Convenio Internacional sobre arqueo de buques de 1969.



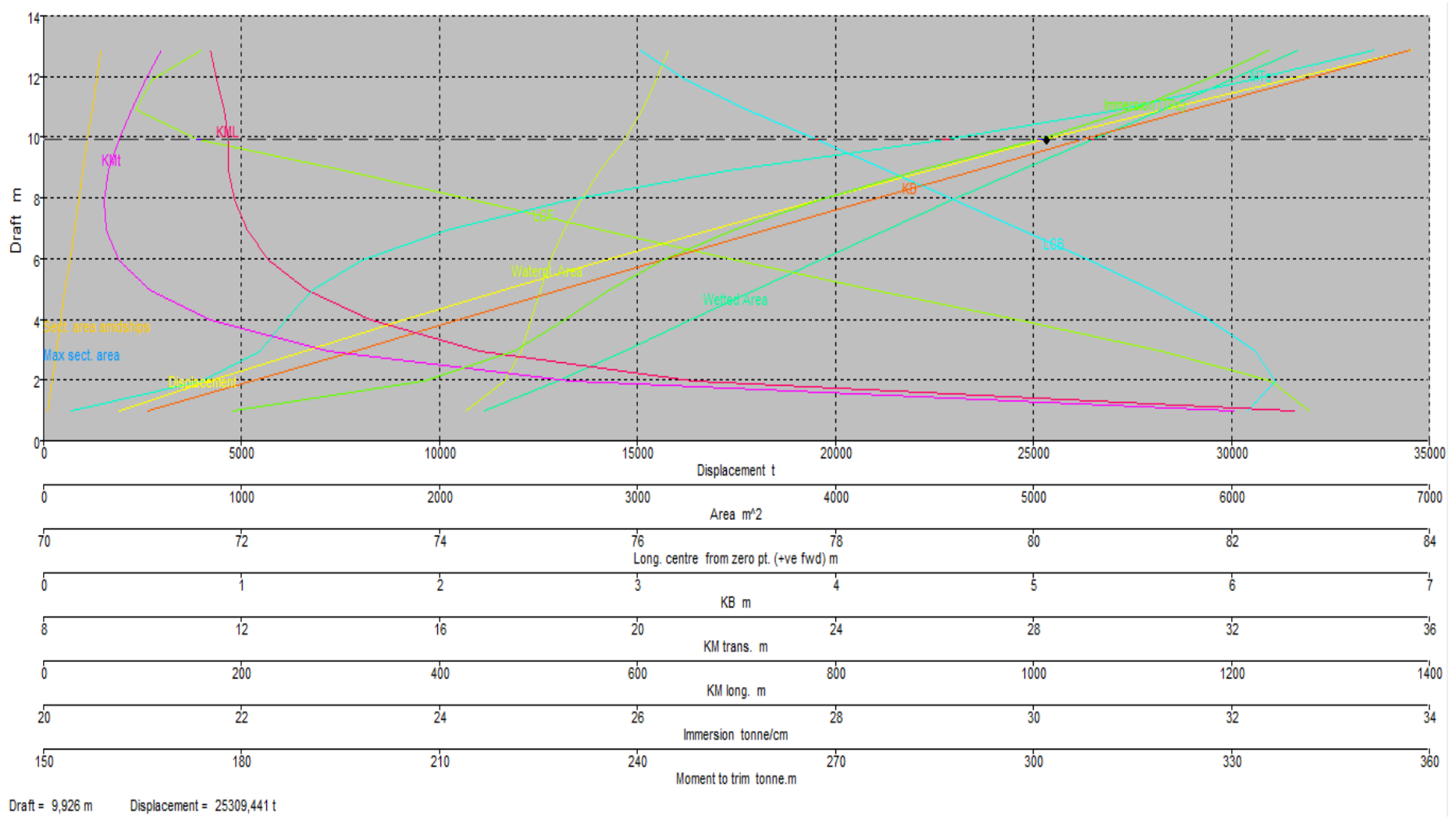
## 2.- HIDROSTÁTICAS

Asiento nulo:

Draft Amidships m	0,991	1,982	2,973	3,964	4,955	5,946
Displacement t	1917	4196	6610	9090	11616	14190
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,991	1,982	2,973	3,964	4,955	5,946
Draft at AP m	0,991	1,982	2,973	3,964	4,955	5,946
Draft at LCF m	0,991	1,982	2,973	3,964	4,955	5,946
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	154,871	156,245	156,169	155,228	153,686	152,393
Beam max extents on WL m	21,561	22,544	22,749	22,887	22,955	22,955
Wetted Area m <sup>2</sup>	2227,50	2598,41	2934,98	3265,84	3595,22	3922,77
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2137,39	2326,14	2414,88	2464,73	2509,23	2561,13
Prismatic coeff. (Cp)	0,612	0,632	0,646	0,657	0,666	0,674
Block coeff. (Cb)	0,561	0,587	0,611	0,627	0,639	0,650
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,934	0,938	0,953	0,964	0,970	0,975
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,635	0,661	0,680	0,690	0,701	0,715
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	82,165	82,443	82,239	81,784	81,202	80,563
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	82,789	82,401	81,293	79,849	78,393	76,993
KB m	0,528	1,052	1,574	2,091	2,607	3,123
BMt m	31,515	17,601	12,182	9,287	7,543	6,397
BML m	1263,29	655,70	439,72	328,16	263,51	224,74
KMt m	32,043	18,654	13,756	11,379	10,150	9,519
KML m	1263,81	656,76	441,30	330,25	266,12	227,87
Immersion (TPc) tonne/cm	21,908	23,843	24,752	25,263	25,719	26,251
MTc tonne.m	154,106	173,990	182,789	186,650	190,773	198,255
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Draft Amidships m	6,937	7,928	8,919	9,910	10,901	11,892	12,883
Displacement t	16826	19538	22344	25259	28287	31397	34575
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	6,937	7,928	8,919	9,910	10,901	11,892	12,883
Draft at AP m	6,937	7,928	8,919	9,910	10,901	11,892	12,883
Draft at LCF m	6,937	7,928	8,919	9,910	10,901	11,892	12,883
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	151,820	152,485	154,794	160,103	161,299	162,080	162,872
Beam max extents on WL m	22,933	22,887	22,839	22,810	22,798	22,830	22,842
Wetted Area m <sup>2</sup>	4253,24	4581,77	4928,48	5298,38	5651,53	5996,40	6342,13
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2630,00	2714,16	2812,58	2931,61	3025,59	3095,88	3159,84
Prismatic coeff. (Cp)	0,682	0,691	0,701	0,711	0,723	0,735	0,746
Block coeff. (Cb)	0,661	0,673	0,686	0,699	0,712	0,723	0,735
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,979	0,982	0,984	0,985	0,987	0,988	0,989
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,735	0,760	0,789	0,824	0,851	0,869	0,887
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	79,895	79,219	78,527	77,810	77,099	76,493	76,019
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	75,649	74,365	73,052	71,551	70,938	71,099	71,596
KB m	3,643	4,169	4,704	5,248	5,800	6,355	6,910
BMt m	5,616	5,049	4,615	4,271	3,977	3,712	3,480
BML m	201,91	188,87	182,26	181,75	176,84	168,98	161,72
KMt m	9,259	9,219	9,319	9,519	9,777	10,067	10,389
KML m	205,55	193,041	186,96	187,00	182,64	175,340	168,631
Immersion (TPc) tonne/cm	26,957	27,820	28,829	30,049	31,012	31,733	32,388
MTc tonne.m	211,010	229,356	253,584	286,734	313,210	332,949	351,779
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

CURVAS HIDROSTÁTICAS ASIENTO NULO

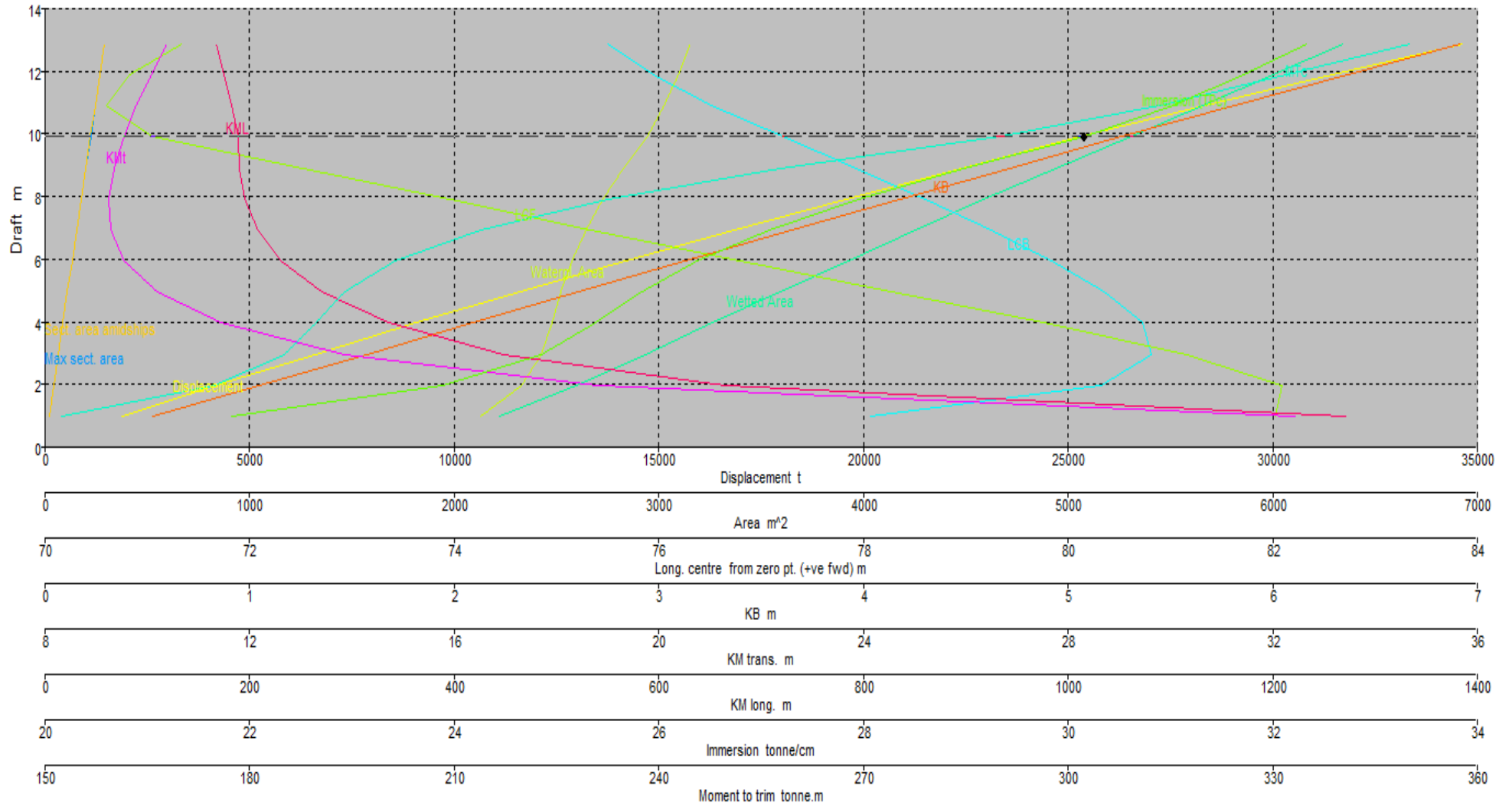


Asiento 0.5 m:

Draft Amidships m	0,991	1,982	2,973	3,964	4,955	5,946
Displacement t	1886	4164	6584	9075	11613	14200
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,741	1,732	2,723	3,714	4,705	5,696
Draft at AP m	1,241	2,232	3,223	4,214	5,205	6,196
Draft at LCF m	0,978	1,969	2,963	3,958	4,954	5,950
Trim (+ve by stern) m	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
WL Length m	154,771	156,355	156,333	155,461	154,046	152,779
Beam max extents on WL m	21,599	22,556	22,750	22,898	22,956	22,954
Wetted Area m <sup>2</sup>	2219,00	2595,74	2932,64	3263,76	3594,55	3924,76
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2129,07	2329,69	2424,32	2476,26	2521,08	2573,31
Prismatic coeff. (Cp)	0,582	0,618	0,637	0,651	0,662	0,671
Block coeff. (Cb)	0,452	0,525	0,567	0,593	0,612	0,628
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,933	0,937	0,952	0,962	0,969	0,974
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,632	0,662	0,683	0,693	0,704	0,719
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	78,065	80,321	80,819	80,725	80,350	79,835
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	82,025	82,095	81,161	79,767	78,275	76,787
KB m	0,527	1,049	1,571	2,090	2,607	3,126
BMt m	31,902	17,774	12,279	9,336	7,573	6,422
BML m	1270,46	663,97	446,82	333,92	267,77	227,90
KMt m	32,429	18,823	13,850	11,426	10,180	9,548
KML m	1270,991	665,021	448,399	336,015	270,381	231,030
Immersion (TPc) tonne/cm	21,823	23,879	24,849	25,382	25,841	26,376
MTc tonne.m	152,488	174,850	185,082	189,712	193,911	201,279
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836

Draft Amidships m	6,937	7,928	8,919	9,910	10,901	11,892	12,883
Displacement t	16846	19572	22392	25324	28359	31469	34643
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	6,687	7,678	8,669	9,660	10,651	11,642	12,633
Draft at AP m	7,187	8,178	9,169	10,160	11,151	12,142	13,133
Draft at LCF m	6,946	7,941	8,937	9,932	10,925	11,915	12,904
Trim (+ve by stern) m	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
WL Length m	152,224	152,907	155,521	160,454	161,180	161,950	162,748
Beam max extents on WL m	22,931	22,883	22,836	22,808	22,799	22,832	22,842
Wetted Area m <sup>2</sup>	4251,66	4588,54	4939,66	5309,98	5657,04	6000,46	6345,15
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2642,12	2726,92	2827,64	2943,55	3027,63	3093,69	3155,05
Prismatic coeff. (Cp)	0,680	0,689	0,700	0,711	0,723	0,735	0,746
Block coeff. (Cb)	0,642	0,657	0,671	0,686	0,700	0,712	0,724
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,978	0,980	0,983	0,985	0,986	0,988	0,989
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,739	0,764	0,794	0,827	0,851	0,869	0,885
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	79,243	78,602	77,927	77,208	76,517	75,940	75,493
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	75,334	73,959	72,522	71,036	70,606	70,821	71,338
KB m	3,648	4,177	4,714	5,261	5,814	6,368	6,922
BMt m	5,639	5,068	4,630	4,280	3,976	3,705	3,469
BML m	204,35	191,08	184,76	183,41	176,52	168,13	160,67
KMt m	9,287	9,245	9,344	9,541	9,791	10,074	10,391
KML m	208,005	195,265	189,479	188,671	182,339	174,507	167,595
Immersion (TPc) tonne/cm	27,082	27,951	28,983	30,171	31,033	31,710	32,339
MTc tonne.m	213,928	232,554	257,749	290,188	313,449	332,016	350,151
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836	0,1836

CURVAS HIDROSTÁTICAS ASIENTO 0.5 m



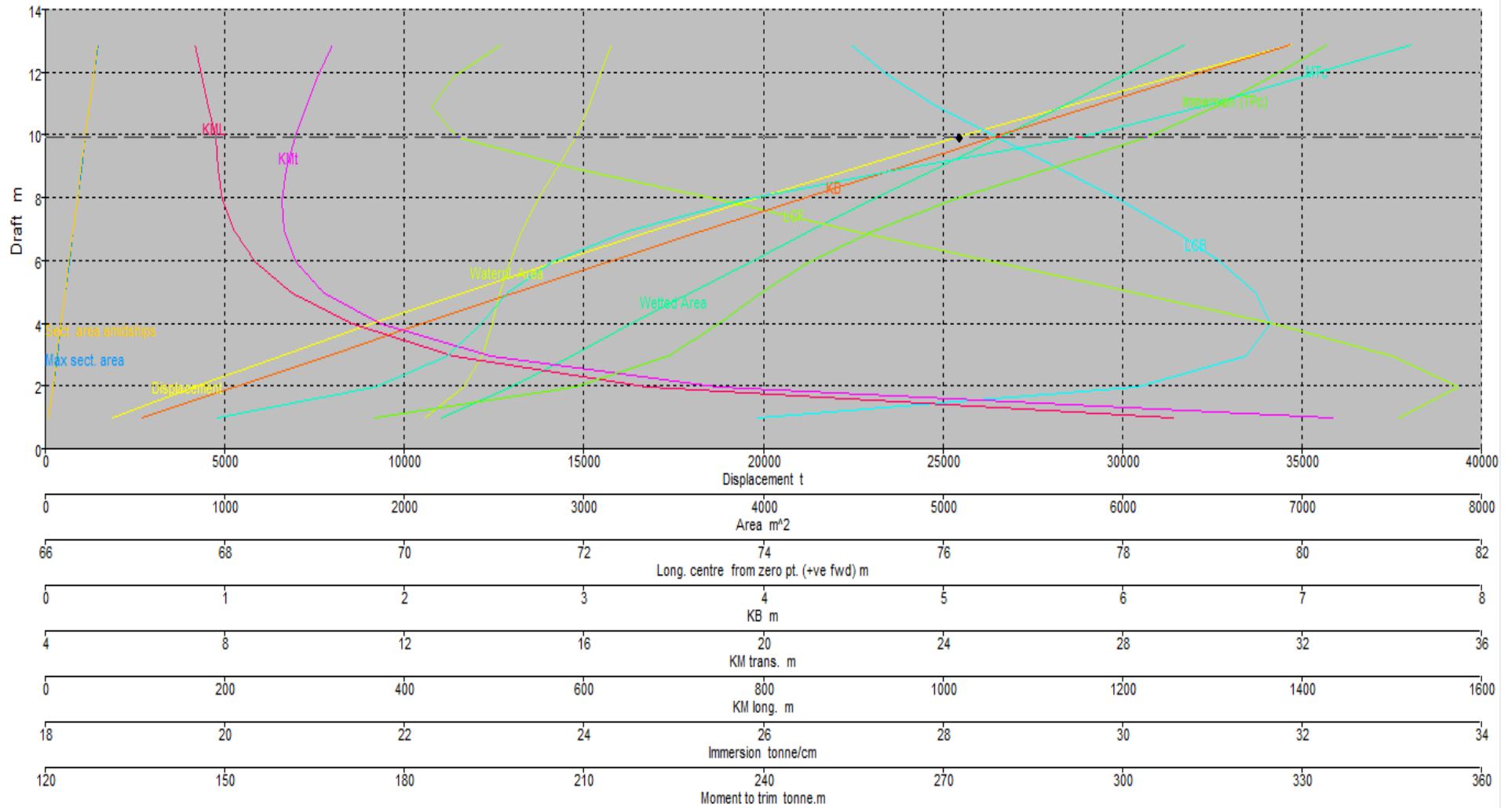
Draft = 9,926 m    Displacement = 25374,516 t

Asiento 1 m:

Draft Amidships m	0,991	1,982	2,973	3,964	4,955	5,946
Displacement t	1861	4134	6560	9061	11612	14211
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,491	1,482	2,473	3,464	4,455	5,446
Draft at AP m	1,491	2,482	3,473	4,464	5,455	6,446
Draft at LCF m	0,971	1,958	2,954	3,953	4,954	5,955
Trim (+ve by stern) m	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
WL Length m	154,315	156,374	156,444	155,653	154,412	153,211
Beam max extents on WL m	21,636	22,568	22,751	22,908	22,956	22,953
Wetted Area m <sup>2</sup>	2205,52	2592,63	2930,40	3261,70	3593,95	3926,93
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2113,57	2331,37	2432,86	2487,94	2533,41	2586,43
Prismatic coeff. (Cp)	0,544	0,600	0,627	0,644	0,657	0,667
Block coeff. (Cb)	0,378	0,474	0,529	0,562	0,587	0,607
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,929	0,936	0,950	0,959	0,966	0,970
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,626	0,662	0,685	0,696	0,707	0,722
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	73,936	78,163	79,372	79,646	79,485	79,096
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	81,078	81,745	81,002	79,679	78,154	76,582
KB m	0,541	1,052	1,573	2,092	2,611	3,132
BMt m	32,155	17,929	12,371	9,385	7,603	6,448
BML m	1256,17	670,16	453,37	339,79	272,22	231,34
KMt m	32,696	18,981	13,943	11,477	10,214	9,580
KML m	1256,718	671,220	454,943	341,887	274,837	234,480
Immersion (TPc) tonne/cm	21,664	23,897	24,937	25,501	25,967	26,511
MTc tonne.m	148,772	175,230	187,143	192,831	197,201	204,582
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673

Draft Amidships m	6,937	7,928	8,919	9,910	10,901	11,892	12,883
Displacement t	16871	19610	22446	25394	28434	31543	34713
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	6,437	7,428	8,419	9,410	10,401	11,392	12,383
Draft at AP m	7,437	8,428	9,419	10,410	11,401	12,392	13,383
Draft at LCF m	6,956	7,957	8,958	9,958	10,950	11,940	12,927
Trim (+ve by stern) m	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
WL Length m	152,704	153,449	156,497	160,347	161,066	161,826	162,624
Beam max extents on WL m	22,928	22,879	22,834	22,807	22,802	22,835	22,841
Wetted Area m <sup>2</sup>	4256,15	4596,53	4953,31	5320,31	5662,56	6004,56	6348,21
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2655,40	2740,95	2845,02	2953,42	3029,03	3091,28	3150,06
Prismatic coeff. (Cp)	0,677	0,687	0,698	0,710	0,722	0,734	0,745
Block coeff. (Cb)	0,624	0,641	0,657	0,673	0,688	0,701	0,714
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,974	0,978	0,980	0,982	0,984	0,986	0,987
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,742	0,768	0,799	0,830	0,852	0,868	0,884
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	78,578	77,976	77,317	76,600	75,936	75,391	74,972
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	75,018	73,538	71,949	70,587	70,307	70,557	71,087
KB m	3,656	4,187	4,727	5,277	5,831	6,384	6,937
BMt m	5,661	5,086	4,645	4,287	3,975	3,698	3,458
BML m	207,10	193,58	187,89	184,58	176,08	167,24	159,58
KMt m	9,317	9,273	9,372	9,564	9,806	10,082	10,395
KML m	210,763	197,776	192,516	189,859	181,913	173,632	166,517
Immersion (TPc) tonne/cm	27,218	28,095	29,162	30,273	31,048	31,686	32,288
MTc tonne.m	217,222	236,163	262,731	292,914	313,487	331,011	348,437
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673	0,3673

[A1] CURVAS HIDROSTÁTICAS ASIENTO 1 m



Draft = 9,926 m    Displacement = 25444,727 t

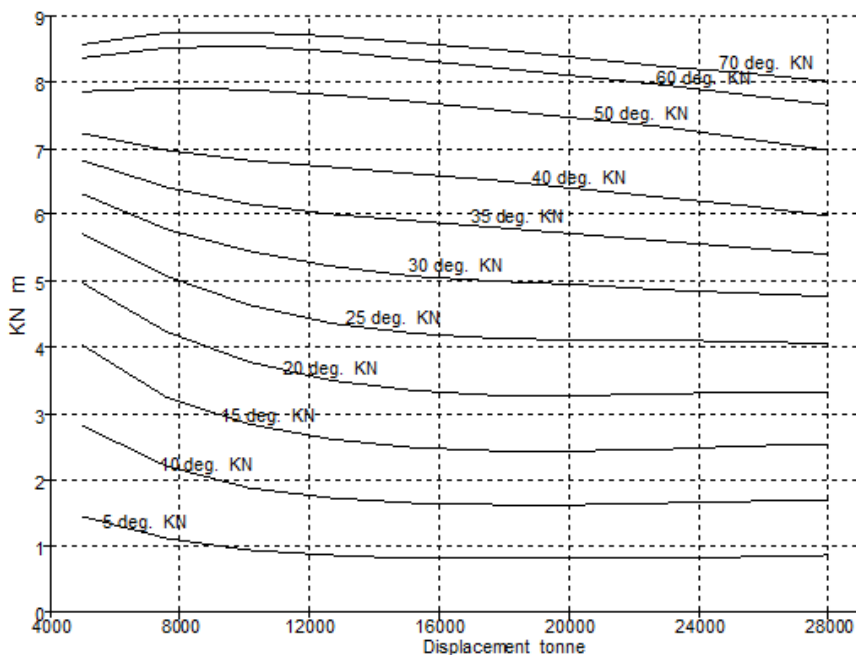
**3.- CARENAS INCLINADAS**

Se han calculado las curvas KN para los mismos asientos que hidrostáticas. Los valores de KN permiten obtener los valores de GZ mediante  $GZ = KN - KG \cdot \sin \theta$ .

**Asiento nulo:**

Displacement Tonne	KN 5,0 deg.	KN 10,0 deg.	KN 15,0 deg.	KN 20,0 deg.	KN 25,0 deg.
5000	1,434	2,803	4,019	4,968	5,710
7556	1,103	2,196	3,253	4,232	5,073
10111	0,942	1,888	2,835	3,765	4,649
12667	0,859	1,726	2,604	3,491	4,372
15222	0,820	1,646	2,485	3,341	4,211
17778	0,806	1,616	2,437	3,274	4,134
20333	0,806	1,616	2,434	3,266	4,116
22889	0,816	1,635	2,460	3,294	4,104
25444	0,832	1,666	2,503	3,318	4,082
28000	0,851	1,703	2,535	3,311	4,051

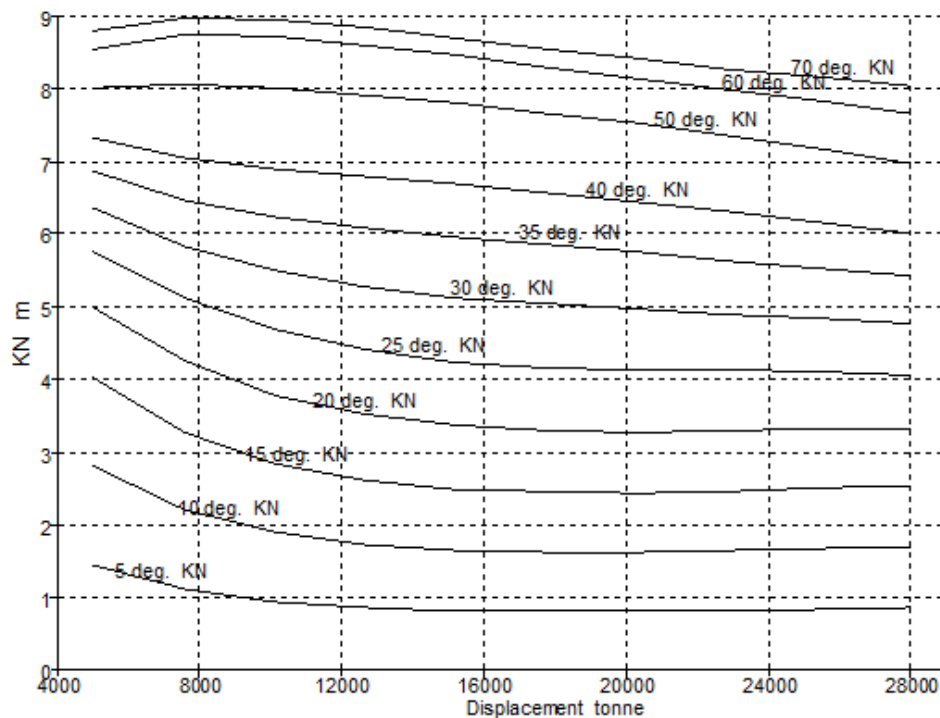
Displacement Tonne	KN 30,0 deg.	KN 35,0 deg.	KN 40,0 deg.	KN 50,0 deg.	KN 60,0 deg.	KN 70,0 deg.
5000	6,314	6,818	7,233	7,862	8,359	8,575
7556	5,784	6,405	6,960	7,922	8,520	8,749
10111	5,447	6,159	6,811	7,884	8,538	8,754
12667	5,223	6,013	6,721	7,798	8,471	8,694
15222	5,082	5,912	6,619	7,702	8,353	8,599
17778	5,004	5,803	6,509	7,592	8,224	8,483
20333	4,934	5,697	6,394	7,464	8,096	8,363
22889	4,870	5,602	6,271	7,316	7,959	8,251
25444	4,814	5,508	6,136	7,149	7,809	8,140
28000	4,756	5,404	5,991	6,966	7,647	8,024



Asiento 0.5 m:

Displacement tonne	Trim m	KN 5,0 deg.	KN 10,0 deg.	KN 15,0 deg.	KN 20,0 deg.	KN 25,0 deg.
5000	(0,5 m)	1,440	2,814	4,037	4,995	5,747
7556	(0,5 m)	1,108	2,206	3,269	4,256	5,109
10111	(0,5 m)	0,945	1,895	2,849	3,788	4,684
12667	(0,5 m)	0,862	1,732	2,616	3,512	4,405
15222	(0,5 m)	0,823	1,652	2,496	3,360	4,241
17778	(0,5 m)	0,808	1,622	2,447	3,291	4,160
20333	(0,5 m)	0,809	1,622	2,443	3,280	4,137
22889	(0,5 m)	0,818	1,640	2,467	3,305	4,122
25444	(0,5 m)	0,834	1,669	2,508	3,327	4,096
28000	(0,5 m)	0,852	1,704	2,539	3,318	4,062

Displacement tonne	KN 30,0 deg.	KN 35,0 deg.	KN 40,0 deg.	KN 50,0 deg.	KN 60,0 deg.	KN 70,0 deg.
5000	6,364	6,882	7,323	8,019	8,536	8,789
7556	5,835	6,473	7,047	8,069	8,745	8,974
10111	5,497	6,227	6,899	8,013	8,721	8,961
12667	5,269	6,075	6,802	7,918	8,603	8,852
15222	5,124	5,968	6,691	7,800	8,458	8,702
17778	5,041	5,854	6,573	7,666	8,302	8,548
20333	4,967	5,742	6,448	7,517	8,142	8,404
22889	4,897	5,638	6,309	7,350	7,984	8,273
25444	4,835	5,530	6,159	7,167	7,824	8,154
28000	4,767	5,415	6,001	6,974	7,656	8,034

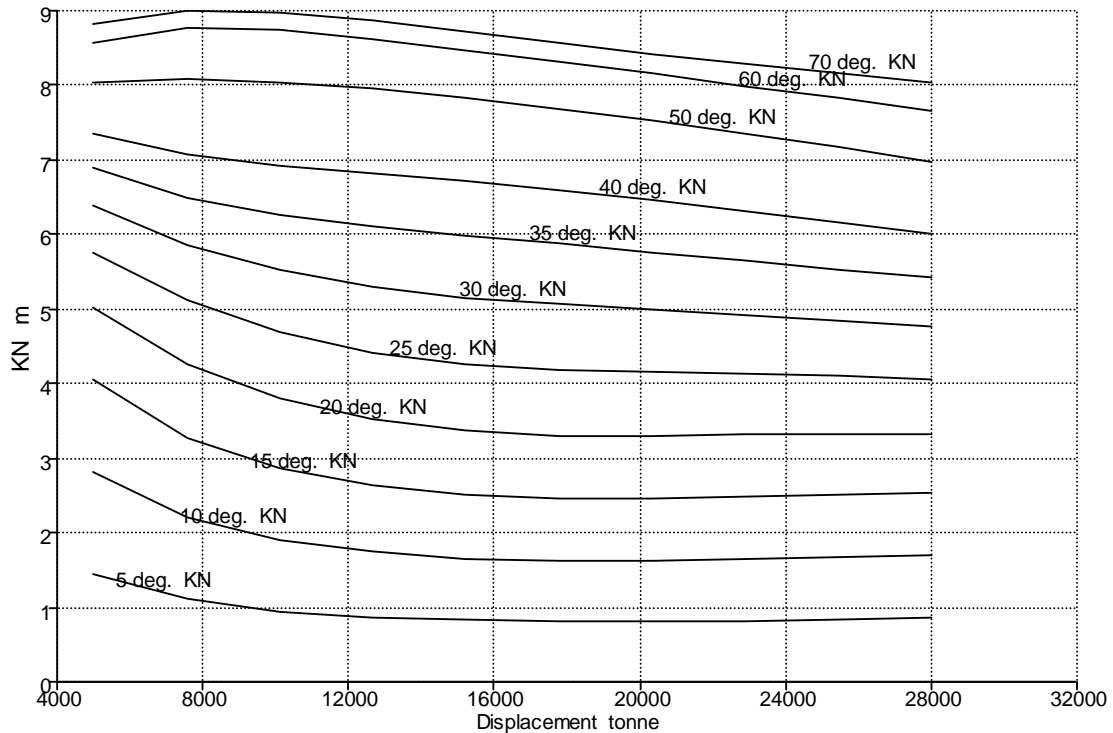




Asiento 1 m:

Displacement tonne	Trim m	KN 5,0 deg.	KN 10,0 deg.	KN 15,0 deg.	KN 20,0 deg.	KN 25,0 deg.
5000	(1 m)	1,446	2,823	4,048	5,009	5,763
7556	(1 m)	1,112	2,214	3,281	4,272	5,127
10111	(1 m)	0,948	1,902	2,860	3,803	4,703
12667	(1 m)	0,865	1,738	2,626	3,526	4,423
15222	(1 m)	0,825	1,658	2,505	3,373	4,258
17778	(1 m)	0,811	1,627	2,456	3,303	4,175
20333	(1 m)	0,811	1,626	2,450	3,289	4,149
22889	(1 m)	0,820	1,644	2,473	3,313	4,132
25444	(1 m)	0,835	1,672	2,512	3,333	4,105
28000	(1 m)	0,853	1,706	2,543	3,324	4,069

Displacement tonne	KN 30,0 deg.	KN 35,0 deg.	KN 40,0 deg.	KN 50,0 deg.	KN 60,0 deg.	KN 70,0 deg.
5000	6,381	6,899	7,341	8,042	8,564	8,824
7556	5,857	6,497	7,073	8,096	8,777	8,999
10111	5,519	6,253	6,927	8,043	8,748	8,983
12667	5,291	6,100	6,829	7,948	8,625	8,870
15222	5,144	5,990	6,716	7,825	8,477	8,714
17778	5,058	5,874	6,595	7,684	8,317	8,559
20333	4,982	5,761	6,464	7,529	8,152	8,413
22889	4,911	5,652	6,320	7,357	7,989	8,278
25444	4,845	5,538	6,165	7,170	7,826	8,156
28000	4,773	5,419	6,003	6,976	7,657	8,036



#### 4.- CAPACIDADES DE TANQUES

Una vez realizada la disposición general del buque podemos obtener las capacidades de los tanques definidos en dicha disposición. A continuación se muestra una tabla resumen de los distintos tanques, su nomenclatura, fluido que contienen, volumen máximo útil (permeabilidad 98%), y límites de los mismos respecto a la perpendicular de popa, a la línea base y a crujía en metros. Al final del cuadernillo se anexan los resultados detallados, incluido las posiciones de los centros de gravedad, obtenidos con el programa Hydromax.

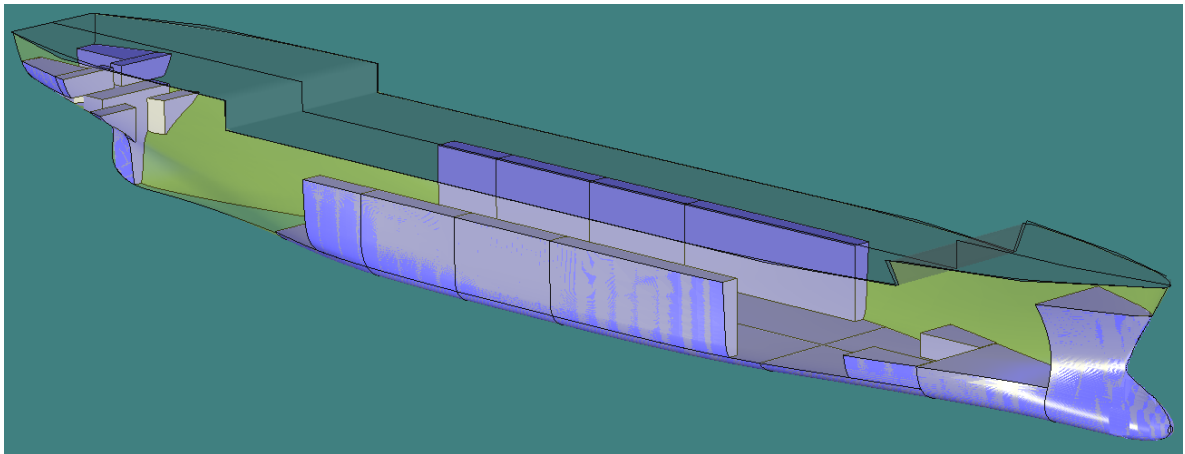
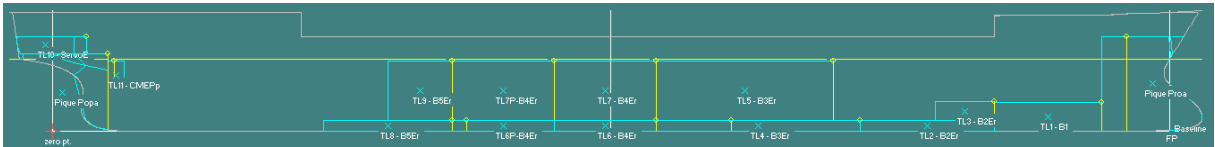
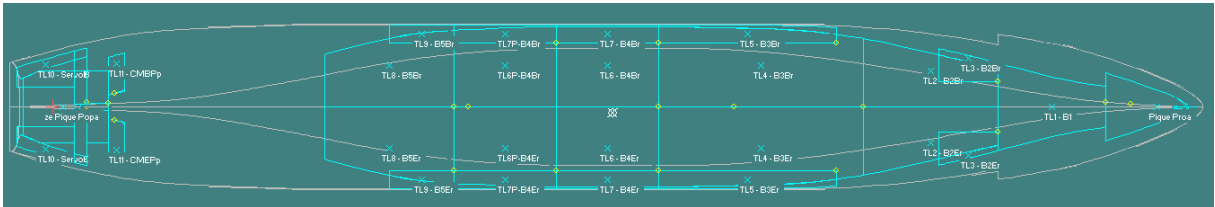
**Tanques de lastre: Total : 6472.77 m<sup>3</sup>**

Nº	Nombre	Local	Capacidad m <sup>3</sup>	Límite popa	Límite Proa	Límite Br	Límite Er	Límite superior	Límite inferior
1	Pique Proa	Pique Pr	524.910	146.55	160.5	Costado	Costado	13.1	0
2	TL1 - B1	DF. Bodega 1	453.691	131.55	146.55	Costado	Costado	4	0
3	TL2 - B2Br	DF. Bod. 2 Br	176.981	112.8	131.55	Costado	0	1.5	0
4	TL2 - B2Er	DF. Bod. 2 Er	176.981	112.8	131.55	0	Costado	1.5	0
5	TL3 - B2Br	F. Bod. 2 Br	66.633	123.3	131.55	Costado	-3.54	4.06	1.5
6	TL3 - B2Er	F. Bod. 2 Er	66.633	123.3	131.55	3.54	Costado	4.06	1.5
7	TL4 - B3Br	DF. Bod. 3 Br	407.095	84.3	112.8	Costado	0	1.5	0
8	TL4 - B3Er	DF. Bod. 3 Er	407.095	84.3	112.8	0	Costado	1.5	0
9	TL5 - B3Br	DC. Bod. 3 Br	468.686	84.3	109.05	Costado	-8.85	9.7	1.5
10	TL5 - B3Er	DC. Bod. 3 Er	468.686	84.3	109.05	8.85	Costado	9.7	1.5
11	TL6 - B4Br	DF. Bod. 4 Br	214.203	70.05	84.3	Costado	0	1.5	0
12	TL6 - B4Er	DF. Bod. 4 Er	214.203	70.05	84.3	0	Costado	1.5	0
13	TL7 - B4B	DC. Bod. 4 Br	287.496	70.05	84.3	Costado	-8.85	9.7	1.5
14	TL7 - B4E	DC. Bod. 4 Er	287.496	70.05	84.3	8.85	Costado	9.7	1.5
15	TL6P - B4Br	DF. Bod. 4 Br	210.272	55.8	70.05	Costado	0	1.5	0
16	TL6P - B4Er	DF. Bod. 4 Er	210.272	55.8	70.05	0	Costado	1.5	0
17	TL7P - B4Br	DC. Bod. 4 Br	288.530	55.8	70.05	Costado	-8.85	9.7	1.5
18	TL7P - B4Er	DC. Bod. 4 Er	288.530	55.8	70.05	8.85	Costado	9.7	1.5
19	TL8 - B5Br	DF. Bod. 5 Br	218.326	37.8	55.8	Costado	0	1.5	0
20	TL8 - B5Er	DF. Bod. 5 Er	218.326	37.8	55.8	0	Costado	1.5	0
21	TL9 - B5Br	DC. Bod. 5 Br	173.248	46.8	55.8	Costado	-8.85	9.7	1.5
22	TL9 - B5Er	DC. Bod. 5 Er	173.248	46.8	55.8	8.85	Costado	9.7	1.5
23	TL10-ServoB	Servo Br	87.523	-5	3	Costado	-2.75	13.1	10.75
	TL10-ServoB	Servo Br		3	4.8	Costado	-0.6	13.1	10.75
24	TL10-ServoE	Servo Er	87.523	-5	3	2.75	Costado	13.1	10.75
	TL10-ServoE	Servo Er		3	4.8	0.6	Costado	13.1	10.75
25	TL11-CMBPp	CM Br popa	22.325	7.8	10.05	Costado	-2.15	9.7	5.8
26	TL11-CMEPp	CM Er popa	22.325	7.8	10.05	2.15	Costado	9.7	5.8
27	Pique Popa	Pique popa	251.531	0	7.8	Costado	Costado	10.75	0

TL: tanque de lastre ; DF.: doble fondo ; DC.: doble casco ; F.: fondo ; C.M.: Cámara de máquinas

Los valores límite de Br y de Er están referidos a crujía. La cifras negativas están a babor de crujía y las positivas a estribor.

Aunque en la disposición general se ha representado la posición de los tanques, se muestra a continuación esquemas de los mismos obtenidos del programa Hydromax.



**Tanques de combustible:**

Nº	Nombre	Local	Capacidad m <sup>3</sup>	Límite popa	Límite Proa	Límite Br	Límite Er	Límite superior	Límite inferior
1	TF1 - B5Br	Bod. 5 popa	117.300	34.8	37.80	Costado	-4.8	9.7	1.5
2	TF1 - B5C	Bod. 5 popa	195.275	34.8	37.80	-4.05	4.05	9.7	1.5
3	TF1 - B5Er	Bod. 5 popa	117.300	34.8	37.80	4.8	Costado	9.7	1.5
4	TF2 - CMBPr	C.M. Br	102.933	31.05	34.8	Costado	-5.6	9.7	1.7
5	TF2 - CMEr	C.M. Er	102.933	31.05	34.8	5.6	Costado	9.7	1.7
6	TF3 - CMBPr	C.M. Br	281.545	10.8	24.3	Costado	-6.85	13.1	9.7
7	TF3 - CMEPr	C.M. Er	135.398	21.3	34.8	6.85	Costado	13.1	9.7
8	TF4 - CMBPp	C.M. Br Pp	105.831	10.8	18.3	Costado	-2.76	9.7	5.8
9	TF4 - CMEPp	C.M. Er Pp	105.831	10.8	18.3	2.76	Costado	9.7	5.8
10	TFSDPr-CMBPr	C.M. Br	32.992	32.55	34.8	Costado	-6.85	13.1	9.7

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

11	TFSDPp-CMBr	C.M. Br	32.269	30.3	32.55	Costado	-6.85	13.1	9.7
12	TFSE - CMBr	C.M. Br	80.949	24.3	30.3	Costado	-6.85	13.1	9.7
13	TD1 - CMBr	DF. C.M. Br	19.446	31.05	34,8	Costado	-2	1.7	0
14	TD2 - CMER	DF. C.M. Er	19.446	31.05	34,8	2	Costado	1.7	0
15	TDSED - CPal	Cub. Ppal.	68.796	16.05	29.95	5.16	Costado	16.4	13.1
16	TDSD – CPal (2 tq)	Cub. Ppal.	27.956	19.95	21.30	4.4	Costado	16.4	13.1
17	TD3 - B5BPP	Fondo	26.483	38.55	43.80	Costado	-7,25	4	1.5
18	TD3 - B5EPP	Fondo	26.483	38.55	43.80	7.25	Costado	4	1.5

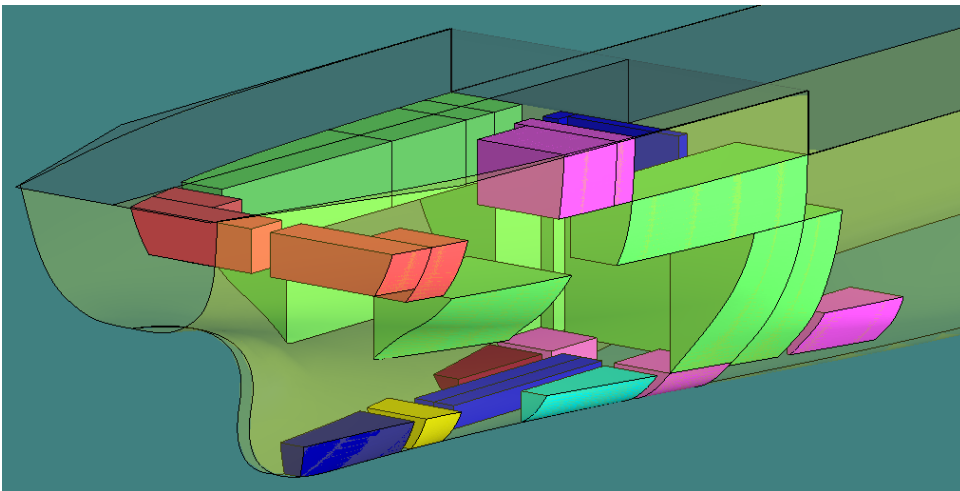
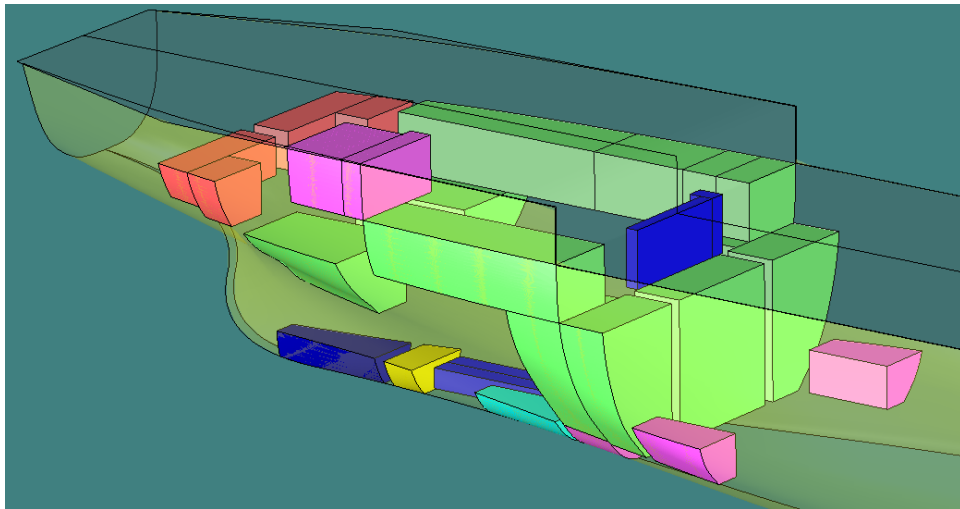
TF: tanque de fuel oil ; TFSD: tanque servicio diario fuel oil ; TFSE: tanque sedimentación de fuel oil

TD: tanque de diesel oil ; TDSD: tanque servicio diario diesel oil ; TDSE: tanque sedimentación diesel oil

Capacidad almacén fuel oil = 1264.35 m<sup>3</sup> ; Capacidad almacén diesel oil = 91.86 m<sup>3</sup>

Capacidad servicio diario fuel oil = 65.26 m<sup>3</sup> ; Capacidad servicio diario diesel oil = 27.96 m<sup>3</sup>

Capacidad sedimentación fuel oil = 80.95 m<sup>3</sup> ; Capacidad sedimentación diesel oil = 68.80 m<sup>3</sup>



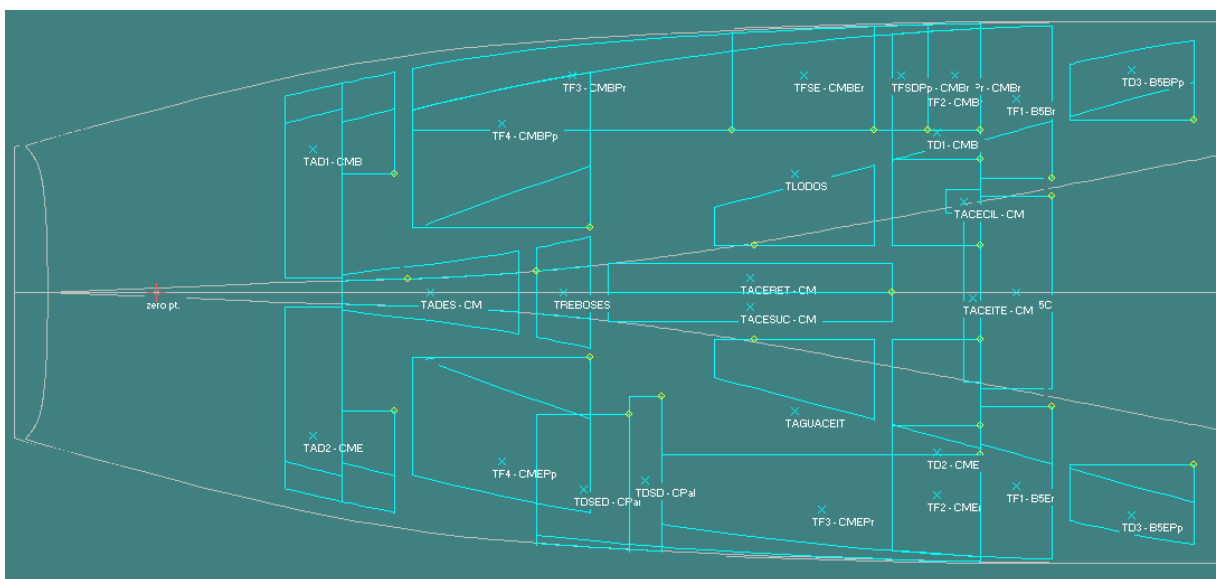
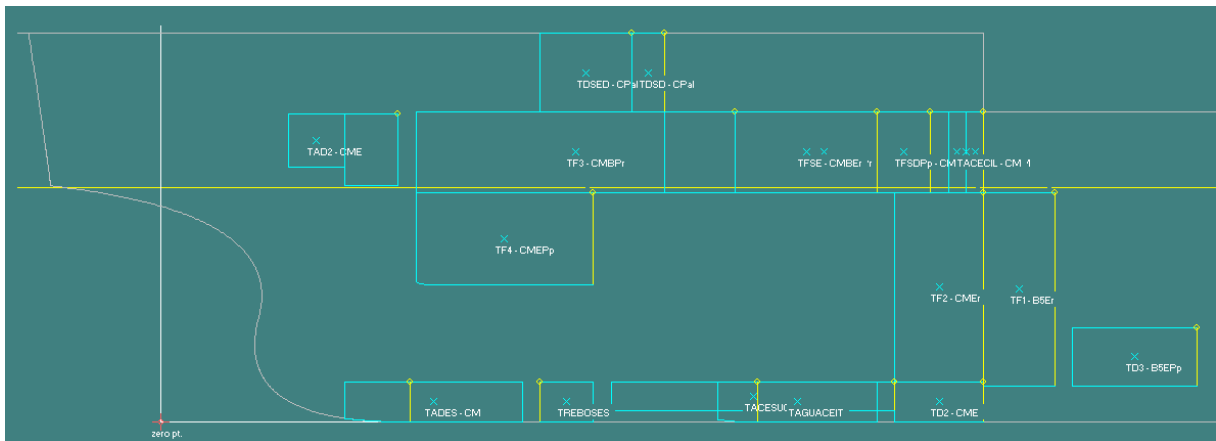
El código de colores que corresponde a los distintos fluidos es el siguiente:

	Fluid	Code	Specific gravity	Density tonne/m <sup>3</sup>	Density bbls/t	API Gravity	Colour
1	Water Ballast	B	1,0250	1,0250	6,1364		
2	Fresh Water	W	1,0000	1,0000	6,2898		
3	Diesel	D	0,8400	0,8400	7,4879	36,95	
4	Fuel Oil	F	0,9443	0,9443	6,6608	18,35	
5	Lube Oil	L	0,9200	0,9200	6,8368	22,30	
6	Agua destilada	AD	1,0000	1,0000	6,2898		
7	Reboses	R	1,0000	1,0000	6,2898		
8	Lodos	LO	1,0000	1,0000	6,2898		
9	A. aceitosas	AA	1,0000	1,0000	6,2898		
10							

Default Densities

OK Cancel

La disposición de los tanques a bordo es la siguiente:



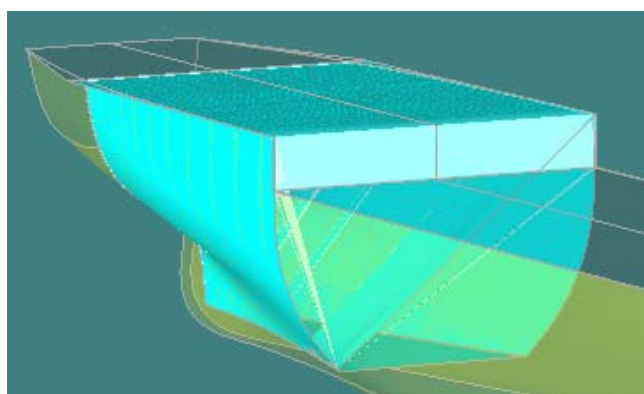
**Otros fluidos:**

Nº	Nombre	Local	Capacidad m <sup>3</sup>	Límite popa	Límite Proa	Límite Br	Límite Er	Límite superior	Límite inferior
1	TAD1 - CMB	C.M. Br popa	62.046	5,4	7,8	costado	-0,6	13	10,75
	TAD1 - CMB	C.M. Br popa		7,8	10.05	costado	-5	13	10
2	TAD2 - CME	C.M. Er popa	62.046	5,4	7.8	0,6	costado	13	10,75
	TAD2 - CME	C.M. Er popa		7,8	10.05	5	costado	13	10
3	TADES - CM	DF. C.M. popa	23.869	7.8	15.3	-4	4	1.7	0
4	TACEITE-CM	C.M. proa cruj.	17.718	34.05	34.8	-3.33	3.76	13.1	9.7
5	TACECIL-CM	C.M. proa	7.55	33.3	34.8	-4.83	-3.33	13.1	9.7
6	TACERET-CM	DF. C.M. Br	17,64	19.05	31.05	-1.25	0	1.7	0.5
7	TACESUC-CM	DF C.M. Er	17,64	19.05	31.05	0	1.25	1.7	0.5
8	TREBOSES	DF. C.M. popa	12,262	16.05	18.3	-3	3	1.7	0
9	TLODOS	DF. C.M. Br	18.792	23.55	30.3	-8	-2	1.7	0
10	TAGUACEIT	DF. C.M. Er	18.792	23.55	30.3	2	8	1.7	0

TAD: tanque agua dulce ; TADES: tanque agua destilada  
 TACECIL: tanque aceite cilindros ; TACERET: tanque aceite retorno  
 TACESUC: tanque aceite sucio ; TAGUAACEIT: tanque aguas aceitosas  
 Capacidad agua dulce: 124.1 m<sup>3</sup>

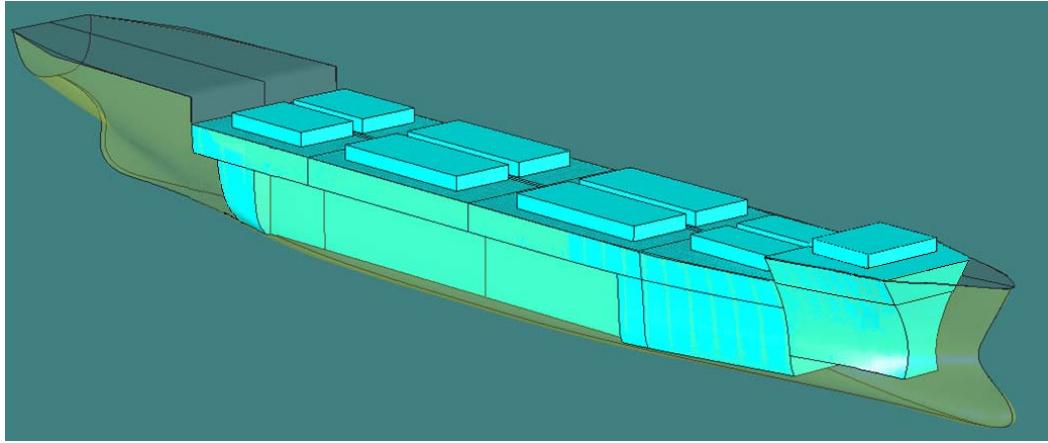
**5.- VOLÚMENES DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y DE BODEGAS**

A continuación se muestra una tabla resumen de La Cámara de máquinas y de las 5 bodegas, con su volumen máximo útil (permeabilidad 98%), y límites de los mismos respecto a la perpendicular de popa, a la línea base y a crujía en metros. Al final del cuadernillo se anexan los resultados detallados, incluido las posiciones de los centros de gravedad, obtenidos con el programa Hydromax.



**Cámara de máquinas**

Local	Capacidad m <sup>3</sup>	Límite popa	Límite Proa	Límite Br	Límite Er	Límite superior	Límite inferior
Cámara de máquinas	6307.68	7.8	34.8	Costado	Costado	16.6	1.7



**Bodegas**

Local	Capacidad m <sup>3</sup>	Límite popa	Límite Proa	Límite Br	Límite Er	Límite superior	Límite inferior
Bodega 1	2194.577	131.55	146.55	Costado	Costado	16.1	13.1
Bodega 1		131.55	146.55	Costado	Costado	13.1	4
Bodega 1	(Escotilla)	133.8	142.8	-5.31	5.31	17.88	16.15
Bodega 2	3913.168	112.8	131.55	Costado	Costado	9.7	1.5
Bodega 2		112.8	131.55	Costado	-0.48	13.1	9.7
Bodega 2		112.8	131.55	0.48	Costado	13.1	9.7
Bodega 2	(Escotilla)	115.8	128.55	-6.17	-0.78	14.9	13.1
Bodega 2	(Escotilla)	115.8	128.55	0.78	6.17	14.9	13.1
Bodega 3	6757.459	84.3	109.05	-8.85	8.85	9.7	1.5
Bodega 3		109.05	112.8	Costado	Costado	9.7	1.5
Bodega 3		84.3	112.8	Costado	-0.48	13.1	9.7
Bodega 3		84.3	112.8	0.48	Costado	13.1	9.7
Bodega 3	(Escotilla)	89.55	109.05	-8.8	-0.78	14.9	13.1
Bodega 3	(Escotilla)	89.55	109.05	0.78	8.8	14.9	13.1
Bodega 4	6677,219	55.8	84.3	-8.85	8.85	9.7	1.5
Bodega 4		55.8	84.3	Costado	-0.48	13.1	9.7
Bodega 4		55.8	84.3	0.48	Costado	13.1	9.7
Bodega 4	(Escotilla)	59.55	79.05	-8.85	-0.78	14.9	13.1
Bodega 4	(Escotilla)	59.55	79.05	0.78	8.85	14.9	13.1
Bodega 5	4570.991	37.8	46.8	Costado	Costado	9.7	1.5
Bodega 5		46.8	55.8	-8.85	8.85	9.7	1.5
Bodega 5		34.8	55.8	Costado	-0.48	13.1	9.7
Bodega 5		34.8	55.8	0.48	Costado	13.1	9.7
Bodega 5	(Escotilla)	39.3	52.05	-8.8	-0.78	14.9	13.1
Bodega 5	(Escotilla)	39.3	52.05	0.78	8.8	14.9	13.1

## 6.- FRANCOBORDO

Se calcula el francobordo reglamentario según las Reglas del Convenio Internacional de Líneas de Carga del año 1966, enmendadas en las sesiones de 1988 y 2003.

Las dimensiones principales del buque proyecto, definidas según la Regulación 3, Capítulo I del Anexo I, son:

Puntal mínimo de trazado hasta la cubierta de francobordo = 13,1 m

Calado al 85 % del puntal anterior = 11.135 m

Eslora entre perpendiculares al calado anterior = 156.73 m

Eslora total en la flotación al calado anterior = 161.52 m

96 % de la eslora anterior = 155,06 m

Eslora de francobordo = 156.73 m

Manga = 22.8 m

Puntal de trazado = 13.1 m

Espesor de la plancha de trancanil = 11 mm

Puntal de francobordo = 13.111 m

Volumen de carena al calado anterior = 28307 m<sup>3</sup>

Coefficiente de bloque al calado anterior = 0.71

### REGLA 27

No es necesaria la aplicación del incremento de francobordo de esta regla, ya que el buque cumple con las prescripciones para su no aplicación.

### REGLA 28

El buque es de tipo B. El francobordo tabular para L = 156.73 m y buque tipo B se obtiene interpolando entre los valores para 156 y 157 m.

Para 156 m el francobordo es 2440 mm. Para 157 m el francobordo es 2460 mm. Interpolando el francobordo tabular del buque proyecto es de 2455 mm.

$$FB_{\text{tabular}} = 2440 + \frac{2460 - 2440}{157 - 156} * (156.73 - 156) = 2455 \text{ mm}$$



REGLA 29

No hay que hacer corrección por tener el buque una eslora superior a 100 m.

REGLA 30. Corrección por coeficiente de bloque.

La corrección por coeficiente de bloque mayor de 0,68 es la siguiente:

$$\frac{C_B + 0.68}{1.36} = \frac{0.71 + 0.68}{1.36} = 1.022$$

REGLA 31. Corrección por puntal.

Como  $D = 13.111$  es mayor que  $L / 15 = 156.73 / 15 = 10.449$ , el francobordo corregido por puntal se tiene que aumentar en:

$$\left( D - \frac{L}{15} \right) * R = \left( 13.111 - \frac{156.73}{15} \right) * 250 = 666 \text{ mm}$$

REGLAS 33. Altura normal de superestructuras.

La altura reglamentaria  $H$  de las superestructuras para una eslora mayor de 125 m, es de 2.30 metros.

REGLA 35. Longitud efectiva de superestructuras.

Esta deducción se aplicará teniendo en cuenta el castillo y la toldilla, pues tienen los medios de cierre previstos por la regla 3.10. La altura del castillo es de 3.10 m y la de la toldilla 3.30 m. Como son mayores que la altura reglamentaria de 2.30 m, no hay que hacer corrección de la longitud de superestructuras. La longitud del castillo dentro de la eslora  $L$ , obtenida de la disposición general y según la regla 34, es de 24.9 m, y la de la toldilla es de 34.8 m.

REGLA 35. Troncos

Como la caseta de la pluma tiene anchura superior al 60% de la manga, y su altura es superior a la normal, la longitud efectiva del tronco es de  $9.40 * 15.1 / 22.8 = 6.23$  m.

La longitud efectiva total de superestructuras y troncos es de  $24.90 + 34.80 + 6.23 = 65.93$  m, luego la relación longitud efectiva a eslora es de  $E/L = 65.93/156.73 = 0.421$ .

REGLA 37. Reducción por superestructuras

La longitud efectiva del castillo es de 24.9 m, superior a  $0.07 * L = 0.07 * 156.73 = 10.97$  m, por lo que se permite reducción por superestructuras. Con la relación  $E/L = 0.381$  se interpola en la línea I de la REGLA 37, obteniendo una reducción de porcentaje del 29.1 %:

$$31 + \frac{41 - 31}{0.5 - 0.4} * (0.421 - 0.4) = 33.1 \Rightarrow \text{Reducción} = 0.331 * 1070 = 354 \text{ mm}$$

REGLA 38. Corrección por arrufo.

Las dimensiones para la corrección por deficiencia de arrufo, con respecto al arrufo normal establecido en la regla, se obtiene del perfil del buque en la disposición general.

En la siguiente tabla se muestra el perfil estándar de arrufo para el buque proyecto según dispone la regla, donde el origen se toma en la intersección de la cubierta de francobordo con la perpendicular a la línea base en la eslora media.

	Posición	Arrufo normal	Z (mm)	f	Z * f
Mitad de popa	Ppp	$25 * (L/3 + 10)$	1556	1	1556
	L/6	$11.1 * (L/3 + 10)$	691	3	2072
	L/3	$2.8 * (L/3 + 10)$	174	3	522
				SUMA =	4151

	Posición	Arrufo normal	Z (mm)	f	Z * f
Mitad de popa	L/3	$5.6 * (L/3 + 10)$	349	3	1047
	L/6	$22.2 * (L/3 + 10)$	1382	3	4146
	Ppr	$50 * (L/3 + 10)$	3112	1	3112
				SUMA =	8305

El buque proyecto no tiene arrufo en la cubierta de francobordo ni en proa ni en popa. Por tanto, las deficiencias de arrufo en proa y popa son:

$$\text{Deficiencia de arrufo en popa} = (0 - 4151)/8 = - 519 \text{ mm}$$

$$\text{Deficiencia de arrufo en proa} = (0 - 8305)/8 = - 1038 \text{ mm}$$

$$\text{Deficiencia de arrufo en la cubierta} = (- 519 - 1038)/2 = - 778.50 \text{ mm}$$

Al ser la altura real del castillo en la ordenada extrema superior a la normal, 3100 mm frente a 2300 mm, se aumentará el arrufo de la cubierta de francobordo en un valor "s" dado por:

$$s = \frac{y}{3} * \frac{L'}{L} = \frac{3100 - 2300}{3} * \frac{24.90}{156.73} = 42.37 \text{ mm}$$

donde:

s = suplemento de arrufo, a deducir del defecto o añadir al exceso de arrufo.

y = diferencia entre las alturas real y normal del Castillo en la ordenada extrema de la línea de arrufo (perpendicular de proa), en milímetros.

L' = longitud media de la parte cerrada del Castillo, hasta un máximo de 0,5·L.

L = eslora de francobordo del buque.

Análogamente, para la toldilla, altura 3300 mm frente a 2300 mm, el valor de "s" es:

$$s = \frac{y}{3} * \frac{L'}{L} = \frac{3300 - 2300}{3} * \frac{34.80}{156.73} = 74.01 \text{ mm}$$

Por tanto, la deficiencia de arrufo en la cubierta es  $-778.50 + 42.37 + 74.01 = - 662.12 \text{ mm}$

La corrección de francobordo por arrufo se obtiene multiplicando el valor anterior por el siguiente término:

$$0.75 - \frac{S}{2 * L}$$

donde S es la longitud total de superestructuras cerradas, que en el buque proyecto es  $S = 24.9 +$

34.8 = 59.70 m.

Por tanto, el aumento por deficiencia de arrufo es:

$$662.12 * \left( 0.75 - \frac{59.70}{2 * 156.73} \right) = 370 \text{ mm}$$

#### FRANCOBORDO DE VERANO MÍNIMO:

A falta de la comprobación de la altura mínima en proa, será:

$$\begin{aligned} \text{FB}_{\text{mínimo}} &= \text{FB}_{\text{tabular}} * \text{Correc. } C_B + \text{Correc. } D + \text{Correc. Supest.} + \text{Correc. Arrufo} = \\ &= 2455 * 1.022 + 666 - 354 + 370 = 3191 \text{ mm} \end{aligned}$$

REGLA 39. Altura mínima de proa.

Con el francobordo de verano obtenido, la altura mínima de proa es:

$$F_b = \left( 6075 * \frac{L_F}{100} - 1875 * \left( \frac{L_F}{100} \right)^2 + 200 * \left( \frac{L_F}{100} \right)^3 \right) * \left( 2.08 + 0.609 * C_B - 1.603 * C_{wf} - 0.0129 * \left( \frac{L_F}{T_1} \right) \right)$$

donde:

$C_{wf}$  = coeficiente de flotación a proa de  $L/2$  para el calado  $T_1$  (85% del puntal de francobordo). El área se obtiene del programa Autocad una vez obtenida la flotación a partir de Maxsurf, 1354 m<sup>2</sup>.

$$C_{wf} = \frac{A_{flpr}}{0.5 * L_F * B} = \frac{1354}{0.5 * 156.73 * 22.8} = 0.7578$$

$$\begin{aligned} F_b &= \left( 6075 * \frac{156.73}{100} - 1875 * \left( \frac{156.73}{100} \right)^2 + 200 * \left( \frac{156.73}{100} \right)^3 \right) * \\ &* \left( 2.08 + 0.609 * 0.699 - 1.603 * 0.7578 - 0.0129 * \frac{156.73}{11.15} \right) = 6448 \text{ mm} \end{aligned}$$

La altura real de proa, obtenida del plano de perfil de disposición general, es 6706 mm, que es mayor que la mínima.

## RESUMEN DE FRANCOBORDOS

A partir del francobordo de calado de verano y por aplicación de la regla 40, se obtienen las reducciones para francobordo tropical y los incrementos para francobordo de invierno y del Atlántico Norte, Invierno, así como la reducción para agua dulce.

RESUMEN DE LOS DISTINTOS FRANCOBORDOS Y CALADOS	
- Calado máxima carga de verano: 13111 – 3194	9917 mm
Reducción para FB tropical (calado/48 = (13111 - 3191)/48)	207 mm
- Francobordo Tropical	2984 mm
- Calado máximo tropical: 13111 – 3191 + 207	10127 mm
Incremento para FB de invierno (calado/48)	207 mm
- Francobordo Invierno:	3398 mm
- Calado máximo invierno: 13111 – 3191 – 207	9713 mm
- Francobordo Invierno Atlántico Norte	3398 mm
- Calado real Invierno Atlántico Norte	9713 mm
Reducción para FB en agua dulce ( $\Delta/40 T$ )	210 mm
- Francobordo agua dulce	2981 mm
- Calado máximo agua dulce: 13111 – 3191 + 210	10130 mm

sabiendo que:  $\Delta$  = desplazamiento en agua salada al francobordo de verano = 25259 t

T = TPC inmersión en agua salada al francobordo de verano = 30.05 t

## 7.- ARQUEO

### Arqueo Bruto

El cálculo del arqueo bruto GT de un buque, se realiza según la Regla 3 del Convenio Internacional Sobre Arqueo de Buques de 1969, mediante la siguiente fórmula:

$$GT = K_1 * V$$

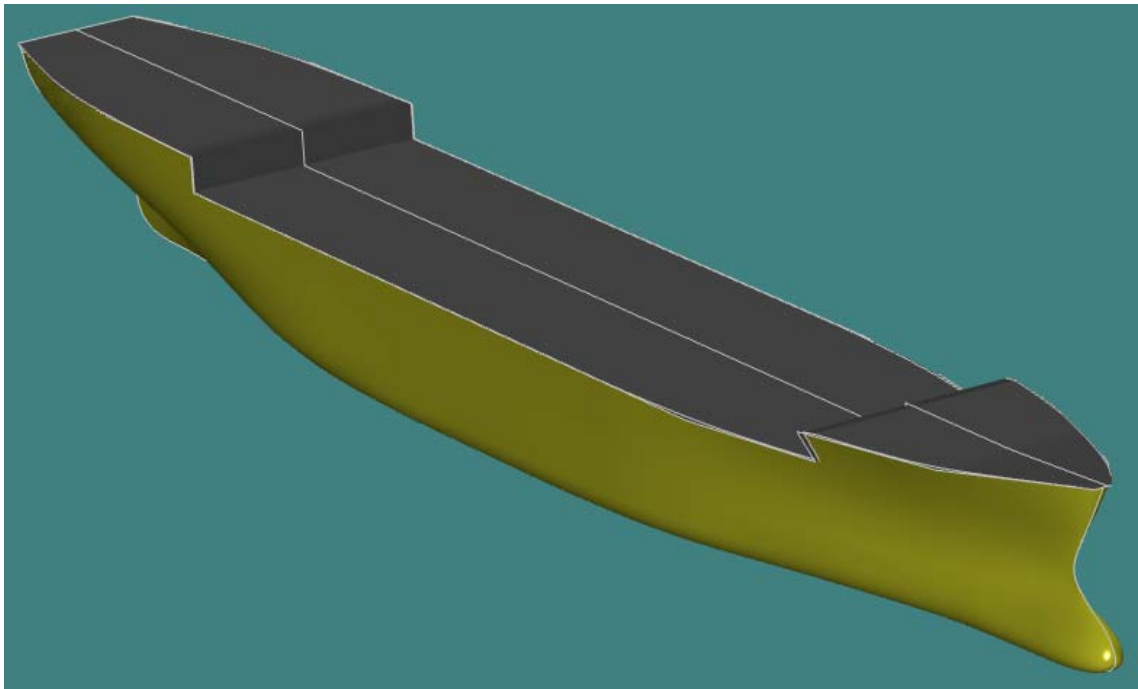
donde V es el volumen total de todos los espacios cerrados del buque en metros cúbicos.

Se considerarán por una parte el volumen debajo de la cubierta principal y por otro el resto de volúmenes de espacios cerrados por encima de la cubierta superior. Por otro lado, K1 se calcula con ayuda de la siguiente expresión:

$$K_1 = 0.2 + 0.02 * \log_{10} V$$

Espacios cerrados:

El volumen de los espacios cerrados del casco se obtiene con la ayuda del modulo Hydromax de Maxsurf.



Según la regla 12.4 del Convenio, son los siguientes:

- a) Bodegas (incluido escotillas), Cámara de máquinas, piques y tanques:

El volumen por debajo de la cubierta principal es de 35258 m<sup>3</sup>. Hay que añadir los volúmenes de las brazolas y descontar el volumen de la viga cajón en cruzia.

$$\text{Volumen escotillas} = 12.75 \times 8.01 \times 1.80 \times 2 + 19.50 \times 8.01 \times 1.80 \times 4 + 12.75 \times 5.38 \times 1.80 \times 2 + 9 \times 10.62 \times 1.70 = 1901.69 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen viga cajón} = 96.75 \times 0.96 \times (13.1 - 9.7) = 325.79 \text{ m}^3$$

$$V_B = 35258 + 1901.69 - 325.79 = 36833.9 \text{ m}^3$$

b) Castillo:

$$V_C = 1013 \text{ m}^3$$

c) Toldilla: 2621 m<sup>3</sup>

$$V_T = 2621 \text{ m}^3$$

d) Alojamientos: este volumen se obtiene de la disposición general, pues la superestructura es de tipo paralelepédico y se conocen todas las dimensiones.

$$V_A = 4 \times 14.6 \times 12 \times 2.8 + 10.4 \times 9 \times 2.8 = 2224 \text{ m}^3$$

e) Caseta pluma: hay que incluir la parte inferior de este espacio al estar cerrado. También es de tipo paralelepédico.

$$V_P = 5 \times 14.85 \times 2.65 = 196.7 \text{ m}^3$$

El volumen total V de los espacios cerrados es el siguiente:

$$V = 36833.9 + 1013 + 2621 + 2224 + 196.7 = 42888.6 \text{ m}^3$$

El arqueo bruto es:

$$GT = K_1 * V = (0.2 + 0.02 * \log_{10} V) * V = (0.2 + 0.02 * \log_{10} 42880.6) * 42888.6 = 12551$$

### Arqueo neto:

El cálculo del arqueo neto GT de un buque, se realiza según la Regla 4 del Convenio Internacional Sobre Arqueo de Buques de 1969, mediante la siguiente fórmula:

$$NT = K_2 * V_C * \left( \frac{4 * d}{3 * D} \right)^2 + K_3 * \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

N<sub>1</sub> es el número de pasajeros en camarotes que no tengan más de 8 literas; en este caso vale 0.

N<sub>2</sub> es el número de los demás pasajeros; en este caso vale 0.

$V_C$  es el volumen total de los espacios de carga, en metros cúbicos.

$$K_2 = 0.2 + 0.02 * \log V_C = 0.2 + 0.02 * \log 24000 = 0.2876$$

$$K_3 = 1.25 + \frac{GT + 10000}{10000} = 1.25 + \frac{12551 + 10000}{10000} = 3.5051$$

D es el puntal de trazado en el centro del buque expresado en metros, según la definición dada en la Regla 2.2

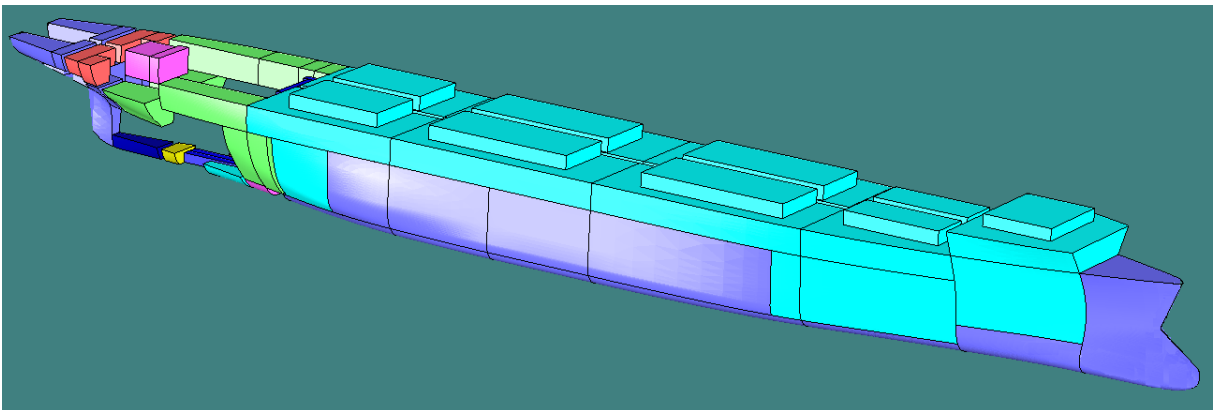
d es el calado de trazado en el centro del buque expresado en metros. Según la Regla 4.2, es el calado correspondiente a la línea de carga de verano para los buques sujetos a las disposiciones del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga.

$$NT = K_2 * V_C * \left( \frac{4 * d}{3 * D} \right)^2 + K_3 * \left( N_1 + \frac{N_2}{10} \right) = 0.2876 * 24000 * \left( \frac{4 * 9.91}{3 * 13.1} \right)^2 + 0 = 7022 > 0.25 * GT$$



ANEXO

RELACIÓN DE TANQUES, CAPACIDADES Y CENTROS DE GRAVEDAD

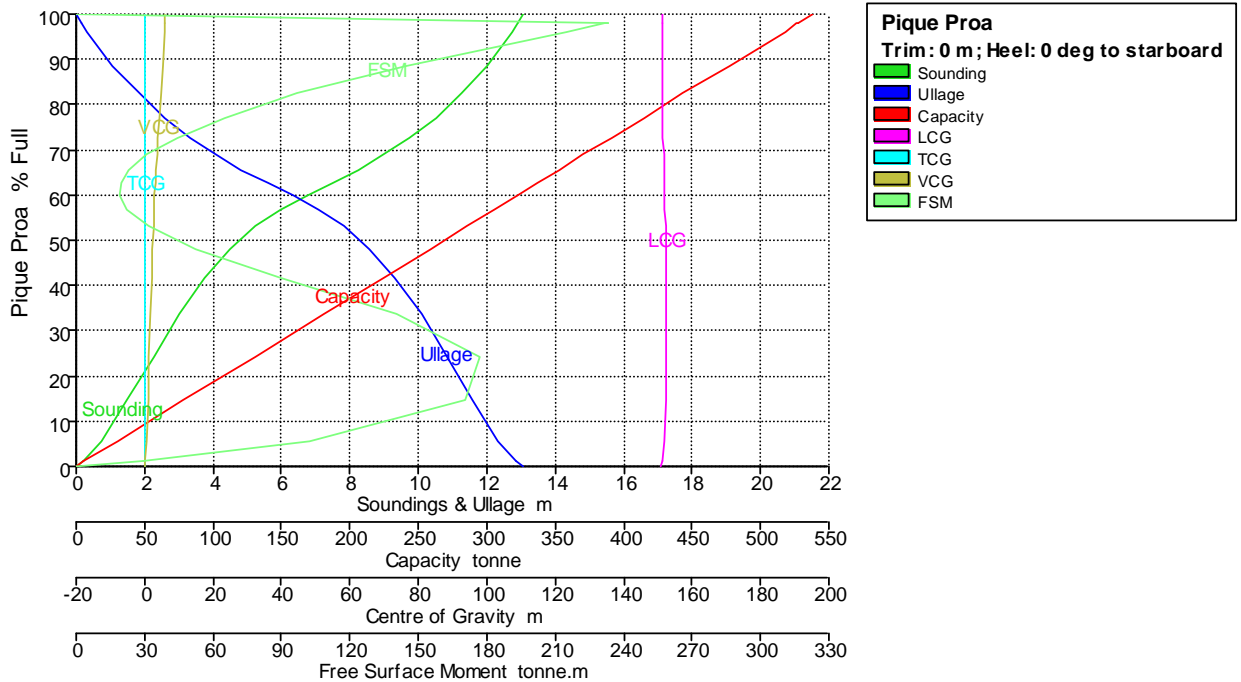


## TANQUES DE LASTRE

*Tank Calibrations - Pique Proa*

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

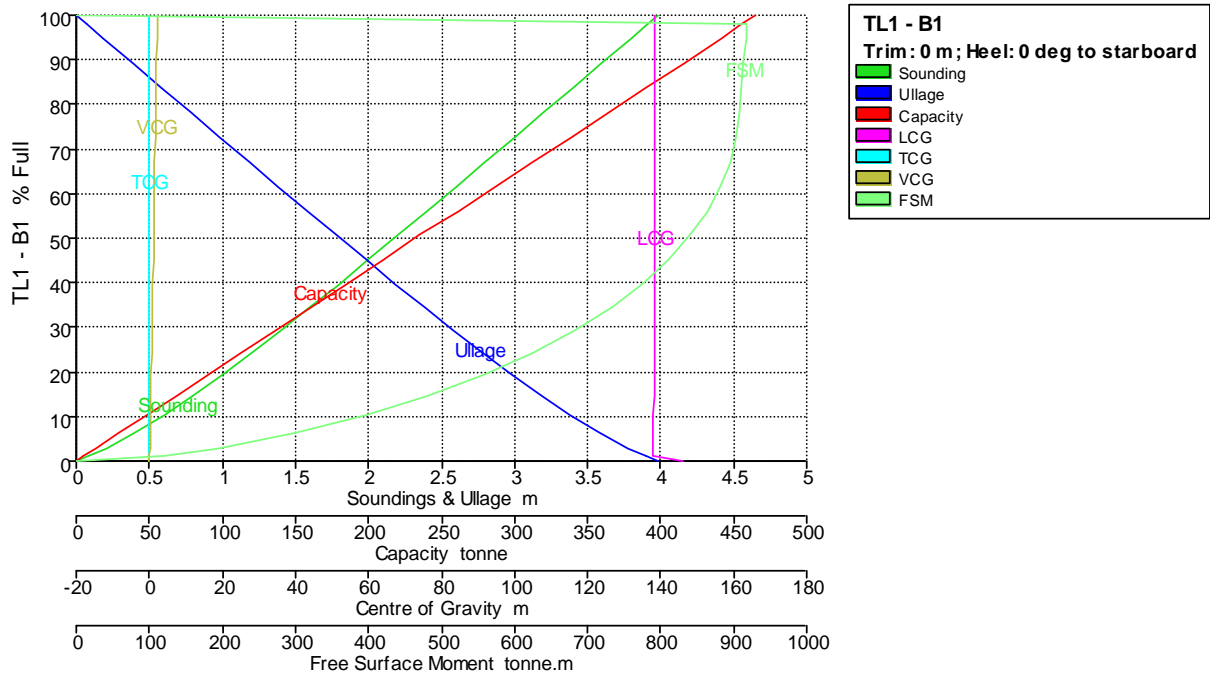
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Pique Proa	13.082	0.000	100.000	524.910	538.033	151.214	0.000	5.997	0.000
	12.909	0.173	98.000	514.412	527.272	151.221	0.000	5.854	232.969
	12.900	0.181	97.900	513.887	526.734	151.222	0.000	5.846	231.931
	12.750	0.332	96.218	505.060	517.686	151.229	0.000	5.724	214.776
	12.000	1.082	88.653	465.351	476.985	151.276	0.000	5.154	144.737
	11.250	1.832	82.345	432.236	443.041	151.345	0.000	4.656	96.920
	10.500	2.582	77.045	404.415	414.525	151.426	0.000	4.226	65.087
	9.750	3.332	72.625	381.217	390.748	151.518	0.000	3.866	44.261
	9.000	4.082	68.900	361.665	370.706	151.617	0.000	3.566	31.080
	8.250	4.832	65.674	344.728	353.346	151.719	0.000	3.316	23.329
	7.500	5.582	62.753	329.397	337.632	151.824	0.000	3.103	19.581
	6.750	6.332	59.919	314.523	322.386	151.935	0.000	2.912	19.002
	6.000	7.082	56.850	298.410	305.870	152.052	0.000	2.725	22.255
	5.250	7.832	53.085	278.651	285.617	152.174	0.000	2.519	32.107
	4.500	8.582	48.158	252.788	259.108	152.291	0.000	2.278	52.663
	3.750	9.332	41.770	219.253	224.734	152.393	0.000	1.995	89.944
	3.000	10.082	33.719	176.997	181.422	152.457	0.000	1.664	140.336
	2.250	10.832	24.403	128.095	131.297	152.467	0.000	1.292	176.582
	1.500	11.582	14.619	76.738	78.656	152.387	0.000	0.890	170.377
	0.750	12.332	5.591	29.350	30.084	152.047	0.000	0.463	102.359
	0.232	12.849	1.000	5.249	5.380	151.167	0.000	0.156	29.244
	0.000	13.082	0.000	0.000	0.000	150.563	0.000	0.018	0.000



Tank Calibrations - TL1 - B1

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

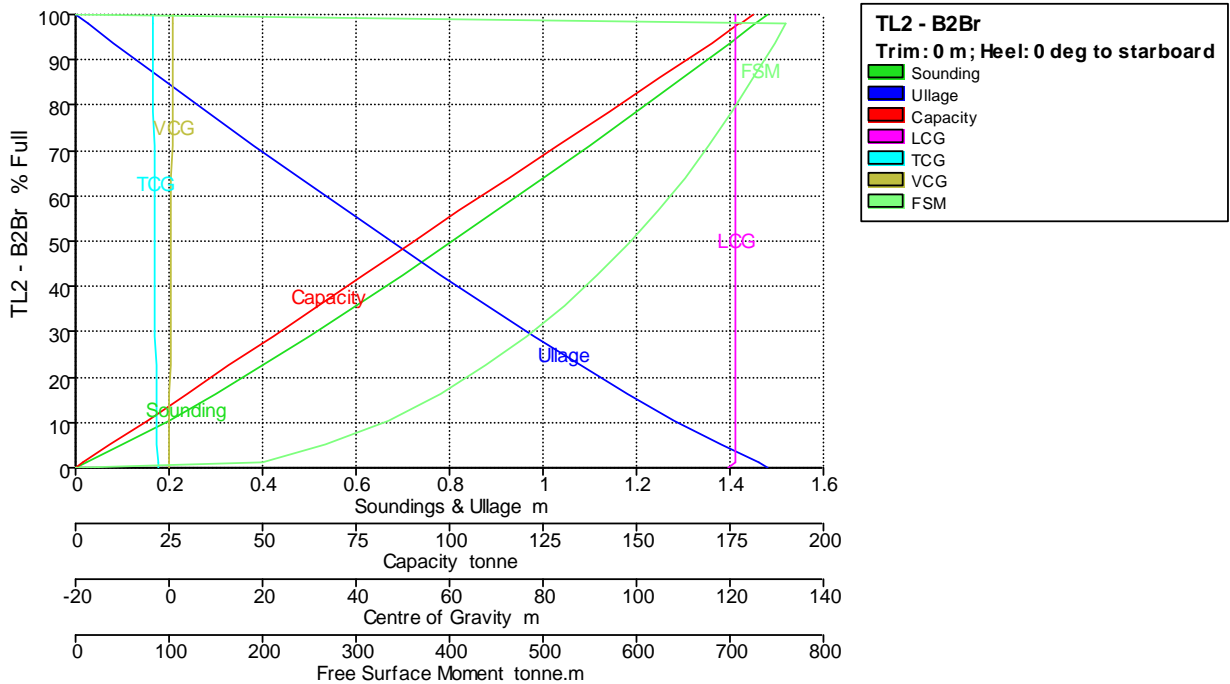
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL1 - B1	3.981	0.000	100.000	453.691	465.033	138.246	0.000	2.154	0.000
	3.909	0.072	98.000	444.617	455.732	138.249	0.000	2.117	918.384
	3.905	0.076	97.900	444.163	455.267	138.249	0.000	2.116	918.325
	3.800	0.181	94.981	430.921	441.694	138.253	0.000	2.062	916.628
	3.600	0.381	89.440	405.781	415.925	138.261	0.000	1.959	913.675
	3.400	0.581	83.890	380.600	390.115	138.268	0.000	1.856	911.004
	3.200	0.781	78.331	355.379	364.263	138.273	0.000	1.752	908.358
	3.000	0.981	72.765	330.128	338.382	138.277	0.000	1.648	903.693
	2.800	1.181	67.202	304.888	312.510	138.280	0.000	1.542	894.993
	2.600	1.381	61.651	279.705	286.697	138.281	0.000	1.436	881.869
	2.400	1.581	56.124	254.630	260.996	138.280	0.000	1.330	863.878
	2.200	1.781	50.634	229.723	235.466	138.276	0.000	1.223	840.552
	2.000	1.981	45.196	205.048	210.174	138.271	0.000	1.115	811.390
	1.800	2.181	39.825	180.681	185.198	138.262	0.000	1.006	775.862
	1.600	2.381	34.541	156.710	160.627	138.251	0.000	0.897	733.413
	1.400	2.581	29.367	133.236	136.567	138.235	0.000	0.788	683.444
	1.200	2.781	24.330	110.383	113.142	138.214	0.000	0.678	625.316
	1.000	2.981	19.463	88.302	90.510	138.186	0.000	0.567	558.328
	0.800	3.181	14.809	67.187	68.867	138.150	0.000	0.457	482.019
	0.600	3.381	10.421	47.281	48.463	138.099	0.000	0.346	396.495
	0.400	3.581	6.376	28.927	29.650	138.023	0.000	0.235	300.663
	0.200	3.781	2.800	12.703	13.021	137.882	0.000	0.125	192.829
	0.081	3.900	1.000	4.537	4.650	137.701	0.000	0.061	120.983
	0.000	3.981	0.000	0.000	0.000	145.869	0.000	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL2 - B2Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

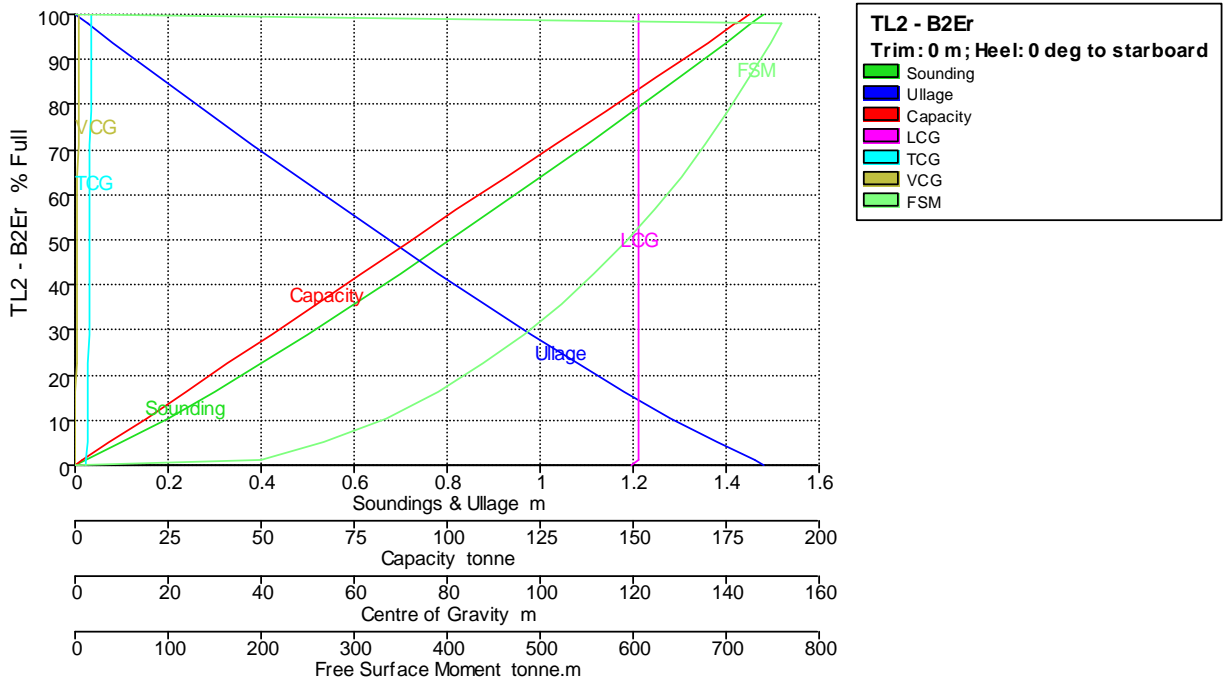
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL2 - B2Br	1.481	0.000	100.000	176.981	181.405	121.208	-3.401	0.807	0.000
	1.455	0.026	98.000	173.441	177.777	121.206	-3.392	0.793	759.207
	1.454	0.027	97.900	173.264	177.596	121.206	-3.392	0.793	758.942
	1.400	0.081	93.744	165.908	170.056	121.202	-3.374	0.764	747.702
	1.300	0.181	86.123	152.421	156.232	121.195	-3.339	0.710	725.864
	1.200	0.281	78.587	139.084	142.561	121.188	-3.301	0.657	702.542
	1.100	0.381	71.144	125.910	129.058	121.180	-3.261	0.603	677.628
	1.000	0.481	63.801	112.916	115.739	121.171	-3.217	0.549	651.000
	0.900	0.581	56.570	100.119	102.622	121.161	-3.170	0.496	622.492
	0.800	0.681	49.463	87.539	89.728	121.151	-3.118	0.442	591.814
	0.700	0.781	42.492	75.204	77.084	121.140	-3.062	0.389	558.468
	0.600	0.881	35.678	63.143	64.721	121.127	-2.999	0.335	522.121
	0.500	0.981	29.040	51.395	52.680	121.114	-2.930	0.281	482.314
	0.400	1.081	22.606	40.009	41.009	121.099	-2.850	0.228	438.420
	0.300	1.181	16.413	29.049	29.775	121.082	-2.759	0.175	389.447
	0.200	1.281	10.512	18.605	19.070	121.064	-2.650	0.122	333.662
	0.100	1.381	4.985	8.822	9.043	121.046	-2.512	0.070	267.200
	0.021	1.460	1.000	1.770	1.814	121.041	-2.364	0.029	199.098
	0.000	1.481	0.000	0.000	0.000	119.729	-2.423	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL2 - B2Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

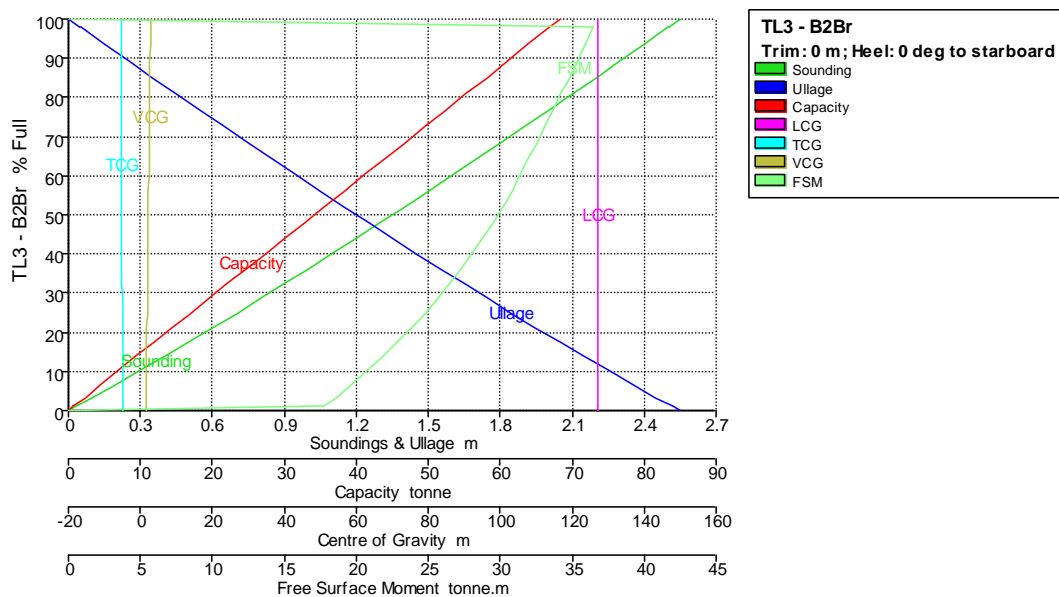
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL2 - B2Er	1.481	0.000	100.000	176.981	181.405	121.208	3.401	0.807	0.000
	1.455	0.026	98.000	173.441	177.777	121.206	3.392	0.793	759.207
	1.454	0.027	97.900	173.264	177.596	121.206	3.392	0.793	758.942
	1.400	0.081	93.744	165.908	170.056	121.202	3.374	0.764	747.702
	1.300	0.181	86.123	152.421	156.232	121.195	3.339	0.710	725.864
	1.200	0.281	78.587	139.084	142.561	121.188	3.301	0.657	702.542
	1.100	0.381	71.144	125.910	129.058	121.180	3.261	0.603	677.628
	1.000	0.481	63.801	112.916	115.739	121.171	3.217	0.549	651.000
	0.900	0.581	56.570	100.119	102.622	121.161	3.170	0.496	622.492
	0.800	0.681	49.463	87.539	89.728	121.151	3.118	0.442	591.814
	0.700	0.781	42.492	75.204	77.084	121.140	3.062	0.389	558.468
	0.600	0.881	35.678	63.143	64.721	121.127	2.999	0.335	522.121
	0.500	0.981	29.040	51.395	52.680	121.114	2.930	0.281	482.314
	0.400	1.081	22.606	40.009	41.009	121.099	2.850	0.228	438.420
	0.300	1.181	16.413	29.049	29.775	121.082	2.759	0.175	389.447
	0.200	1.281	10.512	18.605	19.070	121.064	2.650	0.122	333.662
	0.100	1.381	4.985	8.822	9.043	121.046	2.512	0.070	267.200
	0.021	1.460	1.000	1.770	1.814	121.041	2.364	0.029	199.098
	0.000	1.481	0.000	0.000	0.000	119.729	2.423	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL3 - B2Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

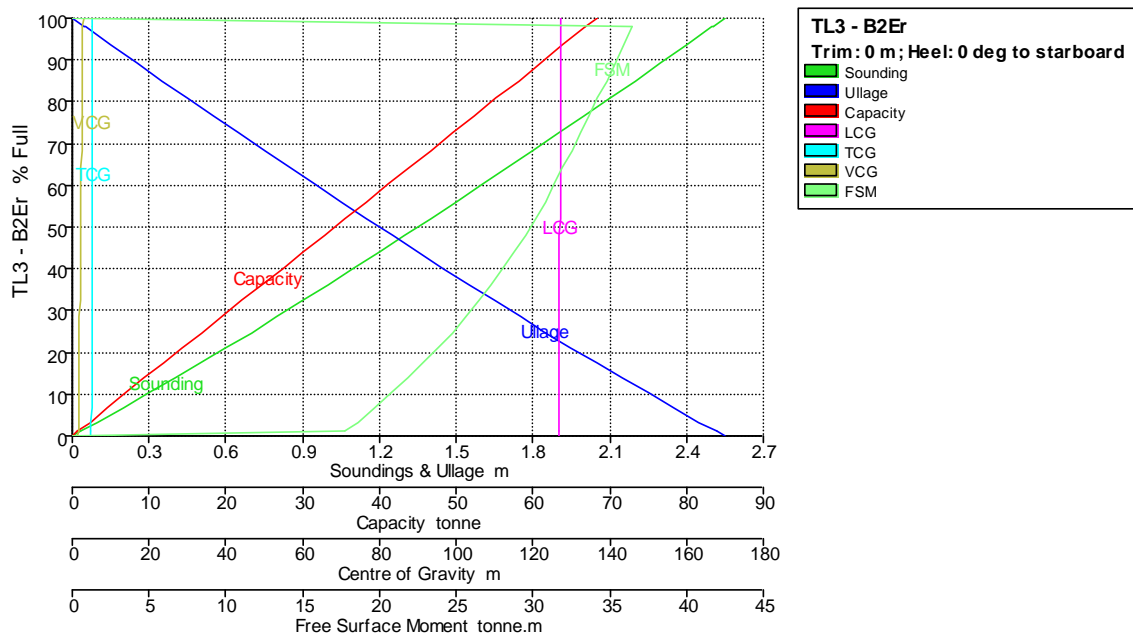
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL3 - B2Br	2.550	0.000	100.000	66.633	68.299	127.011	-5.214	2.826	0.000
	2.504	0.046	98.000	65.300	66.933	127.010	-5.211	2.802	36.446
	2.501	0.049	97.900	65.234	66.864	127.010	-5.211	2.801	36.433
	2.500	0.050	97.848	65.199	66.829	127.010	-5.211	2.800	36.427
	2.400	0.150	93.561	62.342	63.901	127.009	-5.204	2.747	35.884
	2.300	0.250	89.297	59.501	60.989	127.008	-5.198	2.695	35.335
	2.200	0.350	85.056	56.676	58.092	127.007	-5.191	2.642	34.781
	2.100	0.450	80.840	53.866	55.212	127.006	-5.184	2.590	34.222
	2.000	0.550	76.647	51.072	52.349	127.005	-5.176	2.537	33.658
	1.900	0.650	72.479	48.295	49.502	127.003	-5.169	2.485	33.090
	1.800	0.750	68.337	45.535	46.673	127.002	-5.161	2.432	32.518
	1.700	0.850	64.220	42.791	43.861	127.001	-5.153	2.380	31.944
	1.600	0.950	60.129	40.065	41.067	126.999	-5.145	2.327	31.368
	1.500	1.050	56.064	37.357	38.291	126.997	-5.136	2.275	30.777
	1.400	1.150	52.028	34.668	35.535	126.996	-5.127	2.222	30.152
	1.300	1.250	48.023	31.999	32.799	126.994	-5.118	2.170	29.491
	1.200	1.350	44.051	29.352	30.086	126.992	-5.108	2.118	28.791
	1.100	1.450	40.113	26.729	27.397	126.990	-5.098	2.066	28.056
	1.000	1.550	36.214	24.130	24.734	126.988	-5.087	2.013	27.281
	0.900	1.650	32.355	21.559	22.098	126.985	-5.076	1.961	26.468
	0.800	1.750	28.539	19.017	19.492	126.983	-5.064	1.909	25.617
	0.700	1.850	24.770	16.505	16.918	126.980	-5.052	1.857	24.726
	0.600	1.950	21.051	14.027	14.377	126.978	-5.039	1.806	23.797
	0.500	2.050	17.385	11.584	11.873	126.975	-5.026	1.754	22.828
	0.400	2.150	13.776	9.179	9.409	126.971	-5.013	1.703	21.820
	0.300	2.250	10.228	6.815	6.986	126.968	-4.998	1.652	20.773
	0.200	2.350	6.746	4.495	4.608	126.964	-4.983	1.601	19.688
	0.100	2.450	3.335	2.222	2.278	126.960	-4.968	1.550	18.566
	0.030	2.520	1.000	0.666	0.683	126.957	-4.957	1.515	17.760
	0.000	2.550	0.000	0.000	0.000	126.956	-4.952	1.500	0.000



Tank Calibrations - TL3 - B2Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL3 - B2Er	2.550	0.000	100.000	66.633	68.299	127.011	5.214	2.826	0.000
	2.504	0.046	98.000	65.300	66.933	127.010	5.211	2.802	36.446
	2.501	0.049	97.900	65.234	66.864	127.010	5.211	2.801	36.433
	2.500	0.050	97.848	65.199	66.829	127.010	5.211	2.800	36.427
	2.400	0.150	93.561	62.342	63.901	127.009	5.204	2.747	35.884
	2.300	0.250	89.297	59.501	60.989	127.008	5.198	2.695	35.335
	2.200	0.350	85.056	56.676	58.092	127.007	5.191	2.642	34.781
	2.100	0.450	80.840	53.866	55.212	127.006	5.184	2.590	34.222
	2.000	0.550	76.647	51.072	52.349	127.005	5.176	2.537	33.658
	1.900	0.650	72.479	48.295	49.502	127.003	5.169	2.485	33.090
	1.800	0.750	68.337	45.535	46.673	127.002	5.161	2.432	32.518
	1.700	0.850	64.220	42.791	43.861	127.001	5.153	2.380	31.944
	1.600	0.950	60.129	40.065	41.067	126.999	5.145	2.327	31.368
	1.500	1.050	56.064	37.357	38.291	126.997	5.136	2.275	30.777
	1.400	1.150	52.028	34.668	35.535	126.996	5.127	2.222	30.152
	1.300	1.250	48.023	31.999	32.799	126.994	5.118	2.170	29.491
	1.200	1.350	44.051	29.352	30.086	126.992	5.108	2.118	28.791
	1.100	1.450	40.113	26.729	27.397	126.990	5.098	2.066	28.056
	1.000	1.550	36.214	24.130	24.734	126.988	5.087	2.013	27.281
	0.900	1.650	32.355	21.559	22.098	126.985	5.076	1.961	26.468
	0.800	1.750	28.539	19.017	19.492	126.983	5.064	1.909	25.617
	0.700	1.850	24.770	16.505	16.918	126.980	5.052	1.857	24.726
	0.600	1.950	21.051	14.027	14.377	126.978	5.039	1.806	23.797
	0.500	2.050	17.385	11.584	11.873	126.975	5.026	1.754	22.828
	0.400	2.150	13.776	9.179	9.409	126.971	5.013	1.703	21.820
	0.300	2.250	10.228	6.815	6.986	126.968	4.998	1.652	20.773
	0.200	2.350	6.746	4.495	4.608	126.964	4.983	1.601	19.688
	0.100	2.450	3.335	2.222	2.278	126.960	4.968	1.550	18.566
	0.030	2.520	1.000	0.666	0.683	126.957	4.957	1.515	17.760
	0.000	2.550	0.000	0.000	0.000	126.956	4.952	1.500	0.000

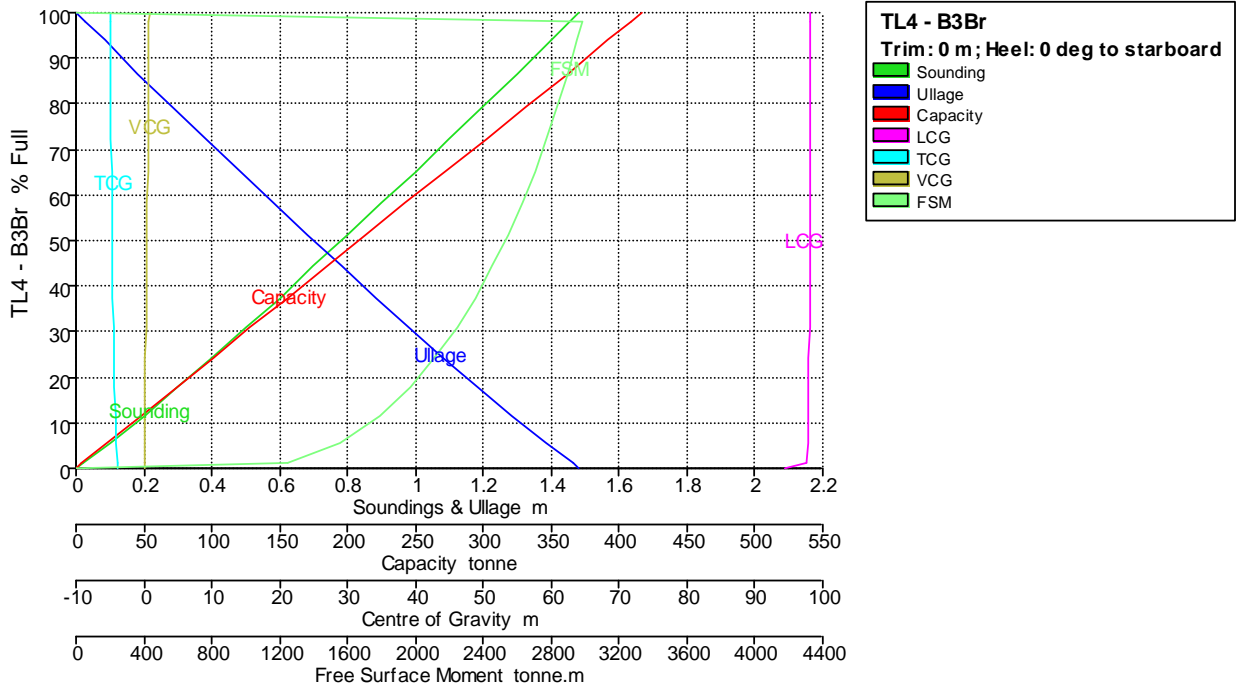




Tank Calibrations - TL4 - B3Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

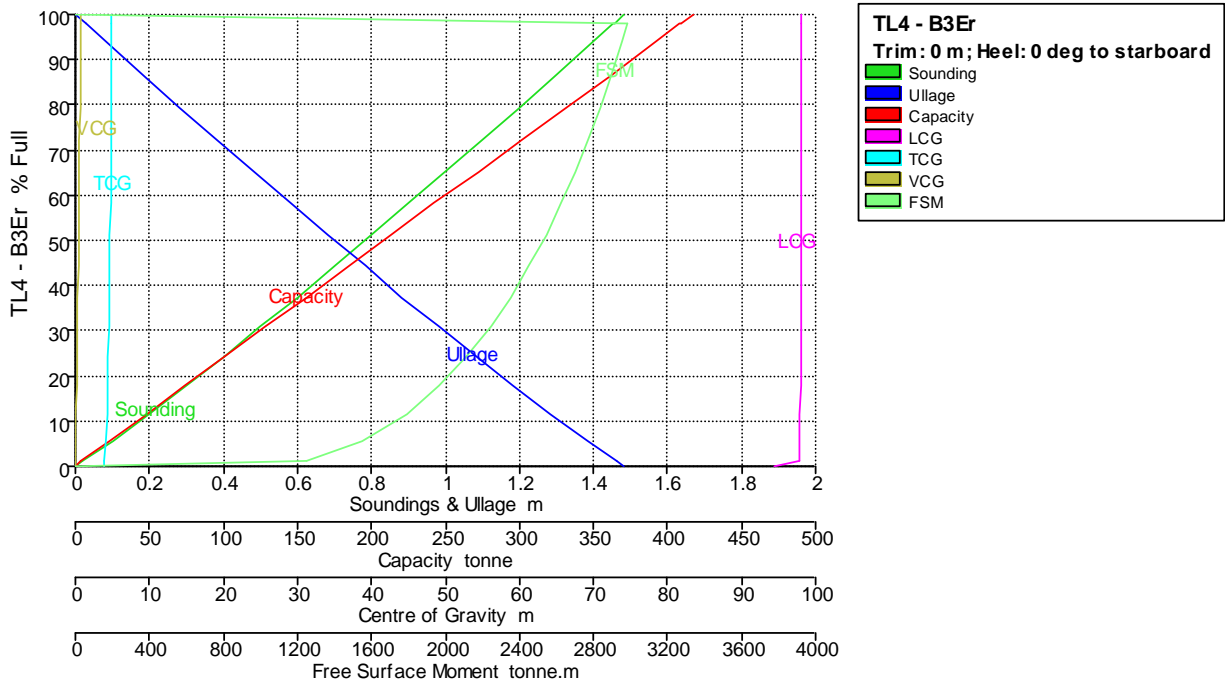
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL4 - B3Br	1.483	0.000	100.000	407.095	417.273	98.145	-4.957	0.788	0.000
	1.455	0.027	98.000	398.954	408.927	98.143	-4.949	0.774	2979.297
	1.454	0.029	97.900	398.546	408.510	98.143	-4.949	0.773	2978.621
	1.400	0.083	93.956	382.490	392.052	98.139	-4.933	0.745	2951.251
	1.300	0.183	86.687	352.900	361.722	98.130	-4.901	0.693	2896.927
	1.200	0.283	79.467	323.507	331.595	98.121	-4.868	0.641	2837.610
	1.100	0.383	72.300	294.332	301.690	98.112	-4.831	0.589	2773.117
	1.000	0.483	65.193	265.398	272.032	98.101	-4.792	0.536	2703.057
	0.900	0.583	58.151	236.729	242.647	98.089	-4.750	0.484	2627.212
	0.800	0.683	51.180	208.353	213.562	98.076	-4.703	0.432	2545.073
	0.700	0.783	44.290	180.304	184.811	98.060	-4.652	0.380	2455.195
	0.600	0.883	37.491	152.625	156.440	98.043	-4.594	0.328	2355.071
	0.500	0.983	30.797	125.372	128.506	98.023	-4.529	0.276	2242.616
	0.400	1.083	24.225	98.617	101.083	97.999	-4.455	0.224	2114.690
	0.300	1.183	17.799	72.461	74.272	97.969	-4.366	0.172	1966.151
	0.200	1.283	11.557	47.048	48.224	97.929	-4.256	0.120	1787.304
	0.100	1.383	5.559	22.630	23.195	97.868	-4.106	0.068	1553.701
	0.019	1.463	1.000	4.071	4.173	97.709	-3.898	0.027	1246.833
	0.000	1.483	0.000	0.000	0.000	94.330	-3.963	0.017	0.000



Tank Calibrations - TL4 - B3Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

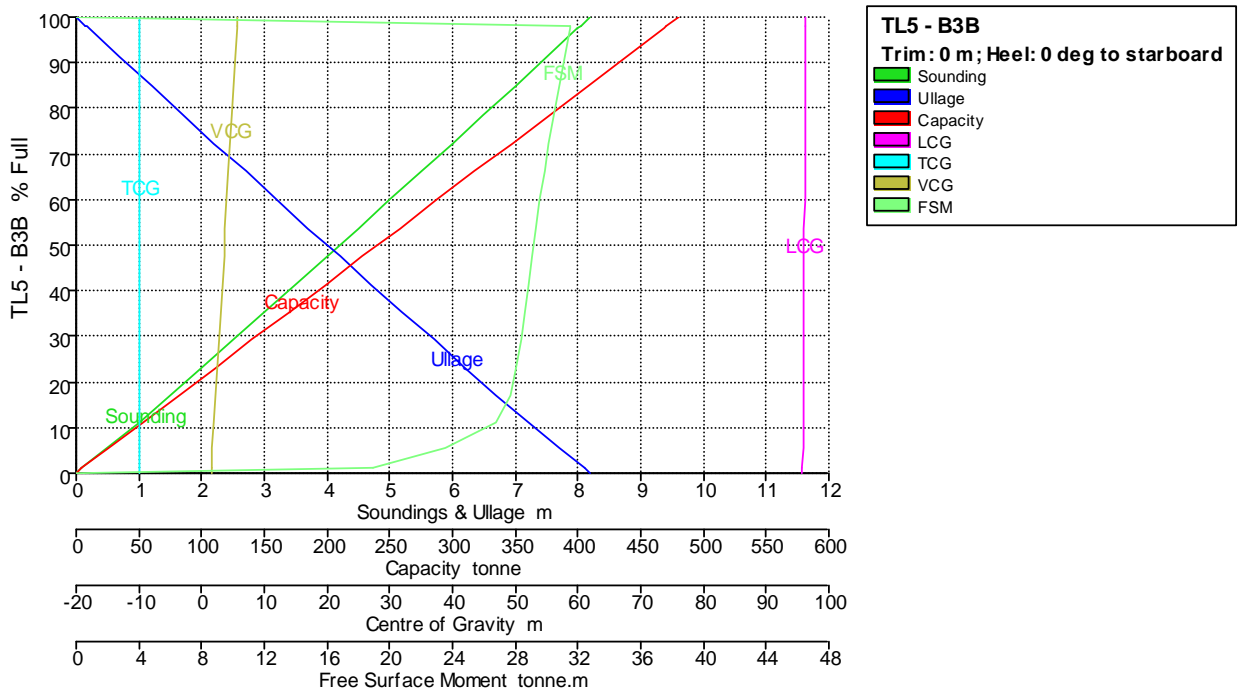
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL4 - B3Er	1.483	0.000	100.000	407.095	417.273	98.145	4.957	0.788	0.000
	1.455	0.027	98.000	398.954	408.927	98.143	4.949	0.774	2979.297
	1.454	0.029	97.900	398.546	408.510	98.143	4.949	0.773	2978.621
	1.400	0.083	93.956	382.490	392.052	98.139	4.933	0.745	2951.251
	1.300	0.183	86.687	352.900	361.722	98.130	4.901	0.693	2896.927
	1.200	0.283	79.467	323.507	331.595	98.121	4.868	0.641	2837.610
	1.100	0.383	72.300	294.332	301.690	98.112	4.831	0.589	2773.117
	1.000	0.483	65.193	265.398	272.032	98.101	4.792	0.536	2703.057
	0.900	0.583	58.151	236.729	242.647	98.089	4.750	0.484	2627.212
	0.800	0.683	51.180	208.353	213.562	98.076	4.703	0.432	2545.073
	0.700	0.783	44.290	180.304	184.811	98.060	4.652	0.380	2455.195
	0.600	0.883	37.491	152.625	156.440	98.043	4.594	0.328	2355.071
	0.500	0.983	30.797	125.372	128.506	98.023	4.529	0.276	2242.616
	0.400	1.083	24.225	98.617	101.083	97.999	4.455	0.224	2114.690
	0.300	1.183	17.799	72.461	74.272	97.969	4.366	0.172	1966.151
	0.200	1.283	11.557	47.048	48.224	97.929	4.256	0.120	1787.304
	0.100	1.383	5.559	22.630	23.195	97.868	4.106	0.068	1553.701
	0.019	1.463	1.000	4.071	4.173	97.709	3.898	0.027	1246.833
	0.000	1.483	0.000	0.000	0.000	94.330	3.963	0.017	0.000



Tank Calibrations - TL5 - B3Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

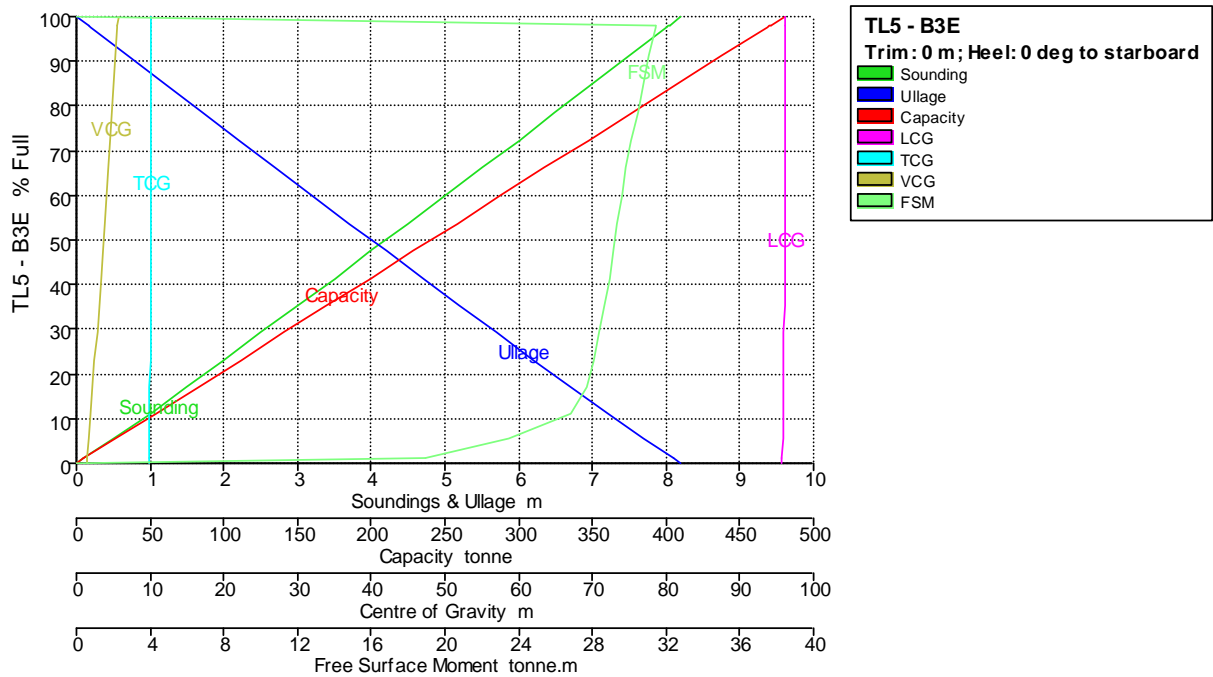
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL5 - B3Br	8.200	0.000	100.000	468.686	480.404	96.205	-10.037	5.674	0.000
	8.043	0.157	98.000	459.313	470.795	96.200	-10.036	5.594	31.477
	8.035	0.165	97.900	458.844	470.315	96.200	-10.036	5.590	31.471
	8.000	0.200	97.460	456.782	468.202	96.198	-10.036	5.572	31.447
	7.500	0.700	91.130	427.114	437.792	96.183	-10.033	5.317	31.098
	7.000	1.200	84.828	397.576	407.515	96.168	-10.030	5.061	30.764
	6.500	1.700	78.553	368.167	377.371	96.153	-10.027	4.807	30.444
	6.000	2.200	72.305	338.883	347.355	96.138	-10.024	4.552	30.138
	5.500	2.700	66.083	309.723	317.466	96.123	-10.021	4.298	29.850
	5.000	3.200	59.886	280.680	287.697	96.108	-10.018	4.045	29.582
	4.500	3.700	53.714	251.749	258.043	96.093	-10.015	3.791	29.334
	4.000	4.200	47.564	222.925	228.498	96.077	-10.011	3.538	29.108
	3.500	4.700	41.435	194.199	199.054	96.061	-10.006	3.285	28.900
	3.000	5.200	35.327	165.574	169.714	96.043	-10.001	3.031	28.663
	2.500	5.700	29.245	137.068	140.495	96.024	-9.994	2.778	28.381
	2.000	6.200	23.192	108.697	111.415	96.001	-9.985	2.524	28.059
	1.500	6.700	17.171	80.477	82.489	95.971	-9.972	2.269	27.702
	1.000	7.200	11.194	52.467	53.778	95.927	-9.948	2.012	26.814
	0.500	7.700	5.389	25.260	25.891	95.863	-9.909	1.754	23.500
	0.097	8.103	1.000	4.687	4.804	95.790	-9.864	1.549	18.956
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	95.768	-9.851	1.500	0.000



Tank Calibrations - TL5 - B3Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

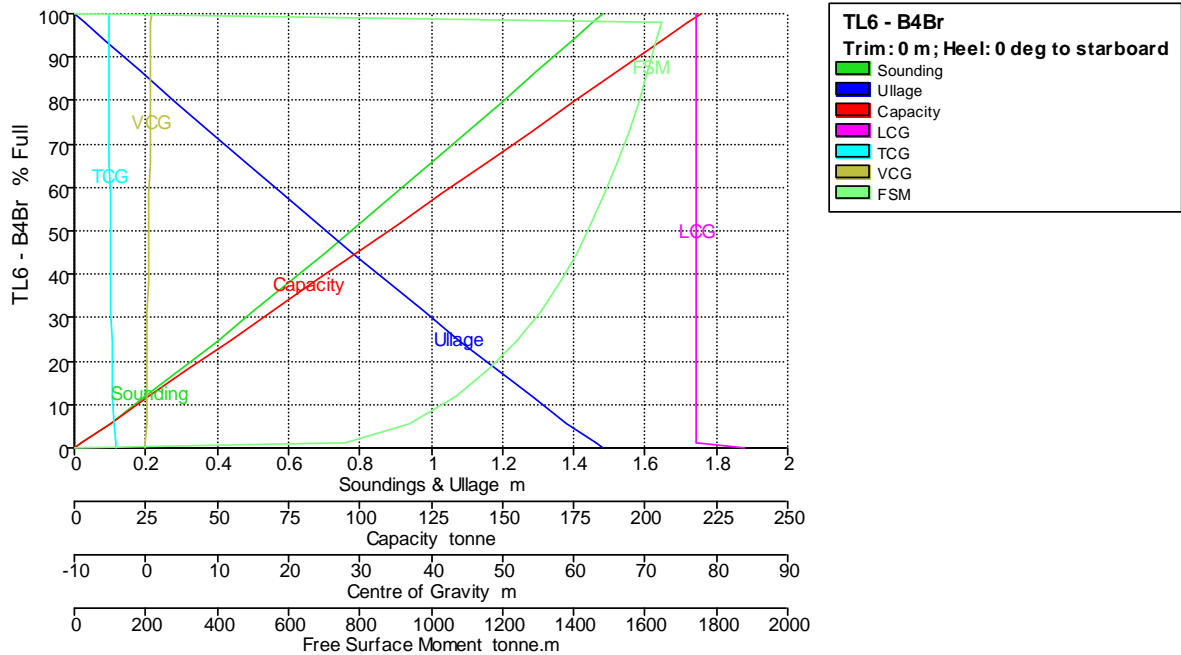
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL5 - B3Er	8.200	0.000	100.000	468.686	480.404	96.205	10.037	5.674	0.000
	8.043	0.157	98.000	459.313	470.795	96.200	10.036	5.594	31.477
	8.035	0.165	97.900	458.844	470.315	96.200	10.036	5.590	31.471
	8.000	0.200	97.460	456.782	468.202	96.198	10.036	5.572	31.447
	7.500	0.700	91.130	427.114	437.792	96.183	10.033	5.317	31.098
	7.000	1.200	84.828	397.576	407.515	96.168	10.030	5.061	30.764
	6.500	1.700	78.553	368.167	377.371	96.153	10.027	4.807	30.444
	6.000	2.200	72.305	338.883	347.355	96.138	10.024	4.552	30.138
	5.500	2.700	66.083	309.723	317.466	96.123	10.021	4.298	29.850
	5.000	3.200	59.886	280.680	287.697	96.108	10.018	4.045	29.582
	4.500	3.700	53.714	251.749	258.043	96.093	10.015	3.791	29.334
	4.000	4.200	47.564	222.925	228.498	96.077	10.011	3.538	29.108
	3.500	4.700	41.435	194.199	199.054	96.061	10.006	3.285	28.900
	3.000	5.200	35.327	165.574	169.714	96.043	10.001	3.031	28.663
	2.500	5.700	29.245	137.068	140.495	96.024	9.994	2.778	28.381
	2.000	6.200	23.192	108.697	111.415	96.001	9.985	2.524	28.059
	1.500	6.700	17.171	80.477	82.489	95.971	9.972	2.269	27.702
	1.000	7.200	11.194	52.467	53.778	95.927	9.948	2.012	26.814
	0.500	7.700	5.389	25.260	25.891	95.863	9.909	1.754	23.500
	0.097	8.103	1.000	4.687	4.804	95.790	9.864	1.549	18.956
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	95.768	9.851	1.500	0.000



*Tank Calibrations - TL6 - B4Br*

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

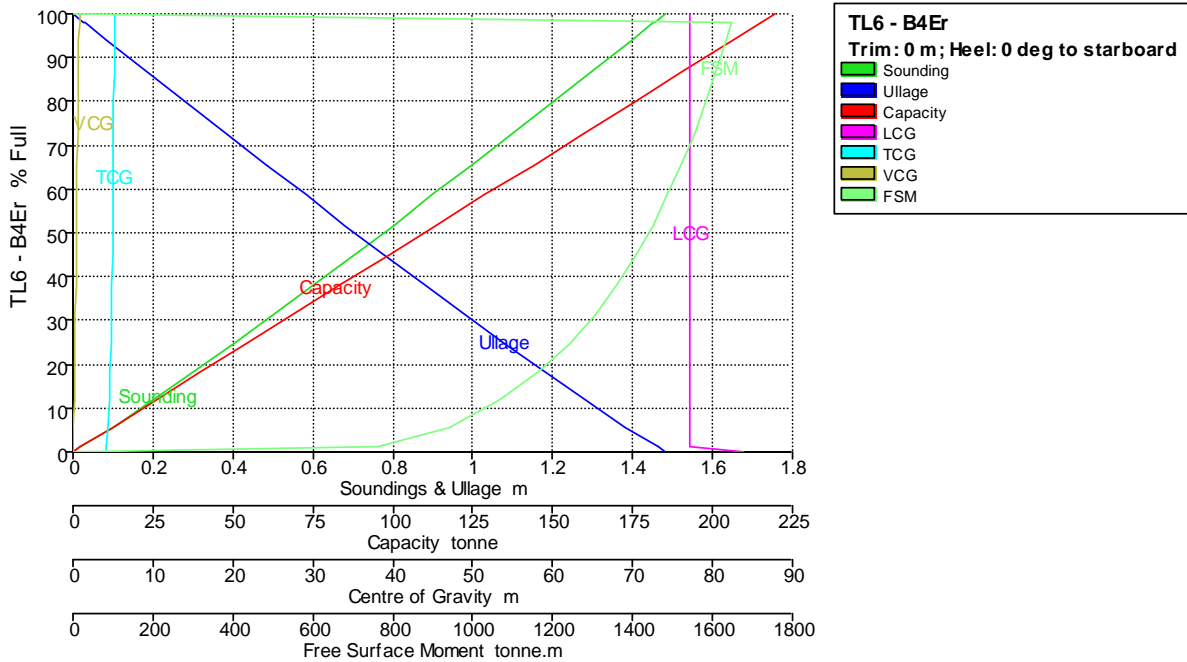
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL6 - B4Br	1.482	0.000	100.000	214.203	219.558	77.170	-5.196	0.784	0.000
	1.454	0.028	98.000	209.919	215.167	77.170	-5.189	0.769	1646.475
	1.453	0.029	97.900	209.705	214.948	77.170	-5.189	0.769	1646.170
	1.400	0.082	94.099	201.562	206.601	77.170	-5.175	0.741	1634.273
	1.300	0.182	86.924	186.194	190.848	77.170	-5.149	0.690	1610.028
	1.200	0.282	79.787	170.906	175.178	77.170	-5.119	0.638	1583.348
	1.100	0.382	72.691	155.708	159.600	77.170	-5.088	0.586	1554.238
	1.000	0.482	65.642	140.608	144.124	77.170	-5.054	0.534	1522.408
	0.900	0.582	58.645	125.618	128.759	77.171	-5.016	0.483	1487.820
	0.800	0.682	51.703	110.749	113.518	77.171	-4.975	0.431	1450.203
	0.700	0.782	44.824	96.015	98.415	77.171	-4.929	0.379	1408.566
	0.600	0.882	38.017	81.435	83.471	77.172	-4.877	0.327	1360.823
	0.500	0.982	31.296	67.037	68.713	77.173	-4.817	0.275	1305.671
	0.400	1.082	24.676	52.857	54.179	77.174	-4.748	0.224	1241.169
	0.300	1.182	18.181	38.944	39.918	77.176	-4.664	0.172	1164.170
	0.200	1.282	11.843	25.369	26.003	77.180	-4.558	0.120	1068.715
	0.100	1.382	5.721	12.255	12.561	77.186	-4.411	0.069	939.830
	0.019	1.463	1.000	2.142	2.196	77.224	-4.196	0.028	761.364
	0.000	1.482	0.000	0.000	0.000	83.939	-4.071	0.018	0.000



Tank Calibrations - TL6 - B4ER

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

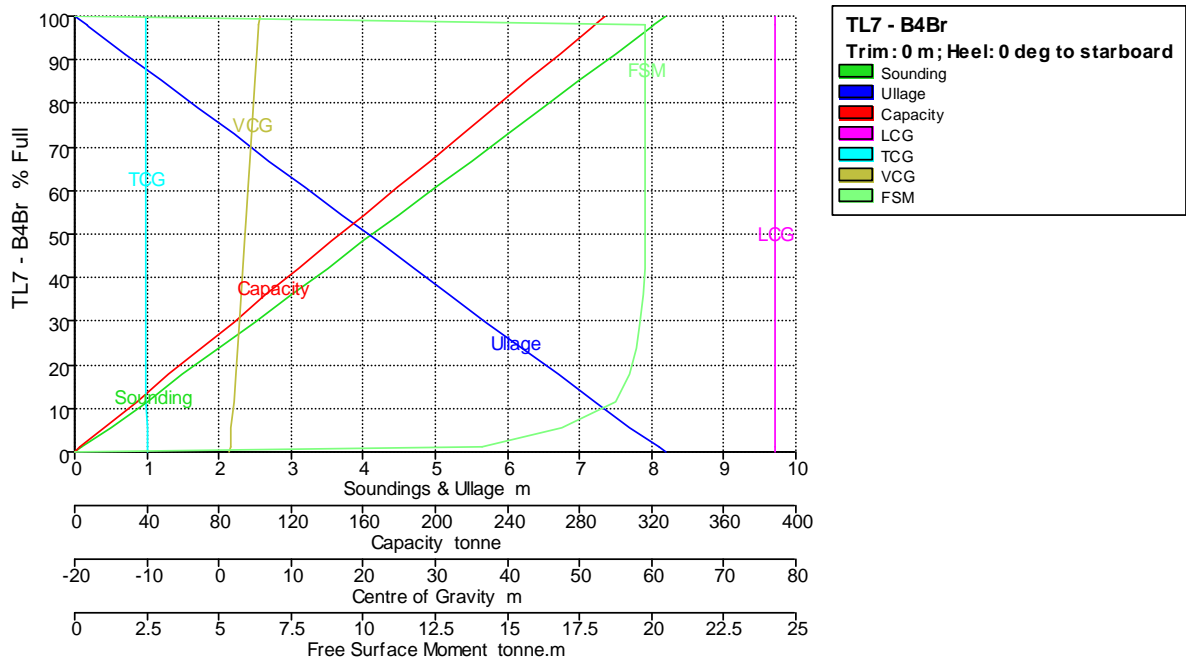
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL6 - B4Er	1.482	0.000	100.000	214.203	219.558	77.170	5.196	0.784	0.000
	1.454	0.028	98.000	209.919	215.167	77.170	5.189	0.769	1646.475
	1.453	0.029	97.900	209.705	214.948	77.170	5.189	0.769	1646.170
	1.400	0.082	94.099	201.562	206.601	77.170	5.175	0.741	1634.273
	1.300	0.182	86.924	186.194	190.848	77.170	5.149	0.690	1610.028
	1.200	0.282	79.787	170.906	175.178	77.170	5.119	0.638	1583.348
	1.100	0.382	72.691	155.708	159.600	77.170	5.088	0.586	1554.238
	1.000	0.482	65.642	140.608	144.124	77.170	5.054	0.534	1522.408
	0.900	0.582	58.645	125.618	128.759	77.171	5.016	0.483	1487.820
	0.800	0.682	51.703	110.749	113.518	77.171	4.975	0.431	1450.203
	0.700	0.782	44.824	96.015	98.415	77.171	4.929	0.379	1408.566
	0.600	0.882	38.017	81.435	83.471	77.172	4.877	0.327	1360.823
	0.500	0.982	31.296	67.037	68.713	77.173	4.817	0.275	1305.671
	0.400	1.082	24.676	52.857	54.179	77.174	4.748	0.224	1241.169
	0.300	1.182	18.181	38.944	39.918	77.176	4.664	0.172	1164.170
	0.200	1.282	11.843	25.369	26.003	77.180	4.558	0.120	1068.715
	0.100	1.382	5.721	12.255	12.561	77.186	4.411	0.069	939.830
	0.019	1.463	1.000	2.142	2.196	77.224	4.196	0.028	761.364
	0.000	1.482	0.000	0.000	0.000	83.939	4.071	0.018	0.000



Tank Calibrations - TL7 - B4Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

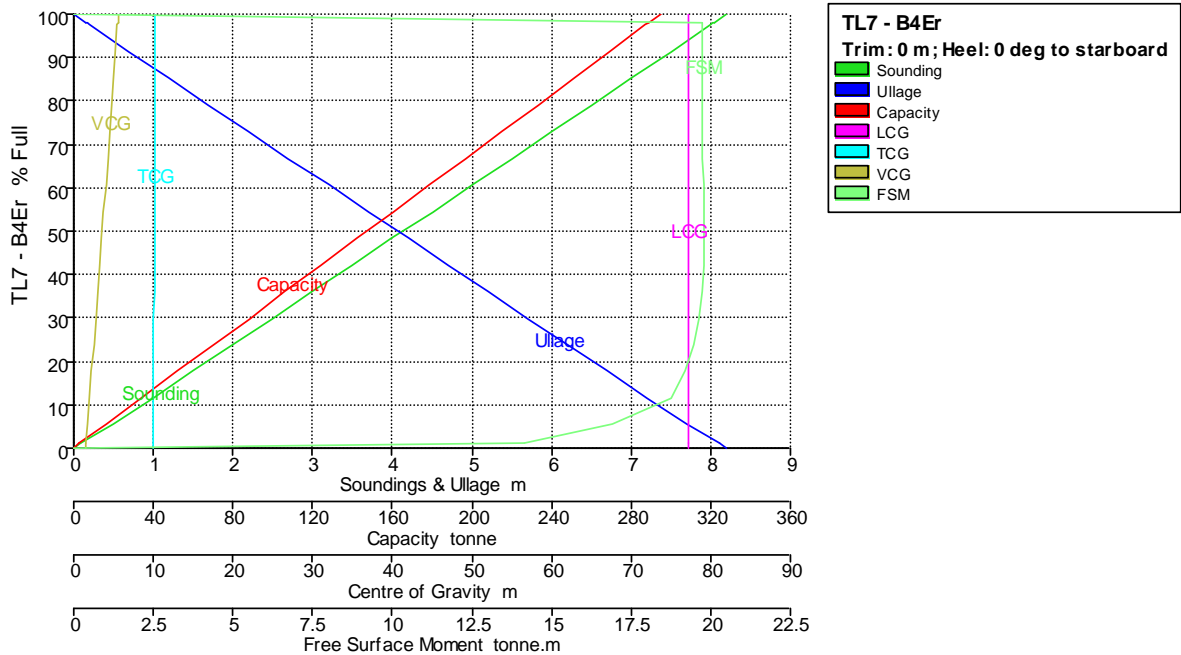
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL7 - B4Br	8.200	0.000	100.000	287.496	294.683	77.165	-10.106	5.630	0.000
	8.037	0.163	98.000	281.746	288.790	77.165	-10.106	5.549	19.761
	8.029	0.171	97.900	281.459	288.495	77.165	-10.106	5.545	19.761
	8.000	0.200	97.540	280.424	287.434	77.165	-10.106	5.530	19.761
	7.500	0.700	91.390	262.744	269.312	77.165	-10.105	5.280	19.758
	7.000	1.200	85.241	245.065	251.191	77.165	-10.104	5.029	19.756
	6.500	1.700	79.092	227.386	233.070	77.165	-10.103	4.779	19.757
	6.000	2.200	72.942	209.706	214.949	77.164	-10.102	4.528	19.759
	5.500	2.700	66.793	192.026	196.827	77.164	-10.101	4.278	19.761
	5.000	3.200	60.643	174.346	178.704	77.164	-10.099	4.027	19.763
	4.500	3.700	54.493	156.665	160.581	77.163	-10.097	3.776	19.764
	4.000	4.200	48.343	138.983	142.458	77.163	-10.095	3.525	19.764
	3.500	4.700	42.193	121.302	124.334	77.162	-10.092	3.274	19.764
	3.000	5.200	36.044	103.625	106.215	77.161	-10.088	3.022	19.725
	2.500	5.700	29.903	85.969	88.119	77.160	-10.082	2.770	19.618
	2.000	6.200	23.776	68.356	70.065	77.158	-10.075	2.517	19.447
	1.500	6.700	17.671	50.803	52.073	77.156	-10.064	2.264	19.217
	1.000	7.200	11.596	33.338	34.172	77.154	-10.045	2.009	18.754
	0.500	7.700	5.640	16.214	16.619	77.152	-10.012	1.753	16.894
	0.092	8.108	1.000	2.875	2.947	77.149	-9.972	1.546	14.136
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	77.149	-9.961	1.500	0.000



Tank Calibrations - TL7 - B4Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL7 - B4Er	8.200	0.000	100.000	287.496	294.683	77.165	10.106	5.630	0.000
	8.037	0.163	98.000	281.746	288.790	77.165	10.106	5.549	19.761
	8.029	0.171	97.900	281.459	288.495	77.165	10.106	5.545	19.761
	8.000	0.200	97.540	280.424	287.434	77.165	10.106	5.530	19.761
	7.500	0.700	91.390	262.744	269.312	77.165	10.105	5.280	19.758
	7.000	1.200	85.241	245.065	251.191	77.165	10.104	5.029	19.756
	6.500	1.700	79.092	227.386	233.070	77.165	10.103	4.779	19.757
	6.000	2.200	72.942	209.706	214.949	77.164	10.102	4.528	19.759
	5.500	2.700	66.793	192.026	196.827	77.164	10.101	4.278	19.761
	5.000	3.200	60.643	174.346	178.704	77.164	10.099	4.027	19.763
	4.500	3.700	54.493	156.665	160.581	77.163	10.097	3.776	19.764
	4.000	4.200	48.343	138.983	142.458	77.163	10.095	3.525	19.764
	3.500	4.700	42.193	121.302	124.334	77.162	10.092	3.274	19.764
	3.000	5.200	36.044	103.625	106.215	77.161	10.088	3.022	19.725
	2.500	5.700	29.903	85.969	88.119	77.160	10.082	2.770	19.618
	2.000	6.200	23.776	68.356	70.065	77.158	10.075	2.517	19.447
	1.500	6.700	17.671	50.803	52.073	77.156	10.064	2.264	19.217
	1.000	7.200	11.596	33.338	34.172	77.154	10.045	2.009	18.754
	0.500	7.700	5.640	16.214	16.619	77.152	10.012	1.753	16.894
	0.092	8.108	1.000	2.875	2.947	77.149	9.972	1.546	14.136
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	77.149	9.961	1.500	0.000

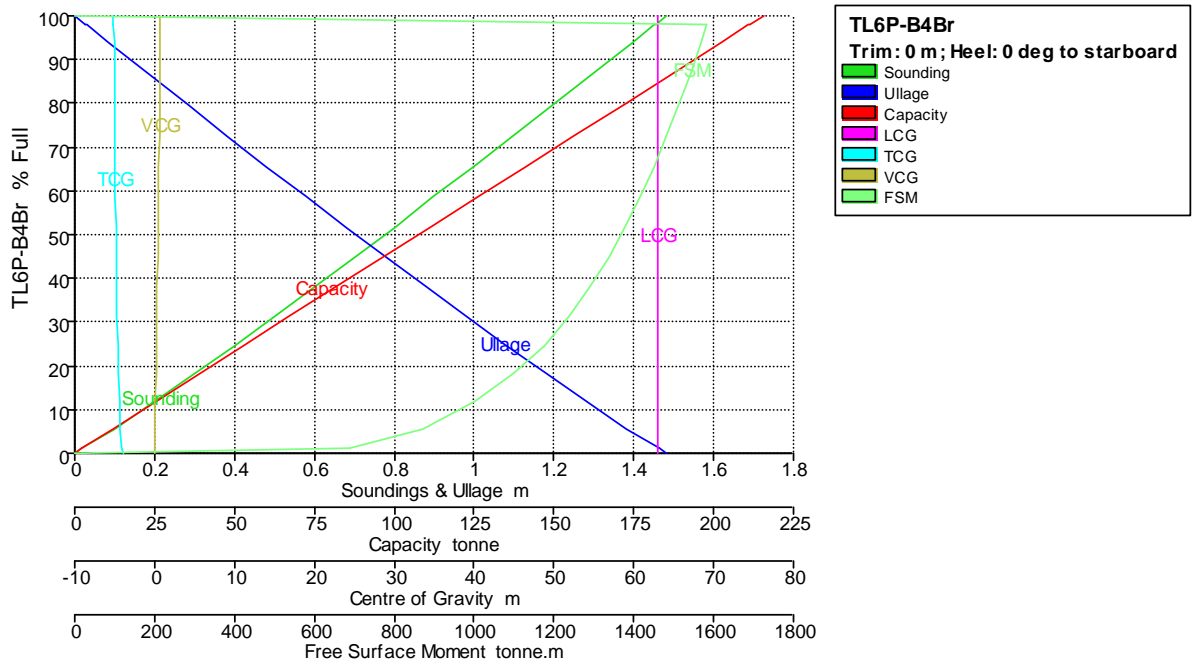




Tank Calibrations - TL6P-B4Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

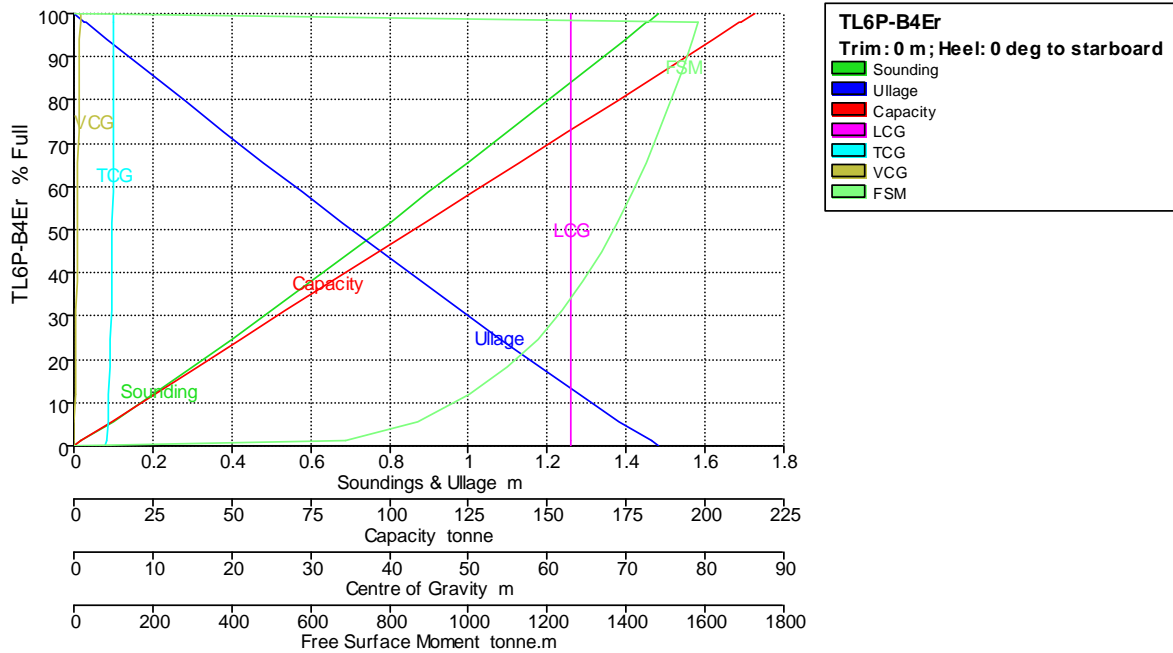
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL6P-B4Br	1.481	0.000	100.000	210.272	215.528	62.992	-5.105	0.785	0.000
	1.454	0.028	98.000	206.066	211.218	62.992	-5.098	0.771	1580.317
	1.452	0.029	97.900	205.856	211.002	62.992	-5.098	0.770	1579.989
	1.400	0.081	94.118	197.903	202.851	62.993	-5.084	0.743	1567.274
	1.300	0.181	86.915	182.758	187.327	62.994	-5.056	0.691	1541.478
	1.200	0.281	79.754	167.700	171.893	62.995	-5.025	0.639	1513.599
	1.100	0.381	72.639	152.739	156.557	62.995	-4.993	0.588	1483.560
	1.000	0.481	65.574	137.883	141.330	62.996	-4.958	0.536	1451.180
	0.900	0.581	58.563	123.141	126.220	62.997	-4.919	0.484	1416.346
	0.800	0.681	51.612	108.525	111.238	62.998	-4.877	0.432	1378.885
	0.700	0.781	44.726	94.046	96.397	62.999	-4.829	0.380	1338.206
	0.600	0.881	37.914	79.723	81.716	63.000	-4.775	0.328	1292.179
	0.500	0.981	31.189	65.582	67.221	63.001	-4.712	0.276	1238.383
	0.400	1.081	24.570	51.663	52.955	63.003	-4.639	0.225	1174.591
	0.300	1.181	18.081	38.019	38.970	63.006	-4.550	0.173	1097.521
	0.200	1.281	11.761	24.730	25.348	63.010	-4.437	0.121	1001.061
	0.100	1.381	5.674	11.931	12.230	63.017	-4.279	0.070	870.057
	0.019	1.463	1.000	2.103	2.155	63.030	-4.045	0.028	688.737
	0.000	1.481	0.000	0.000	0.000	63.045	-3.905	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL6P-B4Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

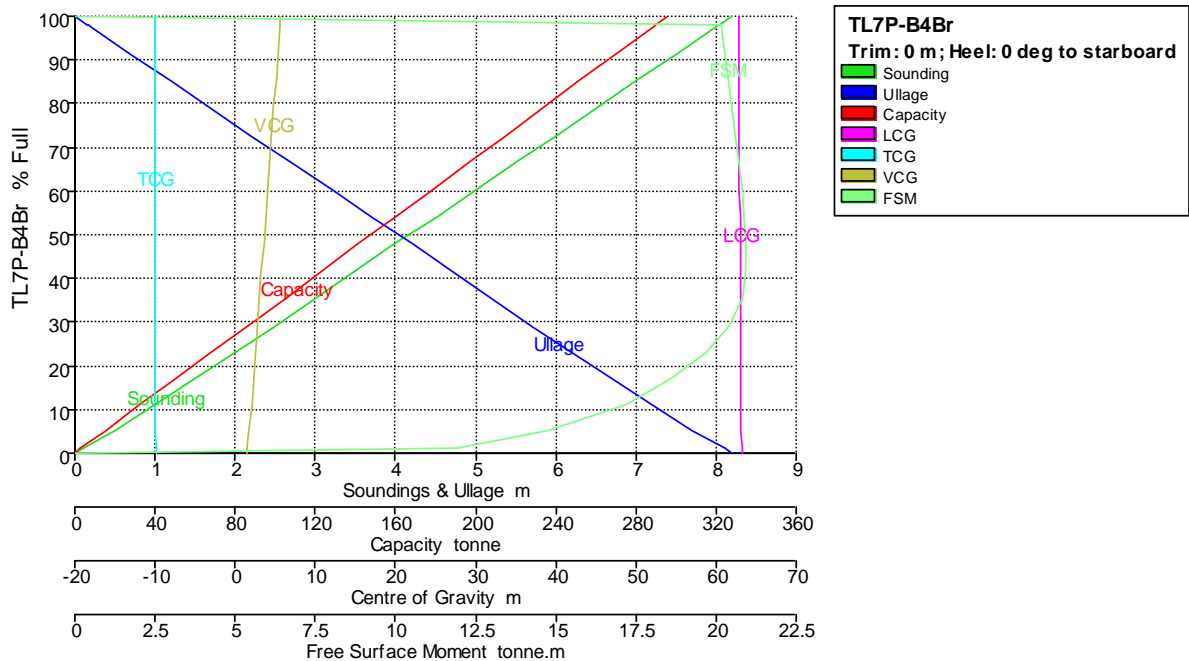
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL6P-B4Er	1.481	0.000	100.000	210.272	215.528	62.992	5.105	0.785	0.000
	1.454	0.028	98.000	206.066	211.218	62.992	5.098	0.771	1580.317
	1.452	0.029	97.900	205.856	211.002	62.992	5.098	0.770	1579.989
	1.400	0.081	94.118	197.903	202.851	62.993	5.084	0.743	1567.274
	1.300	0.181	86.915	182.758	187.327	62.994	5.056	0.691	1541.478
	1.200	0.281	79.754	167.700	171.893	62.995	5.025	0.639	1513.599
	1.100	0.381	72.639	152.739	156.557	62.995	4.993	0.588	1483.560
	1.000	0.481	65.574	137.883	141.330	62.996	4.958	0.536	1451.180
	0.900	0.581	58.563	123.141	126.220	62.997	4.919	0.484	1416.346
	0.800	0.681	51.612	108.525	111.238	62.998	4.877	0.432	1378.885
	0.700	0.781	44.726	94.046	96.397	62.999	4.829	0.380	1338.206
	0.600	0.881	37.914	79.723	81.716	63.000	4.775	0.328	1292.179
	0.500	0.981	31.189	65.582	67.221	63.001	4.712	0.276	1238.383
	0.400	1.081	24.570	51.663	52.955	63.003	4.639	0.225	1174.591
	0.300	1.181	18.081	38.019	38.970	63.006	4.550	0.173	1097.521
	0.200	1.281	11.761	24.730	25.348	63.010	4.437	0.121	1001.061
	0.100	1.381	5.674	11.931	12.230	63.017	4.279	0.070	870.057
	0.019	1.463	1.000	2.103	2.155	63.030	4.045	0.028	688.737
	0.000	1.481	0.000	0.000	0.000	63.045	3.905	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL7P-B4Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

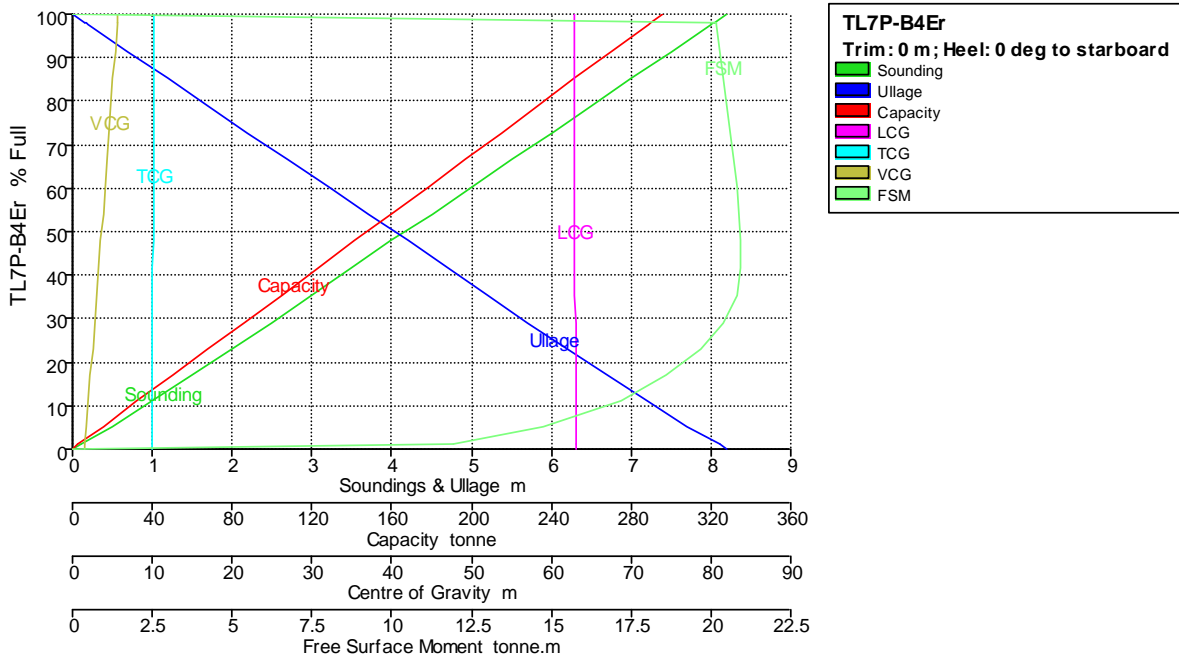
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL7P-B4Br	8.200	0.000	100.000	288.530	295.743	62.930	-10.112	5.662	0.000
	8.038	0.162	98.000	282.759	289.828	62.930	-10.112	5.582	20.173
	8.030	0.170	97.900	282.471	289.533	62.930	-10.112	5.578	20.174
	8.000	0.200	97.532	281.410	288.445	62.930	-10.112	5.563	20.179
	7.500	0.700	91.358	263.595	270.185	62.931	-10.111	5.314	20.259
	7.000	1.200	85.174	245.753	251.897	62.933	-10.110	5.064	20.360
	6.500	1.700	78.979	227.879	233.576	62.935	-10.108	4.814	20.483
	6.000	2.200	72.771	209.967	215.217	62.938	-10.106	4.564	20.620
	5.500	2.700	66.551	192.019	196.819	62.942	-10.104	4.313	20.738
	5.000	3.200	60.320	174.041	178.392	62.948	-10.100	4.061	20.827
	4.500	3.700	54.082	156.043	159.944	62.955	-10.096	3.808	20.886
	4.000	4.200	47.840	138.032	141.483	62.964	-10.090	3.555	20.913
	3.500	4.700	41.596	120.018	123.019	62.976	-10.082	3.301	20.907
	3.000	5.200	35.357	102.016	104.566	62.993	-10.072	3.045	20.801
	2.500	5.700	29.142	84.083	86.185	63.015	-10.059	2.788	20.403
	2.000	6.200	22.983	66.313	67.971	63.043	-10.042	2.530	19.677
	1.500	6.700	16.917	48.812	50.032	63.078	-10.020	2.271	18.611
	1.000	7.200	10.990	31.709	32.502	63.118	-9.990	2.012	17.165
	0.500	7.700	5.291	15.265	15.647	63.160	-9.948	1.754	14.725
	0.099	8.101	1.000	2.885	2.957	63.195	-9.903	1.549	11.905
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	63.204	-9.890	1.500	0.000



Tank Calibrations - TL7P-B4Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

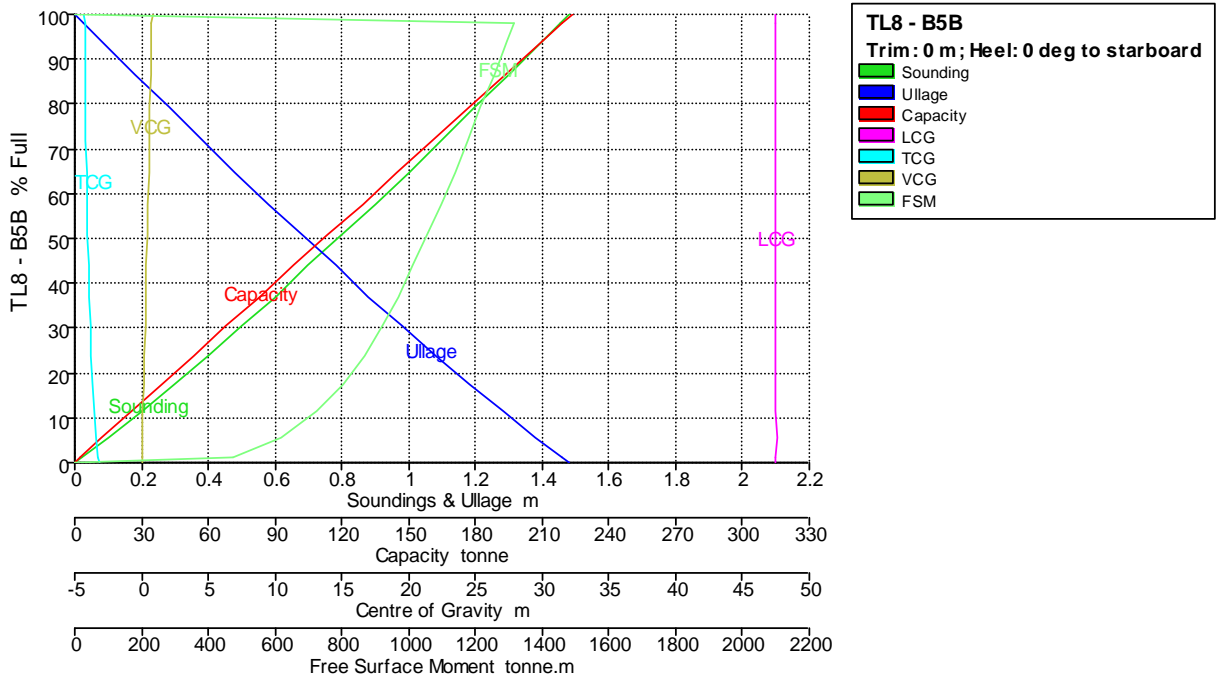
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL7P-B4Er	8.200	0.000	100.000	288.530	295.743	62.930	10.112	5.662	0.000
	8.038	0.162	98.000	282.759	289.828	62.930	10.112	5.582	20.173
	8.030	0.170	97.900	282.471	289.533	62.930	10.112	5.578	20.174
	8.000	0.200	97.532	281.410	288.445	62.930	10.112	5.563	20.179
	7.500	0.700	91.358	263.595	270.185	62.931	10.111	5.314	20.259
	7.000	1.200	85.174	245.753	251.897	62.933	10.110	5.064	20.360
	6.500	1.700	78.979	227.879	233.576	62.935	10.108	4.814	20.483
	6.000	2.200	72.771	209.967	215.217	62.938	10.106	4.564	20.620
	5.500	2.700	66.551	192.019	196.819	62.942	10.104	4.313	20.738
	5.000	3.200	60.320	174.041	178.392	62.948	10.100	4.061	20.827
	4.500	3.700	54.082	156.043	159.944	62.955	10.096	3.808	20.886
	4.000	4.200	47.840	138.032	141.483	62.964	10.090	3.555	20.913
	3.500	4.700	41.596	120.018	123.019	62.976	10.082	3.301	20.907
	3.000	5.200	35.357	102.016	104.566	62.993	10.072	3.045	20.801
	2.500	5.700	29.142	84.083	86.185	63.015	10.059	2.788	20.403
	2.000	6.200	22.983	66.313	67.971	63.043	10.042	2.530	19.677
	1.500	6.700	16.917	48.812	50.032	63.078	10.020	2.271	18.611
	1.000	7.200	10.990	31.709	32.502	63.118	9.990	2.012	17.165
	0.500	7.700	5.291	15.265	15.647	63.160	9.948	1.754	14.725
	0.099	8.101	1.000	2.885	2.957	63.195	9.903	1.549	11.905
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	63.204	9.890	1.500	0.000



Tank Calibrations - TL8 - B5Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

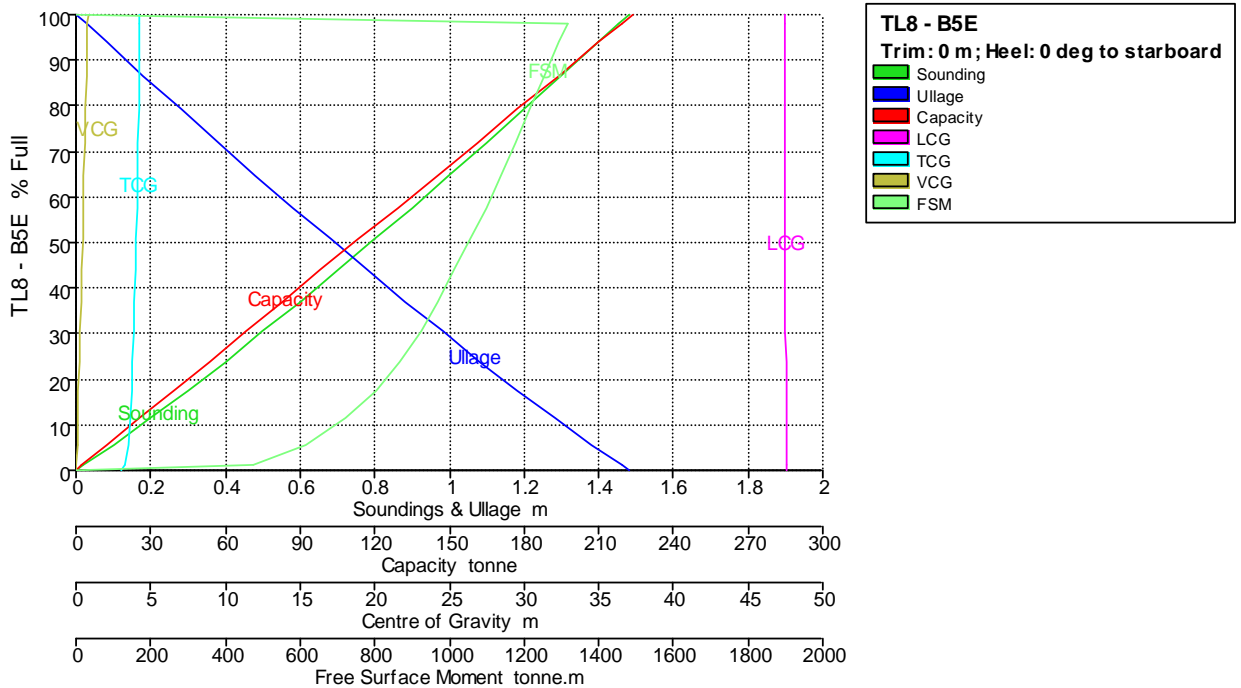
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL8 - B5Br	1.481	0.000	100.000	218.326	223.784	47.447	-4.275	0.794	0.000
	1.455	0.027	98.000	213.960	219.309	47.449	-4.266	0.780	1315.597
	1.453	0.028	97.900	213.741	219.085	47.449	-4.266	0.779	1315.085
	1.400	0.081	93.917	205.045	210.172	47.452	-4.248	0.751	1294.664
	1.300	0.181	86.505	188.863	193.585	47.459	-4.214	0.698	1256.045
	1.200	0.281	79.176	172.862	177.184	47.466	-4.179	0.645	1217.044
	1.100	0.381	71.932	157.046	160.973	47.472	-4.142	0.592	1177.608
	1.000	0.481	64.775	141.422	144.957	47.479	-4.103	0.540	1137.700
	0.900	0.581	57.709	125.994	129.144	47.486	-4.062	0.487	1097.245
	0.800	0.681	50.736	110.770	113.540	47.493	-4.018	0.435	1056.107
	0.700	0.781	43.861	95.760	98.154	47.501	-3.970	0.382	1014.035
	0.600	0.881	37.090	80.977	83.001	47.509	-3.917	0.330	970.491
	0.500	0.981	30.432	66.441	68.102	47.516	-3.857	0.278	923.112
	0.400	1.081	23.905	52.191	53.496	47.524	-3.787	0.226	868.172
	0.300	1.181	17.536	38.286	39.243	47.530	-3.703	0.173	803.083
	0.200	1.281	11.363	24.809	25.429	47.535	-3.598	0.121	723.244
	0.100	1.381	5.455	11.909	12.207	47.537	-3.451	0.070	617.015
	0.020	1.462	1.000	2.183	2.238	47.532	-3.238	0.029	475.282
	0.000	1.481	0.000	0.000	0.000	47.529	-3.076	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL8 - B5Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

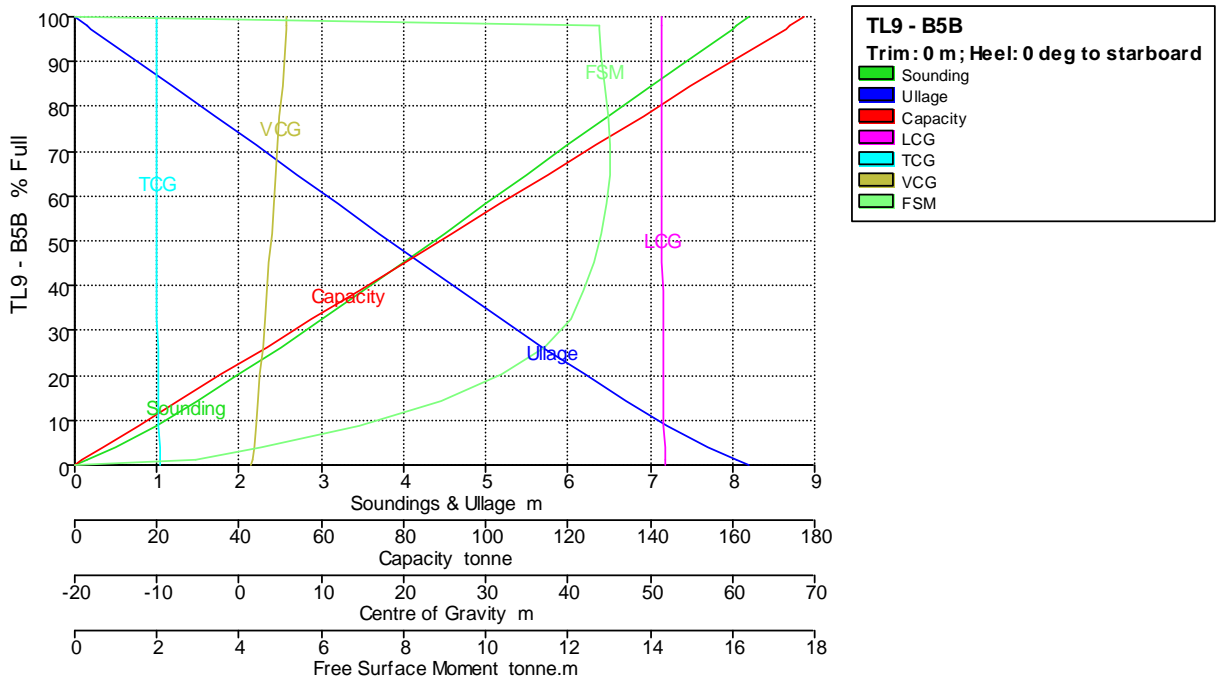
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL8 - B5Er	1.481	0.000	100.000	218.326	223.784	47.447	4.275	0.794	0.000
	1.455	0.027	98.000	213.960	219.309	47.449	4.266	0.780	1315.597
	1.453	0.028	97.900	213.741	219.085	47.449	4.266	0.779	1315.085
	1.400	0.081	93.917	205.045	210.172	47.452	4.248	0.751	1294.664
	1.300	0.181	86.505	188.863	193.585	47.459	4.214	0.698	1256.045
	1.200	0.281	79.176	172.862	177.184	47.466	4.179	0.645	1217.044
	1.100	0.381	71.932	157.046	160.973	47.472	4.142	0.592	1177.608
	1.000	0.481	64.775	141.422	144.957	47.479	4.103	0.540	1137.700
	0.900	0.581	57.709	125.994	129.144	47.486	4.062	0.487	1097.245
	0.800	0.681	50.736	110.770	113.540	47.493	4.018	0.435	1056.107
	0.700	0.781	43.861	95.760	98.154	47.501	3.970	0.382	1014.035
	0.600	0.881	37.090	80.977	83.001	47.509	3.917	0.330	970.491
	0.500	0.981	30.432	66.441	68.102	47.516	3.857	0.278	923.112
	0.400	1.081	23.905	52.191	53.496	47.524	3.787	0.226	868.172
	0.300	1.181	17.536	38.286	39.243	47.530	3.703	0.173	803.083
	0.200	1.281	11.363	24.809	25.429	47.535	3.598	0.121	723.244
	0.100	1.381	5.455	11.909	12.207	47.537	3.451	0.070	617.015
	0.020	1.462	1.000	2.183	2.238	47.532	3.238	0.029	475.282
	0.000	1.481	0.000	0.000	0.000	47.529	3.076	0.019	0.000



Tank Calibrations - TL9 - B5Br

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

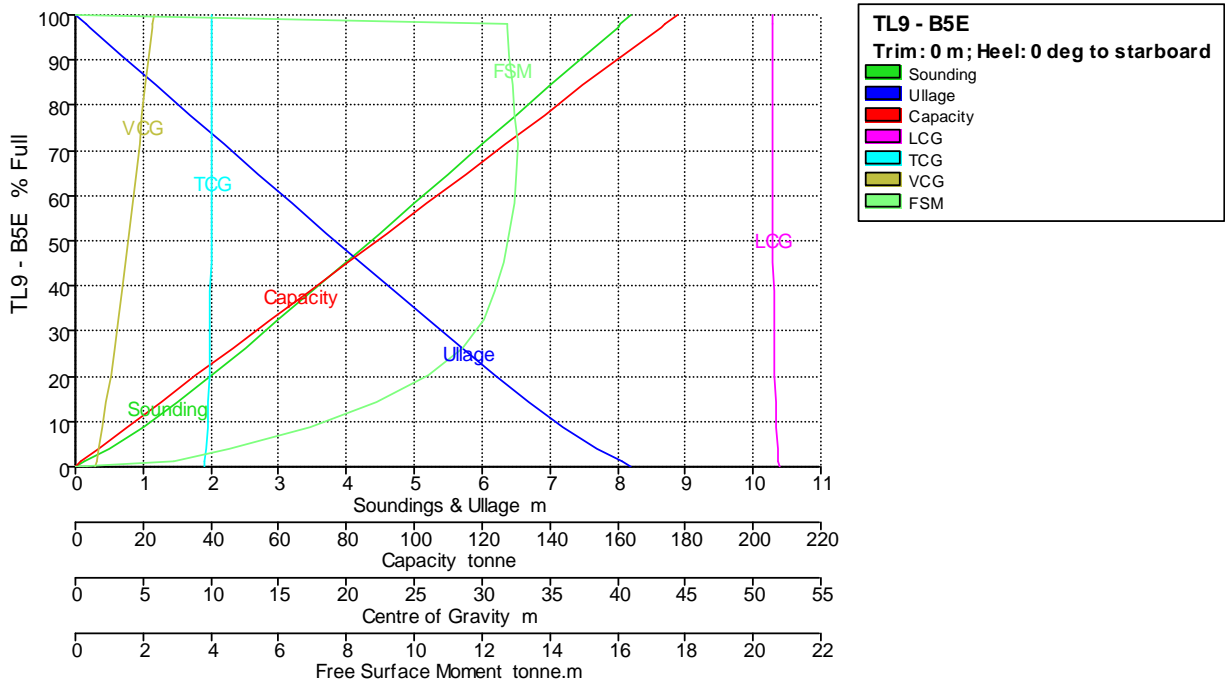
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL9 - B5Br	8.200	0.000	100.000	173.248	177.579	51.407	-10.068	5.814	0.000
	8.046	0.154	98.000	169.783	174.027	51.409	-10.067	5.737	12.754
	8.038	0.162	97.900	169.609	173.850	51.409	-10.067	5.733	12.755
	8.000	0.200	97.403	168.749	172.968	51.410	-10.067	5.714	12.757
	7.500	0.700	90.907	157.494	161.432	51.417	-10.063	5.461	12.807
	7.000	1.200	84.401	146.222	149.878	51.425	-10.058	5.207	12.879
	6.500	1.700	77.881	134.927	138.300	51.433	-10.051	4.953	12.972
	6.000	2.200	71.347	123.607	126.698	51.442	-10.044	4.696	13.041
	5.500	2.700	64.810	112.282	115.089	51.453	-10.035	4.439	13.032
	5.000	3.200	58.282	100.973	103.497	51.464	-10.024	4.180	12.953
	4.500	3.700	51.776	89.700	91.943	51.477	-10.011	3.920	12.814
	4.000	4.200	45.301	78.483	80.445	51.491	-9.995	3.658	12.621
	3.500	4.700	38.868	67.339	69.022	51.508	-9.975	3.395	12.381
	3.000	5.200	32.487	56.284	57.691	51.528	-9.949	3.128	12.066
	2.500	5.700	26.195	45.382	46.516	51.553	-9.915	2.859	11.437
	2.000	6.200	20.066	34.764	35.633	51.585	-9.872	2.586	10.398
	1.500	6.700	14.201	24.604	25.219	51.629	-9.815	2.311	8.904
	1.000	7.200	8.743	15.148	15.526	51.692	-9.742	2.035	6.932
	0.500	7.700	3.912	6.778	6.947	51.786	-9.651	1.761	4.532
	0.141	8.059	1.000	1.732	1.776	51.875	-9.581	1.572	2.926
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	51.916	-9.554	1.500	0.000



Tank Calibrations - TL9 - B5Er

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL9 - B5Er	8.200	0.000	100.000	173.248	177.579	51.407	10.068	5.814	0.000
	8.046	0.154	98.000	169.783	174.027	51.409	10.067	5.737	12.754
	8.038	0.162	97.900	169.609	173.850	51.409	10.067	5.733	12.755
	8.000	0.200	97.403	168.749	172.968	51.410	10.067	5.714	12.757
	7.500	0.700	90.907	157.494	161.432	51.417	10.063	5.461	12.807
	7.000	1.200	84.401	146.222	149.878	51.425	10.058	5.207	12.879
	6.500	1.700	77.881	134.927	138.300	51.433	10.051	4.953	12.972
	6.000	2.200	71.347	123.607	126.698	51.442	10.044	4.696	13.041
	5.500	2.700	64.810	112.282	115.089	51.453	10.035	4.439	13.032
	5.000	3.200	58.282	100.973	103.497	51.464	10.024	4.180	12.953
	4.500	3.700	51.776	89.700	91.943	51.477	10.011	3.920	12.814
	4.000	4.200	45.301	78.483	80.445	51.491	9.995	3.658	12.621
	3.500	4.700	38.868	67.339	69.022	51.508	9.975	3.395	12.381
	3.000	5.200	32.487	56.284	57.691	51.528	9.949	3.128	12.066
	2.500	5.700	26.195	45.382	46.516	51.553	9.915	2.859	11.437
	2.000	6.200	20.066	34.764	35.633	51.585	9.872	2.586	10.398
	1.500	6.700	14.201	24.604	25.219	51.629	9.815	2.311	8.904
	1.000	7.200	8.743	15.148	15.526	51.692	9.742	2.035	6.932
	0.500	7.700	3.912	6.778	6.947	51.786	9.651	1.761	4.532
	0.141	8.059	1.000	1.732	1.776	51.875	9.581	1.572	2.926
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	51.916	9.554	1.500	0.000

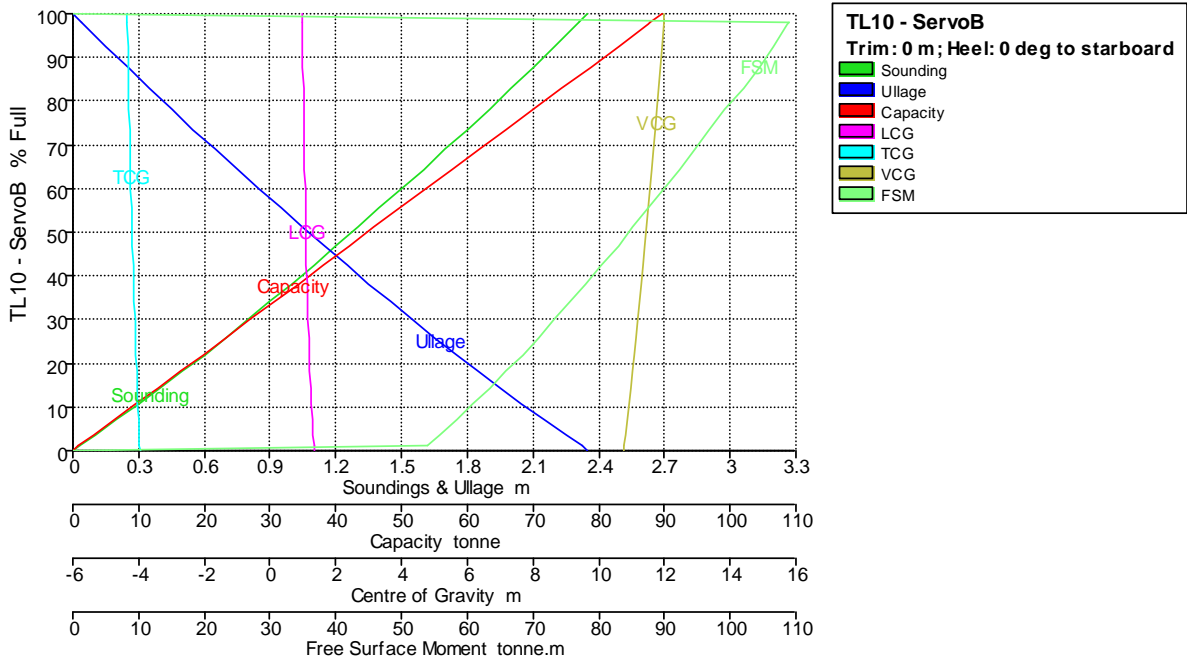




Tank Calibrations - TL10 - ServoB

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

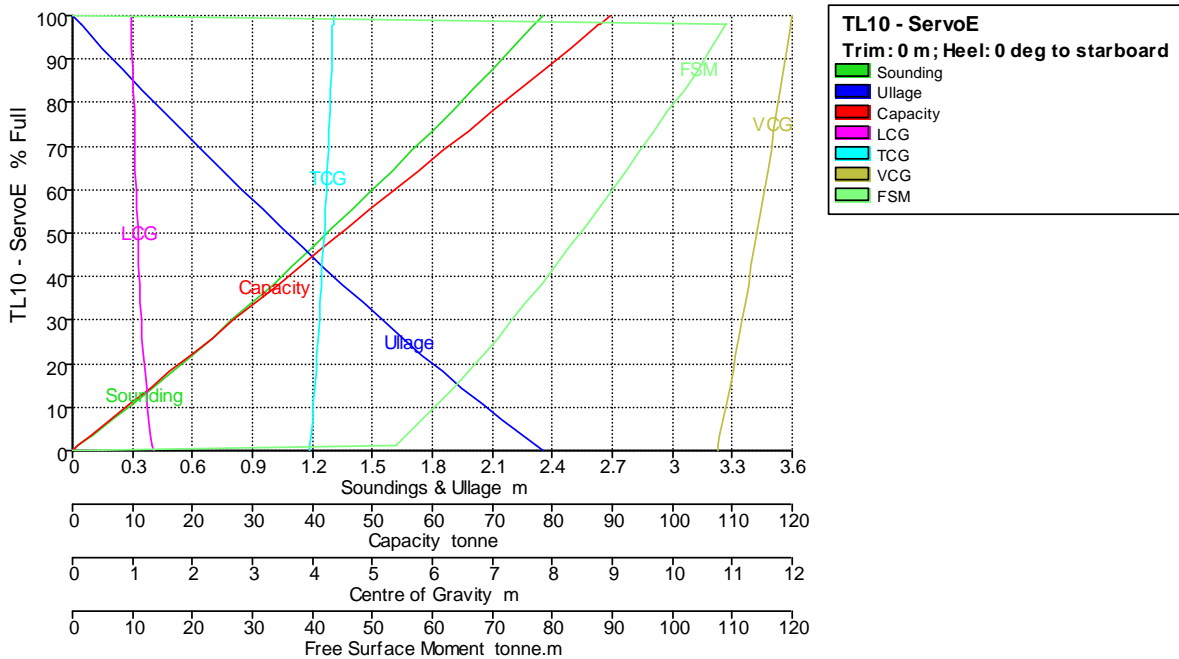
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL10 - ServoB	2.350	0.000	100.000	87.523	89.712	0.967	-4.348	11.994	0.000
	2.310	0.040	98.000	85.773	87.917	0.972	-4.342	11.972	108.916
	2.308	0.042	97.900	85.685	87.828	0.972	-4.342	11.971	108.873
	2.300	0.050	97.528	85.360	87.494	0.973	-4.341	11.967	108.713
	2.200	0.150	92.616	81.061	83.088	0.985	-4.328	11.912	106.561
	2.100	0.250	87.748	76.800	78.720	0.998	-4.315	11.857	104.358
	2.000	0.350	82.924	72.578	74.392	1.012	-4.302	11.802	102.115
	1.900	0.450	78.152	68.401	70.111	1.026	-4.288	11.748	99.161
	1.800	0.550	73.516	64.344	65.952	1.035	-4.274	11.694	96.898
	1.700	0.650	68.928	60.328	61.836	1.043	-4.259	11.640	94.612
	1.600	0.750	64.388	56.354	57.763	1.053	-4.245	11.587	92.304
	1.500	0.850	59.898	52.425	53.735	1.063	-4.230	11.533	89.978
	1.400	0.950	55.459	48.540	49.753	1.073	-4.214	11.480	87.634
	1.300	1.050	51.074	44.702	45.819	1.084	-4.199	11.426	85.275
	1.200	1.150	46.743	40.911	41.934	1.095	-4.183	11.373	82.901
	1.100	1.250	42.469	37.170	38.100	1.108	-4.167	11.320	80.514
	1.000	1.350	38.253	33.480	34.317	1.121	-4.150	11.267	78.116
	0.900	1.450	34.097	29.843	30.589	1.135	-4.133	11.215	75.705
	0.800	1.550	30.004	26.261	26.917	1.151	-4.116	11.162	73.282
	0.700	1.650	25.977	22.736	23.304	1.168	-4.098	11.110	70.847
	0.600	1.750	22.019	19.271	19.753	1.186	-4.080	11.057	68.395
	0.500	1.850	18.133	15.871	16.268	1.206	-4.061	11.005	65.921
	0.400	1.950	14.326	12.538	12.852	1.229	-4.042	10.954	63.418
	0.300	2.050	10.602	9.279	9.511	1.253	-4.022	10.902	60.878
	0.200	2.150	6.967	6.098	6.251	1.281	-4.001	10.851	58.309
	0.100	2.250	3.431	3.003	3.078	1.311	-3.980	10.800	55.700
	0.029	2.321	1.000	0.875	0.897	1.335	-3.965	10.765	53.833
	0.000	2.350	0.000	0.000	0.000	1.345	-3.958	10.750	0.000



Tank Calibrations - TL10 - ServoE

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

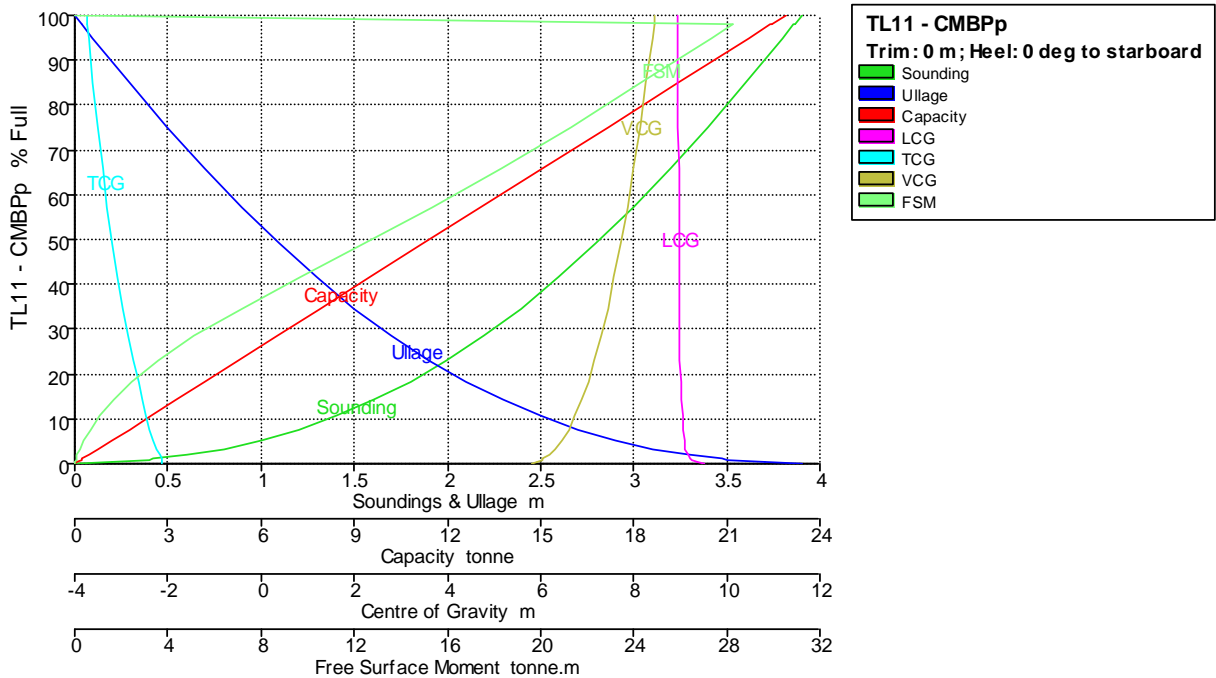
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL10 - ServoE	2.350	0.000	100.000	87.523	89.712	0.967	4.348	11.994	0.000
	2.310	0.040	98.000	85.773	87.917	0.972	4.342	11.972	108.916
	2.308	0.042	97.900	85.685	87.828	0.972	4.342	11.971	108.873
	2.300	0.050	97.528	85.360	87.494	0.973	4.341	11.967	108.713
	2.200	0.150	92.616	81.061	83.088	0.985	4.328	11.912	106.561
	2.100	0.250	87.748	76.800	78.720	0.998	4.315	11.857	104.358
	2.000	0.350	82.924	72.578	74.392	1.012	4.302	11.802	102.115
	1.900	0.450	78.152	68.401	70.111	1.026	4.288	11.748	99.161
	1.800	0.550	73.516	64.344	65.952	1.035	4.274	11.694	96.898
	1.700	0.650	68.928	60.328	61.836	1.043	4.259	11.640	94.612
	1.600	0.750	64.388	56.354	57.763	1.053	4.245	11.587	92.304
	1.500	0.850	59.898	52.425	53.735	1.063	4.230	11.533	89.978
	1.400	0.950	55.459	48.540	49.753	1.073	4.214	11.480	87.634
	1.300	1.050	51.074	44.702	45.819	1.084	4.199	11.426	85.275
	1.200	1.150	46.743	40.911	41.934	1.095	4.183	11.373	82.901
	1.100	1.250	42.469	37.170	38.100	1.108	4.167	11.320	80.514
	1.000	1.350	38.253	33.480	34.317	1.121	4.150	11.267	78.116
	0.900	1.450	34.097	29.843	30.589	1.135	4.133	11.215	75.705
	0.800	1.550	30.004	26.261	26.917	1.151	4.116	11.162	73.282
	0.700	1.650	25.977	22.736	23.304	1.168	4.098	11.110	70.847
	0.600	1.750	22.019	19.271	19.753	1.186	4.080	11.057	68.395
	0.500	1.850	18.133	15.871	16.268	1.206	4.061	11.005	65.921
	0.400	1.950	14.326	12.538	12.852	1.229	4.042	10.954	63.418
	0.300	2.050	10.602	9.279	9.511	1.253	4.022	10.902	60.878
	0.200	2.150	6.967	6.098	6.251	1.281	4.001	10.851	58.309
	0.100	2.250	3.431	3.003	3.078	1.311	3.980	10.800	55.700
	0.029	2.321	1.000	0.875	0.897	1.335	3.965	10.765	53.833
	0.000	2.350	0.000	0.000	0.000	1.345	3.958	10.750	0.000



Tank Calibrations - TL11 - CMBPp

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

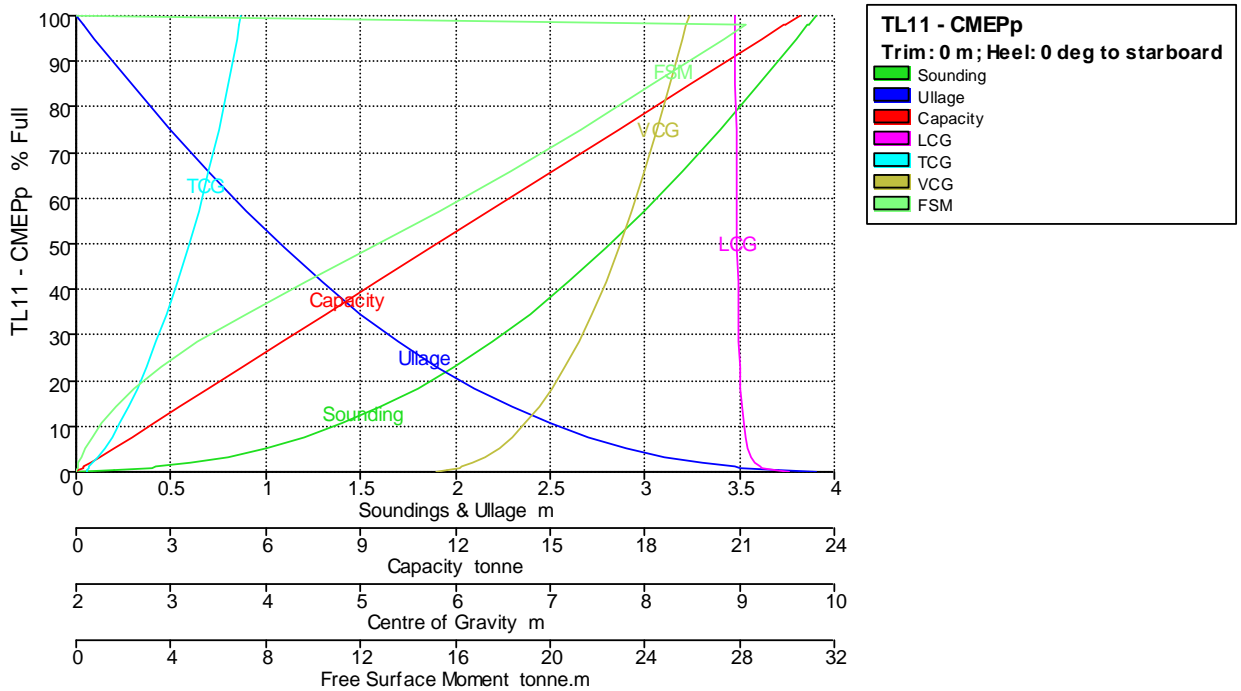
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL11 - CMBPp	3.900	0.000	100.000	22.325	22.883	8.954	-3.734	8.465	0.000
	3.862	0.038	98.000	21.879	22.426	8.955	-3.717	8.440	28.276
	3.860	0.040	97.900	21.856	22.403	8.955	-3.717	8.439	28.247
	3.800	0.100	94.817	21.168	21.697	8.955	-3.691	8.400	27.340
	3.600	0.300	84.744	18.919	19.392	8.958	-3.600	8.269	24.305
	3.400	0.500	75.088	16.764	17.183	8.962	-3.504	8.137	21.284
	3.200	0.700	65.885	14.709	15.077	8.966	-3.402	8.002	18.294
	3.000	0.900	57.179	12.765	13.085	8.971	-3.295	7.865	15.352
	2.800	1.100	49.025	10.945	11.219	8.976	-3.183	7.726	12.483
	2.600	1.300	41.489	9.263	9.494	8.981	-3.068	7.585	9.724
	2.400	1.500	34.645	7.735	7.928	8.987	-2.955	7.444	7.206
	2.200	1.700	28.523	6.368	6.527	8.994	-2.846	7.303	5.139
	2.000	1.900	23.098	5.157	5.286	9.002	-2.742	7.162	3.596
	1.800	2.100	18.332	4.093	4.195	9.013	-2.644	7.021	2.465
	1.600	2.300	14.191	3.168	3.247	9.025	-2.550	6.881	1.645
	1.400	2.500	10.648	2.377	2.437	9.041	-2.461	6.740	1.062
	1.200	2.700	7.677	1.714	1.757	9.061	-2.378	6.600	0.659
	1.000	2.900	5.256	1.173	1.203	9.085	-2.301	6.460	0.390
	0.800	3.100	3.350	0.748	0.767	9.116	-2.233	6.321	0.218
	0.600	3.300	1.918	0.428	0.439	9.162	-2.176	6.183	0.113
	0.421	3.479	1.000	0.223	0.229	9.225	-2.137	6.062	0.059
	0.400	3.500	0.915	0.204	0.209	9.234	-2.133	6.048	0.054
	0.200	3.700	0.293	0.065	0.067	9.362	-2.114	5.916	0.019
	0.000	3.900	0.000	0.000	0.000	9.521	-2.114	5.800	0.000



Tank Calibrations - TL11 - CMEPp

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TL11 - CMEPp	3.900	0.000	100.000	22.325	22.883	8.954	3.734	8.465	0.000
	3.862	0.038	98.000	21.879	22.426	8.955	3.717	8.440	28.276
	3.860	0.040	97.900	21.856	22.403	8.955	3.717	8.439	28.247
	3.800	0.100	94.817	21.168	21.697	8.955	3.691	8.400	27.340
	3.600	0.300	84.744	18.919	19.392	8.958	3.600	8.269	24.305
	3.400	0.500	75.088	16.764	17.183	8.962	3.504	8.137	21.284
	3.200	0.700	65.885	14.709	15.077	8.966	3.402	8.002	18.294
	3.000	0.900	57.179	12.765	13.085	8.971	3.295	7.865	15.352
	2.800	1.100	49.025	10.945	11.219	8.976	3.183	7.726	12.483
	2.600	1.300	41.489	9.263	9.494	8.981	3.068	7.585	9.724
	2.400	1.500	34.645	7.735	7.928	8.987	2.955	7.444	7.206
	2.200	1.700	28.523	6.368	6.527	8.994	2.846	7.303	5.139
	2.000	1.900	23.098	5.157	5.286	9.002	2.742	7.162	3.596
	1.800	2.100	18.332	4.093	4.195	9.013	2.644	7.021	2.465
	1.600	2.300	14.191	3.168	3.247	9.025	2.550	6.881	1.645
	1.400	2.500	10.648	2.377	2.437	9.041	2.461	6.740	1.062
	1.200	2.700	7.677	1.714	1.757	9.061	2.378	6.600	0.659
	1.000	2.900	5.256	1.173	1.203	9.085	2.301	6.460	0.390
	0.800	3.100	3.350	0.748	0.767	9.116	2.233	6.321	0.218
	0.600	3.300	1.918	0.428	0.439	9.162	2.176	6.183	0.113
	0.421	3.479	1.000	0.223	0.229	9.225	2.137	6.062	0.059
	0.400	3.500	0.915	0.204	0.209	9.234	2.133	6.048	0.054
	0.200	3.700	0.293	0.065	0.067	9.362	2.114	5.916	0.019
	0.000	3.900	0.000	0.000	0.000	9.521	2.114	5.800	0.000

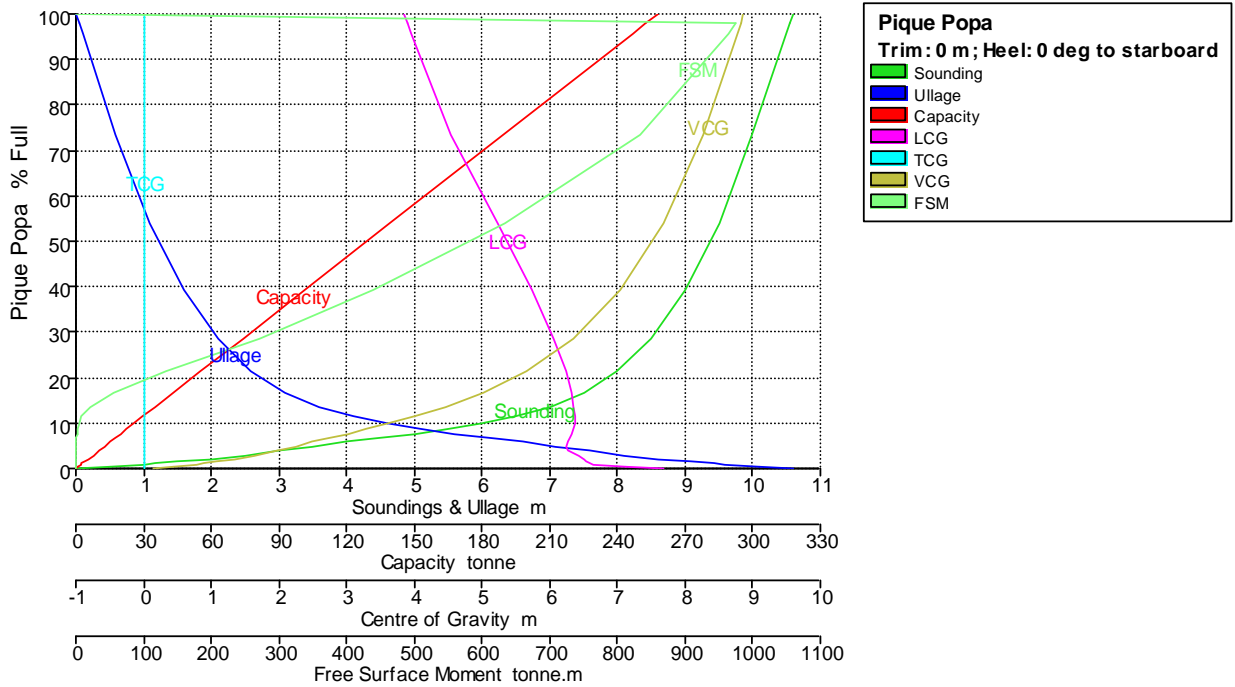


Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

Tank Calibrations - Pique Popa

Fluid Type = Water Ballast      Specific gravity = 1.025  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Pique Popa	10.595	0.000	100.000	251.531	257.819	3.861	0.000	8.861	0.000
	10.552	0.043	98.000	246.501	252.663	3.901	0.000	8.823	973.957
	10.550	0.046	97.900	246.249	252.405	3.903	0.000	8.821	973.594
	10.500	0.095	95.629	240.537	246.551	3.951	0.000	8.777	965.239
	10.000	0.595	73.357	184.517	189.129	4.537	0.000	8.282	833.070
	9.500	1.095	53.883	135.533	138.922	5.225	0.000	7.691	634.312
	9.000	1.595	39.205	98.614	101.079	5.741	0.000	7.045	440.001
	8.500	2.095	28.738	72.285	74.092	6.053	0.000	6.362	271.359
	8.000	2.595	21.426	53.894	55.241	6.242	0.000	5.660	132.317
	7.500	3.095	16.746	42.122	43.175	6.311	0.000	5.027	55.160
	7.000	3.595	13.572	34.138	34.992	6.345	0.000	4.468	21.348
	6.500	4.095	11.393	28.656	29.373	6.366	0.000	3.999	8.937
	6.000	4.595	9.816	24.691	25.309	6.366	0.000	3.610	4.247
	5.500	5.095	8.639	21.730	22.273	6.341	0.000	3.296	2.273
	5.000	5.595	7.618	19.161	19.640	6.319	0.000	3.013	1.540
	4.500	6.095	6.675	16.790	17.210	6.297	0.000	2.745	1.219
	4.000	6.595	5.784	14.549	14.913	6.273	0.000	2.489	1.022
	3.500	7.095	4.935	12.412	12.722	6.243	0.000	2.245	0.882
	3.000	7.595	3.980	10.010	10.260	6.279	0.000	1.970	0.837
	2.500	8.095	2.947	7.412	7.597	6.427	0.000	1.642	0.732
	2.000	8.595	2.132	5.362	5.497	6.506	0.000	1.344	0.569
	1.500	9.095	1.430	3.598	3.688	6.546	0.000	1.067	0.467
	1.174	9.421	1.000	2.515	2.578	6.599	0.000	0.884	0.398
	1.000	9.595	0.780	1.961	2.010	6.648	0.000	0.783	0.359
	0.500	10.095	0.223	0.562	0.576	7.119	0.000	0.435	0.156
	0.000	10.595	0.000	0.000	0.000	7.683	0.000	0.155	0.000

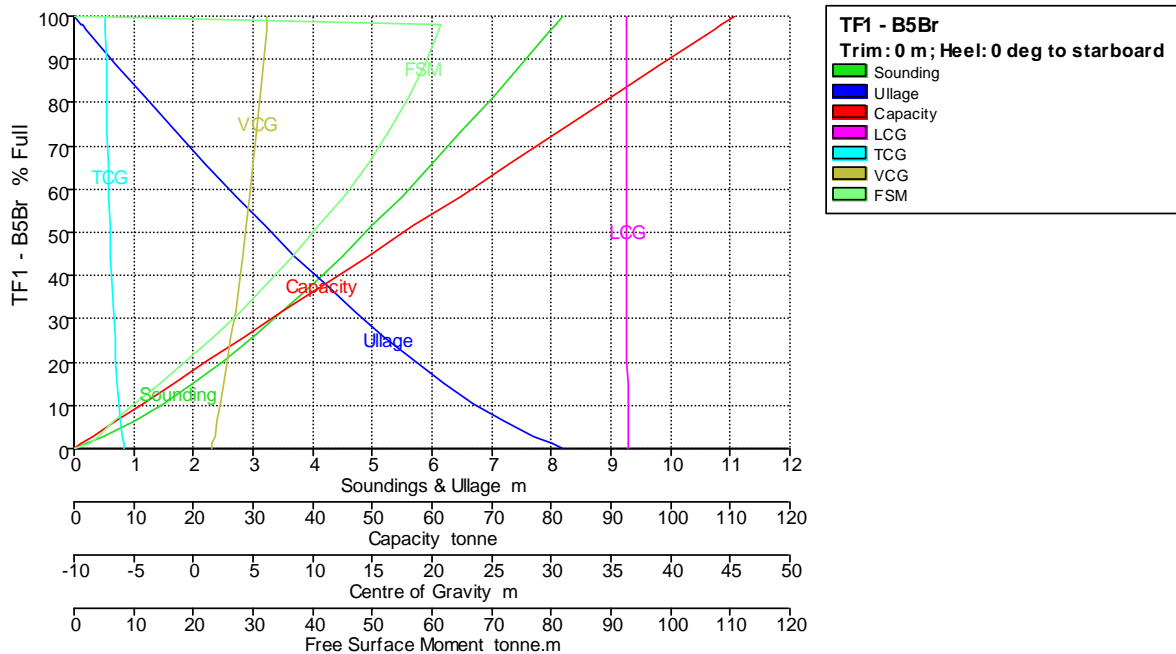


TANQUES DE COMBUSTIBLE

Tank Calibrations - TF1 - B5Br

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

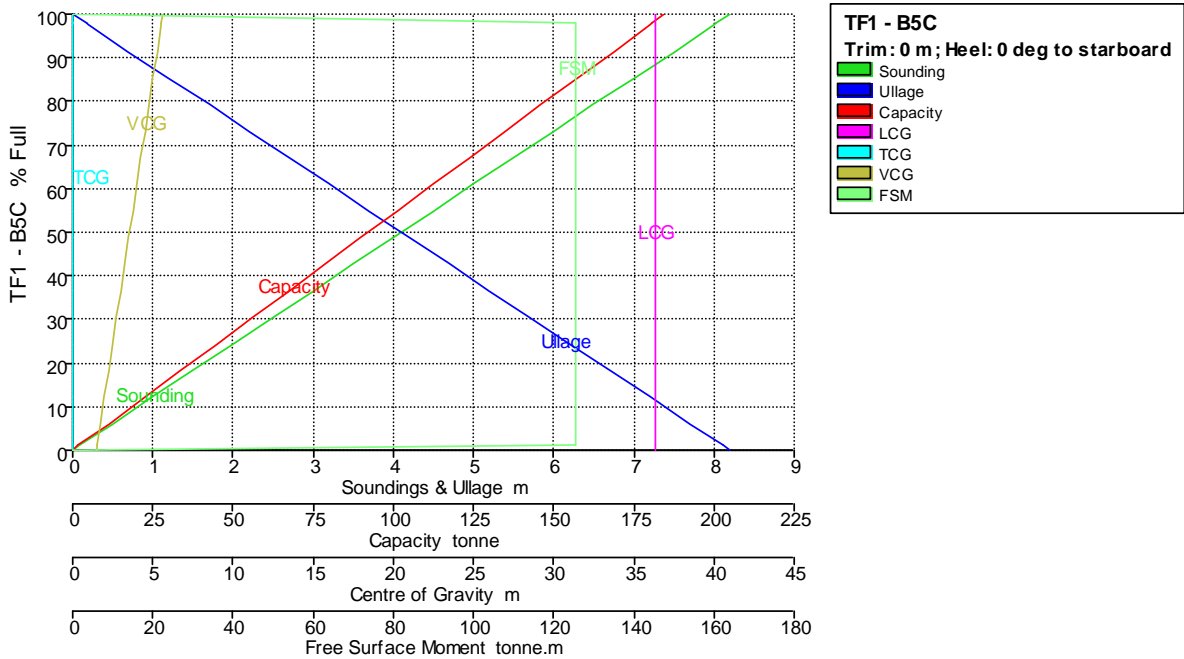
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF1 - B5Br	8.200	0.000	100.000	117.300	110.766	36.327	-7.400	6.197	0.000
	8.075	0.125	98.000	114.954	108.551	36.328	-7.388	6.126	61.527
	8.069	0.131	97.900	114.837	108.440	36.328	-7.387	6.123	61.501
	8.000	0.200	96.797	113.542	107.218	36.328	-7.380	6.084	61.211
	7.500	0.700	88.856	104.228	98.423	36.330	-7.327	5.801	58.859
	7.000	1.200	81.031	95.049	89.755	36.332	-7.270	5.516	56.067
	6.500	1.700	73.346	86.034	81.242	36.334	-7.207	5.230	52.837
	6.000	2.200	65.826	77.214	72.913	36.337	-7.140	4.942	49.217
	5.500	2.700	58.499	68.619	64.797	36.340	-7.066	4.652	45.276
	5.000	3.200	51.390	60.280	56.922	36.343	-6.987	4.362	41.092
	4.500	3.700	44.526	52.228	49.319	36.347	-6.902	4.071	36.750
	4.000	4.200	37.933	44.495	42.017	36.351	-6.810	3.779	32.336
	3.500	4.700	31.641	37.114	35.047	36.355	-6.710	3.486	27.859
	3.000	5.200	25.687	30.131	28.453	36.360	-6.601	3.192	23.308
	2.500	5.700	20.118	23.599	22.284	36.365	-6.483	2.898	18.765
	2.000	6.200	14.989	17.582	16.603	36.371	-6.355	2.605	14.332
	1.500	6.700	10.366	12.159	11.482	36.377	-6.222	2.316	10.161
	1.000	7.200	6.308	7.399	6.987	36.384	-6.087	2.033	6.666
	0.500	7.700	2.844	3.337	3.151	36.392	-5.953	1.759	3.994
	0.189	8.011	1.000	1.173	1.108	36.398	-5.871	1.596	2.727
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	36.402	-5.822	1.500	0.000



Tank Calibrations - TF1 - B5C

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF1 - B5C	8.200	0.000	100.000	195.275	184.398	36.300	0.000	5.600	0.000
	8.036	0.164	98.000	191.369	180.710	36.300	0.000	5.518	125.460
	8.028	0.172	97.900	191.174	180.526	36.300	0.000	5.514	125.460
	8.000	0.200	97.561	190.512	179.900	36.300	0.000	5.500	125.460
	7.500	0.700	91.463	178.605	168.657	36.300	0.000	5.250	125.460
	7.000	1.200	85.366	166.698	157.413	36.300	0.000	5.000	125.460
	6.500	1.700	79.268	154.791	146.169	36.300	0.000	4.750	125.460
	6.000	2.200	73.171	142.884	134.925	36.300	0.000	4.500	125.460
	5.500	2.700	67.073	130.977	123.682	36.300	0.000	4.250	125.460
	5.000	3.200	60.976	119.070	112.438	36.300	0.000	4.000	125.460
	4.500	3.700	54.878	107.163	101.194	36.300	0.000	3.750	125.460
	4.000	4.200	48.780	95.256	89.950	36.300	0.000	3.500	125.460
	3.500	4.700	42.683	83.349	78.706	36.300	0.000	3.250	125.460
	3.000	5.200	36.585	71.442	67.463	36.300	0.000	3.000	125.460
	2.500	5.700	30.488	59.535	56.219	36.300	0.000	2.750	125.460
	2.000	6.200	24.390	47.628	44.975	36.300	0.000	2.500	125.460
	1.500	6.700	18.293	35.721	33.731	36.300	0.000	2.250	125.460
	1.000	7.200	12.195	23.814	22.488	36.300	0.000	2.000	125.460
	0.500	7.700	6.098	11.907	11.244	36.300	0.000	1.750	125.460
	0.082	8.118	1.000	1.953	1.844	36.300	0.000	1.541	125.460
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	36.300	0.000	1.500	0.000

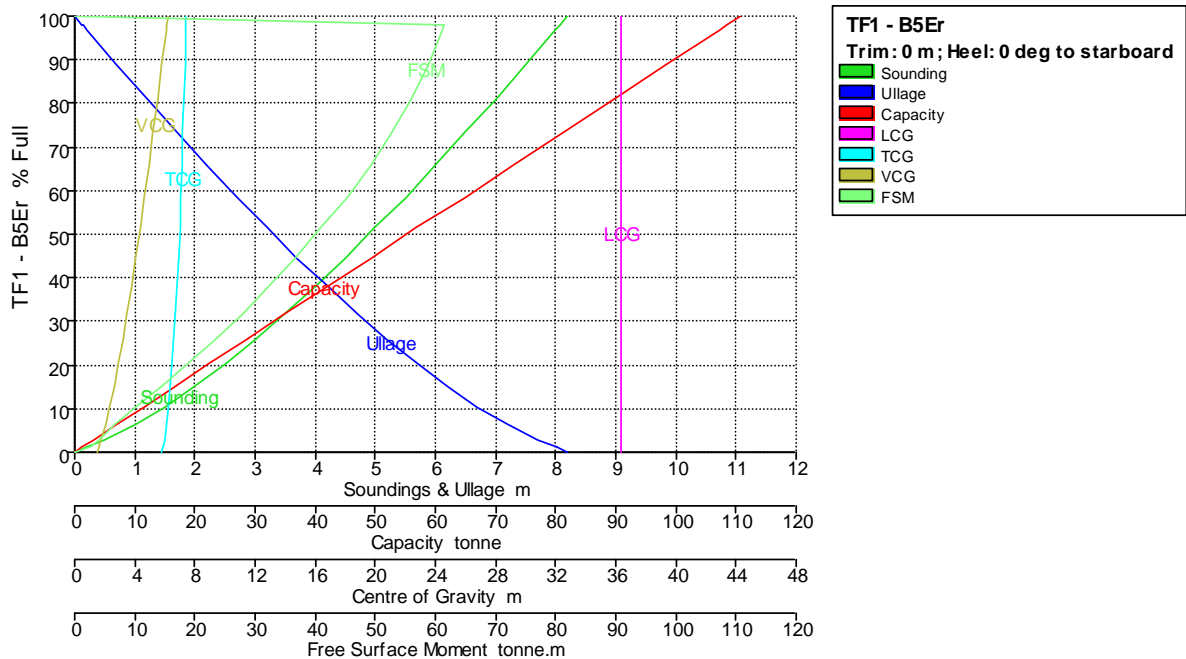




Tank Calibrations - TF1 - B5Er

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

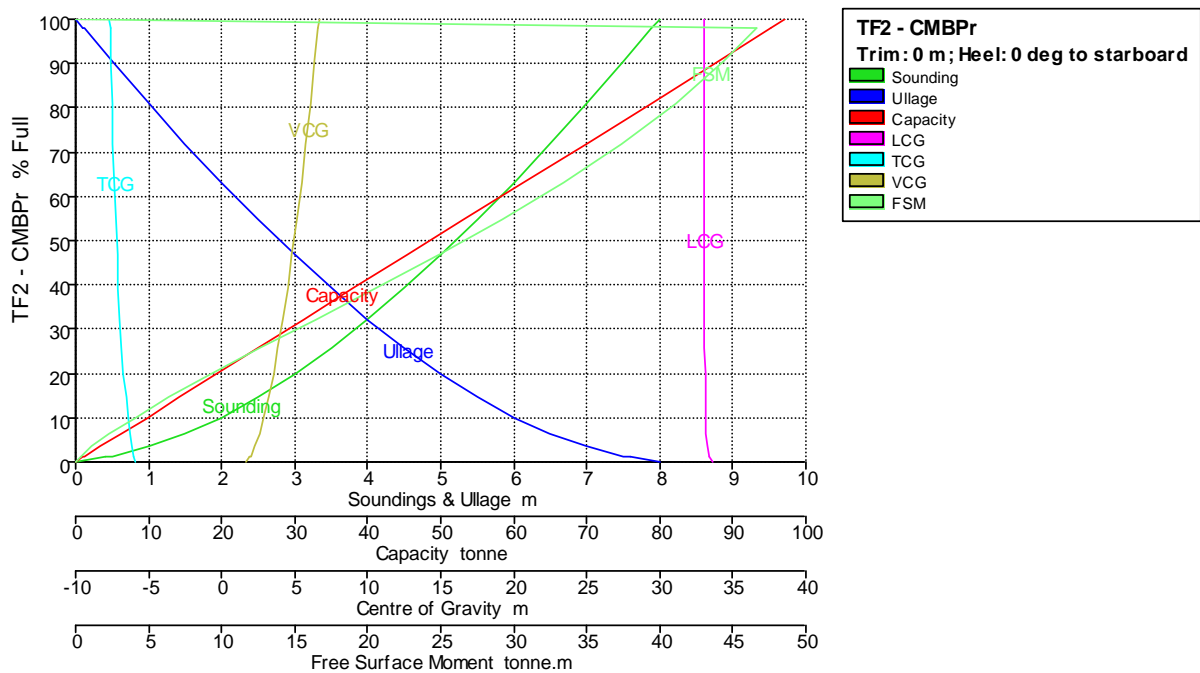
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF1 - B5Er	8.200	0.000	100.000	117.300	110.766	36.327	7.400	6.197	0.000
	8.075	0.125	98.000	114.954	108.551	36.328	7.388	6.126	61.527
	8.069	0.131	97.900	114.837	108.440	36.328	7.387	6.123	61.501
	8.000	0.200	96.797	113.542	107.218	36.328	7.380	6.084	61.211
	7.500	0.700	88.856	104.228	98.423	36.330	7.327	5.801	58.859
	7.000	1.200	81.031	95.049	89.755	36.332	7.270	5.516	56.067
	6.500	1.700	73.346	86.034	81.242	36.334	7.207	5.230	52.837
	6.000	2.200	65.826	77.214	72.913	36.337	7.140	4.942	49.217
	5.500	2.700	58.499	68.619	64.797	36.340	7.066	4.652	45.276
	5.000	3.200	51.390	60.280	56.922	36.343	6.987	4.362	41.092
	4.500	3.700	44.526	52.228	49.319	36.347	6.902	4.071	36.750
	4.000	4.200	37.933	44.495	42.017	36.351	6.810	3.779	32.336
	3.500	4.700	31.641	37.114	35.047	36.355	6.710	3.486	27.859
	3.000	5.200	25.687	30.131	28.453	36.360	6.601	3.192	23.308
	2.500	5.700	20.118	23.599	22.284	36.365	6.483	2.898	18.765
	2.000	6.200	14.989	17.582	16.603	36.371	6.355	2.605	14.332
	1.500	6.700	10.366	12.159	11.482	36.377	6.222	2.316	10.161
	1.000	7.200	6.308	7.399	6.987	36.384	6.087	2.033	6.666
	0.500	7.700	2.844	3.337	3.151	36.392	5.953	1.759	3.994
	0.189	8.011	1.000	1.173	1.108	36.398	5.871	1.596	2.727
	0.000	8.200	0.000	0.000	0.000	36.402	5.822	1.500	0.000



Tank Calibrations - TF2 - CMBR

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

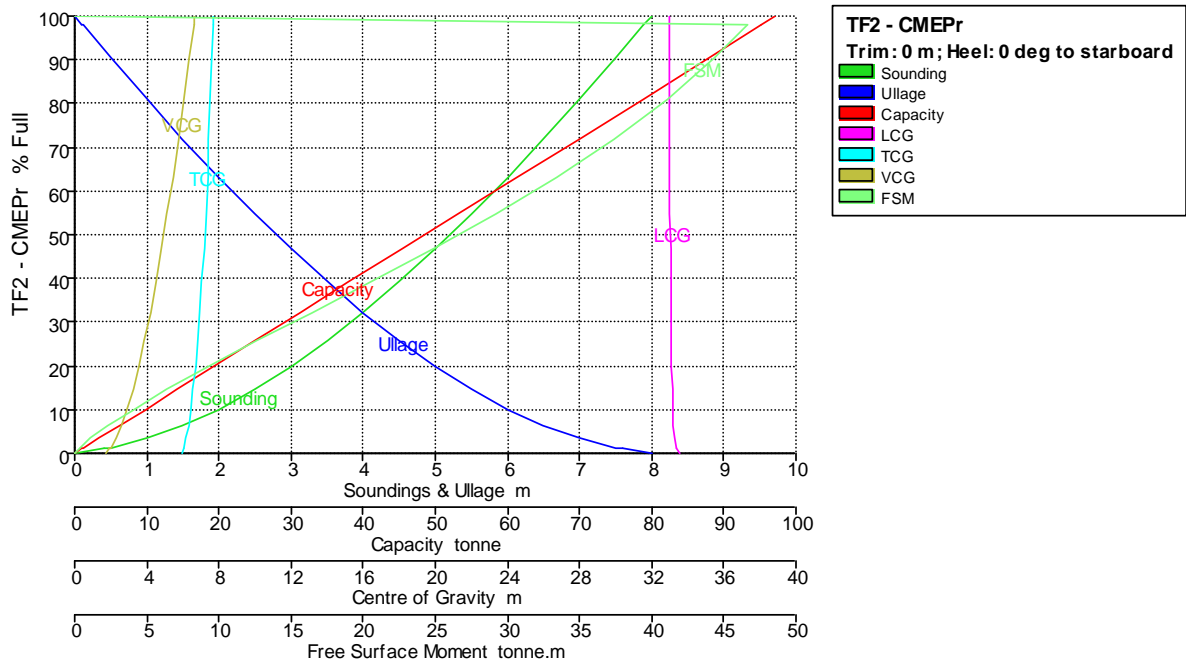
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF2 - CMBPr	8.000	0.000	100.000	102.933	97.200	32.992	-6.906	6.653	0.000
	7.897	0.103	98.000	100.874	95.256	32.993	-6.893	6.592	46.647
	7.891	0.109	97.900	100.772	95.159	32.993	-6.892	6.589	46.619
	7.500	0.500	90.409	93.061	87.878	32.998	-6.840	6.356	44.376
	7.000	1.000	81.038	83.415	78.769	33.004	-6.767	6.056	41.096
	6.500	1.500	71.932	74.042	69.918	33.011	-6.688	5.753	37.391
	6.000	2.000	63.140	64.992	61.372	33.019	-6.603	5.446	33.379
	5.500	2.500	54.707	56.312	53.176	33.029	-6.510	5.137	29.169
	5.000	3.000	46.685	48.054	45.378	33.040	-6.410	4.825	24.860
	4.500	3.500	39.125	40.273	38.029	33.053	-6.303	4.511	20.566
	4.000	4.000	32.083	33.024	31.185	33.068	-6.190	4.194	16.414
	3.500	4.500	25.613	26.364	24.896	33.085	-6.071	3.876	12.603
	3.000	5.000	19.758	20.337	19.205	33.106	-5.945	3.557	9.238
	2.500	5.500	14.562	14.989	14.154	33.132	-5.814	3.236	6.368
	2.000	6.000	10.074	10.369	9.792	33.165	-5.679	2.915	4.032
	1.500	6.500	6.345	6.532	6.168	33.209	-5.541	2.595	2.261
	1.000	7.000	3.413	3.513	3.317	33.273	-5.406	2.281	1.087
	0.500	7.500	1.293	1.330	1.256	33.377	-5.279	1.977	0.414
	0.411	7.589	1.000	1.029	0.972	33.403	-5.258	1.925	0.336
	0.000	8.000	0.000	0.000	0.000	33.579	-5.176	1.700	0.000



Tank Calibrations - TF2 - CMEr

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

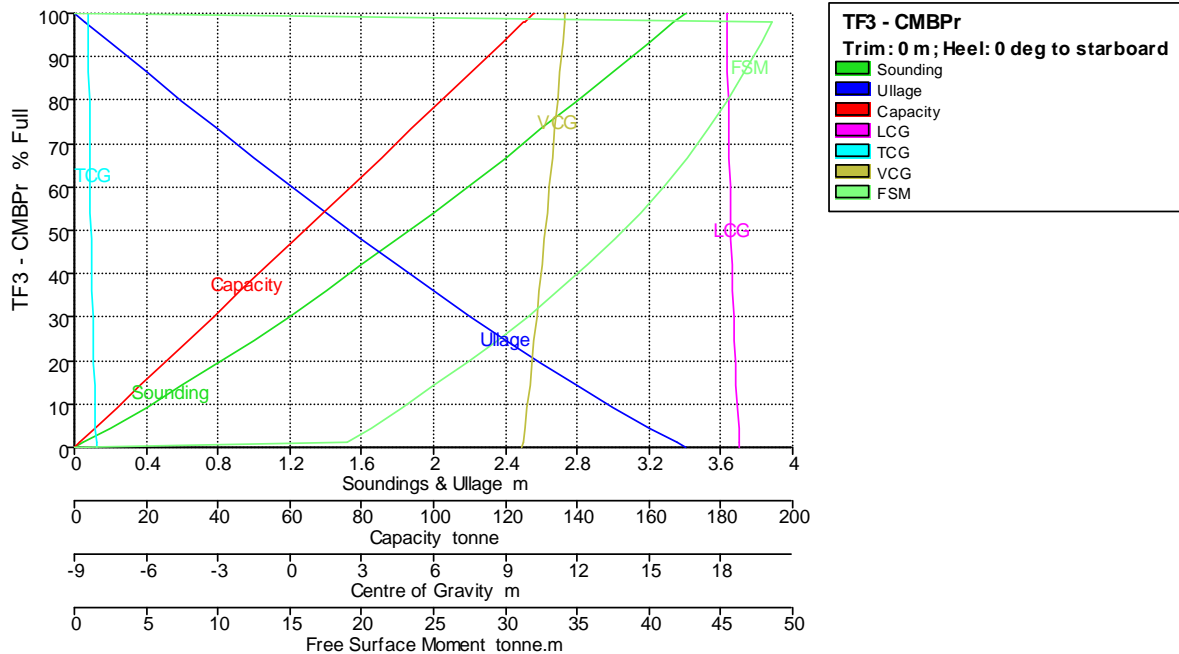
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF2 - CMEPr	8.000	0.000	100.000	102.933	97.200	32.992	6.906	6.653	0.000
	7.897	0.103	98.000	100.874	95.256	32.993	6.893	6.592	46.647
	7.891	0.109	97.900	100.772	95.159	32.993	6.892	6.589	46.619
	7.500	0.500	90.409	93.061	87.878	32.998	6.840	6.356	44.376
	7.000	1.000	81.038	83.415	78.769	33.004	6.767	6.056	41.096
	6.500	1.500	71.932	74.042	69.918	33.011	6.688	5.753	37.391
	6.000	2.000	63.140	64.992	61.372	33.019	6.603	5.446	33.379
	5.500	2.500	54.707	56.312	53.176	33.029	6.510	5.137	29.169
	5.000	3.000	46.685	48.054	45.378	33.040	6.410	4.825	24.860
	4.500	3.500	39.125	40.273	38.029	33.053	6.303	4.511	20.566
	4.000	4.000	32.083	33.024	31.185	33.068	6.190	4.194	16.414
	3.500	4.500	25.613	26.364	24.896	33.085	6.071	3.876	12.603
	3.000	5.000	19.758	20.337	19.205	33.106	5.945	3.557	9.238
	2.500	5.500	14.562	14.989	14.154	33.132	5.814	3.236	6.368
	2.000	6.000	10.074	10.369	9.792	33.165	5.679	2.915	4.032
	1.500	6.500	6.345	6.532	6.168	33.209	5.541	2.595	2.261
	1.000	7.000	3.413	3.513	3.317	33.273	5.406	2.281	1.087
	0.500	7.500	1.293	1.330	1.256	33.377	5.279	1.977	0.414
	0.411	7.589	1.000	1.029	0.972	33.403	5.258	1.925	0.336
	0.000	8.000	0.000	0.000	0.000	33.579	5.176	1.700	0.000



Tank Calibrations - TF3 - CMBPr

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

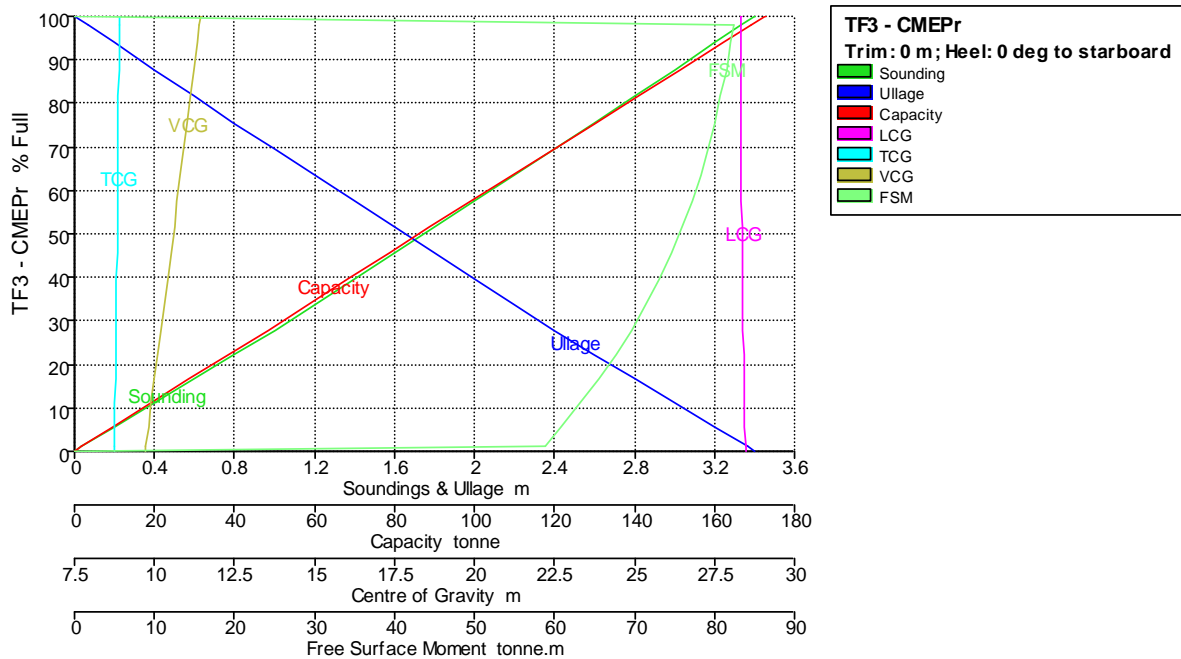
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF3 - CMBPr	3.400	0.000	100.000	135.398	127.856	18.250	-8.428	11.515	0.000
	3.400	0.000	100.000	135.398	127.856	18.250	-8.428	11.515	0.000
	3.341	0.059	98.000	132.690	125.299	18.255	-8.425	11.484	48.608
	3.338	0.062	97.900	132.554	125.171	18.255	-8.424	11.482	48.592
	3.200	0.200	93.213	126.209	119.179	18.267	-8.415	11.407	47.829
	3.000	0.400	86.492	117.109	110.586	18.285	-8.401	11.299	46.663
	2.800	0.600	79.843	108.106	102.085	18.304	-8.386	11.191	45.417
	2.600	0.800	73.273	99.210	93.684	18.325	-8.370	11.082	44.079
	2.400	1.000	66.789	90.431	85.394	18.347	-8.353	10.974	42.638
	2.200	1.200	60.402	81.782	77.227	18.370	-8.335	10.865	41.081
	2.000	1.400	54.121	73.279	69.197	18.396	-8.317	10.757	39.398
	1.800	1.600	47.960	64.937	61.320	18.423	-8.297	10.648	37.591
	1.600	1.800	41.930	56.773	53.610	18.452	-8.276	10.540	35.672
	1.400	2.000	36.045	48.803	46.085	18.484	-8.255	10.432	33.659
	1.200	2.200	30.316	41.047	38.761	18.517	-8.232	10.325	31.569
	1.000	2.400	24.757	33.521	31.654	18.554	-8.209	10.218	29.425
	0.800	2.600	19.383	26.244	24.782	18.593	-8.185	10.112	27.245
	0.600	2.800	14.206	19.234	18.163	18.636	-8.161	10.007	25.050
	0.400	3.000	9.240	12.510	11.814	18.683	-8.136	9.903	22.860
	0.200	3.200	4.500	6.092	5.753	18.734	-8.111	9.801	20.694
	0.045	3.355	1.000	1.354	1.279	18.776	-8.092	9.723	19.046
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	18.789	-8.086	9.700	0.000



Tank Calibrations - TF3 - CMEPr

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

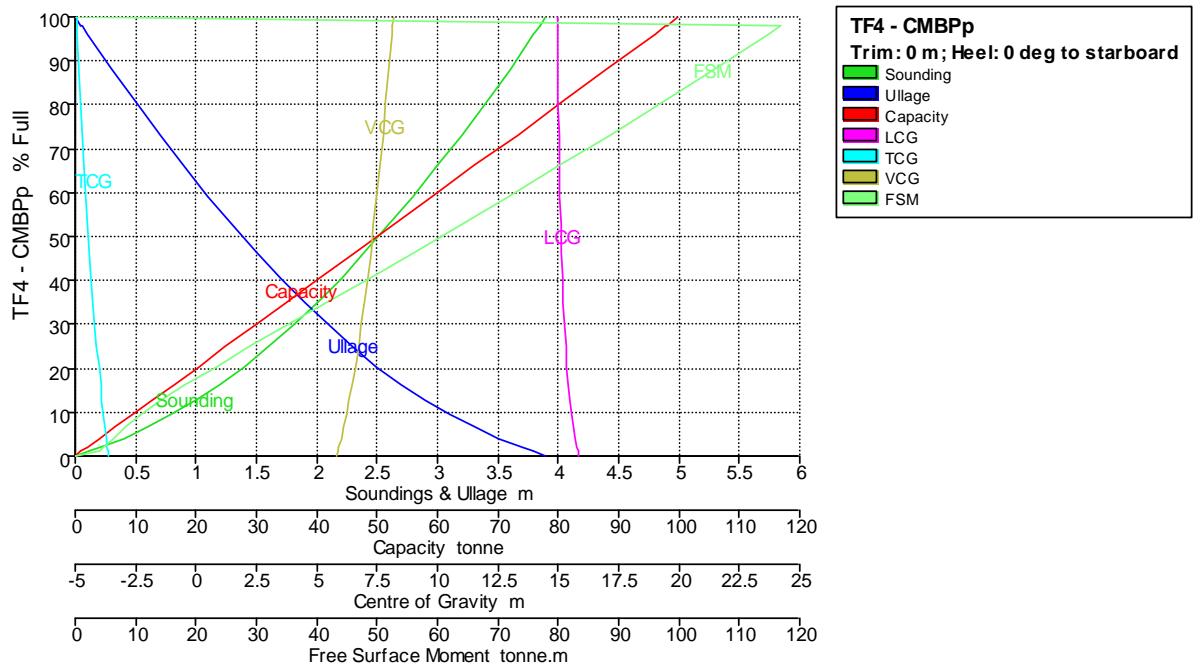
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF3 - CMEPr	3.400	0.000	100.000	182.917	172.728	28.302	8.895	11.436	0.000
	3.400	0.000	100.000	182.917	172.728	28.302	8.895	11.436	0.000
	3.335	0.065	98.000	179.258	169.274	28.304	8.894	11.402	82.443
	3.332	0.068	97.900	179.076	169.101	28.304	8.894	11.401	82.435
	3.200	0.200	93.856	171.678	162.115	28.308	8.890	11.333	82.069
	3.000	0.400	87.727	160.468	151.530	28.314	8.884	11.231	81.460
	2.800	0.600	81.617	149.291	140.975	28.320	8.878	11.128	80.782
	2.600	0.800	75.526	138.151	130.456	28.327	8.872	11.026	80.027
	2.400	1.000	69.459	127.052	119.975	28.334	8.864	10.923	79.186
	2.200	1.200	63.417	115.999	109.538	28.342	8.857	10.821	78.247
	2.000	1.400	57.403	105.000	99.151	28.350	8.849	10.718	77.193
	1.800	1.600	51.423	94.060	88.821	28.358	8.840	10.615	76.006
	1.600	1.800	45.480	83.190	78.556	28.368	8.830	10.513	74.667
	1.400	2.000	39.580	72.398	68.365	28.378	8.820	10.410	73.159
	1.200	2.200	33.728	61.695	58.259	28.388	8.809	10.308	71.484
	1.000	2.400	27.932	51.093	48.247	28.399	8.798	10.206	69.646
	0.800	2.600	22.197	40.603	38.341	28.411	8.786	10.104	67.654
	0.600	2.800	16.530	30.236	28.552	28.423	8.773	10.002	65.516
	0.400	3.000	10.937	20.005	18.891	28.436	8.760	9.901	63.243
	0.200	3.200	5.425	9.922	9.370	28.450	8.746	9.800	60.847
	0.037	3.363	1.000	1.829	1.727	28.462	8.734	9.719	58.815
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	28.465	8.731	9.700	0.000



Tank Calibrations - TF4 - CMBPp

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

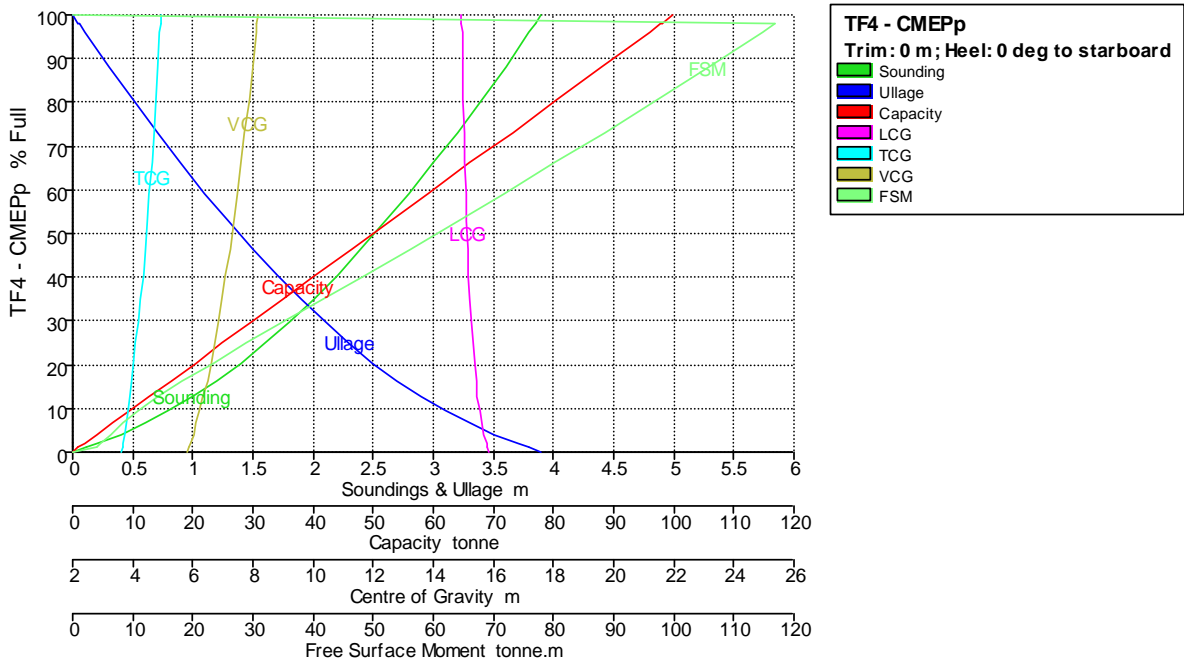
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF4 - CMBPp	3.900	0.000	100.000	105.831	99.937	14.944	-4.170	8.171	0.000
	3.850	0.050	98.000	103.715	97.938	14.948	-4.155	8.140	116.937
	3.848	0.052	97.900	103.609	97.838	14.949	-4.155	8.139	116.827
	3.800	0.100	96.004	101.602	95.943	14.953	-4.140	8.109	114.736
	3.600	0.300	88.174	93.316	88.119	14.973	-4.078	7.986	105.960
	3.400	0.500	80.571	85.270	80.520	14.994	-4.014	7.862	97.230
	3.200	0.700	73.207	77.476	73.160	15.018	-3.947	7.737	88.611
	3.000	0.900	66.094	69.948	66.052	15.044	-3.878	7.612	80.162
	2.800	1.100	59.247	62.702	59.209	15.073	-3.807	7.486	71.915
	2.600	1.300	52.682	55.754	52.648	15.106	-3.733	7.360	63.897
	2.400	1.500	46.416	49.123	46.387	15.142	-3.657	7.233	56.149
	2.200	1.700	40.473	42.834	40.448	15.181	-3.579	7.105	48.708
	2.000	1.900	34.878	36.912	34.856	15.224	-3.499	6.977	41.629
	1.800	2.100	29.658	31.388	29.640	15.269	-3.419	6.850	34.982
	1.600	2.300	24.833	26.281	24.817	15.315	-3.340	6.723	28.831
	1.400	2.500	20.412	21.603	20.399	15.363	-3.264	6.598	23.238
	1.200	2.700	16.398	17.354	16.387	15.415	-3.191	6.475	18.296
	1.000	2.900	12.781	13.526	12.773	15.470	-3.123	6.354	14.145
	0.800	3.100	9.542	10.099	9.536	15.532	-3.061	6.236	10.861
	0.600	3.300	6.662	7.051	6.658	15.602	-3.005	6.121	8.280
	0.400	3.500	4.122	4.363	4.120	15.679	-2.954	6.010	6.241
	0.200	3.700	1.907	2.018	1.906	15.766	-2.909	5.903	4.622
	0.109	3.791	1.000	1.058	0.999	15.808	-2.891	5.855	3.996
	0.000	3.900	0.000	0.000	0.000	15.856	-2.870	5.800	0.000



Tank Calibrations - TF4 - CMEPp

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

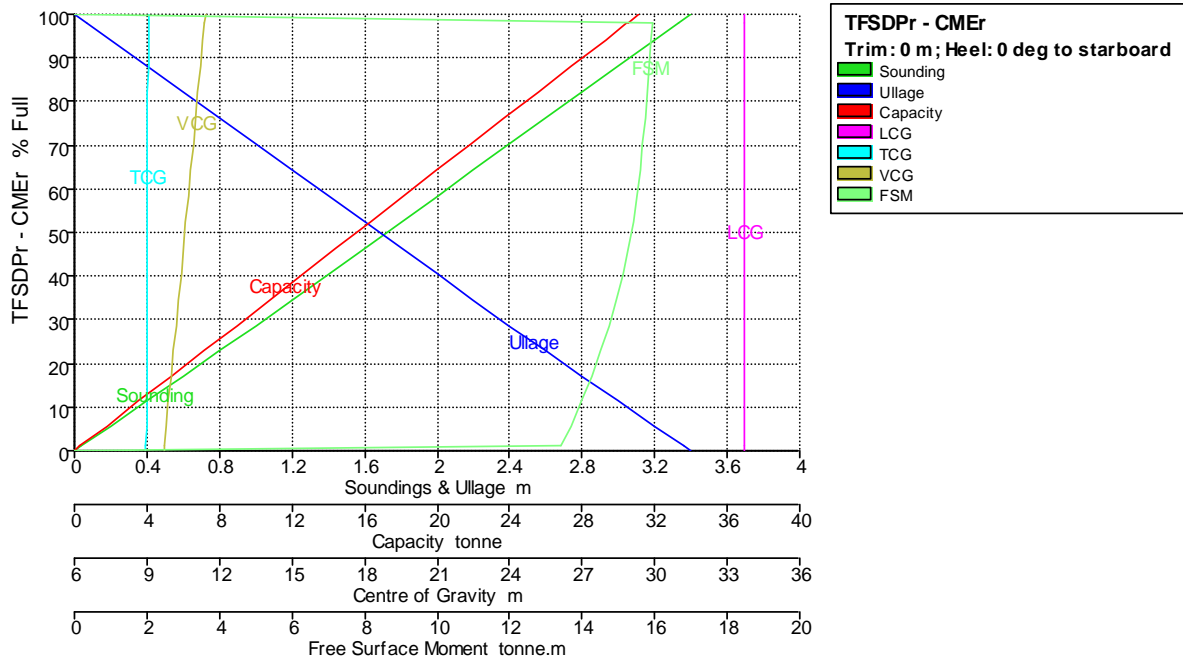
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TF4 - CMEPp	3.900	0.000	100.000	105.831	99.937	14.944	4.170	8.171	0.000
	3.850	0.050	98.000	103.715	97.938	14.948	4.155	8.140	116.937
	3.848	0.052	97.900	103.609	97.838	14.949	4.155	8.139	116.827
	3.800	0.100	96.004	101.602	95.943	14.953	4.140	8.109	114.736
	3.600	0.300	88.174	93.316	88.119	14.973	4.078	7.986	105.960
	3.400	0.500	80.571	85.270	80.520	14.994	4.014	7.862	97.230
	3.200	0.700	73.207	77.476	73.160	15.018	3.947	7.737	88.611
	3.000	0.900	66.094	69.948	66.052	15.044	3.878	7.612	80.162
	2.800	1.100	59.247	62.702	59.209	15.073	3.807	7.486	71.915
	2.600	1.300	52.682	55.754	52.648	15.106	3.733	7.360	63.897
	2.400	1.500	46.416	49.123	46.387	15.142	3.657	7.233	56.149
	2.200	1.700	40.473	42.834	40.448	15.181	3.579	7.105	48.708
	2.000	1.900	34.878	36.912	34.856	15.224	3.499	6.977	41.629
	1.800	2.100	29.658	31.388	29.640	15.269	3.419	6.850	34.982
	1.600	2.300	24.833	26.281	24.817	15.315	3.340	6.723	28.831
	1.400	2.500	20.412	21.603	20.399	15.363	3.264	6.598	23.238
	1.200	2.700	16.398	17.354	16.387	15.415	3.191	6.475	18.296
	1.000	2.900	12.781	13.526	12.773	15.470	3.123	6.354	14.145
	0.800	3.100	9.542	10.099	9.536	15.532	3.061	6.236	10.861
	0.600	3.300	6.662	7.051	6.658	15.602	3.005	6.121	8.280
	0.400	3.500	4.122	4.363	4.120	15.679	2.954	6.010	6.241
	0.200	3.700	1.907	2.018	1.906	15.766	2.909	5.903	4.622
	0.109	3.791	1.000	1.058	0.999	15.808	2.891	5.855	3.996
	0.000	3.900	0.000	0.000	0.000	15.856	2.870	5.800	0.000



Tank Calibrations - TFSDPr - CMEr

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TFSDPr - CMEr	3.400	0.000	100.000	32.992	31.154	33.679	8.291	11.415	0.000
	3.333	0.067	98.000	32.332	30.531	33.679	8.290	11.382	15.921
	3.330	0.070	97.900	32.299	30.500	33.679	8.290	11.380	15.920
	3.200	0.200	94.012	31.016	29.289	33.679	8.289	11.314	15.897
	3.000	0.400	88.030	29.042	27.425	33.679	8.286	11.213	15.854
	2.800	0.600	82.053	27.070	25.563	33.679	8.283	11.112	15.804
	2.600	0.800	76.083	25.101	23.703	33.679	8.280	11.011	15.746
	2.400	1.000	70.120	23.134	21.845	33.679	8.276	10.910	15.678
	2.200	1.200	64.168	21.170	19.991	33.679	8.273	10.809	15.599
	2.000	1.400	58.226	19.210	18.140	33.679	8.269	10.708	15.507
	1.800	1.600	52.296	17.253	16.292	33.679	8.264	10.607	15.401
	1.600	1.800	46.382	15.302	14.450	33.679	8.259	10.506	15.277
	1.400	2.000	40.485	13.357	12.613	33.680	8.254	10.405	15.130
	1.200	2.200	34.609	11.418	10.782	33.680	8.248	10.304	14.956
	1.000	2.400	28.757	9.487	8.959	33.680	8.242	10.203	14.756
	0.800	2.600	22.933	7.566	7.145	33.680	8.235	10.102	14.530
	0.600	2.800	17.142	5.655	5.340	33.680	8.228	10.001	14.276
	0.400	3.000	11.386	3.756	3.547	33.680	8.220	9.901	13.996
	0.200	3.200	5.671	1.871	1.767	33.681	8.211	9.800	13.690
	0.035	3.365	1.000	0.330	0.312	33.681	8.204	9.718	13.418
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	33.681	8.203	9.700	0.000

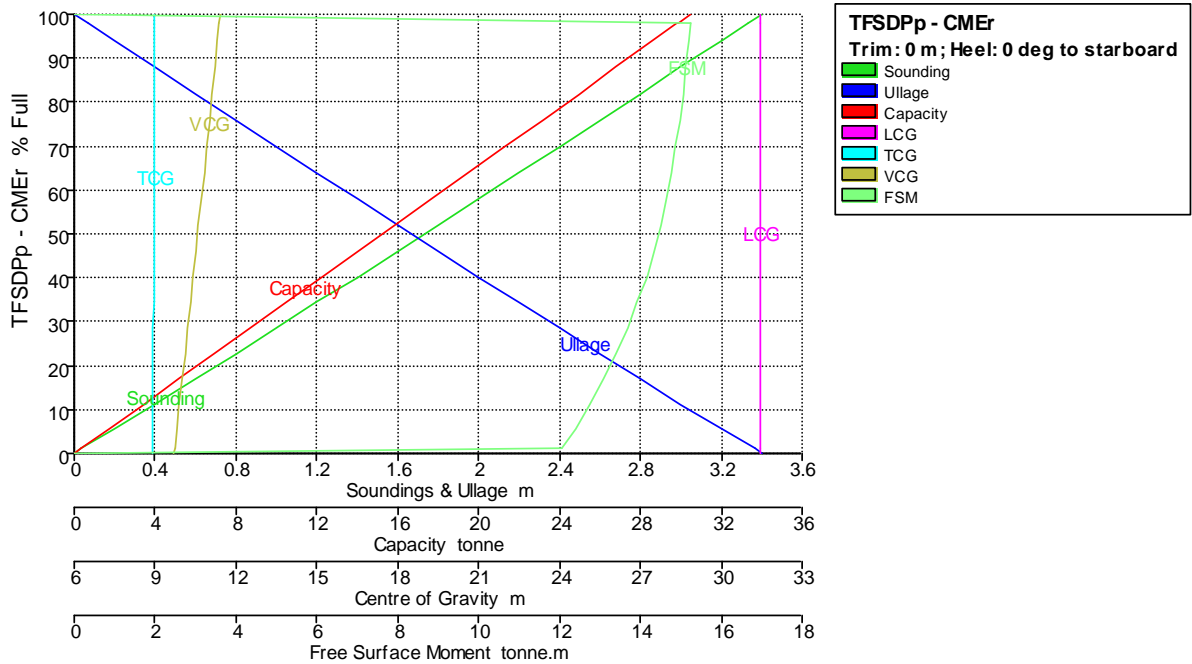




Tank Calibrations – TFSDPp - CMEr

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

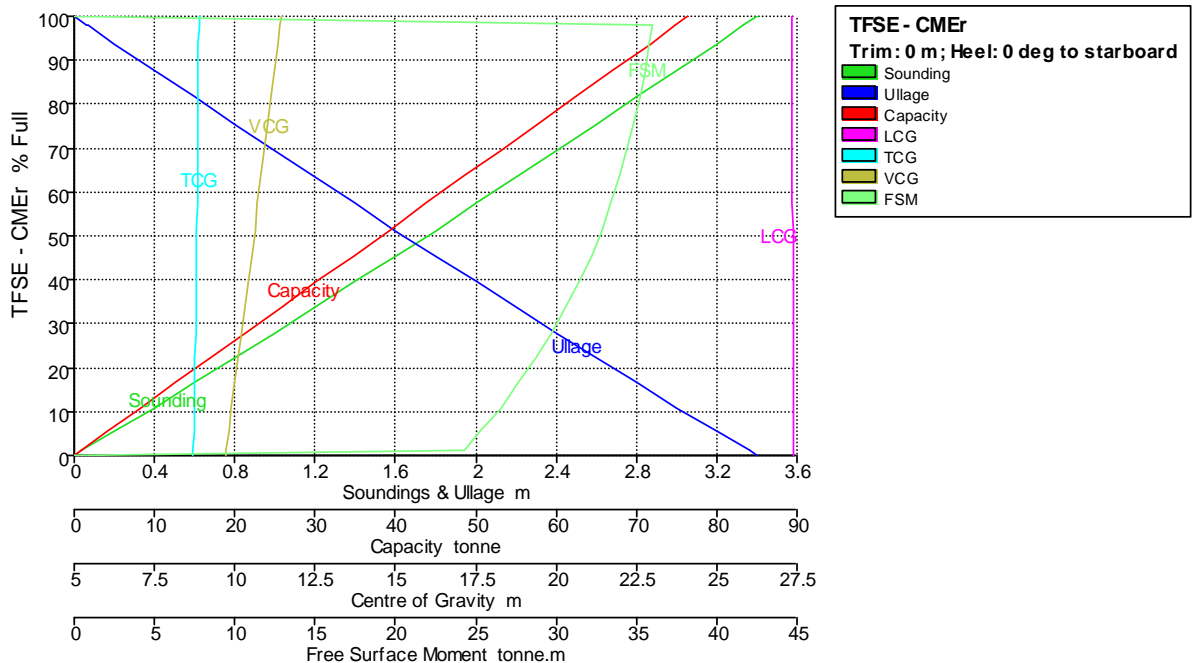
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TFSDPp - CMEr	3.400	0.000	100.000	32.269	30.472	31.430	8.243	11.421	0.000
	3.334	0.066	98.000	31.624	29.862	31.430	8.242	11.387	15.226
	3.330	0.070	97.900	31.592	29.832	31.430	8.242	11.386	15.225
	3.200	0.200	93.969	30.323	28.634	31.430	8.240	11.320	15.189
	3.000	0.400	87.947	28.380	26.799	31.430	8.236	11.218	15.125
	2.800	0.600	81.933	26.439	24.966	31.430	8.232	11.117	15.053
	2.600	0.800	75.929	24.502	23.137	31.430	8.228	11.015	14.970
	2.400	1.000	69.938	22.568	21.311	31.430	8.223	10.914	14.875
	2.200	1.200	63.960	20.639	19.490	31.430	8.218	10.812	14.767
	2.000	1.400	57.997	18.715	17.673	31.431	8.213	10.711	14.643
	1.800	1.600	52.053	16.797	15.862	31.431	8.207	10.609	14.502
	1.600	1.800	46.130	14.886	14.057	31.431	8.200	10.508	14.338
	1.400	2.000	40.231	12.982	12.259	31.431	8.193	10.406	14.147
	1.200	2.200	34.360	11.088	10.470	31.431	8.186	10.305	13.926
	1.000	2.400	28.523	9.204	8.691	31.432	8.178	10.204	13.676
	0.800	2.600	22.723	7.333	6.924	31.432	8.169	10.102	13.396
	0.600	2.800	16.966	5.475	5.170	31.432	8.160	10.001	13.087
	0.400	3.000	11.257	3.632	3.430	31.432	8.150	9.901	12.749
	0.200	3.200	5.599	1.807	1.706	31.432	8.139	9.800	12.383
	0.036	3.364	1.000	0.323	0.305	31.433	8.130	9.718	12.062
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	31.433	8.128	9.700	0.000



Tank Calibrations - TFSE - CMER

Fluid Type = Fuel Oil      Specific gravity = 0.9443  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

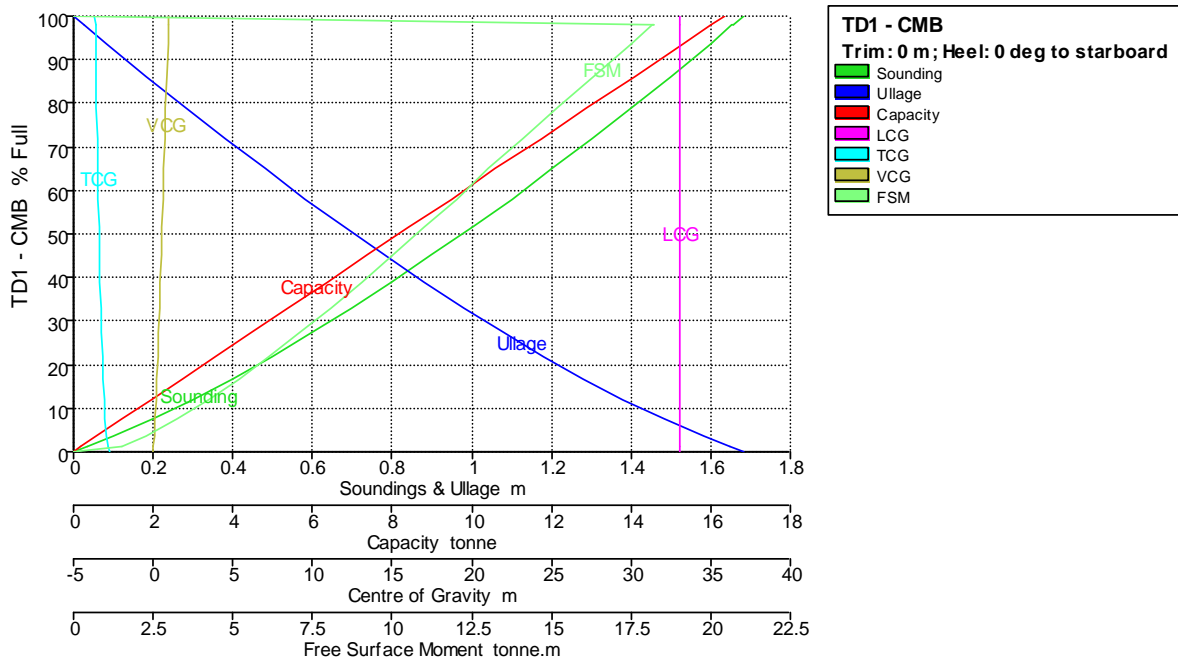
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TFSE - CMER	3.400	0.000	100.000	80.949	76.440	27.353	8.120	11.437	0.000
	3.335	0.065	98.000	79.330	74.911	27.354	8.118	11.404	36.020
	3.332	0.068	97.900	79.249	74.835	27.354	8.118	11.402	36.016
	3.200	0.200	93.846	75.968	71.736	27.354	8.114	11.334	35.835
	3.000	0.400	87.710	71.000	67.045	27.356	8.108	11.232	35.537
	2.800	0.600	81.591	66.047	62.368	27.357	8.101	11.129	35.204
	2.600	0.800	75.493	61.111	57.707	27.358	8.094	11.027	34.835
	2.400	1.000	69.419	56.194	53.064	27.360	8.086	10.924	34.422
	2.200	1.200	63.371	51.298	48.441	27.362	8.078	10.821	33.961
	2.000	1.400	57.353	46.426	43.840	27.363	8.069	10.719	33.445
	1.800	1.600	51.368	41.582	39.266	27.365	8.059	10.616	32.862
	1.600	1.800	45.422	36.769	34.721	27.367	8.049	10.513	32.200
	1.400	2.000	39.521	31.991	30.209	27.369	8.038	10.411	31.451
	1.200	2.200	33.670	27.255	25.737	27.372	8.026	10.308	30.619
	1.000	2.400	27.876	22.565	21.309	27.374	8.013	10.206	29.705
	0.800	2.600	22.146	17.927	16.929	27.376	8.000	10.104	28.713
	0.600	2.800	16.487	13.346	12.602	27.379	7.986	10.002	27.648
	0.400	3.000	10.904	8.827	8.335	27.382	7.971	9.901	26.513
	0.200	3.200	5.406	4.376	4.133	27.385	7.955	9.800	25.315
	0.037	3.363	1.000	0.809	0.764	27.387	7.942	9.719	24.298
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	27.388	7.939	9.700	0.000



Tank Calibrations - TD1 - CMB

Fluid Type = Diesel      Specific gravity = 0.84  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

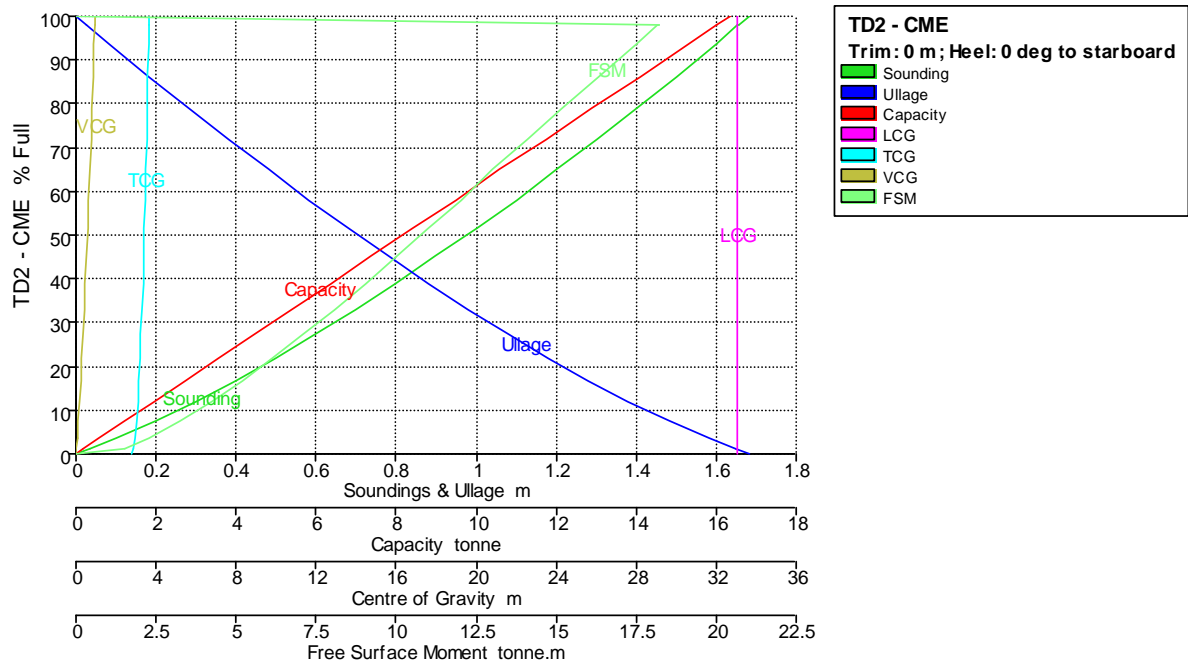
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TD1 - CMB	1.681	0.000	100.000	19.446	16.334	33.019	-3.652	0.957	0.000
	1.655	0.026	98.000	19.057	16.008	33.019	-3.644	0.942	18.204
	1.654	0.027	97.900	19.037	15.991	33.020	-3.644	0.942	18.188
	1.600	0.081	93.778	18.236	15.318	33.020	-3.627	0.911	17.520
	1.500	0.181	86.284	16.779	14.094	33.022	-3.595	0.854	16.322
	1.400	0.281	78.969	15.356	12.899	33.023	-3.562	0.797	15.177
	1.300	0.381	71.835	13.969	11.734	33.024	-3.529	0.740	14.082
	1.200	0.481	64.881	12.617	10.598	33.026	-3.494	0.683	13.034
	1.100	0.581	58.112	11.300	9.492	33.028	-3.458	0.626	12.016
	1.000	0.681	51.534	10.021	8.418	33.030	-3.421	0.570	11.009
	0.900	0.781	45.156	8.781	7.376	33.032	-3.382	0.513	10.014
	0.800	0.881	38.990	7.582	6.369	33.035	-3.340	0.457	9.031
	0.700	0.981	33.048	6.426	5.398	33.037	-3.296	0.401	8.058
	0.600	1.081	27.345	5.317	4.467	33.041	-3.249	0.345	7.094
	0.500	1.181	21.901	4.259	3.577	33.044	-3.198	0.290	6.139
	0.400	1.281	16.739	3.255	2.734	33.048	-3.143	0.234	5.189
	0.300	1.381	11.893	2.313	1.943	33.053	-3.080	0.179	4.240
	0.200	1.481	7.412	1.441	1.211	33.059	-3.007	0.125	3.277
	0.100	1.581	3.378	0.657	0.552	33.067	-2.915	0.071	2.269
	0.033	1.649	1.000	0.194	0.163	33.074	-2.827	0.035	1.493
	0.000	1.681	0.000	0.000	0.000	33.072	-2.758	0.019	0.000



Tank Calibrations - TD2 - CME

Fluid Type = Diesel      Specific gravity = 0.84  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

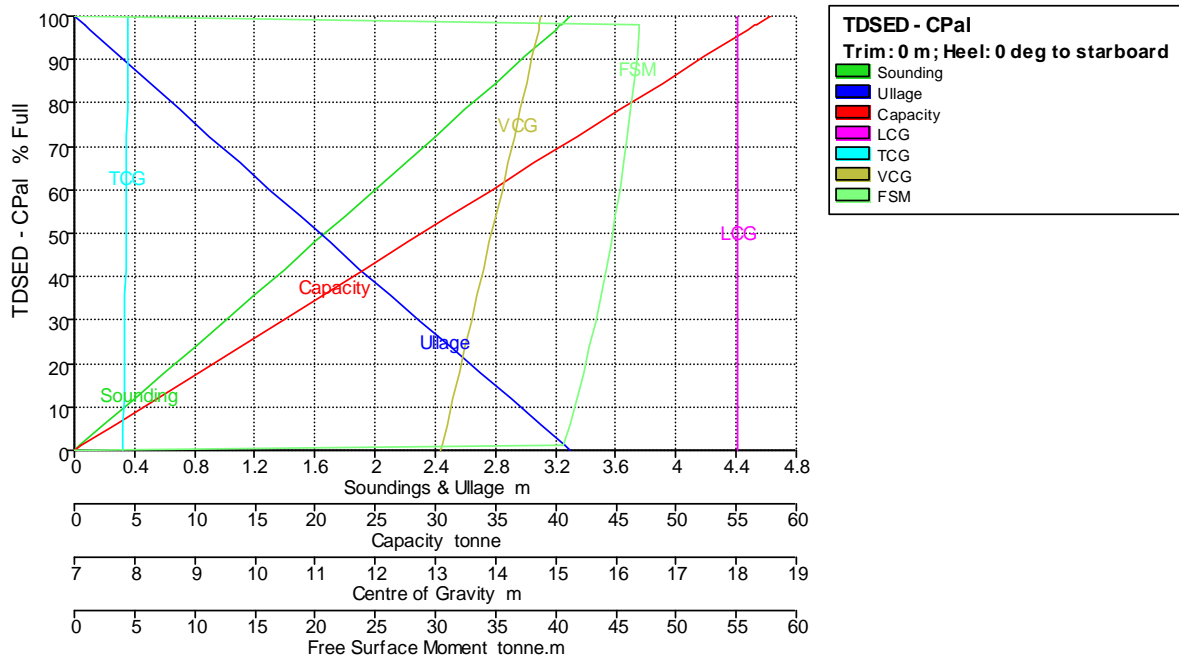
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TD2 - CME	1.681	0.000	100.000	19.446	16.334	33.019	3.652	0.957	0.000
	1.655	0.026	98.000	19.057	16.008	33.019	3.644	0.942	18.204
	1.654	0.027	97.900	19.037	15.991	33.020	3.644	0.942	18.188
	1.600	0.081	93.778	18.236	15.318	33.020	3.627	0.911	17.520
	1.500	0.181	86.284	16.779	14.094	33.022	3.595	0.854	16.322
	1.400	0.281	78.969	15.356	12.899	33.023	3.562	0.797	15.177
	1.300	0.381	71.835	13.969	11.734	33.024	3.529	0.740	14.082
	1.200	0.481	64.881	12.617	10.598	33.026	3.494	0.683	13.034
	1.100	0.581	58.112	11.300	9.492	33.028	3.458	0.626	12.016
	1.000	0.681	51.534	10.021	8.418	33.030	3.421	0.570	11.009
	0.900	0.781	45.156	8.781	7.376	33.032	3.382	0.513	10.014
	0.800	0.881	38.990	7.582	6.369	33.035	3.340	0.457	9.031
	0.700	0.981	33.048	6.426	5.398	33.037	3.296	0.401	8.058
	0.600	1.081	27.345	5.317	4.467	33.041	3.249	0.345	7.094
	0.500	1.181	21.901	4.259	3.577	33.044	3.198	0.290	6.139
	0.400	1.281	16.739	3.255	2.734	33.048	3.143	0.234	5.189
	0.300	1.381	11.893	2.313	1.943	33.053	3.080	0.179	4.240
	0.200	1.481	7.412	1.441	1.211	33.059	3.007	0.125	3.277
	0.100	1.581	3.378	0.657	0.552	33.067	2.915	0.071	2.269
	0.033	1.649	1.000	0.194	0.163	33.074	2.827	0.035	1.493
	0.000	1.681	0.000	0.000	0.000	33.072	2.758	0.019	0.000



Tank Calibrations - TDSED - CPal

Fluid Type = Diesel      Specific gravity = 0.84  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

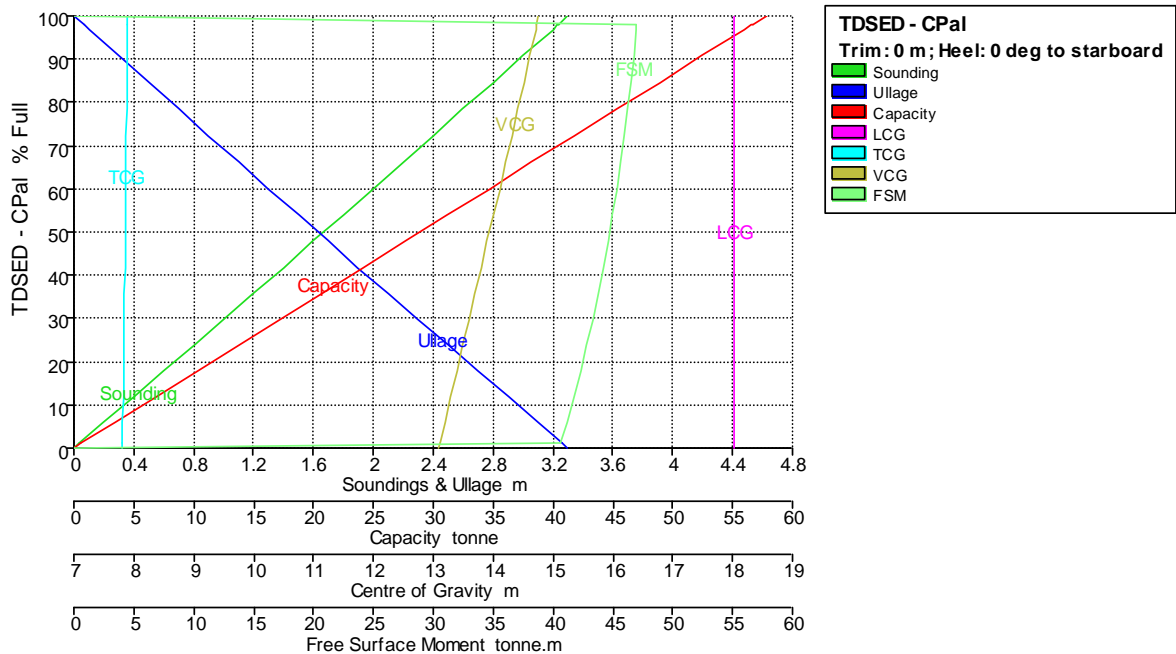
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TDSED - CPal	3.300	0.000	100.000	68.796	57.789	18.018	7.889	14.763	0.000
	3.235	0.065	98.000	67.420	56.633	18.018	7.887	14.731	46.994
	3.232	0.068	97.900	67.351	56.575	18.018	7.887	14.729	46.991
	3.200	0.100	96.910	66.670	56.003	18.018	7.887	14.713	46.957
	3.000	0.300	90.738	62.424	52.436	18.019	7.883	14.612	46.729
	2.800	0.500	84.577	58.185	48.876	18.019	7.880	14.510	46.486
	2.600	0.700	78.426	53.954	45.322	18.019	7.876	14.409	46.223
	2.400	0.900	72.288	49.732	41.774	18.019	7.872	14.308	45.942
	2.200	1.100	66.163	45.518	38.235	18.020	7.868	14.207	45.640
	2.000	1.300	60.052	41.314	34.704	18.020	7.864	14.106	45.317
	1.800	1.500	53.957	37.120	31.181	18.020	7.859	14.005	44.970
	1.600	1.700	47.877	32.938	27.668	18.020	7.854	13.904	44.601
	1.400	1.900	41.815	28.767	24.165	18.021	7.849	13.803	44.205
	1.200	2.100	35.772	24.610	20.672	18.021	7.844	13.703	43.782
	1.000	2.300	29.750	20.467	17.192	18.021	7.839	13.602	43.330
	0.800	2.500	23.749	16.338	13.724	18.022	7.833	13.501	42.846
	0.600	2.700	17.771	12.226	10.270	18.022	7.827	13.401	42.329
	0.400	2.900	11.819	8.131	6.830	18.022	7.820	13.300	41.776
	0.200	3.100	5.895	4.055	3.407	18.023	7.814	13.200	41.182
	0.034	3.266	1.000	0.688	0.578	18.023	7.808	13.117	40.657
	0.000	3.300	0.000	0.000	0.000	18.023	7.807	13.100	0.000



Tank Calibrations - TDSED - CPal

Fluid Type = Diesel      Specific gravity = 0.84  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

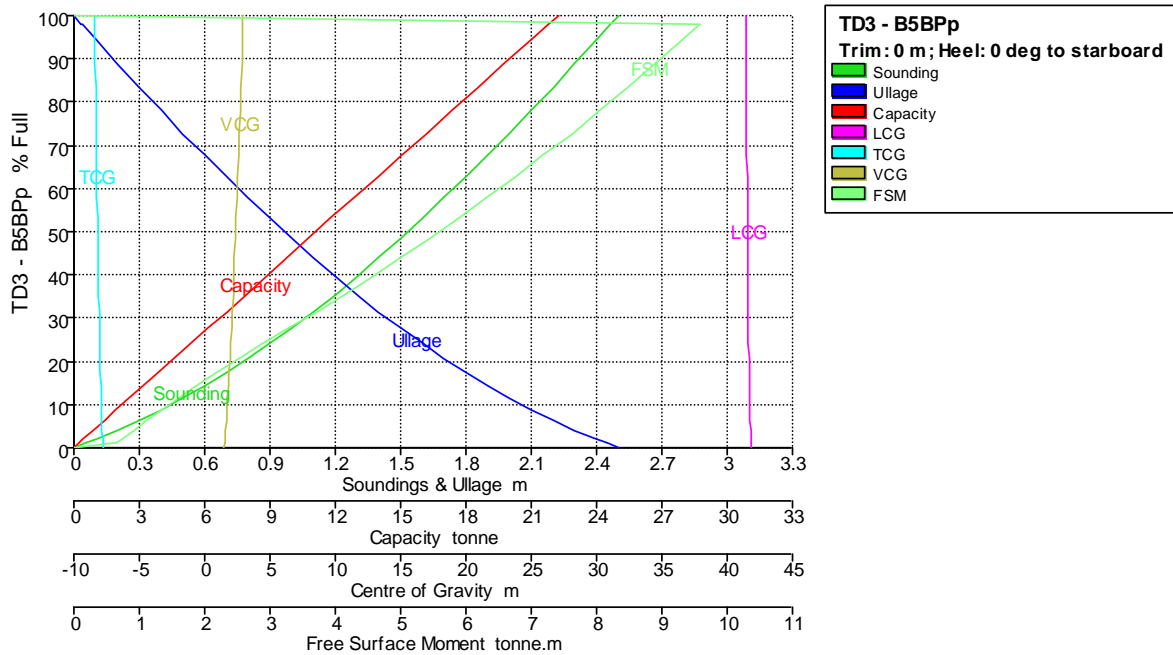
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TDSED - CPal	3.300	0.000	100.000	68.796	57.789	18.018	7.889	14.763	0.000
	3.235	0.065	98.000	67.420	56.633	18.018	7.887	14.731	46.994
	3.232	0.068	97.900	67.351	56.575	18.018	7.887	14.729	46.991
	3.200	0.100	96.910	66.670	56.003	18.018	7.887	14.713	46.957
	3.000	0.300	90.738	62.424	52.436	18.019	7.883	14.612	46.729
	2.800	0.500	84.577	58.185	48.876	18.019	7.880	14.510	46.486
	2.600	0.700	78.426	53.954	45.322	18.019	7.876	14.409	46.223
	2.400	0.900	72.288	49.732	41.774	18.019	7.872	14.308	45.942
	2.200	1.100	66.163	45.518	38.235	18.020	7.868	14.207	45.640
	2.000	1.300	60.052	41.314	34.704	18.020	7.864	14.106	45.317
	1.800	1.500	53.957	37.120	31.181	18.020	7.859	14.005	44.970
	1.600	1.700	47.877	32.938	27.668	18.020	7.854	13.904	44.601
	1.400	1.900	41.815	28.767	24.165	18.021	7.849	13.803	44.205
	1.200	2.100	35.772	24.610	20.672	18.021	7.844	13.703	43.782
	1.000	2.300	29.750	20.467	17.192	18.021	7.839	13.602	43.330
	0.800	2.500	23.749	16.338	13.724	18.022	7.833	13.501	42.846
	0.600	2.700	17.771	12.226	10.270	18.022	7.827	13.401	42.329
	0.400	2.900	11.819	8.131	6.830	18.022	7.820	13.300	41.776
	0.200	3.100	5.895	4.055	3.407	18.023	7.814	13.200	41.182
	0.034	3.266	1.000	0.688	0.578	18.023	7.808	13.117	40.657
	0.000	3.300	0.000	0.000	0.000	18.023	7.807	13.100	0.000



Tank Calibrations - TD 3 – B5BPp

Fluid Type = Diesel      Specific gravity = 0.84  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

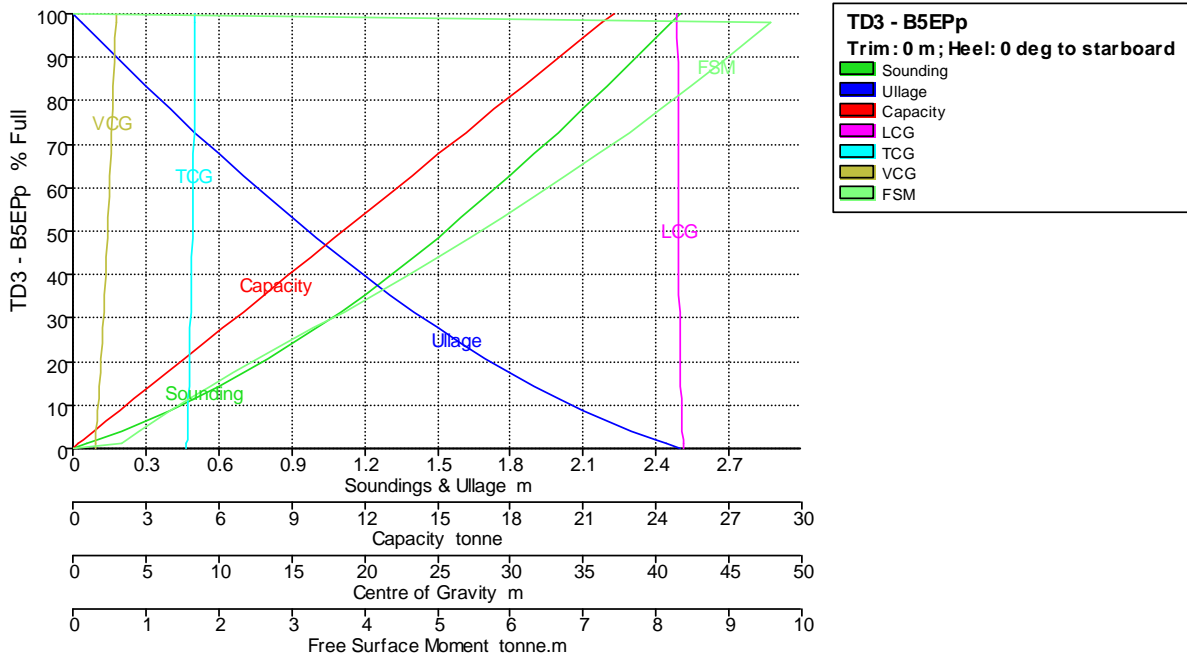
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TD3 - B5BPp	2.500	0.000	100.000	26.483	22.246	41.454	-8.401	2.957	0.000
	2.465	0.035	98.000	25.953	21.801	41.456	-8.395	2.936	9.574
	2.463	0.037	97.900	25.927	21.779	41.456	-8.394	2.935	9.566
	2.400	0.100	94.370	24.992	20.993	41.461	-8.382	2.898	9.310
	2.300	0.200	88.831	23.525	19.761	41.469	-8.363	2.838	8.897
	2.200	0.300	83.389	22.084	18.551	41.477	-8.343	2.779	8.479
	2.100	0.400	78.048	20.670	17.362	41.485	-8.323	2.719	8.056
	2.000	0.500	72.813	19.283	16.198	41.494	-8.301	2.659	7.628
	1.900	0.600	67.689	17.926	15.058	41.504	-8.279	2.599	7.196
	1.800	0.700	62.682	16.600	13.944	41.514	-8.257	2.539	6.761
	1.700	0.800	57.797	15.307	12.858	41.524	-8.234	2.479	6.324
	1.600	0.900	53.043	14.047	11.800	41.535	-8.210	2.419	5.886
	1.500	1.000	48.424	12.824	10.772	41.547	-8.185	2.359	5.447
	1.400	1.100	43.951	11.639	9.777	41.559	-8.159	2.299	5.008
	1.300	1.200	39.629	10.495	8.816	41.572	-8.134	2.239	4.572
	1.200	1.300	35.469	9.393	7.890	41.586	-8.107	2.179	4.140
	1.100	1.400	31.477	8.336	7.002	41.600	-8.080	2.119	3.714
	1.000	1.500	27.661	7.325	6.153	41.615	-8.053	2.059	3.300
	0.900	1.600	24.026	6.363	5.345	41.631	-8.026	2.000	2.902
	0.800	1.700	20.577	5.449	4.578	41.649	-7.999	1.941	2.532
	0.700	1.800	17.317	4.586	3.852	41.668	-7.973	1.883	2.191
	0.600	1.900	14.248	3.773	3.169	41.688	-7.946	1.826	1.880
	0.500	2.000	11.372	3.012	2.530	41.711	-7.920	1.769	1.598
	0.400	2.100	8.694	2.302	1.934	41.736	-7.894	1.713	1.344
	0.300	2.200	6.214	1.646	1.382	41.763	-7.869	1.657	1.117
	0.200	2.300	3.937	1.043	0.876	41.794	-7.845	1.604	0.915
	0.100	2.400	1.865	0.494	0.415	41.828	-7.821	1.551	0.737
	0.055	2.445	1.000	0.265	0.222	41.844	-7.811	1.528	0.664
	0.000	2.500	0.000	0.000	0.000	41.866	-7.799	1.500	0.000



Tank Calibrations - TD3 - B5EPp

Fluid Type = Diesel      Specific gravity = 0.84  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TD3 - B5EPp	2.500	0.000	100.000	26.483	22.246	41.454	8.401	2.957	0.000
	2.465	0.035	98.000	25.953	21.801	41.456	8.395	2.936	9.574
	2.463	0.037	97.900	25.927	21.779	41.456	8.394	2.935	9.566
	2.400	0.100	94.370	24.992	20.993	41.461	8.382	2.898	9.310
	2.300	0.200	88.831	23.525	19.761	41.469	8.363	2.838	8.897
	2.200	0.300	83.389	22.084	18.551	41.477	8.343	2.779	8.479
	2.100	0.400	78.048	20.670	17.362	41.485	8.323	2.719	8.056
	2.000	0.500	72.813	19.283	16.198	41.494	8.301	2.659	7.628
	1.900	0.600	67.689	17.926	15.058	41.504	8.279	2.599	7.196
	1.800	0.700	62.682	16.600	13.944	41.514	8.257	2.539	6.761
	1.700	0.800	57.797	15.307	12.858	41.524	8.234	2.479	6.324
	1.600	0.900	53.043	14.047	11.800	41.535	8.210	2.419	5.886
	1.500	1.000	48.424	12.824	10.772	41.547	8.185	2.359	5.447
	1.400	1.100	43.951	11.639	9.777	41.559	8.159	2.299	5.008
	1.300	1.200	39.629	10.495	8.816	41.572	8.134	2.239	4.572
	1.200	1.300	35.469	9.393	7.890	41.586	8.107	2.179	4.140
	1.100	1.400	31.477	8.336	7.002	41.600	8.080	2.119	3.714
	1.000	1.500	27.661	7.325	6.153	41.615	8.053	2.059	3.300
	0.900	1.600	24.026	6.363	5.345	41.631	8.026	2.000	2.902
	0.800	1.700	20.577	5.449	4.578	41.649	7.999	1.941	2.532
	0.700	1.800	17.317	4.586	3.852	41.668	7.973	1.883	2.191
	0.600	1.900	14.248	3.773	3.169	41.688	7.946	1.826	1.880
	0.500	2.000	11.372	3.012	2.530	41.711	7.920	1.769	1.598
	0.400	2.100	8.694	2.302	1.934	41.736	7.894	1.713	1.344
	0.300	2.200	6.214	1.646	1.382	41.763	7.869	1.657	1.117
	0.200	2.300	3.937	1.043	0.876	41.794	7.845	1.604	0.915
	0.100	2.400	1.865	0.494	0.415	41.828	7.821	1.551	0.737
	0.055	2.445	1.000	0.265	0.222	41.844	7.811	1.528	0.664
	0.000	2.500	0.000	0.000	0.000	41.866	7.799	1.500	0.000



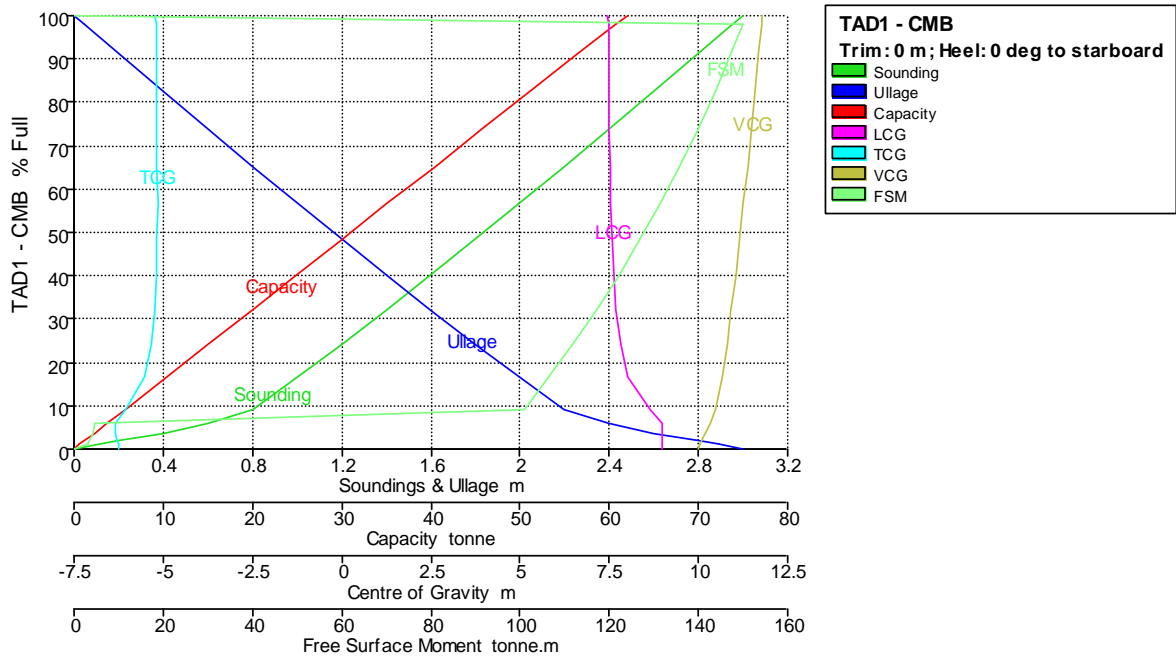


## OTROS TANQUES

Tank Calibrations - TAD1 - CMB

Fluid Type = Fresh Water      Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

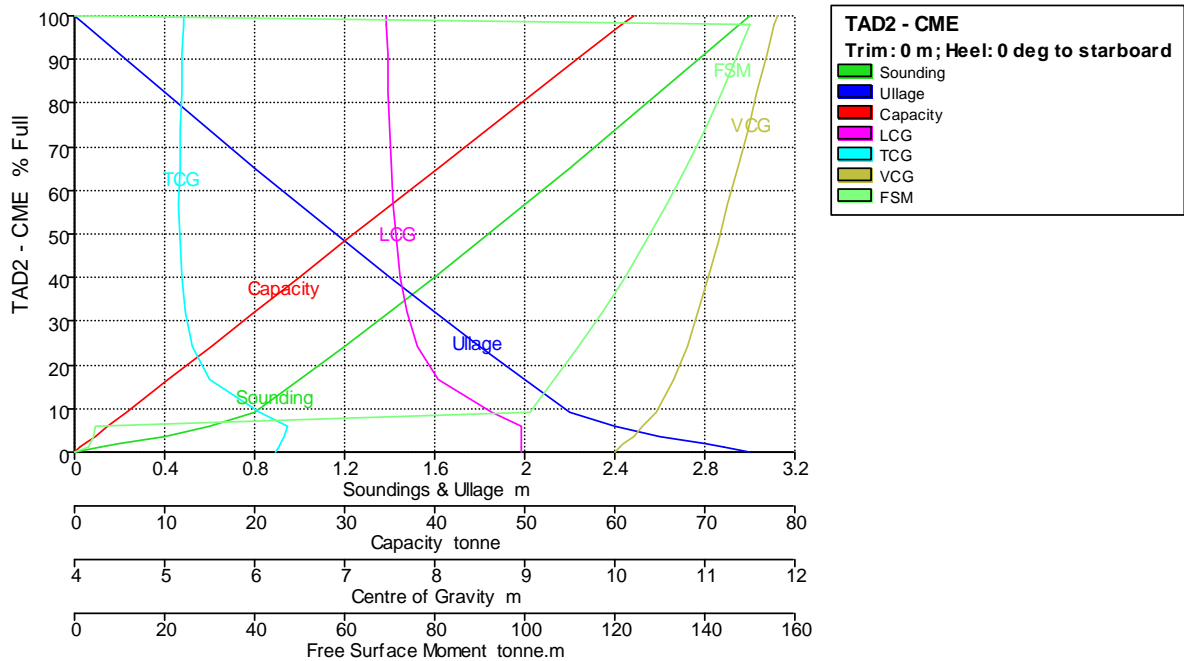
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TAD1 - CMB	3.000	0.000	100.000	62.046	62.046	7.464	-5.212	11.799	0.000
	2.955	0.045	98.000	60.805	60.805	7.466	-5.209	11.775	150.043
	2.953	0.047	97.900	60.743	60.743	7.466	-5.209	11.774	150.005
	2.800	0.200	91.127	56.541	56.541	7.473	-5.198	11.692	147.402
	2.600	0.400	82.350	51.095	51.095	7.485	-5.185	11.584	143.800
	2.400	0.600	73.677	45.714	45.714	7.499	-5.174	11.476	139.951
	2.200	0.800	65.117	40.403	40.403	7.518	-5.166	11.368	135.856
	2.000	1.000	56.680	35.168	35.168	7.543	-5.162	11.259	131.521
	1.800	1.200	48.374	30.014	30.014	7.576	-5.167	11.149	126.956
	1.600	1.400	40.211	24.949	24.949	7.624	-5.184	11.037	122.168
	1.400	1.600	32.199	19.978	19.978	7.695	-5.224	10.921	117.169
	1.200	1.800	24.351	15.109	15.109	7.813	-5.309	10.799	111.972
	1.000	2.000	16.677	10.347	10.347	8.039	-5.503	10.661	106.588
	0.800	2.200	9.190	5.702	5.702	8.631	-6.063	10.465	101.034
	0.600	2.400	5.761	3.574	3.574	8.965	-6.359	10.309	4.784
	0.400	2.600	3.732	2.316	2.316	8.966	-6.320	10.204	4.119
	0.200	2.800	1.809	1.123	1.123	8.968	-6.279	10.101	3.482
	0.112	2.888	1.000	0.620	0.620	8.969	-6.261	10.056	3.214
	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	8.970	-6.237	10.000	0.000



Tank Calibrations - TAD2 - CME

Fluid Type = Fresh Water      Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

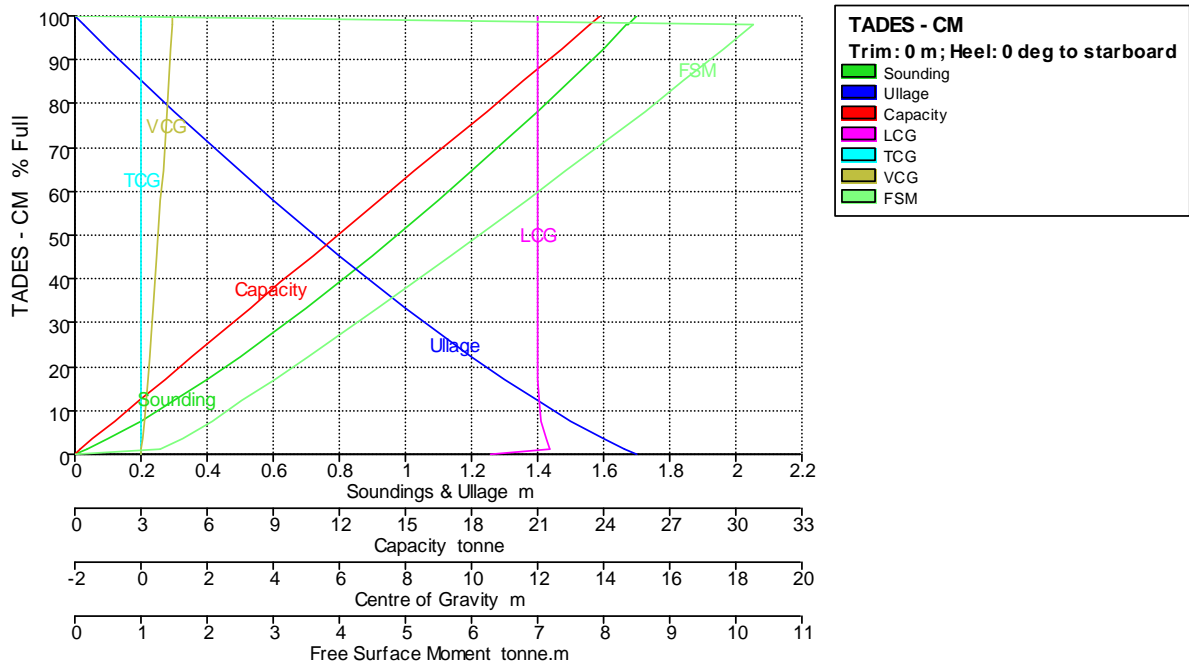
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TAD2 - CME	3.000	0.000	100.000	62.046	62.046	7.464	5.212	11.799	0.000
	2.955	0.045	98.000	60.805	60.805	7.466	5.209	11.775	150.043
	2.953	0.047	97.900	60.743	60.743	7.466	5.209	11.774	150.005
	2.800	0.200	91.127	56.541	56.541	7.473	5.198	11.692	147.402
	2.600	0.400	82.350	51.095	51.095	7.485	5.185	11.584	143.800
	2.400	0.600	73.677	45.714	45.714	7.499	5.174	11.476	139.951
	2.200	0.800	65.117	40.403	40.403	7.518	5.166	11.368	135.856
	2.000	1.000	56.680	35.168	35.168	7.543	5.162	11.259	131.521
	1.800	1.200	48.374	30.014	30.014	7.576	5.167	11.149	126.956
	1.600	1.400	40.211	24.949	24.949	7.624	5.184	11.037	122.168
	1.400	1.600	32.199	19.978	19.978	7.695	5.224	10.921	117.169
	1.200	1.800	24.351	15.109	15.109	7.813	5.309	10.799	111.972
	1.000	2.000	16.677	10.347	10.347	8.039	5.503	10.661	106.588
	0.800	2.200	9.190	5.702	5.702	8.631	6.063	10.465	101.034
	0.600	2.400	5.761	3.574	3.574	8.965	6.359	10.309	4.784
	0.400	2.600	3.732	2.316	2.316	8.966	6.320	10.204	4.119
	0.200	2.800	1.809	1.123	1.123	8.968	6.279	10.101	3.482
	0.112	2.888	1.000	0.620	0.620	8.969	6.261	10.056	3.214
	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	8.970	6.237	10.000	0.000



Tank Calibrations - TADES - CM

Fluid Type = Custom 1      Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

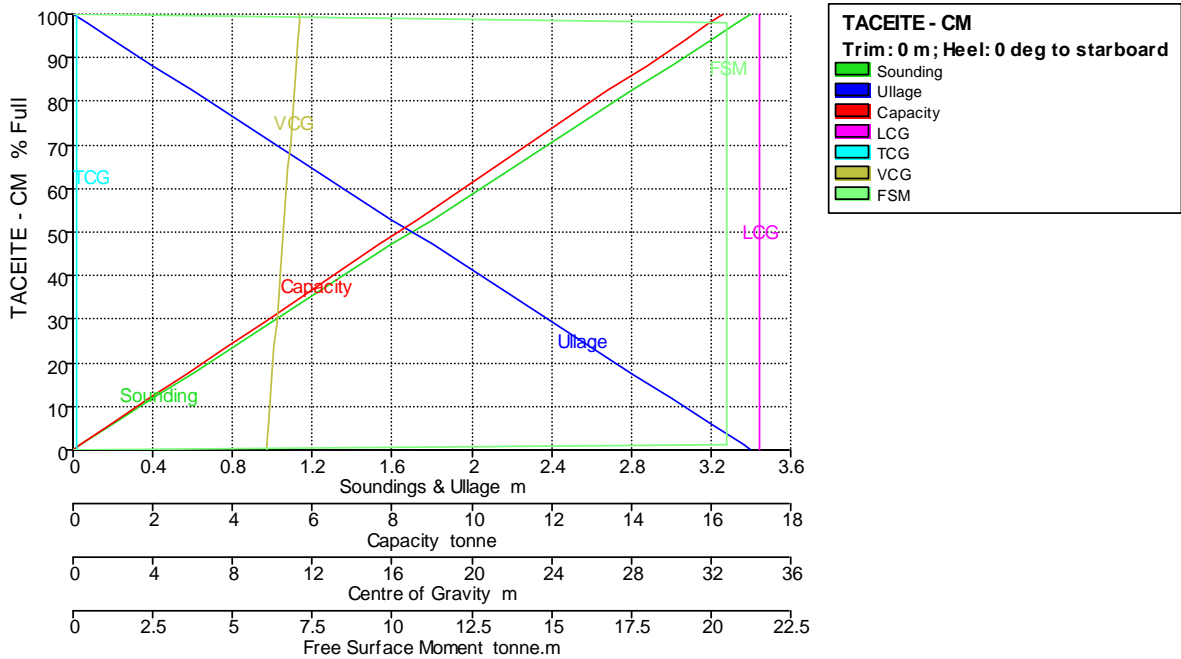
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TADES - CM	1.699	0.000	100.000	23.869	23.869	12.018	0.000	0.942	0.000
	1.672	0.027	98.000	23.392	23.392	12.017	0.000	0.926	10.265
	1.671	0.028	97.900	23.368	23.368	12.017	0.000	0.926	10.257
	1.600	0.099	92.654	22.116	22.116	12.015	0.000	0.885	9.825
	1.500	0.199	85.393	20.383	20.383	12.013	0.000	0.829	9.222
	1.400	0.299	78.283	18.686	18.686	12.010	0.000	0.772	8.621
	1.300	0.399	71.329	17.026	17.026	12.008	0.000	0.716	8.024
	1.200	0.499	64.538	15.405	15.405	12.006	0.000	0.659	7.433
	1.100	0.599	57.917	13.824	13.824	12.004	0.000	0.603	6.851
	1.000	0.699	51.474	12.287	12.287	12.002	0.000	0.547	6.268
	0.900	0.799	45.219	10.794	10.794	12.001	0.000	0.491	5.696
	0.800	0.899	39.161	9.348	9.348	12.000	0.000	0.436	5.136
	0.700	0.999	33.311	7.951	7.951	12.001	0.000	0.380	4.583
	0.600	1.099	27.681	6.607	6.607	12.004	0.000	0.325	4.042
	0.500	1.199	22.286	5.319	5.319	12.009	0.000	0.270	3.520
	0.400	1.299	17.138	4.091	4.091	12.021	0.000	0.216	3.016
	0.300	1.399	12.253	2.925	2.925	12.046	0.000	0.162	2.537
	0.200	1.499	7.650	1.826	1.826	12.107	0.000	0.109	2.085
	0.100	1.599	3.397	0.811	0.811	12.272	0.000	0.055	1.643
	0.036	1.664	1.000	0.239	0.239	12.390	0.000	0.021	1.293
	0.000	1.699	0.000	0.000	0.000	10.601	0.000	0.001	0.000



Tank Calibrations - TACEITE - CM

Fluid Type = Lube Oil      Specific gravity = 0.92  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

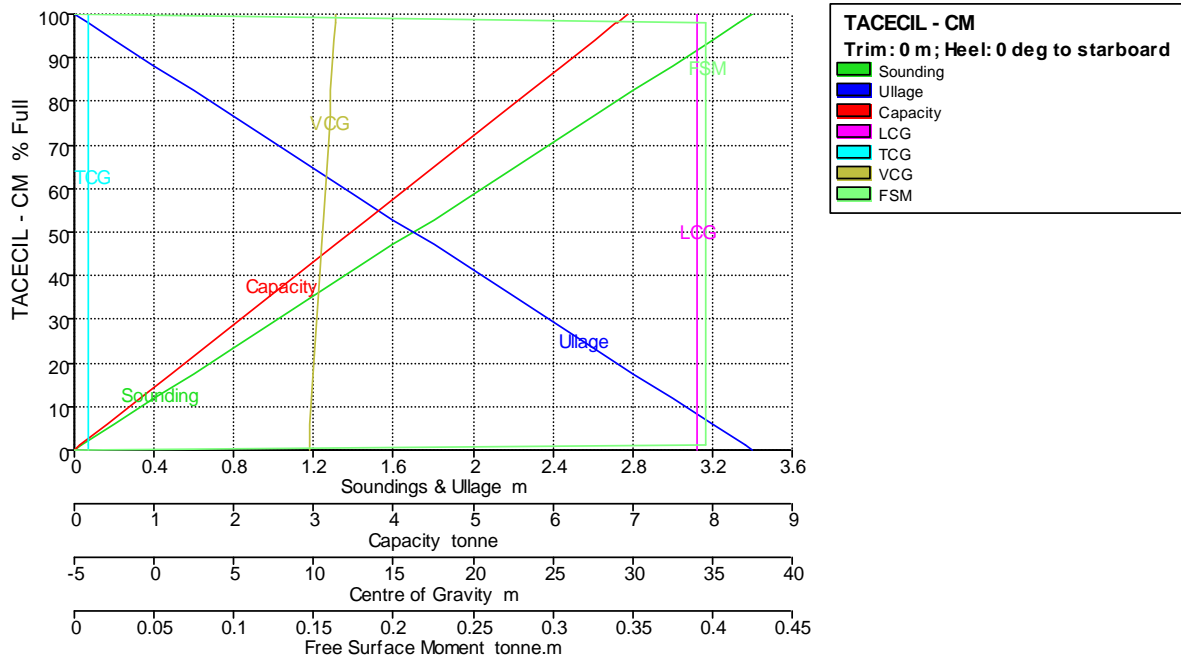
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TACEITE - CM	3.400	0.000	100.000	17.718	16.300	34.425	0.215	11.400	0.000
	3.332	0.068	98.000	17.364	15.974	34.425	0.215	11.366	20.493
	3.329	0.071	97.900	17.346	15.958	34.425	0.215	11.364	20.493
	3.200	0.200	94.118	16.676	15.342	34.425	0.215	11.300	20.493
	3.000	0.400	88.235	15.633	14.383	34.425	0.215	11.200	20.493
	2.800	0.600	82.353	14.591	13.424	34.425	0.215	11.100	20.493
	2.600	0.800	76.471	13.549	12.465	34.425	0.215	11.000	20.493
	2.400	1.000	70.588	12.507	11.506	34.425	0.215	10.900	20.493
	2.200	1.200	64.706	11.465	10.547	34.425	0.215	10.800	20.493
	2.000	1.400	58.824	10.422	9.589	34.425	0.215	10.700	20.493
	1.800	1.600	52.941	9.380	8.630	34.425	0.215	10.600	20.493
	1.600	1.800	47.059	8.338	7.671	34.425	0.215	10.500	20.493
	1.400	2.000	41.176	7.296	6.712	34.425	0.215	10.400	20.493
	1.200	2.200	35.294	6.253	5.753	34.425	0.215	10.300	20.493
	1.000	2.400	29.412	5.211	4.794	34.425	0.215	10.200	20.493
	0.800	2.600	23.529	4.169	3.835	34.425	0.215	10.100	20.493
	0.600	2.800	17.647	3.127	2.877	34.425	0.215	10.000	20.493
	0.400	3.000	11.765	2.084	1.918	34.425	0.215	9.900	20.493
	0.200	3.200	5.882	1.042	0.959	34.425	0.215	9.800	20.493
	0.034	3.366	1.000	0.177	0.163	34.425	0.215	9.717	20.493
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	34.425	0.215	9.700	0.000



Tank Calibrations - TACECIL - CM

Fluid Type = Lube Oil      Specific gravity = 0.92  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

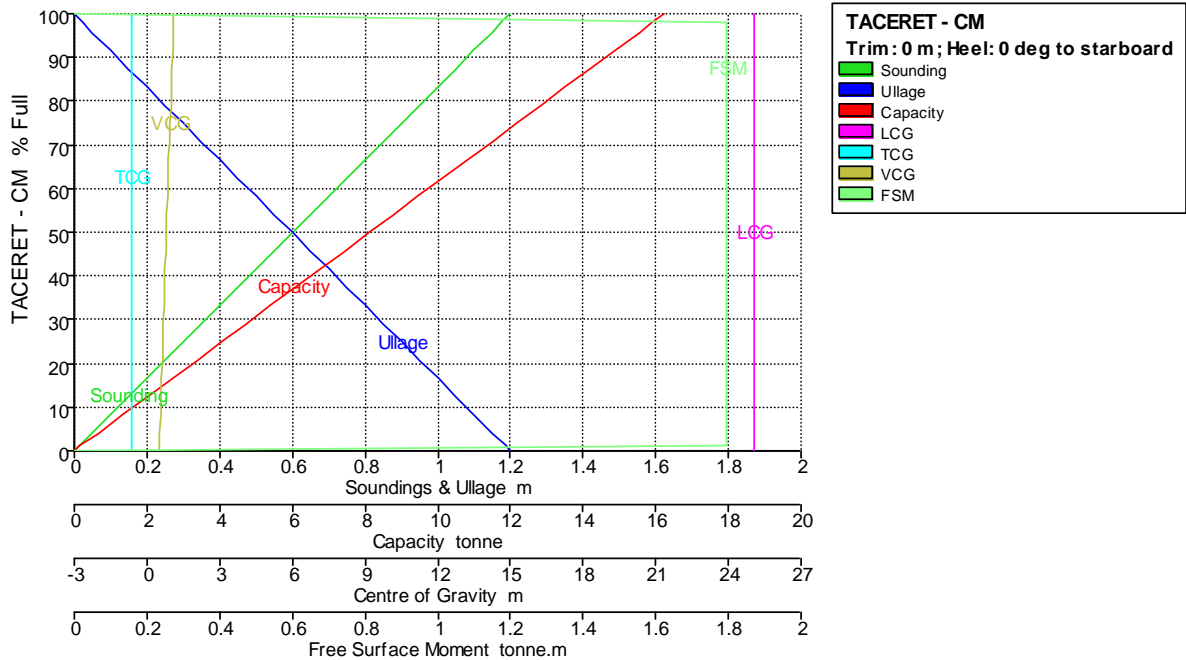
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TACECIL - CM	3.400	0.000	100.000	7.547	6.943	34.050	-4.085	11.400	0.000
	3.332	0.068	98.000	7.396	6.804	34.050	-4.085	11.366	0.396
	3.329	0.071	97.900	7.388	6.797	34.050	-4.085	11.364	0.396
	3.200	0.200	94.118	7.103	6.535	34.050	-4.085	11.300	0.396
	3.000	0.400	88.235	6.659	6.126	34.050	-4.085	11.200	0.396
	2.800	0.600	82.353	6.215	5.718	34.050	-4.085	11.100	0.396
	2.600	0.800	76.471	5.771	5.310	34.050	-4.085	11.000	0.396
	2.400	1.000	70.588	5.327	4.901	34.050	-4.085	10.900	0.396
	2.200	1.200	64.706	4.883	4.493	34.050	-4.085	10.800	0.396
	2.000	1.400	58.824	4.439	4.084	34.050	-4.085	10.700	0.396
	1.800	1.600	52.941	3.995	3.676	34.050	-4.085	10.600	0.396
	1.600	1.800	47.059	3.552	3.267	34.050	-4.085	10.500	0.396
	1.400	2.000	41.176	3.108	2.859	34.050	-4.085	10.400	0.396
	1.200	2.200	35.294	2.664	2.451	34.050	-4.085	10.300	0.396
	1.000	2.400	29.412	2.220	2.042	34.050	-4.085	10.200	0.396
	0.800	2.600	23.529	1.776	1.634	34.050	-4.085	10.100	0.396
	0.600	2.800	17.647	1.332	1.225	34.050	-4.085	10.000	0.396
	0.400	3.000	11.765	0.888	0.817	34.050	-4.085	9.900	0.396
	0.200	3.200	5.882	0.444	0.408	34.050	-4.085	9.800	0.396
	0.034	3.366	1.000	0.075	0.069	34.050	-4.085	9.717	0.396
	0.000	3.400	0.000	0.000	0.000	34.050	-4.085	9.700	0.000



Tank Calibrations - TACERET - CM

Fluid Type = Lube Oil      Specific gravity = 0.92  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

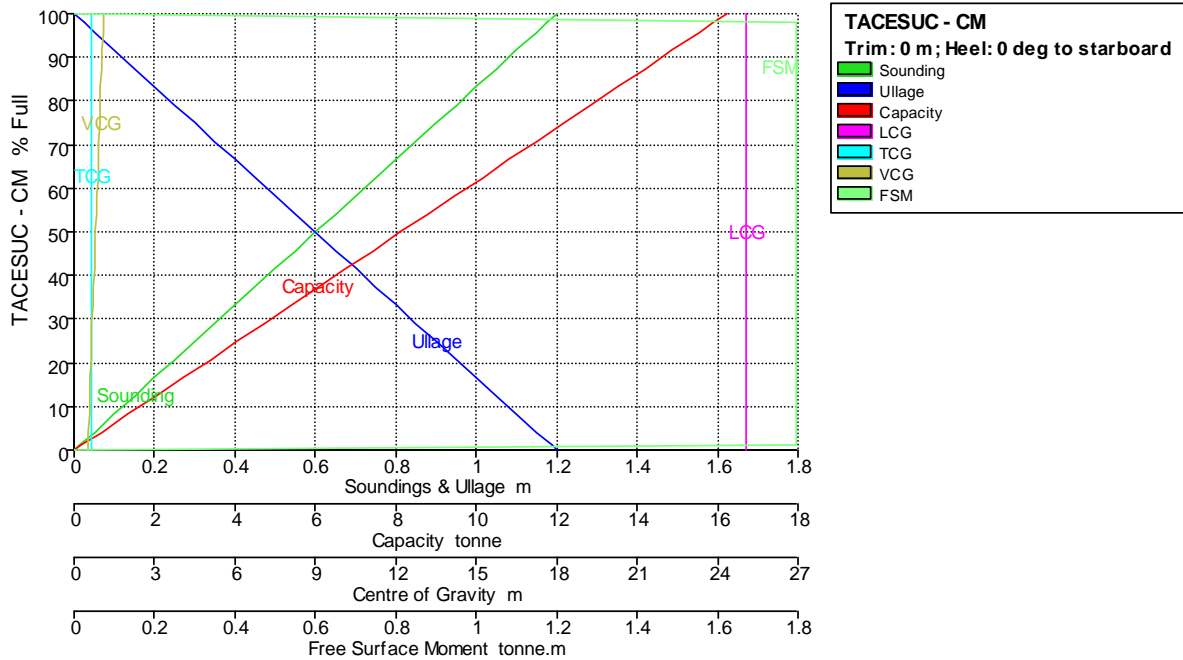
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TACERET - CM	1.200	0.000	100.000	17.640	16.229	25.050	-0.625	1.100	0.000
	1.176	0.024	98.000	17.287	15.904	25.050	-0.625	1.088	1.797
	1.175	0.025	97.900	17.270	15.888	25.050	-0.625	1.087	1.797
	1.150	0.050	95.833	16.905	15.553	25.050	-0.625	1.075	1.797
	1.100	0.100	91.667	16.170	14.876	25.050	-0.625	1.050	1.797
	1.050	0.150	87.500	15.435	14.200	25.050	-0.625	1.025	1.797
	1.000	0.200	83.333	14.700	13.524	25.050	-0.625	1.000	1.797
	0.950	0.250	79.167	13.965	12.848	25.050	-0.625	0.975	1.797
	0.900	0.300	75.000	13.230	12.172	25.050	-0.625	0.950	1.797
	0.850	0.350	70.833	12.495	11.495	25.050	-0.625	0.925	1.797
	0.800	0.400	66.667	11.760	10.819	25.050	-0.625	0.900	1.797
	0.750	0.450	62.500	11.025	10.143	25.050	-0.625	0.875	1.797
	0.700	0.500	58.333	10.290	9.467	25.050	-0.625	0.850	1.797
	0.650	0.550	54.167	9.555	8.791	25.050	-0.625	0.825	1.797
	0.600	0.600	50.000	8.820	8.114	25.050	-0.625	0.800	1.797
	0.550	0.650	45.833	8.085	7.438	25.050	-0.625	0.775	1.797
	0.500	0.700	41.667	7.350	6.762	25.050	-0.625	0.750	1.797
	0.450	0.750	37.500	6.615	6.086	25.050	-0.625	0.725	1.797
	0.400	0.800	33.333	5.880	5.410	25.050	-0.625	0.700	1.797
	0.350	0.850	29.167	5.145	4.733	25.050	-0.625	0.675	1.797
	0.300	0.900	25.000	4.410	4.057	25.050	-0.625	0.650	1.797
	0.250	0.950	20.833	3.675	3.381	25.050	-0.625	0.625	1.797
	0.200	1.000	16.667	2.940	2.705	25.050	-0.625	0.600	1.797
	0.150	1.050	12.500	2.205	2.029	25.050	-0.625	0.575	1.797
	0.100	1.100	8.333	1.470	1.352	25.050	-0.625	0.550	1.797
	0.050	1.150	4.167	0.735	0.676	25.050	-0.625	0.525	1.797
	0.012	1.188	1.000	0.176	0.162	25.050	-0.625	0.506	1.797
	0.000	1.200	0.000	0.000	0.000	25.050	-0.625	0.500	0.000



Tank Calibrations - TACESUC - CM

Fluid Type = Lube Oil      Specific gravity = 0.92  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TACESUC - CM	1.200	0.000	100.000	17.640	16.229	25.050	0.625	1.100	0.000
	1.176	0.024	98.000	17.287	15.904	25.050	0.625	1.088	1.797
	1.175	0.025	97.900	17.270	15.888	25.050	0.625	1.087	1.797
	1.150	0.050	95.833	16.905	15.553	25.050	0.625	1.075	1.797
	1.100	0.100	91.667	16.170	14.876	25.050	0.625	1.050	1.797
	1.050	0.150	87.500	15.435	14.200	25.050	0.625	1.025	1.797
	1.000	0.200	83.333	14.700	13.524	25.050	0.625	1.000	1.797
	0.950	0.250	79.167	13.965	12.848	25.050	0.625	0.975	1.797
	0.900	0.300	75.000	13.230	12.172	25.050	0.625	0.950	1.797
	0.850	0.350	70.833	12.495	11.495	25.050	0.625	0.925	1.797
	0.800	0.400	66.667	11.760	10.819	25.050	0.625	0.900	1.797
	0.750	0.450	62.500	11.025	10.143	25.050	0.625	0.875	1.797
	0.700	0.500	58.333	10.290	9.467	25.050	0.625	0.850	1.797
	0.650	0.550	54.167	9.555	8.791	25.050	0.625	0.825	1.797
	0.600	0.600	50.000	8.820	8.114	25.050	0.625	0.800	1.797
	0.550	0.650	45.833	8.085	7.438	25.050	0.625	0.775	1.797
	0.500	0.700	41.667	7.350	6.762	25.050	0.625	0.750	1.797
	0.450	0.750	37.500	6.615	6.086	25.050	0.625	0.725	1.797
	0.400	0.800	33.333	5.880	5.410	25.050	0.625	0.700	1.797
	0.350	0.850	29.167	5.145	4.733	25.050	0.625	0.675	1.797
	0.300	0.900	25.000	4.410	4.057	25.050	0.625	0.650	1.797
	0.250	0.950	20.833	3.675	3.381	25.050	0.625	0.625	1.797
	0.200	1.000	16.667	2.940	2.705	25.050	0.625	0.600	1.797
	0.150	1.050	12.500	2.205	2.029	25.050	0.625	0.575	1.797
	0.100	1.100	8.333	1.470	1.352	25.050	0.625	0.550	1.797
	0.050	1.150	4.167	0.735	0.676	25.050	0.625	0.525	1.797
	0.012	1.188	1.000	0.176	0.162	25.050	0.625	0.506	1.797
	0.000	1.200	0.000	0.000	0.000	25.050	0.625	0.500	0.000

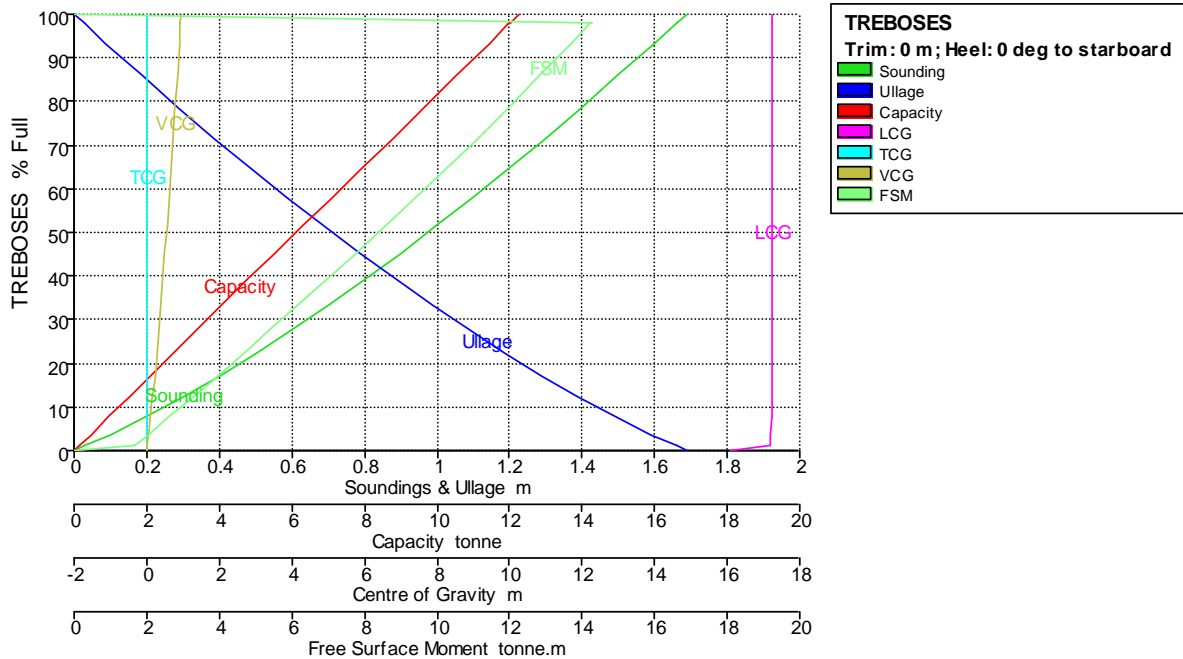




Tank Calibrations - TREBOSES

Fluid Type = Custom 2      Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

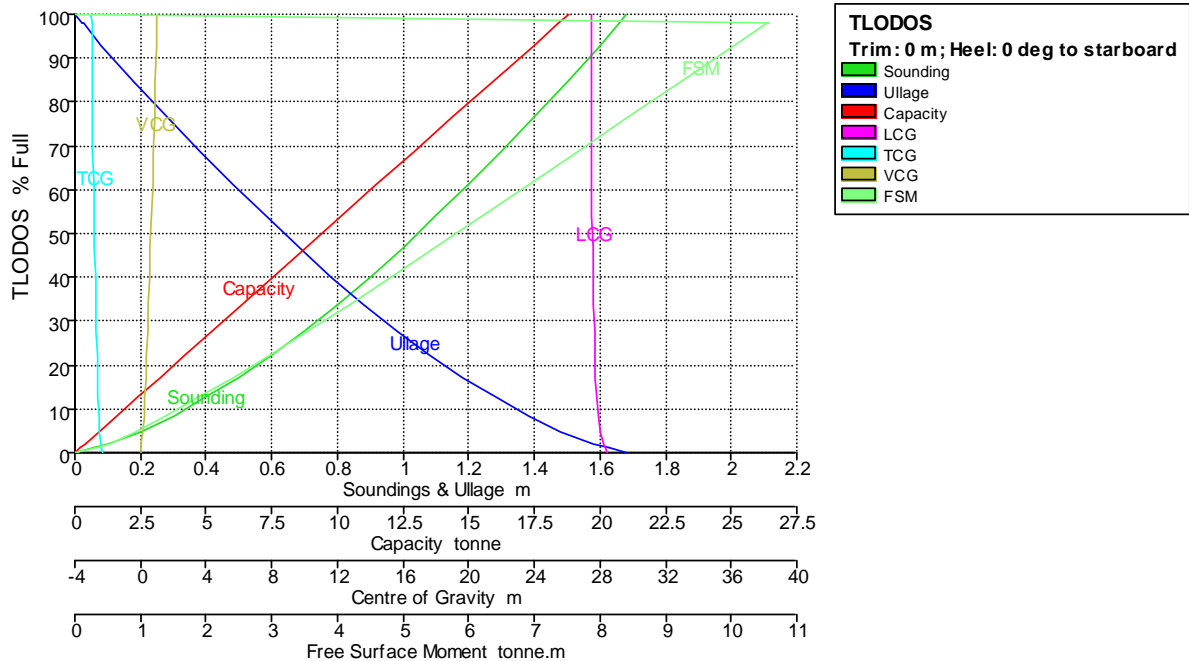
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TREBOSES	1.688	0.000	100.000	12.262	12.262	17.217	0.000	0.949	0.000
	1.662	0.026	98.000	12.016	12.016	17.217	0.000	0.934	14.256
	1.661	0.028	97.900	12.004	12.004	17.217	0.000	0.933	14.244
	1.600	0.088	93.327	11.443	11.443	17.217	0.000	0.899	13.715
	1.500	0.188	85.919	10.535	10.535	17.217	0.000	0.842	12.845
	1.400	0.288	78.675	9.647	9.647	17.218	0.000	0.784	11.980
	1.300	0.388	71.604	8.780	8.780	17.218	0.000	0.727	11.120
	1.200	0.488	64.713	7.935	7.935	17.218	0.000	0.670	10.268
	1.100	0.588	58.009	7.113	7.113	17.218	0.000	0.614	9.425
	1.000	0.688	51.501	6.315	6.315	17.218	0.000	0.557	8.592
	0.900	0.788	45.199	5.542	5.542	17.217	0.000	0.501	7.771
	0.800	0.888	39.113	4.796	4.796	17.217	0.000	0.444	6.966
	0.700	0.988	33.255	4.078	4.078	17.217	0.000	0.388	6.179
	0.600	1.088	27.638	3.389	3.389	17.217	0.000	0.333	5.413
	0.500	1.188	22.277	2.732	2.732	17.217	0.000	0.277	4.672
	0.400	1.288	17.187	2.107	2.107	17.216	0.000	0.223	3.961
	0.300	1.388	12.386	1.519	1.519	17.216	0.000	0.169	3.284
	0.200	1.488	7.895	0.968	0.968	17.214	0.000	0.115	2.649
	0.100	1.588	3.738	0.458	0.458	17.211	0.000	0.063	2.061
	0.029	1.659	1.000	0.123	0.123	17.196	0.000	0.027	1.676
	0.000	1.688	0.000	0.000	0.000	16.094	0.000	0.012	0.000



Tank Calibrations - TLODOS

Fluid Type = Custom 3      Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

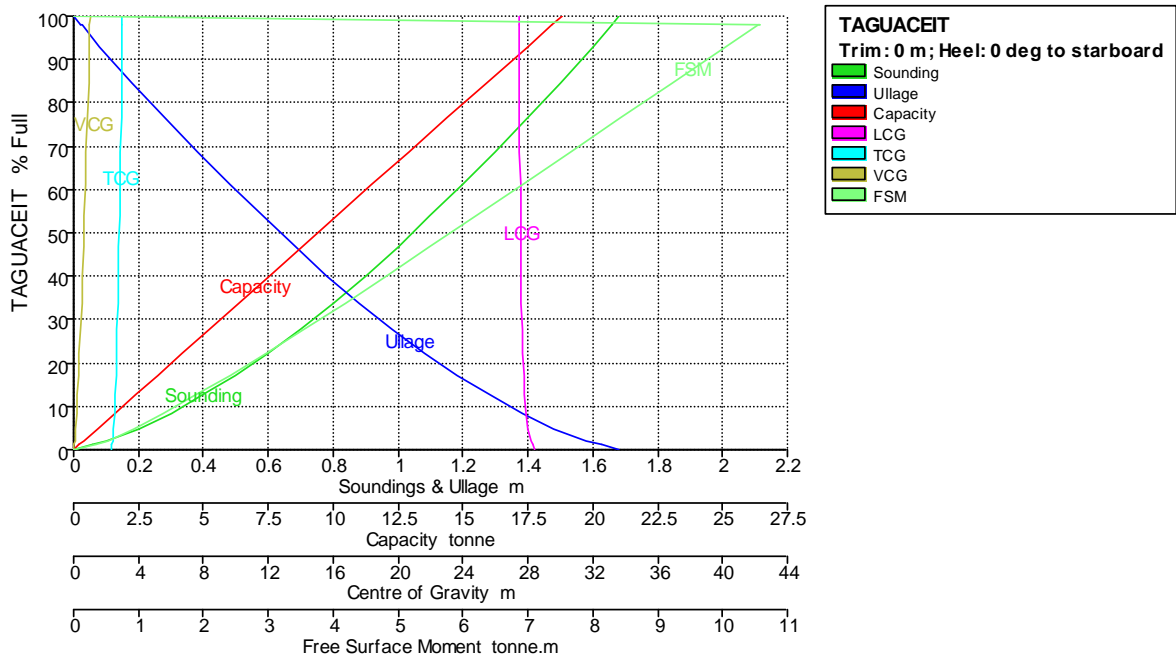
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TLODOS	1.681	0.000	100.000	18.792	18.792	27.450	-2.997	1.015	0.000
	1.658	0.023	98.000	18.416	18.416	27.452	-2.991	1.001	10.571
	1.657	0.024	97.900	18.397	18.397	27.452	-2.991	1.000	10.561
	1.600	0.081	92.989	17.475	17.475	27.459	-2.976	0.966	10.057
	1.500	0.181	84.603	15.899	15.899	27.471	-2.949	0.906	9.214
	1.400	0.281	76.481	14.372	14.372	27.485	-2.922	0.847	8.420
	1.300	0.381	68.628	12.897	12.897	27.500	-2.893	0.787	7.658
	1.200	0.481	61.057	11.474	11.474	27.517	-2.864	0.727	6.916
	1.100	0.581	53.780	10.106	10.106	27.537	-2.833	0.667	6.196
	1.000	0.681	46.811	8.797	8.797	27.559	-2.802	0.608	5.499
	0.900	0.781	40.167	7.548	7.548	27.584	-2.768	0.548	4.826
	0.800	0.881	33.866	6.364	6.364	27.614	-2.734	0.488	4.178
	0.700	0.981	27.930	5.249	5.249	27.649	-2.697	0.428	3.558
	0.600	1.081	22.385	4.207	4.207	27.691	-2.658	0.368	2.966
	0.500	1.181	17.261	3.244	3.244	27.742	-2.617	0.309	2.406
	0.400	1.281	12.599	2.368	2.368	27.807	-2.573	0.249	1.880
	0.300	1.381	8.448	1.588	1.588	27.892	-2.525	0.190	1.389
	0.200	1.481	4.880	0.917	0.917	28.011	-2.472	0.131	0.937
	0.100	1.581	2.001	0.376	0.376	28.187	-2.413	0.073	0.523
	0.056	1.625	1.000	0.188	0.188	28.286	-2.383	0.048	0.354
	0.000	1.681	0.000	0.000	0.000	28.415	-2.334	0.019	0.000



*Tank Calibrations - TAGUACEIT*

Fluid Type = Custom 4      Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
TAGUACEIT	1.681	0.000	100.000	18.792	18.792	27.450	2.997	1.015	0.000
	1.658	0.023	98.000	18.416	18.416	27.452	2.991	1.001	10.571
	1.657	0.024	97.900	18.397	18.397	27.452	2.991	1.000	10.561
	1.600	0.081	92.989	17.475	17.475	27.459	2.976	0.966	10.057
	1.500	0.181	84.603	15.899	15.899	27.471	2.949	0.906	9.214
	1.400	0.281	76.481	14.372	14.372	27.485	2.922	0.847	8.420
	1.300	0.381	68.628	12.897	12.897	27.500	2.893	0.787	7.658
	1.200	0.481	61.057	11.474	11.474	27.517	2.864	0.727	6.916
	1.100	0.581	53.780	10.106	10.106	27.537	2.833	0.667	6.196
	1.000	0.681	46.811	8.797	8.797	27.559	2.802	0.608	5.499
	0.900	0.781	40.167	7.548	7.548	27.584	2.768	0.548	4.826
	0.800	0.881	33.866	6.364	6.364	27.614	2.734	0.488	4.178
	0.700	0.981	27.930	5.249	5.249	27.649	2.697	0.428	3.558
	0.600	1.081	22.385	4.207	4.207	27.691	2.658	0.368	2.966
	0.500	1.181	17.261	3.244	3.244	27.742	2.617	0.309	2.406
	0.400	1.281	12.599	2.368	2.368	27.807	2.573	0.249	1.880
	0.300	1.381	8.448	1.588	1.588	27.892	2.525	0.190	1.389
	0.200	1.481	4.880	0.917	0.917	28.011	2.472	0.131	0.937
	0.100	1.581	2.001	0.376	0.376	28.187	2.413	0.073	0.523
	0.056	1.625	1.000	0.188	0.188	28.286	2.383	0.048	0.354
	0.000	1.681	0.000	0.000	0.000	28.415	2.334	0.019	0.000

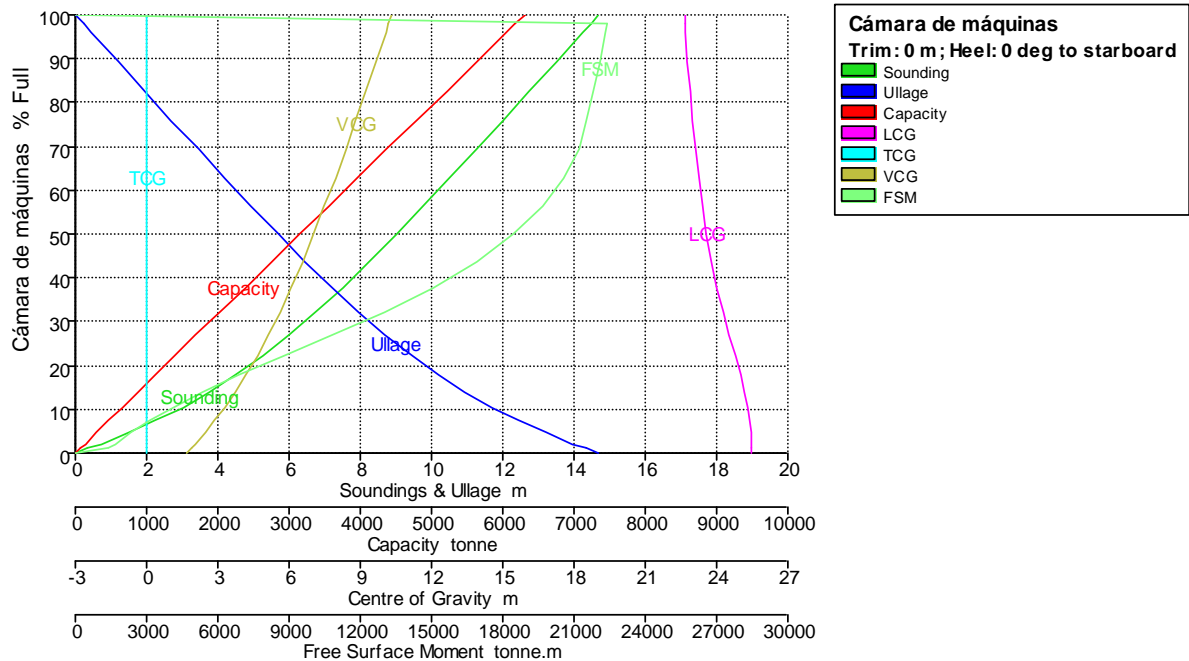


VOLÚMENES DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y BODEGAS

Tank Calibrations - Cámara de máquinas

Fluid Type =            Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

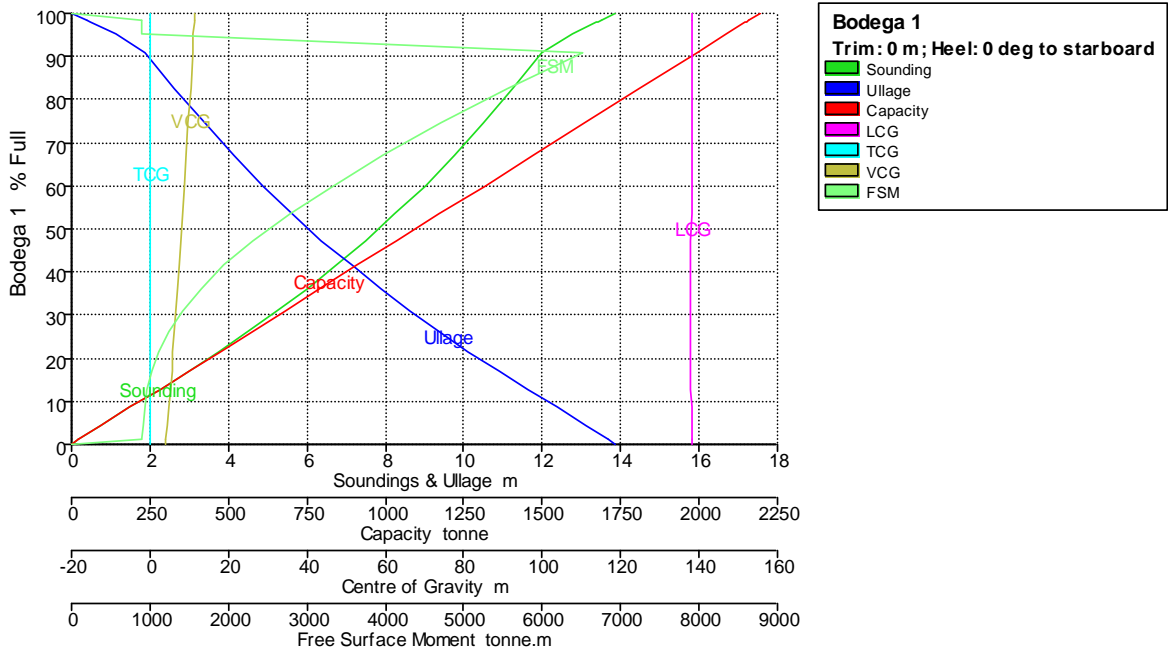
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m
Cámara de máquinas	14.700	0.000	100.000	6307.687	6307.687	22.655	0.000	10.315
	14.477	0.223	98.000	6181.533	6181.533	22.678	0.000	10.193
	14.466	0.234	97.900	6175.225	6175.225	22.679	0.000	10.187
	14.250	0.450	95.969	6053.436	6053.436	22.702	0.000	10.069
	13.500	1.200	89.269	5630.822	5630.822	22.788	0.000	9.655
	12.750	1.950	82.597	5209.964	5209.964	22.884	0.000	9.238
	12.000	2.700	75.961	4791.356	4791.356	22.993	0.000	8.815
	11.250	3.450	69.360	4374.985	4374.985	23.116	0.000	8.386
	10.500	4.200	62.777	3959.803	3959.803	23.250	0.000	7.946
	9.750	4.950	56.284	3550.221	3550.221	23.405	0.000	7.499
	9.000	5.700	49.920	3148.787	3148.787	23.582	0.000	7.043
	8.250	6.450	43.735	2758.653	2758.653	23.785	0.000	6.578
	7.500	7.200	37.785	2383.357	2383.357	24.016	0.000	6.106
	6.750	7.950	32.136	2027.055	2027.055	24.271	0.000	5.627
	6.000	8.700	26.871	1694.926	1694.926	24.536	0.000	5.147
	5.250	9.450	22.061	1391.542	1391.542	24.784	0.000	4.670
	4.500	10.200	17.738	1118.857	1118.857	24.997	0.000	4.204
	3.750	10.950	13.881	875.554	875.554	25.169	0.000	3.752
	3.000	11.700	10.440	658.528	658.528	25.297	0.000	3.314
	2.250	12.450	7.370	464.845	464.845	25.383	0.000	2.889
	1.500	13.200	4.629	291.963	291.963	25.431	0.000	2.479
	0.750	13.950	2.181	137.596	137.596	25.454	0.000	2.082
	0.355	14.345	1.000	63.077	63.077	25.463	0.000	1.879
	0.000	14.700	0.000	0.000	0.000	25.474	0.000	1.700



Tank Calibrations - Bodega 1

Fluid Type =            Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

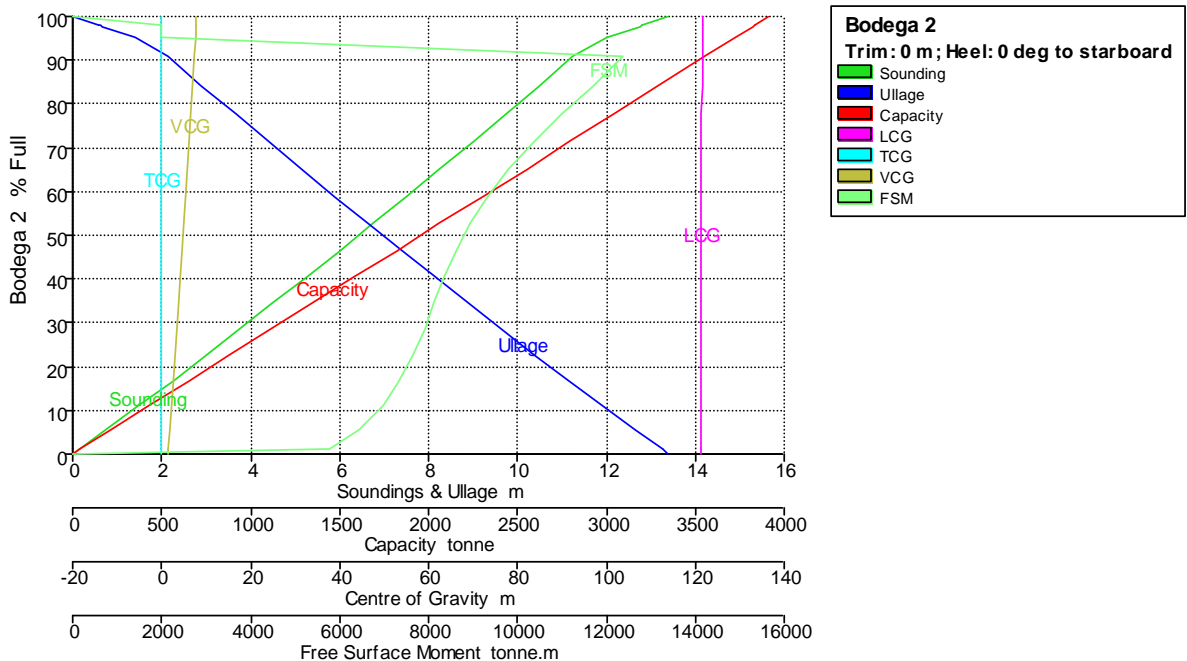
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m
Bodega 1	13.880	0.000	100.000	2194.577	2194.577	138.183	0.000	11.361
	13.500	0.380	98.378	2158.983	2158.983	138.181	0.000	11.257
	13.411	0.469	98.000	2150.686	2150.686	138.181	0.000	11.233
	13.388	0.492	97.900	2148.491	2148.491	138.181	0.000	11.227
	12.750	1.130	95.177	2088.732	2088.732	138.177	0.000	11.060
	12.000	1.880	90.780	1992.231	1992.231	138.201	0.000	10.806
	11.250	2.630	82.385	1808.002	1808.002	138.159	0.000	10.315
	10.500	3.380	74.455	1633.968	1633.968	138.118	0.000	9.829
	9.750	4.130	66.984	1470.018	1470.018	138.078	0.000	9.349
	9.000	4.880	59.966	1316.005	1316.005	138.040	0.000	8.878
	8.250	5.630	53.391	1171.717	1171.717	138.007	0.000	8.416
	7.500	6.380	47.244	1036.796	1036.796	137.978	0.000	7.965
	6.750	7.130	41.490	910.538	910.538	137.953	0.000	7.526
	6.000	7.880	36.093	792.087	792.087	137.934	0.000	7.100
	5.250	8.630	31.010	680.540	680.540	137.922	0.000	6.685
	4.500	9.380	26.194	574.858	574.858	137.918	0.000	6.282
	3.750	10.130	21.592	473.862	473.862	137.923	0.000	5.889
	3.000	10.880	17.153	376.438	376.438	137.937	0.000	5.504
	2.250	11.630	12.825	281.454	281.454	137.962	0.000	5.125
	1.500	12.380	8.548	187.602	187.602	137.996	0.000	4.749
	0.750	13.130	4.279	93.902	93.902	138.039	0.000	4.375
	0.175	13.705	1.000	21.946	21.946	138.076	0.000	4.087
	0.000	13.880	0.000	0.000	0.000	138.089	0.000	4.000



Tank Calibrations - Bodega 2

Fluid Type =            Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

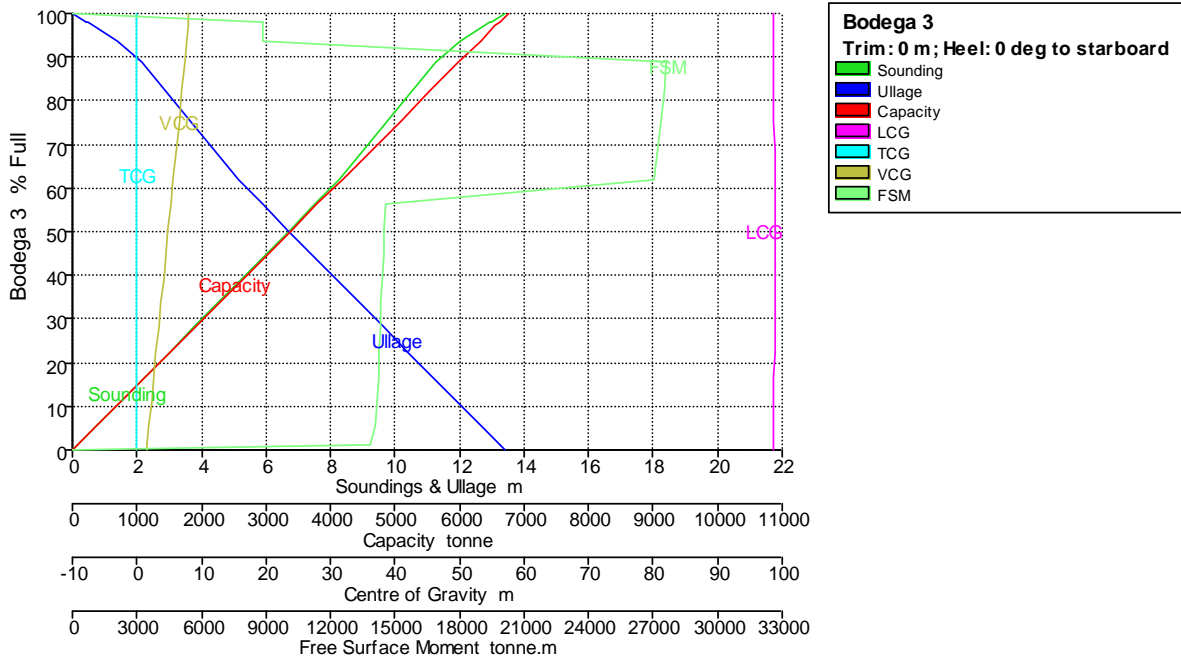
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m
Bodega 2	13.400	0.000	100.000	3913.168	3913.168	121.543	0.000	7.877
	12.819	0.581	98.000	3834.905	3834.905	121.530	0.000	7.740
	12.790	0.610	97.900	3830.992	3830.992	121.529	0.000	7.733
	12.750	0.650	97.763	3825.616	3825.616	121.528	0.000	7.724
	12.000	1.400	95.181	3724.594	3724.594	121.511	0.000	7.557
	11.250	2.150	90.691	3548.878	3548.878	121.493	0.000	7.286
	10.500	2.900	84.121	3291.785	3291.785	121.475	0.000	6.888
	9.750	3.650	77.692	3040.234	3040.234	121.459	0.000	6.496
	9.000	4.400	71.410	2794.388	2794.388	121.446	0.000	6.111
	8.250	5.150	65.265	2553.944	2553.944	121.435	0.000	5.733
	7.500	5.900	58.928	2305.966	2305.966	121.422	0.000	5.341
	6.750	6.650	52.675	2061.269	2061.269	121.411	0.000	4.951
	6.000	7.400	46.511	1820.046	1820.046	121.401	0.000	4.563
	5.250	8.150	40.424	1581.857	1581.857	121.391	0.000	4.177
	4.500	8.900	34.406	1346.360	1346.360	121.382	0.000	3.793
	3.750	9.650	28.446	1113.144	1113.144	121.372	0.000	3.409
	3.000	10.400	22.546	882.278	882.278	121.360	0.000	3.025
	2.250	11.150	16.725	654.474	654.474	121.346	0.000	2.642
	1.500	11.900	10.998	430.364	430.364	121.331	0.000	2.260
	0.750	12.650	5.393	211.022	211.022	121.313	0.000	1.878
	0.142	13.258	1.000	39.132	39.132	121.295	0.000	1.571
	0.000	13.400	0.000	0.000	0.000	121.291	0.000	1.500



Tank Calibrations - Bodega 3

Fluid Type =            Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m
Bodega 3	13.400	0.000	100.000	6757.459	6757.459	98.765	0.000	8.054
	12.959	0.441	98.000	6622.310	6622.310	98.755	0.000	7.919
	12.937	0.463	97.900	6615.553	6615.553	98.754	0.000	7.912
	12.750	0.650	97.052	6558.218	6558.218	98.749	0.000	7.856
	12.000	1.400	93.649	6328.325	6328.325	98.729	0.000	7.637
	11.250	2.150	88.696	5993.567	5993.567	98.726	0.000	7.334
	10.500	2.900	81.975	5539.398	5539.398	98.745	0.000	6.921
	9.750	3.650	75.264	5085.940	5085.940	98.769	0.000	6.502
	9.000	4.400	68.567	4633.413	4633.413	98.799	0.000	6.074
	8.250	5.150	61.886	4181.926	4181.926	98.837	0.000	5.637
	7.500	5.900	56.172	3795.810	3795.810	98.835	0.000	5.256
	6.750	6.650	50.532	3414.685	3414.685	98.830	0.000	4.880
	6.000	7.400	44.897	3033.899	3033.899	98.824	0.000	4.505
	5.250	8.150	39.267	2653.428	2653.428	98.818	0.000	4.129
	4.500	8.900	33.641	2273.255	2273.255	98.812	0.000	3.753
	3.750	9.650	28.019	1893.357	1893.357	98.806	0.000	3.378
	3.000	10.400	22.401	1513.731	1513.731	98.798	0.000	3.002
	2.250	11.150	16.788	1134.425	1134.425	98.789	0.000	2.626
	1.500	11.900	11.180	755.487	755.487	98.776	0.000	2.251
	0.750	12.650	5.580	377.068	377.068	98.754	0.000	1.875
	0.135	13.265	1.000	67.574	67.574	98.725	0.000	1.567
	0.000	13.400	0.000	0.000	0.000	98.717	0.000	1.500

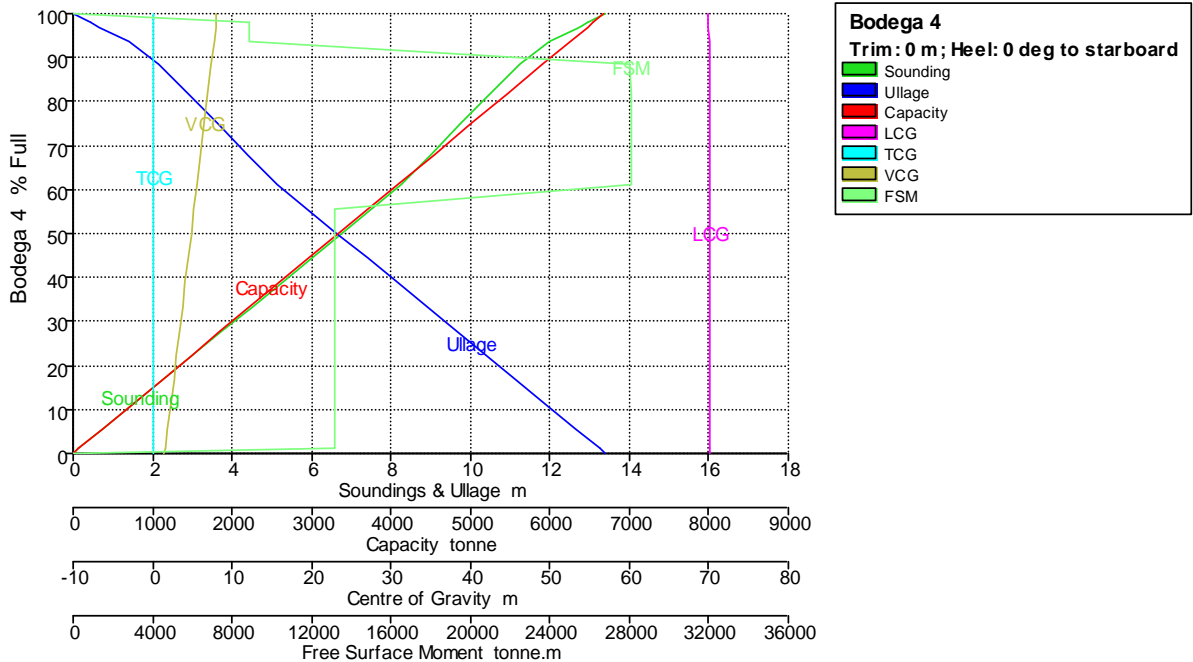




Tank Calibrations - Bodega 4

Fluid Type =            Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

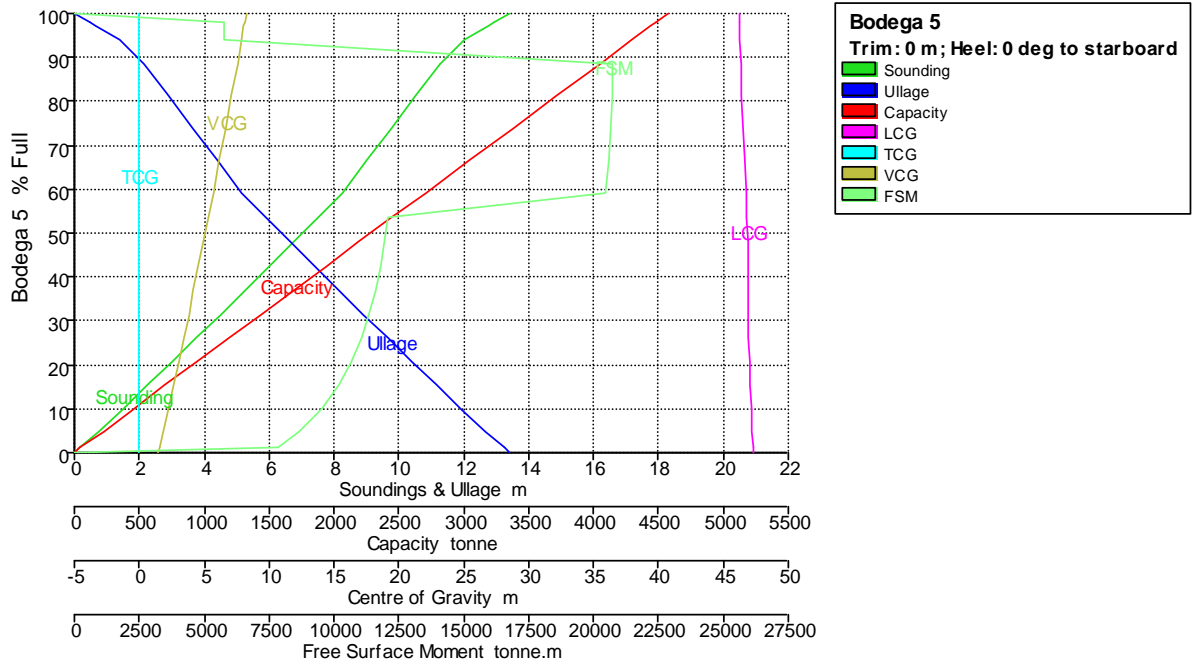
Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m
Bodega 4	13.400	0.000	100.000	6677.219	6677.219	69.987	0.000	8.094
	12.964	0.436	98.000	6543.674	6543.674	70.001	0.000	7.959
	12.943	0.457	97.900	6536.997	6536.997	70.001	0.000	7.953
	12.750	0.650	97.016	6477.978	6477.978	70.008	0.000	7.894
	12.000	1.400	93.573	6248.085	6248.085	70.034	0.000	7.674
	11.250	2.150	88.543	5912.241	5912.241	70.048	0.000	7.368
	10.500	2.900	81.700	5455.284	5455.284	70.049	0.000	6.949
	9.750	3.650	74.856	4998.294	4998.294	70.049	0.000	6.521
	9.000	4.400	68.012	4541.278	4541.278	70.049	0.000	6.083
	8.250	5.150	61.167	4084.232	4084.232	70.050	0.000	5.631
	7.500	5.900	55.528	3707.708	3707.708	70.050	0.000	5.250
	6.750	6.650	49.975	3336.937	3336.937	70.050	0.000	4.875
	6.000	7.400	44.422	2966.167	2966.167	70.050	0.000	4.500
	5.250	8.150	38.869	2595.396	2595.396	70.050	0.000	4.125
	4.500	8.900	33.317	2224.625	2224.625	70.050	0.000	3.750
	3.750	9.650	27.764	1853.854	1853.854	70.050	0.000	3.375
	3.000	10.400	22.211	1483.083	1483.083	70.050	0.000	3.000
	2.250	11.150	16.658	1112.312	1112.312	70.050	0.000	2.625
	1.500	11.900	11.106	741.542	741.542	70.050	0.000	2.250
	0.750	12.650	5.553	370.771	370.771	70.050	0.000	1.875
	0.135	13.265	1.000	66.773	66.773	70.050	0.000	1.568
	0.000	13.400	0.000	0.000	0.000	70.050	0.000	1.500



Tank Calibrations - Bodega 5

Fluid Type =            Specific gravity = 1  
Permeability = 98 %  
Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m
Bodega 5	13.400	0.000	100.000	4570.991	4570.991	46.227	0.000	8.246
	12.944	0.456	98.000	4479.571	4479.571	46.238	0.000	8.115
	12.921	0.479	97.900	4475.000	4475.000	46.238	0.000	8.109
	12.750	0.650	97.150	4440.718	4440.718	46.243	0.000	8.061
	12.000	1.400	93.862	4290.403	4290.403	46.263	0.000	7.857
	11.250	2.150	88.667	4052.968	4052.968	46.312	0.000	7.553
	10.500	2.900	81.295	3715.996	3715.996	46.403	0.000	7.115
	9.750	3.650	73.925	3379.121	3379.121	46.512	0.000	6.666
	9.000	4.400	66.562	3042.544	3042.544	46.645	0.000	6.200
	8.250	5.150	59.213	2706.641	2706.641	46.809	0.000	5.713
	7.500	5.900	53.529	2446.810	2446.810	46.838	0.000	5.323
	6.750	6.650	47.977	2193.009	2193.009	46.859	0.000	4.941
	6.000	7.400	42.443	1940.071	1940.071	46.882	0.000	4.558
	5.250	8.150	36.935	1688.289	1688.289	46.909	0.000	4.176
	4.500	8.900	31.458	1437.961	1437.961	46.940	0.000	3.793
	3.750	9.650	26.020	1189.353	1189.353	46.977	0.000	3.410
	3.000	10.400	20.625	942.762	942.762	47.022	0.000	3.026
	2.250	11.150	15.290	698.911	698.911	47.078	0.000	2.643
	1.500	11.900	10.043	459.079	459.079	47.148	0.000	2.259
	0.750	12.650	4.929	225.313	225.313	47.235	0.000	1.878
	0.155	13.245	1.000	45.710	45.710	47.312	0.000	1.577
	0.000	13.400	0.000	0.000	0.000	47.333	0.000	1.500

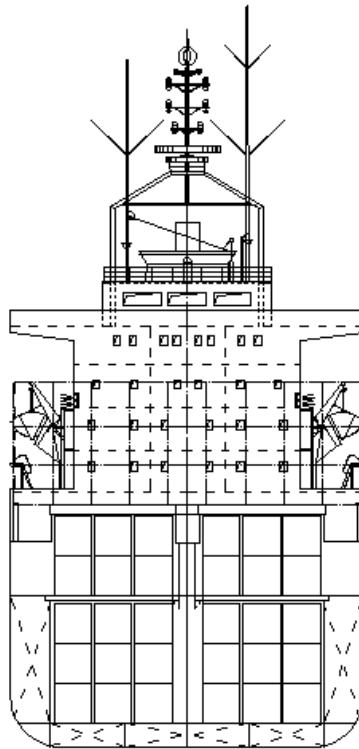




UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 5

### POTENCIA, HÉLICE Y TIMÓN

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 5**

**POTENCIA, HÉLICE Y TIMÓN**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE. MÉTODO DE HOLTROP	3
3.- ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES PROPUSLIVOS MEDIANTE LAS FÓRMULAS DE HOLTROP	11
4.- DIÁMETRO MÁXIMO	12
5.- ELECCIÓN DEL MOTOR	13
6.- CÁLCULO DE LA HÉLICE ÓPTIMA	14
7.- CARTILLA DE TRAZADO DE LA HÉLICE	20
8.- CÁLCULO DE TIMÓN	23
9.- PREDICCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD SEGÚN LA IMO	26
10.- PREDICCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD SEGÚN METODO A.I.C.N.	27
11.- CÁLCULO DE FUERZAS, PARES SOBRE EL TIMÓN, Y DIÁMETRO DE LA MECHA	30
12.- POTENCIA DEL SERVOMOTOR	33
13.- HUELGOS	34

## **1.- INTRODUCCIÓN**

En este cuadernillo se calculan los parámetros que estiman la potencia propulsora y los que definen la hélice y el timón del buque.

Como en esta fase se conocen los parámetros de la carena, la estimación será más exacta que la realizada en el dimensionamiento inicial.

El motor y la hélice que se va a diseñar cumplirán la condición de que el buque alcance los 18 nudos a plena carga, al 90% de su potencia máxima continua y con un margen de mar del 15%.

El motor será de 2 tiempos, con una hélice directamente acoplada de paso fijo. El equipo propulsor será un sistema robusto, de bajo coste de instalación y mantenimiento, poco propenso a averías y de gran rendimiento.

La hélice será de la serie B del canal de Wageningen y para su cálculo se utilizarán las hojas de cálculo realizadas en la asignatura Hidrodinámica, Resistencia y Propulsión de 5º curso.

## **2.- ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE. MÉTODO DE HOLTROP.**

Para el cálculo de la resistencia al avance se utiliza el Método de Holtrop y Mennen. Es un método estadístico basado en regresiones matemáticas de los resultados de los ensayos del canal de Wageningen y de pruebas de mar en buques construidos.

En este método la resistencia total al avance se divide en resistencia viscosa, resistencia de los apéndices, resistencia por formación de olas, resistencia de presión producida por el bulbo, resistencia de presión de las popas de estampa cuando están sumergidas y resistencia ficticia debida al coeficiente de correlación modelo-buque:

$$R_T = R_V + R_{AP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

Para aplicar este método partimos de las dimensiones y coeficientes obtenidos, como eslora en la flotación  $L_F$ , coeficiente de bloque  $C_B$ , coeficiente de la maestra  $C_M$ , coeficiente prismático  $C_P$ , coeficiente de la flotación  $C_F$ , posición longitudinal del centro de carena LCB, área del bulbo en la

perpendicular de proa  $A_{BT}$ , altura  $h_B$  sobre la línea base del c. de g. de la sección del bulbo de proa en la perpendicular de proa, y área de los timones  $A_T$  según DNV.

$$L_F = 160.12 \text{ m}$$

$$C_B = 0.699$$

$$C_m = 0.985$$

$$C_p = 0.712$$

$$C_F = 0.824$$

$$LCB = -0.182 \text{ m} = -0.114 \% L_F$$

$$A_{BT} = 20.04 \text{ m}^2$$

$$h_B = 2.45 \text{ m}$$

$$A_T = 0.01 \cdot L_F \cdot T \cdot (1.05 + 25 \cdot (B/L_F)^2) = 0.01 \cdot 160.12 \cdot 9.91 \cdot (1.05 + 25 \cdot (22.8/160.12)^2) = 24.70 \text{ m}^3$$

$$V_S = 18 \text{ nudos}$$

$$S_m = 3903.34 \text{ m}^2$$

$$I_E = 17^\circ$$

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_F}} = \frac{18 \cdot 0.5144}{\sqrt{9.81 \cdot 160.12}} = 0.2336$$

### Resistencia viscosa

La resistencia viscosa viene dada por la fórmula:

$$R_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C_F \cdot (1 + K_1)$$

donde el coeficiente de fricción se calcula según la fórmula ITTC-57:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} = \frac{0.075}{\left(\log \frac{V \cdot L_F}{v} - 2\right)^2} = \frac{0.075}{\left(\log \frac{18 \cdot 0.5144 \cdot 160.12}{1.188 \cdot 10^{-6}} - 2\right)^2} = 0.001489$$

El valor de  $(1+K_1)$  se obtiene por la fórmula:

$$(1 + K_1) = 0.93 + 0.4871 \cdot C_{14} \cdot \left(\frac{B}{L_F}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L_F}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L_F}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L_F^3}{V}\right)^{0.3649} \cdot (1 - C_P)^{-0.6042}$$

$$\frac{L_R}{L_F} = 1 - C_P + \frac{0.06 \cdot C_P \cdot LCB}{4 \cdot C_P - 1}$$

En esta fórmula,  $C_p$  es el coeficiente prismático referido a la eslora en la flotación  $L_F$ , y LCB es la posición longitudinal del centro de carena a partir de la sección media como un porcentaje de  $L_F$ , (será positivo hacia proa).

El coeficiente  $C_{14}$  pretende introducir la forma de popa en el factor de forma:

$C_{14} = 1 + 0.011 C_{stern}$	
$C_{stern} = -25$	Popas tipo góndola.
$C_{stern} = -10$	Cuadernas en V.
$C_{stern} = -0$	Cuadernas normales.
$C_{stern} = +10$	Cuadernas en U con popa Hogner.

En este caso  $C_{14} = 1 + 0.011 \cdot 0 = 1$

$$\nabla = C_B \cdot L_F \cdot B \cdot T = 0.699 \cdot 160.12 \cdot 22.8 \cdot 9.91 = 2528898 \text{ m}^3$$

$$L_R = L_F \cdot \left( 1 - C_p + \frac{0.06 \cdot C_p \cdot LCB}{4 \cdot C_p - 1} \right) = 160.12 \cdot \left( 1 - 0.71 + \frac{0.06 \cdot 0.71 \cdot (-0.114)}{4 \cdot 0.71 - 1} \right) = 46.07$$

$$(1 + K_1) =$$

$$= 0.93 + 0.487118 \cdot \left( \frac{22.4}{160.12} \right)^{1.06806} \cdot \left( \frac{9.91}{160.12} \right)^{0.46106} \cdot \left( \frac{160.12}{46.07} \right)^{0.121563} \cdot \left( \frac{160.12^3}{25288.98} \right)^{0.36486} \cdot (1 - 0.71)^{-0.604247} = 1.1949$$

**La resistencia viscosa a 18 nudos es:**

$$R_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \cdot C_F \cdot (1 + K_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (104.5872 \cdot 9.81) \cdot 3903.34 \cdot (18 \cdot 0.5144)^2 \cdot 0.001489 \cdot 1.1949 = 305440.85 \text{ N} = 305.44 \text{ kN}$$

**Resistencia de los apéndices**

El valor de esta resistencia se calcula mediante la fórmula:

$$R_{AP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_{AP} \cdot V^2 \cdot C_F \cdot (1 + K_2)_{eq}$$

Siendo  $(1 + K_2)_{eq}$  para timones de buques de 1 hélice.

$$(1 + K_2)_{eq} = \frac{\sum S_i \cdot (1 + K_2)}{\sum S_i}$$



$S_i$  =Superficie mojada de cada apéndice.  $(1+K_2)_i = (1+K_2)$  de cada apéndice.

En la tabla siguiente se dan valores aproximados de  $(1 + k_2)$  para varios tipos de apéndices, a partir de los cuales se calcula el coeficiente equivalente  $(1 + k_2)_{eq}$ . Consideraremos solamente el timón del buque.

Tipo de apéndice	$1+K_2$
Timón buque 1 hélice	1.3 a 1.5
Timón buque 2 hélices	2.8
Timón yquillote	1.5 a 2.0
Quillote solo	1.5 a 2.0
Arbotantes	3.0
Henchimientos protectores	3.0
Henchimientos integrados	2.0
Ejes	2.0 a 4.0
Aletas estabilizadoras	2.8
Domo	2.7
Quillas de balance	1.4

$$(1 + K_2)_{eq} = \frac{\sum S_i \cdot (1 + K_2)}{\sum S_i} = \frac{24.70 \cdot 1.4}{24.70} = 1.4$$

**La resistencia de apéndices a 18 nudos es:**

$$R_{AP} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S_{AP} \cdot V^2 \cdot C_F \cdot (1 + K_2)_{eq} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (104.5872 \cdot 9.81) \cdot 24.70 \cdot (18 \cdot 0.5144)^2 \cdot 0.001489 \cdot 1.4 = 2264.56 \text{ N} = 2.264 \text{ kN}$$

**Resistencia por formación de olas**

$$\text{Para } Fn \leq 0.40 \rightarrow R_w = \rho \cdot g \cdot \nabla \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_5 \cdot e^{m_1 \cdot Fn^d + m_4 \cdot \cos(\lambda \cdot Fn^{-2})}$$

$$C_1 = 2223105 \cdot C_7^{3.78613} \cdot (T/B)^{1.07961} \cdot (90 - i_E)^{-1.37565}$$

$$C_2 = e^{-1.89 \cdot \sqrt{C_3}}$$

$$C_3 = \frac{0.56 \cdot A_{BT}^{1.5}}{B \cdot T \cdot (0.31 \cdot \sqrt{A_{BT}} + T_F - h_B)} = \frac{0.56 \cdot 20.04^{1.5}}{22.8 \cdot 9.91 \cdot (0.31 \cdot \sqrt{20.04} + 9.91 - 2.45)} = 0.0251 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_2 = e^{-1.89 \cdot \sqrt{0.0251}} = 0.741$$

$$C_5 = 1 - 0.8 \cdot A_T / (B \cdot T \cdot C_M) = 1 - 0.8 \cdot A_T / (B \cdot T \cdot C_M) = 1 \text{ pues } A_T = 0$$

$i_E = 17^\circ$ , semiángulo de entrada en la flotación, en grados.

$$\begin{array}{lll}
 C_7 = 0.229577 (B/L_F)^{0.3333} & \text{para} & B/L_F < 0.11 \\
 C_7 = B/L_F & \text{para} & 0.11 < B/L_F < 0.25 \\
 C_7 = 0.5 - 0.0625 L_F/B & \text{para} & B/L_F > 0.25
 \end{array}$$

Como  $B/L_F = 22.8 / 160.12 = 0.1424 > 0.11 \rightarrow C_7 = \frac{B}{L_F} = \frac{22.8}{160.12} = 0.1424$

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 2223105 C_7^{3.78613} \cdot (T/B)^{1.07961} \cdot (90 - i_E)^{-1.37565} = \\
 &= 2223105 \cdot 0.1424^{3.78613} \cdot (9.91/22.8)^{1.07961} \cdot (90 - 17)^{-1.37565} = 1.542
 \end{aligned}$$

$$m_1 = 0.0140407 \cdot L_F/T - 1.75254 \cdot \nabla^{1/3}/L_F - 4.79323 \cdot B/L_F - C_{16}$$

$$C_{16} = 8.07981 \cdot C_p - 13.8673 \cdot C_p^2 + 6.984388 \cdot C_p^3 \quad \text{si} \quad C_p < 0.80$$

$$C_{16} = 1.73014 - 0.7067 \cdot C_p \quad \text{si} \quad C_p \geq 0.80$$

$$C_{16} = 8.07981 \cdot 0.71 - 13.8673 \cdot 0.71^2 + 6.984388 \cdot 0.71^3 = 1.246$$

$$m_1 = 0.0140407 \cdot 160.12/9.91 - 1.75254 \cdot 25288.98^{1/3}/160.12 - 4.79323 \cdot 22.8/160.12 - 1.246 = -2.023$$

$$m_4 = C_{15} \cdot 0.4 \cdot e^{(-0.034 \cdot F_n^{-3.29})}$$

$$c_{15} = -1.69385 \quad \text{si} \quad L_F^3/\nabla \leq 512$$

$$c_{15} = -1.69385 + \frac{(L_F/\nabla^{1/3} - 8)}{2.36} \quad \text{si} \quad 512 < L_F^3/\nabla < 1727$$

$$c_{15} = 0 \quad \text{si} \quad L_F^3/\nabla \geq 1727$$

$$\lambda = 1.446 \cdot C_p - 0.03 \cdot L_F/B \quad \text{si} \quad L_F/B \leq 12$$

$$\lambda = 1.446 \cdot C_p - 0.36 \quad \text{si} \quad L_F/B > 12$$

$$d = -0.9$$

Como  $L_F^3/\nabla = 160.12^3 / 25288.98 = 162.33 \leq 512 \Rightarrow c_{15} = -1.69385$

$$m_4 = -1.69385 \cdot 0.4 \cdot e^{(-0.034 \cdot 0.2336^{-3.29})} = -0.0116$$

$$\text{Como } L_F/B = 160.12/22.8 = 7.023 \leq 12 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 1.446 \cdot 0.71 - 0.03 \cdot \frac{160.12}{22.8} = 0.816$$

**La resistencia por formación de olas a 18 nudos es:**

$$\begin{aligned} R_W &= \rho \cdot g \cdot \nabla \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_5 \cdot e^{m_1 F_n^4 + m_4 \cos(\lambda F_n^{-2})} = \\ &= 104.5872 \cdot 9.81 \cdot 25288.98 \cdot 1.542 \cdot 0.741 \cdot 1 \cdot e^{-2.023 \cdot 0.2336^{-0.9} + (-0.0116) \cos(0.816 \cdot 0.2336^{-2})} = \\ &= 16734.84 \text{ N} = 167.34 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Resistencia de presión producida por el bulbo cerca de la flotación,  $R_B$ .**

$$\begin{aligned} R_B &= 0.11 \cdot \exp(-3 \cdot P_B^{-2}) \cdot F_{ni}^3 \cdot A_{BT}^{1.5} \cdot \rho \cdot g / (1 + F_{ni}^2) \\ P_B &= \frac{0.56 \cdot \sqrt{A_{BT}}}{(T_F - 1.5 \cdot h_B)} = \frac{0.56 \cdot \sqrt{20.04}}{(9.91 - 1.5 \cdot 2.45)} = 0.4021 \\ F_{ni} &= \frac{V}{\sqrt{g \cdot (T_F - h_B - 0.25 \cdot \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 \cdot V^2}} = \frac{18 \cdot 0.5144}{\sqrt{9.81 \cdot (9.91 - 2.45 - 0.25 \cdot \sqrt{20.04}) + 0.15 \cdot (18 \cdot 0.5144)^2}} = 1.0687 \end{aligned}$$

**La resistencia de presión producida por el bulbo a 18 nudos es:**

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{0.11 \cdot e^{(-3 \cdot 0.4021^{-2})} \cdot 1.0687^3 \cdot 20.04^{1.5} \cdot 104.5872 \cdot 9.81}{(1 + 1.0687^2)} = \\ &= 5.046 \cdot 10^{-5} \text{ Kg} = 5.046 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{9.81}{1000} \text{ kN} = 4.95 \cdot 10^{-7} \text{ kN} \end{aligned}$$

**Resistencia adicional debida a la inmersión del espejo,  $R_{TR}$ .**

$$R_{TR} = 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_T \cdot C_6$$

Como suponemos  $A_T = 0$ , la resistencia debida a la inmersión del espejo es  $R_{TR} = 0$ .

**Resistencia debida a la correlación modelo-buque,  $R_A$ .**

Tiene en cuenta la correlación modelo-buque, la rugosidad del casco y la resistencia del aire.

$$R_A = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_A$$

Siendo  $C_A$  el coeficiente de correlación modelo buque, que para condiciones ideales de pruebas, para una rugosidad estándar de 150  $\mu\text{m}$  se puede estimar por:

$$C_A = 0.006 \cdot (L_F + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \cdot (L_F/7.5)^{0.5} \cdot C_B^4 \cdot C_2 \cdot (0.04 - C_4)$$

$$C_4 = T_{PR}/L_F \quad \text{si } T_{PR}/L_F \leq 0.04$$

$$C_4 = 0.04 \quad \text{si } T_{PR}/L_F > 0.04$$

Como  $T_{PR}/L_F = 9.91 / 160.12 = 0.062 > 0.04 \rightarrow C_4 = 0.04$

$$C_A = 0.006 \cdot (160.12 + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \cdot (160.12/7.5)^{0.5} \cdot 0.699^4 \cdot 0.741 \cdot (0.04 - 0.04) = 0.000414$$

**La resistencia debida a la correlación modelo-buque es:**

$$R_A = \frac{1}{2} \cdot 104.5872 \cdot 3903.34 \cdot (18 \cdot 0.5144)^2 \cdot 0.000414 = 7244.90 \text{ kg} = \frac{7244.90 \cdot 9.81}{1000} = 71.072 \text{ kN}$$

Luego, la **resistencia total al avance** es, tomando un factor de servicio (o margen del mar) de 1.15:

$$R_T = \text{Factor Servicio} \cdot (R_V + R_{AP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A) =$$

$$= 1.15 \cdot (305.44 + 2.264 + 167.34 + 0 + 0 + 71.072) = 627.91 \text{ kN}$$

**La potencia de remolque** para  $R_T = 627.91 \text{ kN} = 627.91 \cdot 1000 / 9.81 = 64007.17 \text{ kg}$  es:

$$\text{EHP} = \frac{R_T \cdot V}{75} = \frac{64007.17 \cdot 18 \cdot 0.5144}{75} = 7902.07 \text{ C.V.}$$

A continuación se muestran los resultados de la estimación de potencia obtenida por Holtrop, en hoja de cálculo, para distintas velocidades, así como la curva potencia-velocidad.

**DATOS DEL BUQUE:**

Eslora entre perpendiculares	Lpp =	156,000 m
Eslora en la flotación	Lfl =	160,120 m
Manga	B =	22,800 m
Calado en proa	Tpr =	9,910 m
Calado en popa	Tpp =	9,910 m
Calado medio	Tm =	9,910 m
Coefficiente de bloque	Cb =	0,699
Coefficiente de la maestra	Cm =	0,985

**Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
POTENCIA, HÉLICE Y TIMÓN**

Coefficiente prismático	Cp =	0,710
Coefficiente de la flotación	Cf =	0,824
Abscisa c.d.c.en % Lf	LCB =	-0,114 %
Volumen de carena	Vol =	25288,98 m <sup>3</sup>
Velocidad de proyecto	V =	18 nudos
Superficie mojada	Sm =	3903,34 m <sup>2</sup>
Semiángulo de entrada en la flotación	i <sub>E</sub> =	17,00 °

**Propiedades del agua:**

Densidad del agua	ρ =	104,5872 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática	v =	1,188E-06 m <sup>2</sup> /s

**Apéndices:**

Timón	Atim =	24,7046516 m <sup>2</sup>
-------	--------	---------------------------

**Bulbo de proa**

Abt =	20,040 m <sup>2</sup>
hb =	2,450 m

**Forma de la popa**

Cstern =	0
----------	---

Popa de espejo	At =	0 m <sup>2</sup>	Forma del codaste:	ABIERTO
Factor de servicio		1,15		
Margen de proyecto		0 %		

**Coefficientes**

L <sub>R</sub> =	46,07	C1 =	1,54174	C15 =	-1,69385
i <sub>e</sub> =	17,00 °	C2 =	0,74111	C16 =	1,24632
S <sub>m</sub> =	3903,34 m <sup>2</sup>	C3 =	0,02513	C17 =	2,46940
1+k <sub>1</sub> =	1,1949	C4 =	0,04000	m1 =	-2,02325
(1+k <sub>2</sub> ) <sub>eq</sub> =	1,40	C5 =	1,00000	m3 =	-2,300296
P <sub>b</sub> =	0,4021	C7 =	0,14239	λ =	0,815462
		C14 =	1	C <sub>A</sub> =	0,000414

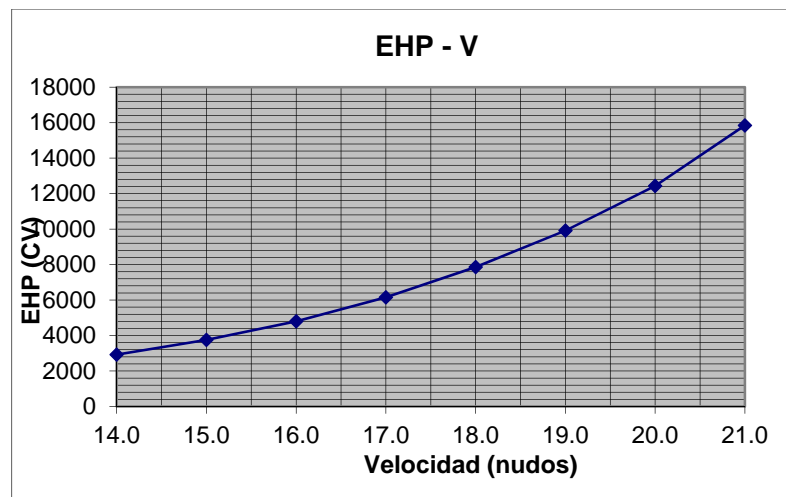
V (nudos)	V (m/s)	Fn	Fn <sub>i</sub>	C6	Fn <sub>i</sub>	Rn	m4	C <sub>F</sub>	Fn<0.4	Fn>0.55
14	7,2022	0,1817	0,00000	0,00000	0,8609	9,70E+08	-0,0001	1,54E-03	24,34	10,78
15	7,7167	0,1947	0,00000	0,00000	0,9149	1,04E+09	-0,0004	1,52E-03	42,86	20,51
16	8,2311	0,2077	0,00000	0,00000	0,9676	1,11E+09	-0,0017	1,51E-03	70,37	36,05
17	8,7456	0,2207	0,00000	0,00000	1,0189	1,18E+09	-0,0050	1,50E-03	109,95	59,84
18	9,2600	0,2336	0,00000	0,00000	1,0688	1,25E+09	-0,0116	1,49E-03	164,21	94,34
19	9,7745	0,2466	0,00000	0,00000	1,1173	1,32E+09	-0,0226	1,48E-03	228,91	138,08
20	10,2889	0,2596	0,00000	0,00000	1,1644	1,39E+09	-0,0383	1,47E-03	309,81	195,29
21	10,8034	0,2726	0,00000	0,00000	1,2100	1,46E+09	-0,0586	1,46E-03	430,07	282,18

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
POTENCIA, HÉLICE Y TIMÓN

	Fricción	Viscosa	Olas	Bulbo	Espejo	Apéndice	Correlación	Total	Potencia	Potencia
V	Rf	Rv	Rw	Rbul	Rtr	Rap	Ra	Rt	EHP	EHP
nudos	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kW	CV
14	159,58	190,69	24,34	0,000	0,000	1,41	43,05	298,42	2149,29	2921,22
15	181,63	217,03	42,86	0,000	0,000	1,61	49,42	357,56	2759,20	3750,19
16	205,01	244,98	70,37	0,000	0,000	1,82	56,23	429,40	3534,44	4803,86
17	229,72	274,50	109,95	0,000	0,000	2,04	63,48	517,46	4525,49	6150,85
18	255,74	305,59	164,21	0,000	0,000	2,27	71,17	624,72	5784,90	7862,59
19	283,07	338,25	228,91	0,000	0,000	2,51	79,29	746,31	7294,77	9914,74
20	311,69	372,46	309,81	0,000	0,000	2,76	87,86	888,82	9145,05	12429,56
21	341,61	408,21	430,07	0,000	0,000	3,03	96,86	1078,90	11655,74	15841,98

Para 18 nudos =

7862,59 CV



### 3.- ESTIMACIÓN DE LOS COEFICIENTES PROPULSIVOS MEDIANTE LAS FÓRMULAS DE HOLTROP.

El buque proyecto es de una línea de ejes, por tanto, se estimarán los coeficientes para un buque de una línea de ejes. Los coeficientes de estela, succión y rendimiento rotativo-relativo:

$$w = C_9 \cdot C_{20} \cdot C_V \cdot \frac{L_F}{T} \cdot (0.050776 + 0.93405 \cdot C_{11} \cdot \frac{C_V}{(1 - C_{P1})} + 0.27915 \cdot C_{20} \cdot \sqrt{\frac{B}{(L_F \cdot (1 - C_{P1}))}} + C_{19} \cdot C_{20}$$

$$t = \frac{0.2504 \cdot \left(\frac{B}{L_F}\right)^{0.28956} \cdot \left(\sqrt{\frac{B \cdot T}{D}}\right)^{0.2624}}{(1 - C_p + 0.0225 \cdot LCB)^{0.01762}} + 0.0015 \cdot C_{stem}$$

$$\eta_R = 0.99922 + 0.05908 \cdot \frac{A_E}{A_0} + 0.07424 \cdot (C_p - 0.0225 \cdot LCB)$$

donde:

Alumno: Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

Tutor: Germán ROMERO VALIENTE

$$C_V = C_F \cdot (1 + K_1) + C_A$$

Los resultados obtenidos de la hoja de cálculo, teniendo en cuenta los datos de la hélice y del buque, son:

**COEFICIENTES**

C8 = 10,133  
 C9 = 10,133  
 C11 = 1,7905                      D = 5,551 m  
 C19 = 0,06048                    Ae/Ao = 0,660  
 C20 = 1                              H/D = 0,849  
 Cp1 = 0,71655

V nudos	Rn	Fn	C <sub>V</sub> = C <sub>F</sub> (1+k)+C <sub>A</sub>		
			C <sub>F</sub>	C <sub>A</sub>	C <sub>V</sub>
14	9,705E+08	0,1817	1,54E-03	0,000414	2,250E-03
15	1,040E+09	0,1947	1,52E-03	0,000414	2,235E-03
16	1,109E+09	0,2077	1,51E-03	0,000414	2,220E-03
17	1,178E+09	0,2207	1,50E-03	0,000414	2,207E-03
18	1,248E+09	0,2336	1,49E-03	0,000414	2,194E-03
19	1,317E+09	0,2466	1,48E-03	0,000414	2,183E-03
20	1,386E+09	0,2596	1,47E-03	0,000414	2,172E-03
21	1,456E+09	0,2726	1,46E-03	0,000414	2,161E-03

Popa convencional

BUQUE 1 HÉLICE	
Coefficiente estela	Coefficiente succión
w	t
0,2819	0,1889
0,2817	0,1889
0,2815	0,1889
0,2813	0,1889
0,2811	0,1889
0,2810	0,1889
0,2809	0,1889
0,2807	0,1889

$\eta_R =$	1,0061
------------	--------

Para 18 nudos se tiene:

$$w = 0.2811 \quad ; \quad t = 0.1889 \quad ; \quad \eta_R = 1.0061 \quad ; \quad \eta_H = \frac{1-t}{1-w} = \frac{1-0.1889}{1-0.2811} = 1.1283$$

**4.- DIÁMETRO MÁXIMO**

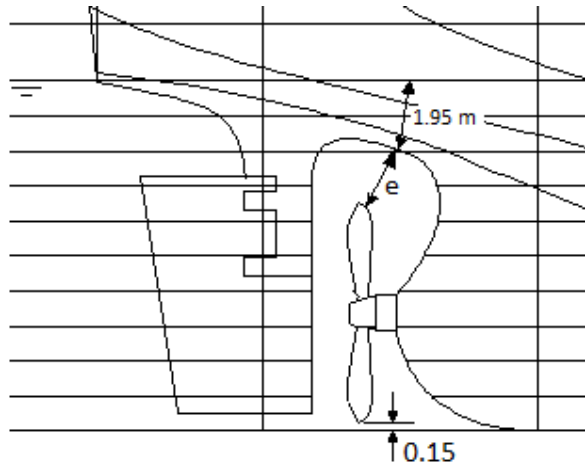
Según la Sociedad de Clasificación DNV, el huelgo de la hélice con el casco es:

$$e > (0.48 - 0.02 \cdot Z) \cdot R$$

siendo Z el número de palas y R el radio de la hélice.

Supondremos que la hélice tendrá 4 o 5 palas, lo cual es habitual en este tipo de buques. Como el calado del buque es de 9.91 metros, y teniendo en cuenta la forma del codaste

representada en la figura siguiente obtenida del plano de formas, y el margen entre la línea base y la punta inferior de la pala de 0.15 m, se podrá calcular aproximadamente el valor del diámetro máximo que podremos colocar en el hueco de la hélice par 4 o 5 palas. La inmersión del eje es de 6.58 m.



$$R = 9.91 - 0.15 - 6.58 = 3.18 \text{ m} \Rightarrow D_{\text{máx}} = 6.36 \text{ m}$$

4 palas

$$e = 9.91 - 0.15 - 6.36 - 1.95 = 1.45 \text{ m} > (0.48 - 0.02 \cdot Z) \cdot R = (0.48 - 0.02 \cdot 4) \cdot 3.18 = 1.272 \text{ m}$$

5 palas

$$e = 9.19 - 0.15 - 6.36 - 1.95 = 1.45 \text{ m} > (0.48 - 0.02 \cdot 5) \cdot R = (0.48 - 0.02 \cdot 5) \cdot 3.18 = 1.208 \text{ m}$$

Con este diámetro máximo, la punta superior de la pala queda sumergida  $9.91 - 0.15 - 6.36 = 3.40 \text{ m}$ , superior al 10% del diámetro del propulsor que es el mínimo recomendado por reglamento para evitar problemas de cavitación.

## 5.- ELECCIÓN DEL MOTOR

Si a la velocidad de servicio la potencia efectiva es EHP, la potencia a instalar vendrá dada por la siguiente expresión:

$$\text{BHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_D \times \eta_M}$$

Normalmente en motores diesel el punto de funcionamiento del propulsor se fija un porcentaje de la potencia instalada (entre el 90 y el 100 %) al 100 % de las revoluciones nominales. Si llamamos  $K_p$  a ese coeficiente necesitaremos una potencia:



$$\text{BHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_D \times \eta_M \times K_P}$$

El valor de  $K_P$  podemos considerar que es de 0.9 para buques finos y rápidos en los que predomina la resistencia por formación de olas, como es el caso del buque proyecto.

Para la estimación del rendimiento cuasi-propulsivo se utilizará la fórmula de Lap:

$$\eta_D = 0.885 - 0.00012 \cdot N \cdot \sqrt{L_{pp}}$$

donde  $N$  son las revoluciones por minuto del propulsor.

Se tomará como valor estimativo de  $N$ , 120 rpm, y al aplicar la fórmula de Lap queda:

$$\eta_D = 0.885 - 0.00012 \cdot N \cdot \sqrt{L_{pp}} = 0.885 - 0.00012 \cdot 120 \cdot \sqrt{156} = 0.705$$

Como el rendimiento propulsivo es  $\eta_p = \eta_D \cdot \eta_M$ , suponiendo un rendimiento mecánico  $\eta_M = 0.98$ , queda:

$$\eta_p = \eta_D \cdot \eta_M = 0.705 \cdot 0.98 = 0.691$$

La velocidad de servicio se obtendrá al 90% de la potencia máxima continua, y la potencia a instalar para la propulsión del buque será de:

$$\text{BHP}_{\text{estimada}} = \frac{\text{EHP}}{0.9 \cdot \eta_p} = \frac{7862.59}{0.9 \cdot 0.691} = 12642.85 \text{ CV}$$

Teniendo en cuenta que el rendimiento propulsivo será algo inferior al estimado, se busca en los catálogos un motor de más de 13000 CV a unas 120 rpm.

Se prueba con varios motores en la hoja de cálculo para tener un margen de entre el 5 y el 10%, y se elige finalmente un motor WARTSILA RTA 48T R1 7L de 13860 BHP, 14051 CV de potencia a 127 rpm, 7 cilindros en L y consumo 173 gr/kW x h o 127 gr/BHP x h.

## **6.- CÁLCULO DE LA HÉLICE ÓPTIMA**

Con esas características, en la hoja de cálculo se busca la hélice óptima de 4 o 5 palas. La

hélice de 5 palas tiene un rendimiento de propulsor aislado ligeramente superior. Se elige la hélice de 5 palas por esta razón y porque al tener menos diámetro, estará más sumergida en navegación en lastre, evitando situaciones de cavitación. La hélice tiene las características siguientes:

**HELICE SELECCIONADA  
 SERIE B**

Z =	5	
D =	5,551	m
H/D =	0,849	
$A_E/A_0 =$	0,660	
$\eta_0 =$	0,607	

Los cálculos realizados en hoja de cálculo se muestran a continuación:

	HELICE	4	PALAS
<b>DATOS DEL BUQUE PRACTICAS</b>			
Potencia efectiva =		7863 CV	(Obtenida de Holtrop)
Potencia del motor =		14051 CV	
Factor de utilización de potencia =		0,9	
Revoluciones =		127 rpm	
Velocidad de proyecto =		18 nudos	
Diámetro máximo de la hélice =		6,36 m	
Inmersión del eje =		6,58 m	

**COEFICIENTES Y RENDIMIENTOS**

Coefficiente de succión =	0,1889	(Obtenido de Holtrop)
Coefficiente de estela =	0,2811	(Obtenido de Holtrop)
Rendimiento rotativo-relativo =	1,0062	1,0061 (Obtenido de Holtrop)
Rendimiento mecánico =	0,980	

**HELICE RESULTANTE 4 PALAS**

Relación Area expandida - Area Disco =	0,589	
$B_p^{0.5}/10 =$	0,4821	
$\delta_{\text{ópt}} =$	55,946	
D ópt =	5,700 m	< Dmáx
D =	5,700 m	
$\delta_{\text{máx}} =$	62,419	
$\delta/100 =$	0,559	
H/D =	0,839	
$\eta_0 =$	0,605	

Empuje =	85052 kg	
Relación $A_E/A_D$ mínima por Keller =	0,588	CAVITA
$\eta_P$ =	0,674	
Potencia necesaria =	12970,76 CV	Hay potencia suficiente
		Margen: 8,33 %

**HELICE 5 PALAS**

**DATOS DEL BUQUE PRACTICAS**

Potencia efectiva =	7863 CV	(Obtenida de Holtrop)
Potencia del motor =	14051 CV	
Factor de utilización de potencia =	0,9	
Revoluciones =	127 rpm	
Velocidad de proyecto =	18 nudos	
Diámetro máximo de la hélice =	6,36 m	
Inmersión del eje =	6,58 m	

**COEFICIENTES Y RENDIMIENTOS**

Coefficiente de succión =	0,1889	(Obtenido de Holtrop)
Coefficiente de estela =	0,2811	(Obtenido de Holtrop)
Rendimiento rotativo-relativo =	1,0061	(Obtenido de Holtrop)
Rendimiento mecánico =	0,980	

**HELICE RESULTANTE 5 PALAS**

Relación Area expandida - Area Disco =	0,660	
$B_p^{0.5}/10$ =	0,482	
$\delta_{\text{opt}}$ =	54,481	
$D_{\text{opt}}$ =	5,551 m	< $D_{\text{máx}}$
$D$ =	5,551 m	
$\delta_{\text{máx}}$ =	62,419	
$\delta/100$ =	0,545	
$H/D$ =	0,849	
$\eta_0$ =	0,607	
Empuje =	85267 kg	
Relación $A_E/A_D$ mínima por Keller =	0,660	NO CAVITA
$\eta_P$ =	0,675	
Potencia necesaria =	12937,99 CV	Hay potencia suficiente
		Margen: 8,60 %

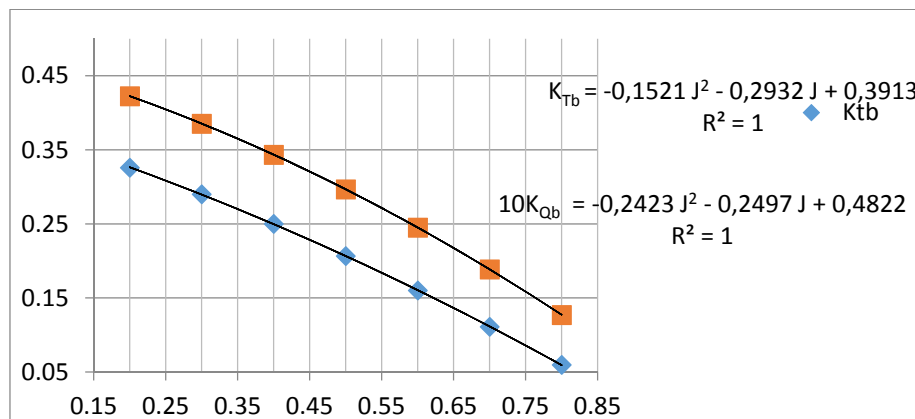
**CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROPULSOR AISLADO:**

A continuación se calculan las curvas de funcionamiento de la hélice en el buque  $K_{Tb}$ ,  $10K_{Qb}$  y se definen mediante parábolas.

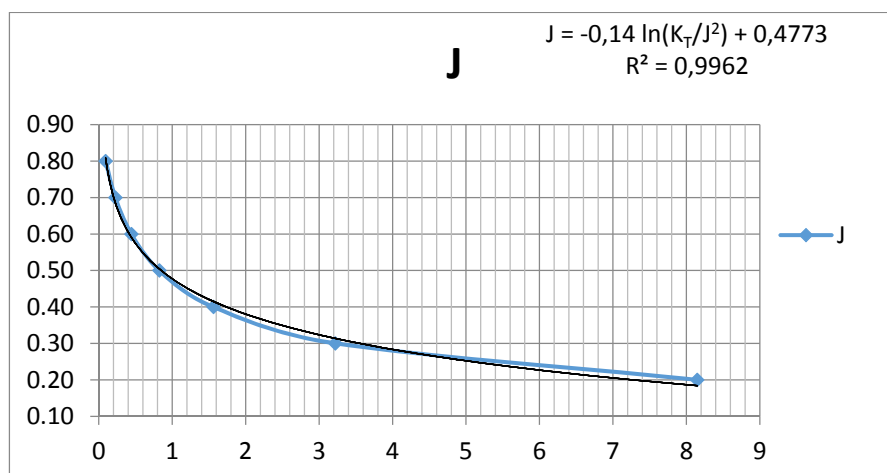
$$K_{Tb} = -0.1521 * J^2 - 0.2932 * J + 0.3913$$

$$10 * K_{Qb} = -0.2423 * J^2 - 0.2497 * J + 0.4822$$

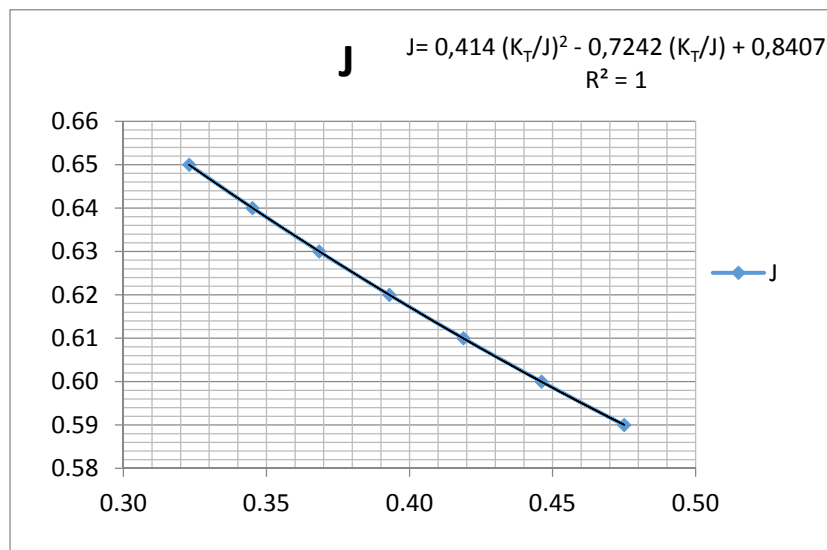
J	$K_{Tb}$	$10 * K_{Qb}$	$K_{Tb}$	$10 * K_{Qb}$	$K_{Tb}/J^2$
0,2000	0,3261	0,4228	0,3261	0,4227	8,1527
0,3000	0,2900	0,3855	0,2901	0,3854	3,2229
0,4000	0,2501	0,3436	0,2501	0,3434	1,5631
0,5000	0,2066	0,2969	0,2067	0,2967	0,8266
0,6000	0,1602	0,2454	0,1602	0,2452	0,4449
0,7000	0,1111	0,1889	0,1111	0,1887	0,2267
0,8000	0,0598	0,1274	0,0598	0,1272	0,0935



Se construye la curva  $K_T / J^2$  para el propulsor tras el buque. Se ajusta mejor en la zona de uso mediante una parábola.



J	$K_{Tb}$	$K_{Tb}/J^2$
0,59	0,1654	0,4751
0,60	0,1606	0,4462
0,61	0,1559	0,4188
0,62	0,1510	0,3929
0,63	0,1462	0,3684
0,64	0,1414	0,3451
0,65	0,1365	0,3230



Se calcula para el buque, a diferentes velocidades:

$$\left(\frac{K_T}{J^2}\right)_{\text{buque}} = \frac{T}{\rho * D^2 * V_A^2} = \frac{R_T}{\rho * D^2 * V_A^2 * (1-t)}$$

donde  $R_T$  son los valores de la resistencia obtenida por Holtrop.

Para cada velocidad se sustituye el valor de  $K_T / J^2$  del buque en la ecuación de J obtenida anteriormente para la hélice, obteniendo  $J_{Tb}$ , y con este valor se obtienen las revoluciones correspondientes y el valor de  $10 K_{Qb}$ , a partir de las parábola que la define. También se obtiene la potencia entregada a la hélice para cada velocidad. Se utilizan las siguientes fórmulas

$$n_b = \frac{(1 - w_{Tb}) * V_b}{J_{Tb} * D}$$

$$Q_{Bb} = \frac{0,1 * 10 * K_{Qb} * n_b^2 * D^5}{\eta_{RR}}$$

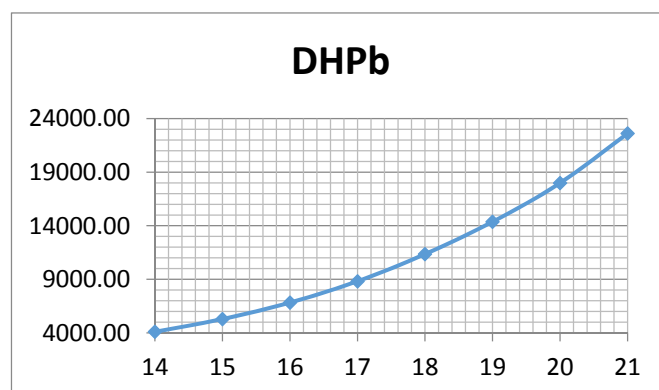
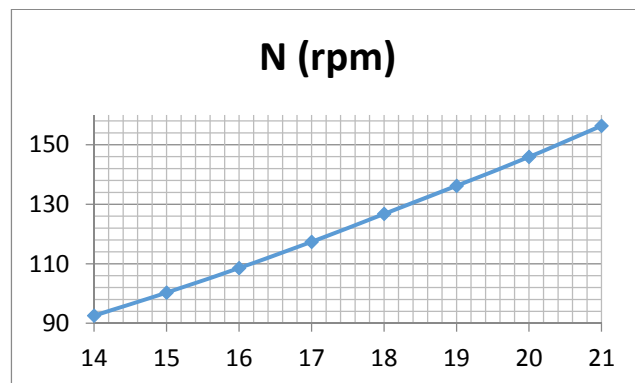
$$DHP_b = \frac{2 * \pi * n_b * Q_{Bb}}{75}$$

$$J = 0.414 * \left( \frac{K_T}{J} \right)^2 - 0.7242 * \frac{K_T}{J} + 0.8407$$

$$10 * K_{Qb} = -0.2423 * J^2 - 0.2497 * J + 0.4822$$

La tabla de resultados para cada velocidad es la siguiente:

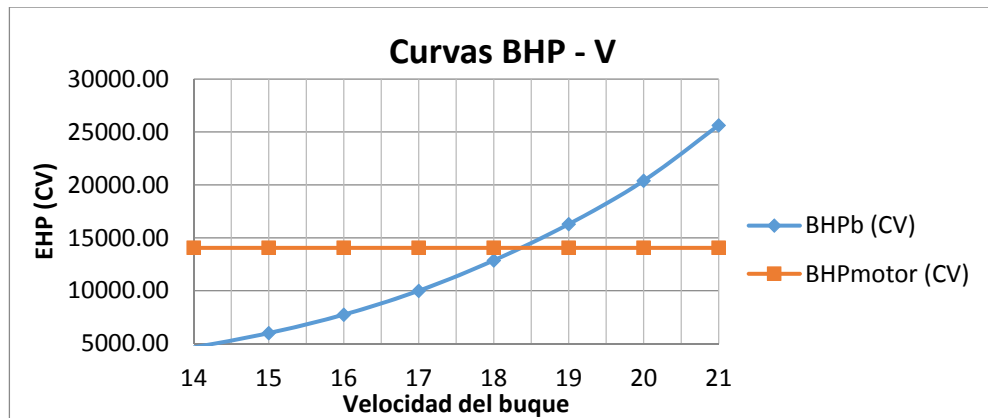
V (nudos)	$K_T/J^2$ (buque)	J	N (rpm)	10 $K_{Qb}$	$Q_{Bb}$ (kgm)	$DHP_b$ (kW)
14	0,435	0,6040	92,55	0,2430	31680,784	4094,05
15	0,454	0,5973	100,30	0,2466	37762,248	5288,54
16	0,479	0,5889	108,55	0,2511	45038,828	6826,18
17	0,511	0,5788	117,37	0,2565	53782,990	8813,91
18	0,550	0,5677	126,74	0,2624	64145,289	11351,04
19	0,589	0,5577	136,20	0,2676	75548,288	14366,73
20	0,633	0,5482	145,90	0,2725	88296,035	17986,62
21	0,697	0,5371	156,37	0,2782	103543,735	22607,47



Se representan las curvas de  $BHP_b$  y  $BHP_{motor}$ , y el punto de corte permite obtener la velocidad:

**BHP (CV) = 14051 ;  $\eta_M = 0.980$  ;  $K_p = 0.90$**

V (nudos)	BHP <sub>b</sub> CV	BHP motor
14	4641,78	14051
15	5996,08	14051
16	7739,43	14051
17	9993,09	14051
18	12869,66	14051
19	16288,81	14051
20	20393,00	14051
21	25632,05	14051



### 7.- CARTILLA DE TRAZADO DE LA HÉLICE

Las características de la hélice de la serie B son:

$Z = 5$   
 $D = 5.551 \text{ mm}$   
 $H/D = 0,849$   
 $A_E/A_D = 0,660$   
 $H_{0.7R} = 4712 \text{ mm}$

r/R	K(r)	Skew/c(r)	c(r)	Skew	A(r)	B(r)	$t_{max}(r)/D$	$t_{max}(r)$	$\varphi$
0,2	1,600	0,081	1172,41	94,97	0,0526	0,0040	0,0326	180,968	0,9336
0,3	1,832	0,084	1342,41	112,76	0,0464	0,0035	0,0289	160,429	0,7332
0,4	2,023	0,080	1482,36	118,59	0,0402	0,0030	0,0252	139,89	0,5941
0,5	2,163	0,070	1584,95	110,95	0,0340	0,0025	0,0215	119,35	0,4955
0,6	2,243	0,052	1643,57	85,47	0,0278	0,0020	0,0178	98,811	0,4231
0,7	2,247	0,024	1646,50	39,52	0,0216	0,0015	0,0141	78,2716	0,3684
0,8	2,132	-0,020	1562,23	-31,24	0,0154	0,0010	0,0104	57,7323	0,3257
0,9	1,798	-0,098	1317,49	-129,11	0,0092	0,0005	0,0067	37,1929	0,2917
1					0,0032	0,0000	0,0032	17,7638	0,2639

r/R	$l_e$	$l_s$	$h_e$	$h_s$	$X_e$	$X_s$
0,2	681,17	491,24	72,39	54,29	410,34	762,07
0,3	783,97	558,44	60,24	40,67	469,84	872,57
0,4	859,77	622,59	48,26	24,97	520,31	962,05
0,5	903,42	681,53	36,28	11,58	562,66	1022,29
0,6	907,25	736,32	24,21	5,04	639,35	1004,22
0,7	862,77	783,73	12,56	0,00	729,40	917,10
0,8	749,87	812,36	4,27	0,00	759,25	802,99
0,9	529,63	787,86	0,00	0,00	658,75	658,75
1					0,00	0,00

**CONTORNOS PROYECTADOS**

r/R	$A_e$	$A_s$	$B_e$	$B_s$
0,2	347,06	335,89	590,57	362,55
0,3	542,20	442,16	569,43	343,52
0,4	685,43	529,89	521,27	327,82
0,5	777,54	605,08	461,44	313,84
0,6	817,29	673,45	394,62	297,76
0,7	800,36	731,15	322,42	282,24
0,8	709,07	769,65	244,01	259,96
0,9	507,26	754,59	152,30	226,55
1				

**CARTILLA DE TRAZADO. CONTORNOS DESARROLLADOS.**

CARA DE PRESIÓN:

HACIA EL BORDE DE SALIDA									
r/R	$X_s$	95%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	20%
0,2	47,87	44,55	40,65	33,32	26,59	20,44	14,91	10,03	2,91
0,3	34,59	30,60	26,85	20,00	14,15	9,35	5,64	3,03	0,50
0,4	19,17	15,68	12,70	8,23	5,16	2,80	1,52	0,57	0,00
0,5	5,81	4,68	3,67	2,12	1,11	0,45	0,13	0,00	0,00
0,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1									



Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
 POTENCIA, HÉLICE Y TIMÓN

HACIA EL BORDE DE ENTRADA

20%	40%	50%	60%	70%	80%	85%	90%	95%	X <sub>e</sub>
0,78	4,83	8,27	12,78	18,76	26,79	31,79	37,41	44,84	56,59
0,38	2,09	4,23	7,09	11,14	16,80	20,38	24,82	30,83	41,22
0,00	0,41	1,11	2,32	4,39	7,83	10,23	13,37	18,02	26,80
0,00	0,00	0,08	0,36	0,89	2,22	3,44	5,25	8,17	13,42
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,19	0,58	1,47	3,32
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0

CARA DE SUCCIÓN:

HACIA EL BORDE DE SALIDA

r/R	X <sub>s</sub>	95%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	20%
0,2	59,45	66,97	76,88	96,73	114,99	130,982	144,97	156,85	174,50
0,3	45,02	53,03	62,33	80,82	97,849	112,698	126,09	137,43	156,17
0,4	28,40	36,74	45,58	63,19	80,245	95,04	109,07	119,76	135,25
0,5	13,81	23,25	32,44	49,81	66,346	80,14	92,54	102,16	115,33
0,6	0,00	15,61	24,08	39,73	53,778	65,7960	76,06	84,32	95,25
0,7	0,00	12,51	19,25	31,63	42,56	52,04	60,05	66,61	75,36
0,8	0,00	9,28	14,24	23,37	31,42	38,40	44,31	49,14	55,58
0,9	0,00	7,35	10,41	16,03	20,99	25,29	28,93	31,90	35,87
1									

HACIA EL BORDE DE ENTRADA

20%	40%	50%	60%	70%	80%	85%	90%	95%	X <sub>e</sub>
177,77	167,92	160,14	150,46	139,16	124,73	115,87	104,55	91,64	78,59
157,28	147,28	140,90	132,55	122,28	108,54	99,93	89,31	76,88	60,62
136,51	127,19	120,66	112,64	102,38	88,99	80,52	70,14	58,82	43,82
116,30	107,59	101,32	93,22	82,75	69,46	61,20	51,67	40,87	27,74
96,12	88,29	82,20	74,46	64,55	52,08	44,87	36,09	26,24	15,18
76,06	69,15	63,63	56,75	48,41	38,37	32,65	26,09	18,62	0,00
55,94	50,47	46,13	40,78	34,50	27,14	23,01	18,61	13,81	0,00
35,99	32,37	29,66	26,35	22,43	17,91	15,43	12,79	10,00	0,00

## 8.- CÁLCULO DEL TIMÓN

Se procederá al cálculo del timón, y posteriormente a comprobar las características de maniobrabilidad, que son:

- Facilidad de evolución: es la capacidad de llevar a cabo grandes cambios de rumbo en espacios reducidos.
- Estabilidad de ruta: capacidad de mantener un determinado rumbo actuando lo menos posible sobre el timón.
- Facilidad de cambio de rumbo: es la posibilidad de realizar un cambio moderado de rumbo en el menor espacio posible y con la mayor rapidez posible.

El buque llevará un timón semisuspendido, semicompensado con una relación de compensación del 25% y un perfil NACA. Como el coeficiente de bloque es de 0.699, se proyecta según DIAMETRO DE GIRO, y después se comprueba la estabilidad de ruta y el cambio de rumbo. Según el reglamento del DNV, el área mínima del timón viene dada por la expresión:

$$A_T = \frac{L * T}{100} * \left( 1.025 + 25 * \left( \frac{B}{L} \right)^2 \right) = \frac{156 * 9.91}{100} * \left( 1.025 + 25 * \left( \frac{22.8}{156} \right)^2 \right) = 24.10 \text{ m}^2$$

El criterio de que el área mínima sea de 1.6% del área de deriva, nos da  $0.016 * L * T = 0.016 * 156 * 9.91 = 24.74 \text{ m}^2$ .

La altura del vano del codaste, medida en el plano de formas es de 7.90 m. La altura máxima del timón, teniendo en cuenta los huelgos con el casco, es  $h_{\text{máx}} = 0.86 * 7.90 = 6.79 \text{ m}$ . Por otra parte, se recomienda que la altura del timón sea al menos 1.15 veces diámetro de la hélice, en nuestro caso,  $1.15 * 5.551 = 6.38 \text{ m}$ .

La relación de alargamiento es el cociente entre la altura y la cuerda del timón. Debe variar entre 1.4 y 2.0, aunque para buques mercantes de una hélice se recomienda entre 1.7 y 1.9. El límite inferior tiene por objeto que el par de la mecha no sea demasiado grande, y el superior viene obligado por el hecho de que no haya desprendimiento de flujo. Si elegimos 1.9, la altura que nos

sale excede la máxima, por lo que tomamos una relación de alargamiento de 1.8, que da una altura de timón de:

$$h = \sqrt{A_T * \lambda} = \sqrt{24.74 * 1.8} = 6.7 \text{ m}$$

La cuerda del timón es:

$$c = \frac{A_T}{h} = \frac{24.75}{6.7} = 3.69 \text{ m}$$

La relación de espesor E es el cociente entre el espesor y la cuerda del timón. El límite inferior de esta relación es 0.15 mientras que el superior es 0.23. Para calcular la relación de espesor, se impone la condición de que el ángulo de desprendimiento de flujo sea superior a 35°. Para una relación de espesor más grande, el ángulo de desprendimiento aumenta, por tanto, vamos probando valores de E hasta conseguir que el ángulo desprendimiento sea superior a 35°. Para calcularlo necesitamos conocer los siguientes valores de la hélice obtenida:

Diámetro: 5.551 m

Coefficiente de estela: calculado según Holtrop,  $w = 0.2811$

Coefficiente de empuje:

$$K_T = \frac{T}{\rho * n^2 * D^4} = \frac{85267}{\frac{1025}{9.81} * \left(\frac{127}{60}\right)^2 * 5.551^4} = 0.1918$$

Grado de avance:

$$J = \frac{V_A}{n * D} = \frac{18 * 0.5144 * (1 - 0.2811)}{\frac{127}{60} * 5.551} = 0.5665$$

Para estos valores, el ángulo de desprendimiento para distintos valores de E es:

$$\delta_g = 7.11 * (1 + 7 * E) * \left(1 + \frac{1.25}{\lambda}\right) * \left(1 + 0.048 * \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8 * K_T}{\pi * J^2}\right)}\right) * \frac{h}{D}$$

E	$\delta$
0,18	34,38
0,19	35,44
0,20	36,51
0,21	37,57

Cogemos E = 0.19 que es el primer valor que cumple:

$$\delta_g = 7.11 * (1 + 7 * E) * \left(1 + \frac{1.25}{\lambda}\right) * \left(1 + 0.048 * \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8 * K_T}{\pi * J^2}\right)}\right) * \frac{h}{D} =$$

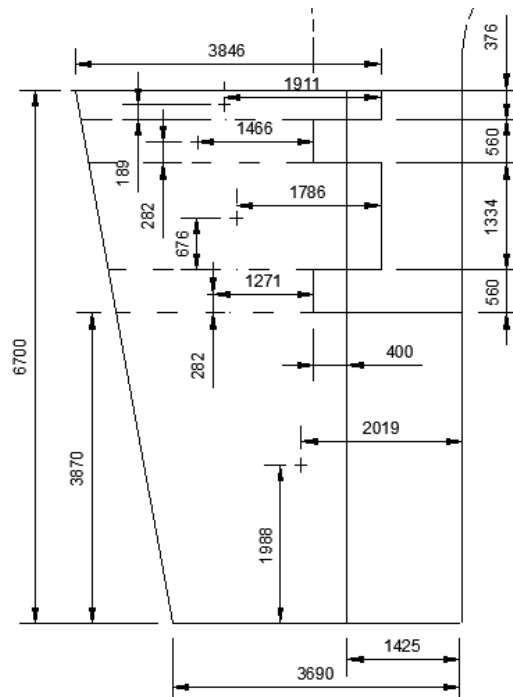
$$= 7.11 * (1 + 7 * 0.19) * \left(1 + \frac{1.25}{1.8}\right) * \left(1 + 0.048 * \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8 * 0.1918}{\pi * 0.5665^2}\right)}\right) * \frac{6.7}{5.551} = 35.44^\circ > 35^\circ$$

Con este valor de E obtenemos el espesor del perfil NACA0019, e = 0.19 \* 3.69 = 0.70 m. Este perfil es simétrico, curvatura nula, identificado por las dos primeras cifras que son 0. El máximo espesor de este perfil se da al 30% de la cuerda desde el borde de proa.

El espesor del perfil, de forma adimensionalizada en función de la cuerda es:

x	y/c
0,00	0,00000
0,10	0,07414
0,20	0,09084
0,30	0,09503
0,40	0,09188
0,50	0,08382
0,60	0,07225
0,70	0,05801
0,80	0,04153
0,90	0,02292
1,00	0,00199

A continuación se muestra el croquis del timón:



El área a proa del eje es de:  $1.425 * 3.870 + 0.4 * 1.334 + 0.4 * 0.376 = 6.20 \text{ m}^2$ , luego la relación de compensación es de  $6.20 / 24.77 = 25\%$ .

El centro de presión del timón con respecto a la punta y a popa del eje, es:

Ai	Xgi	Ygi	Ai * X	Ai * Ygi
15,52	0,194	1,988	3,011	30,854
1,45	1,671	4,152	2,423	6,020
4,75	1,386	5,106	6,584	24,254
1,63	1,866	6,046	3,042	9,855
1,42	1,511	6,513	2,146	9,248
24,77			17,205	80,231

$$X_{c.d.p.} = \frac{17.205}{24.77} = 0.695 \text{ m} \quad ; \quad Y_{c.d.p.} = \frac{80.231}{24.77} = 3.239 \text{ m}$$

### 9.- PREDICCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD SEGÚN LA IMO.

DIÁMETRO DE GIRO / ESLORA:

Codaste abierto: área del perfil del bulbo  $A_B = 47.07 \text{ m}^2$  obtenido del plano de formas.

$$\begin{aligned} \frac{D}{L} &= 4.19 - 203 * \frac{C_B}{\delta_g} + 47.4 * \frac{T_{pp} - T_{pr}}{L} - 13 * \frac{B}{L} + \frac{194}{\delta_g} - 35.8 * \frac{A_T}{L * T} + 7.79 * \frac{A_B}{L * T} = \\ &= 4.19 - 203 * \frac{0.699}{35} + 47.4 * \frac{9.91 - 9.91}{156} - 13 * \frac{22.8}{156} + \frac{194}{35} - 35.8 * \frac{24.77}{156 * 9.91} + 7.79 * \frac{47.07}{156 * 9.91} = \\ &= 3.443 \end{aligned}$$

DIAMETRO DE EVOLUCION / ESLORA:

Buque 1 hélice:

$$\frac{D_E}{L} = 0.91 * \frac{D}{L} + 0.234 * \frac{V}{\sqrt{L}} + 0.675 = 0.91 * 3.443 + 0.234 * \frac{18}{\sqrt{156}} + 0.675 = 4.145 < 5 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

AVANCE / ESLORA:

Buque 1 hélice:

$$\frac{A_V}{L} = 0.519 * \frac{D_E}{L} + 1.33 = 0.519 * 4.145 + 1.33 = 3.481 < 4.5 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

DESVIACIÓN / Lpp:

$$\frac{\text{Desviación}}{L_{pp}} = 0.497 * \frac{D_E}{L} - 0.065 = 0.497 * 4.145 - 0.065 = 1.995$$

FACILIDAD DE PARADA:

$$PP = 0.305 * V^3 * \frac{\Delta}{PBA * D_{PROPULSOR}} = 0.305 * 18^3 * \frac{25254}{0.35 * 14051 * 5.551} = 1645.5$$

$$\begin{aligned} \frac{\text{Distacia}}{L} &= \frac{0.305 * \Delta^{1/3} * e^{(0.773 - 0.00005 * PP + 0.617 * \ln(PP))}}{L} = \\ &= \frac{0.305 * 25254^{1/3} * e^{(0.773 - 0.00005 * 1645.5 + 0.617 * \ln(1645.5))}}{156} = 11.042 < 15 \Rightarrow \text{CUMPLE} \end{aligned}$$

## 10.- PREDICCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD SEGÚN METODO A.I.C.N.

### CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

DIAMETRO DE GIRO/ ESLORA: según el criterio de Getler, se interpola entre los valores:

$$\frac{D}{L} = 3.2 \text{ para } C_B = 0.8$$

$$\frac{D}{L} = 4.2 \text{ para } C_B = 0.6$$

Para el coeficiente del buque proyecto de 0.699, se obtiene:

$$\frac{D}{L} = 4.2 - \frac{(4.2 - 3.2) * (0.6 - 0.699)}{-0.2} = 3.705$$

AVANCE / ESLORA: se interpola para los valores:

$$\frac{A_V}{L} = 4.2 \text{ para } C_B = 0.8$$

$$\frac{A_V}{L} = 4.8 \text{ para } C_B = 0.6$$

$$\frac{A_V}{L} = 4.8 - \frac{(4.8 - 4.2) * (0.6 - 0.699)}{-0.2} = 4.503$$

NUMERO P: criterio de Gertler  $P > 0.2$

ANCHURA DEL CICLO DE HISTERESIS: criterio de Gertler, 4 grados.

## VALORES ESTIMADOS

### FACILIDAD DE EVOLUCIÓN. DIAMETRO DE GIRO / ESLORA, D/L:

$$\gamma = \frac{6.28 * \lambda}{\lambda + 2.55} * (1 - 0.35 * E) * \left( 1 + \frac{8 * K_T * D}{\pi * J^2 * h} \right) * \left( \frac{m}{1 + 1.214 * \left( 1 - e^{\frac{-0.3 * K_T}{J^2}} \right)} \right) =$$

$$= \frac{6.28 * 1.8}{1.8 + 2.55} * (1 - 0.35 * 0.19) * \left( 1 + \frac{8 * 0.1918 * 5.551}{\pi * 0.5665^2 * 6.7} \right) * \left( \frac{0.699 + 0.3}{1 + 1.214 * \left( 1 - e^{\frac{-0.3 * 0.1918}{0.5665^2}} \right)} \right) = 4.5687$$

$$\frac{\partial F_n}{\partial \delta} = \gamma * \frac{1}{0.9} * \frac{1}{2} * \rho * A_T * V^2 * (1 - w)^2 =$$

$$= 4.5687 * \frac{1}{0.9} * \frac{1}{2} * \frac{1026}{9.81} * 24.77 * (18 * 0.5144)^2 * (1 - 0.2811)^2 = 291398$$

$$D_G = 23.86 * 10^{-3} * \frac{L}{B} * \frac{1}{C_B^2} * \frac{M * V^2}{\left(\frac{\partial F_n}{\partial \delta}\right) * L} * \left(1 + 25 * \frac{T_{PP} - T_{PR}}{L}\right) =$$

$$= 23.86 * 10^{-3} * \frac{156}{22.8} * \frac{1}{0.699^2} * \frac{25254 * 1000 / 9.81 * (18 * 0.5144)^2}{291398 * 156} * \left(1 + 25 * \frac{9.91 - 9.91}{156}\right) = 1.6225$$

$$\frac{D}{L} = \frac{2 * D_G}{\text{sen } 2\delta} = \frac{2 * 1.6225}{\text{sen } 1.22} = 3.442$$

Como  $3.705 > 3.442$ , cumple.

#### FACILIDAD DE CAMBIO DE RUMBO.

##### NUMERO P:

$$\frac{\partial F_t}{\partial \delta} = \gamma * \frac{1}{2} * \rho * A_T * V^2 * (1 - w)^2 = 4.5687 * \frac{1}{2} * \frac{1026}{9.81} * 24.77 * (18 * 0.5144)^2 * (1 - 0.2811)^2 = 262258.2$$

$$\frac{K'}{T'} = 0.18 * \frac{\partial F_t / \partial \delta}{M * V^2} * \frac{L}{k^2} = 0.18 * \frac{262258.2}{25254 * 1000 / 9.81 * (18 * 0.5144)^2} * \frac{156}{0.24^2} = 0.5792$$

$$\eta = \gamma * (1 - w)^2 * \frac{A_T * L}{\nabla} * \frac{L/B}{C_B^2} * \left(1 + 25 * \frac{T_{PP} - T_{PR}}{L}\right) =$$

$$= 4.5687 * (1 - 0.2811)^2 * \frac{24.77 * 156}{25254 / 1.026} * \frac{156 / 22.8}{0.699^2} * \left(1 + 25 * \frac{9.91 - 9.91}{156}\right) = 5.1907$$

$$\frac{1}{T'} = 0.12 * \eta = 0.12 * 5.1907 = 0.6229$$

$$T' = \frac{1}{0.6229} = 1.6054 \quad ; \quad T' \text{ es el índice de Nomoto}$$

$$K' = 0.5792 * 1.6054 = 0.9298$$

$$P = K' * (1 - T' + T' * e^{-1/T'}) = 0.9298 * (1 - 1.6054 + 1.6054 * e^{-1/1.6054}) = 0.2378 > 0.2 \Rightarrow \text{cumple}$$

#### AVANCE / ESLORA:

$$\frac{A_V}{L} = \frac{4.27 * \sqrt{\frac{L/B}{C_B^2}} - 28.27 * P}{1.3 * \sqrt{0.1 * \delta_G}} = \frac{4.27 * \sqrt{\frac{156/22.8}{0.699^2}} - 28.27 * 0.2378}{1.3 * \sqrt{0.1 * 35}} = 3.8063 \leq 4.53 \Rightarrow \text{cumple}$$



**ESTABILIDAD DE RUTA. ANCHO DEL CICLO DE HISTÉRESIS:**

Esta cualidad se mide por el ancho del ciclo de histéresis. Se utiliza el criterio de Geltler, que considera que la anchura máxima del ciclo será de 4°:

$$\alpha(\text{grados}) = 18.12 - \frac{46.43}{T_m'} = 18.12 - \frac{46.43}{1.6054} = -10.80 \leq 4 \Rightarrow \text{cumple}$$

**11.- CÁLCULO DE FUERZAS, PARES SOBRE EL TIMÓN, Y DIÁMETRO DE LA MECHA**

**CÁLCULO DE FUERZAS.**

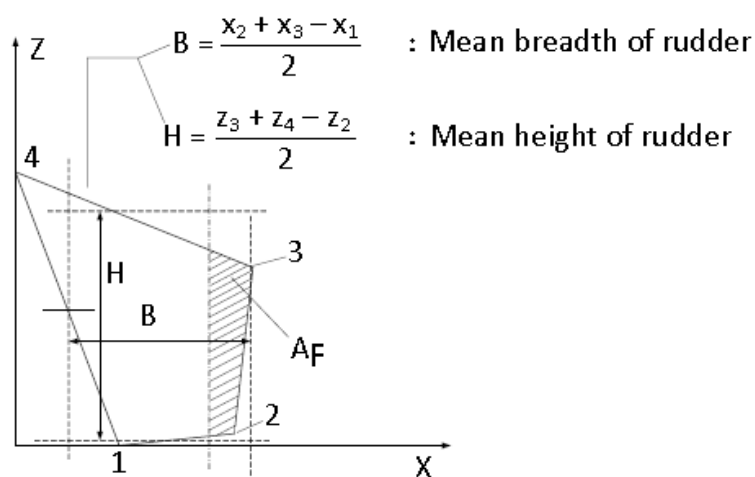
**AVANTE:**

Según el DNV, la fuerza sobre el timón vale:

$$F_R = 0.044 * k_1 * k_2 * k_3 * A * V_{str}^2 \text{ (kN)} = 0.044 * 1.1 * 1 * 3.571 * 24.77 * 18^2 = 1387.10 \text{ kN}$$

$$k_3 = \frac{H^2}{A_t} + 2 = \frac{\left(\frac{6.7 + 6.7 - 0}{2}\right)^2}{28.57} + 2 = \frac{6.7^2}{28.57} + 2 = 3.571 \text{ ; (nunca mayor que 4)}$$

$$A_t = 24.77 + (1.425 + 0.4) * 0.56 + (1.425 - 0.4) * 1.334 + (1.425 + 0.4) * 0.56 + (1.425 - 0.4) * 0.376 = 28.57 \text{ m}^2$$



**CIANDO:**

$$F_R = 0.044 * k_1 * k_2 * k_3 * A * V_{str}^2 \text{ (kN)} = 0.044 * 0.8 * 1 * 3.571 * 24.77 * 9^2 = 252.20 \text{ kN}$$

**PAR EN LA MECHA AVANTE:**

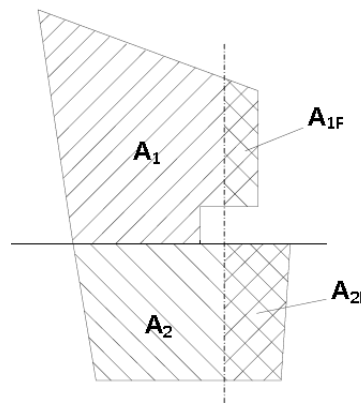
$$Q_A = \sum_{i=1}^n F_{Ri} * x_{ei} \text{ (kNm)} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} * F_R * B_i * (\alpha - k_i) \quad ; \quad \text{mínimo } 0.1 * F_R * x_{em} = 0.1 * F_R * \sum_{i=1}^n \frac{A_i * B_i}{A}$$

$A_i$  = área parcial

$B_i$  = manga media del área parcial

$\alpha = 0.33$ , avante. Si la parte del timón va detrás de una estructura fija, entonces  $\alpha = 0.25$ .

$$k_i = \frac{A_{iF}}{A_i} \quad ; \quad A_{iF} = \text{área parcial a proa del eje de la mecha}$$



Formamos la tabla siguiente para nuestro timón:

	$A_i$	$B_i$	$A_{iF}$	$k_i$	$\alpha$	$A_i * B_i$	$A_i * B_i * (\alpha - k_i)$
1	15,52	4,216	5,517	0,355	0,33	65,432	-1,667
2	1,45	2,738	0,000	0,000	0,25	3,970	0,993
3	4,75	3,635	0,534	0,112	0,25	17,266	2,375
4	1,63	2,915	0,000	0,000	0,25	4,751	1,188
5	1,42	3,807	0,150	0,106	0,25	5,406	0,780
	24,77					96,826	3,669

$$M_{TR} = \sum_{i=1}^n F_{Ri} * x_{ei} \text{ (kNm)} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} * F_R * B_i * (\alpha - k_i) = \frac{F_R}{A} * \sum_{i=1}^n A_i * B_i * (\alpha - k_i) = \frac{1387.10}{24.77} * 3.669 =$$

$$= 205.46 \text{ kNm}$$

$$\text{mínimo } 0.1 * F_R * x_{em} = 0.1 * F_R * \sum_{i=1}^n \frac{A_i * B_i}{A} = 0.1 * 1387.10 * \frac{96.826}{24.77} = 542.22 \text{ kNm}$$

**PAR EN LA MECHA CIANDO:**

$\alpha = 0.66$ , cando. Si la parte del timón va detrás de una estructura fija, entonces  $\alpha = 0.55$ .

	A <sub>i</sub>	B <sub>i</sub>	A <sub>i</sub> F	k <sub>i</sub>	$\alpha$	A <sub>i</sub> *B <sub>i</sub>	A <sub>i</sub> *B <sub>i</sub> *( $\alpha$ -k <sub>i</sub> )
1	15,52	4,216	5,517	0,355	0,66	65,432	19,926
2	1,45	2,738	0,000	0,000	0,55	3,970	2,184
3	4,75	3,635	0,534	0,112	0,55	17,266	7,555
4	1,63	2,915	0,000	0,000	0,55	4,751	2,613
5	1,42	3,807	0,150	0,106	0,55	5,406	2,402
	24,77					96,826	34,680

$$M_{TR} = \sum_{i=1}^n F_{Ri} * x_{ei} \text{ (kNm)} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} * F_R * B_i * (\alpha - k_i) = \frac{F_R}{A} * \sum_{i=1}^n A_i * B_i * (\alpha - k_i) = \frac{252.20}{24.77} * 35.680 =$$

$$= 363.28 \text{ kNm}$$

$$\text{mínimo } 0.1 * F_R * x_{em} = 0.1 * F_R * \sum_{i=1}^n \frac{A_i * B_i}{A} = 0.1 * 252.20 * \frac{96.826}{24.77} = 98.59 \text{ kNm}$$

**CALCULO DEL DIAMETRO DE LA MECHA:**

El diámetro requerido es:

$$d_s = 42 * k_b * \left( \frac{M_{TR}}{f_1} \right)^{1/3} \text{ (mm)}$$

$f_1$  = factor del material utilizado. Acero alta resistencia NV-40 de 390 N/mm<sup>2</sup> de tensión de fluencia, entonces  $f_1 = 1.47$ .

$k_b = 1$  por encima del soporte del timón:

**AVANTE:**

$$d_s = 42 * k_b * \left( \frac{M_{TR}}{f_1} \right)^{1/3} = 42 * 1 * \left( \frac{542.22}{1.47} \right)^{1/3} = 301.21 \text{ mm}$$

**CIANDO:**

$$d_s = 42 * k_b * \left( \frac{M_{TR}}{f_1} \right)^{1/3} = 42 * 1 * \left( \frac{363.28}{1.43} \right)^{1/3} = 263.6 \text{ mm}$$

Por encima del soporte del timón el valor del diámetro es de 302 mm.

Por debajo del soporte del timón:

$$k_b = \left[ 1 + \frac{4}{3} * \left( \frac{M_B}{M_{TR}} \right)^2 \right]^{1/6} = \left[ 1 + \frac{4}{3} * \left( \frac{F_R * H}{17 * M_{TR}} \right)^2 \right]^{1/6}$$

**AVANTE:**

$$k_b = \left[ 1 + \frac{4}{3} * \left( \frac{1387.10 * 6.7}{17 * 542.22} \right)^2 \right]^{1/6} = 1.1534$$

$$d_s = 42 * k_b * \left( \frac{M_{TR}}{f_1} \right)^{1/3} = 42 * 1.1534 * \left( \frac{542.22}{1.47} \right)^{1/3} = 347.42 \text{ mm}$$

**CIANDO:**

$$k_b = \left[ 1 + \frac{4}{3} * \left( \frac{252.20 * 6.7}{17 * 302.96} \right)^2 \right]^{1/6} = 1.023$$

$$d_s = 42 * k_b * \left( \frac{M_{TR}}{f_1} \right)^{1/3} = 42 * 1.023 * \left( \frac{363.58}{1.47} \right)^{1/3} = 269.7 \text{ mm}$$

Por debajo del soporte del timón el espesor de la mecha es de 348 mm.

## **12.- POTENCIA DEL SERVOMOTOR**

El reglamento exige que deben existir dos sistemas para accionar el timón, uno principal y otro auxiliar, cuyos requerimientos son:

- Servomotor principal: debe ser capaz de llevar el timón de 35° a una banda hasta 30° a la banda contraria, al calado máximo y avante toda, en un tiempo no superior a 28 segundos, navegando el buque avante a su velocidad máxima y con calado de plena carga.

- Servomotor auxiliar: debe ser capaz de llevar el timón desde 15° a una banda hasta 15° a la banda contraria al calado máximo y avante a 9 nudos, en un tiempo no superior a 60 segundos.

Se instalará un servomotor electrohidráulico de dos cilindros sobre bancada común. Incluirá dos electrobombas hidráulicas de caudal constante, una de respeto, formando un ensamblaje compacto con dicha bancada. Los arrancadores de los motores eléctricos de las bombas, se instalarán en el local del servomotor e irán provistos de pulsadores. Dichos motores también podrán ser arrancados desde el Puente mediante pulsadores. Además, el servomotor podrá maniobrase desde su propio local en caso de emergencia, accionando a mano las válvulas solenoides del telemotor. La alimentación del servomotor será por doble línea, una por babor y otra por estribor, como medida de seguridad obligatoria.

La potencia del servomotor que hay que colocar es  $P = \frac{M_{TR} * \omega}{\eta_B}$ , donde  $\omega$  es la velocidad angular, que para el servomotor principal vale:

$$\omega = \frac{(35 + 30) * 2 * \pi}{360 * 28} = 0.0405 \text{ rad/s}$$

$\eta_B$  = rendimiento de la bomba hidráulica. Se toma una valor de 0.65.

$$P = \frac{M_{TR} * \omega}{\eta_B} = \frac{542.22 * 0.0405}{0.65} = 33.78 \text{ kW} \approx 46 \text{ CV}$$

Para el servomotor auxiliar los valores son:

$$\omega = \frac{(15 + 15) * 2 * \pi}{360 * 60} = 0.00873 \text{ rad/s}$$

$$P = \frac{M_{TR} * \omega}{\eta_B} = \frac{542.22 * 0.00873}{0.65} = 7.282 \text{ kW} = 9.904 \text{ CV}$$

### 13.- HUELGOS

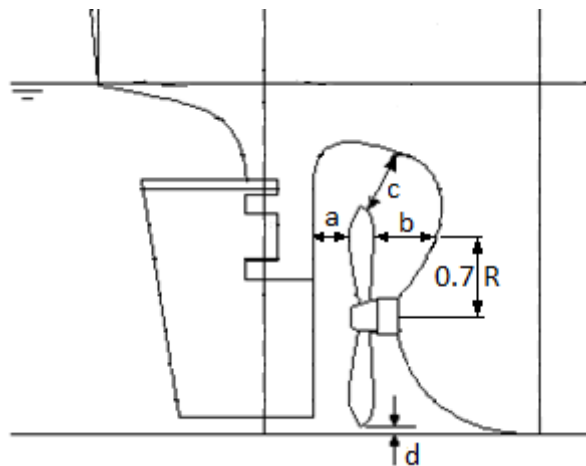
Debido a la importancia de la posición relativa de la hélice, el timón, y el codaste del buque,

las Sociedades de Clasificación incluyen en sus reglas recomendaciones sobre los valores mínimos que deben tener los huelgos entre ellos, para que las vibraciones provocadas por la hélice no excedan de unos niveles razonables.

Los huelgos mínimos en el codaste, entre hélice timón y buque son:

<b>Table C1 Minimum clearances</b>	
<i>For single screw ships:</i>	<i>For twin screw ships:</i>
$a \geq 0,2 R$ (m)	
$b \geq (0,7 - 0,04 Z_p) R$ (m)	
$c \geq (0,48 - 0,02 Z_p) R$ (m)	$c \geq (0,6 - 0,02 Z_p) R$ (m)
$e \geq 0,07 R$ (m)	

R = propeller radius in m  
 Z<sub>p</sub> = number of propeller blades.



$$a \geq 0.2 * R = 0.2 * \frac{5.551}{2} = 0.555 \text{ m}$$

$$b \geq (0.7 - 0.04 * Z) * R = (0.7 - 0.04 * 5) * \frac{5.551}{2} = 1.388 \text{ m}$$

$$c \geq (0.48 - 0.02 * Z) * R = (0.48 - 0.02 * 5) * \frac{5.551}{2} = 1.055 \text{ m}$$

$$e \geq 0.07 * R = 0.07 * \frac{5.551}{2} = 0.194 \text{ m}$$

## BIBLIOGRAFIA

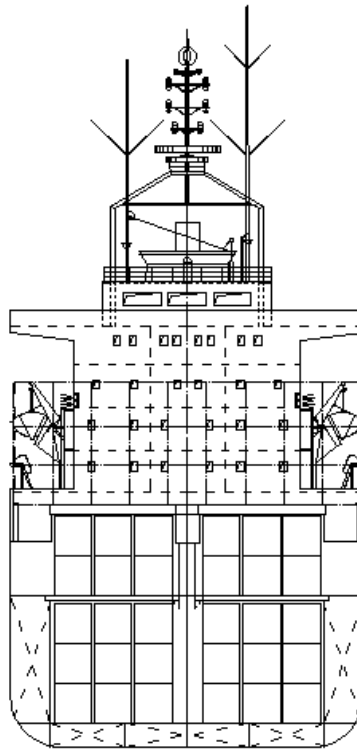
- Apuntes "Hidrodinámica, resistencia y propulsión". ETSINO.
- Hojas de cálculo realizadas en prácticas de la asignatura Hidrodinámica, resistencia y propulsión. ETSINO.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 6

### CUADERNA MAESTRA

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 6**

**CUADERNA MAESTRA**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS



## ÍNDICE

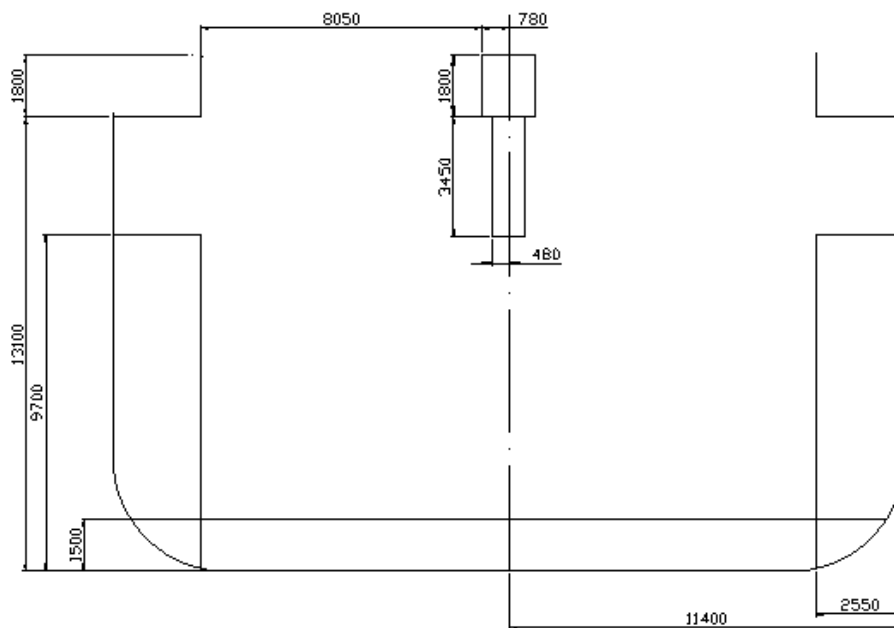
	PÁGINA
1.- CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DE LA CUADERNA MAESTRA	3
2.- PARÁMETROS GENERALES DE ESCANTILLONADO	7
3.- ESTRUCTURA DEL FONDO	15
4.- ESTRUCTURA DEL COSTADO	30
5.- ESTRUCTURA DEL MAMPARO LONGITUDINAL DE DOBLE CASCO	39
6.- ESTRUCTURA DE CUBIERTA	43
7.- ESTRUCTURA VIGA CAJÓN	51
8.- PESO POR METRO CUADERNA MAESTRA	55
9.- RESUMEN PROPIEDADES CUADERNA MAESTRA	57
10.- ESTRUCTURA DE CUBIERTA ENTRE ESCOTILLAS	58
11.- MAMPAROS CORRUGADOS	66
12.- MAMPARO DEL PIQUE DE PROA	69
ANEXO I: INFORME DNV NAUTICUS HULL	73
ANEXO II: CUADERNA MAESTRA	

## 1.- CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DE LA CUADERNA MAESTRA

En este cuadernillo se define la estructura del buque calculando el escantillonado de la cuaderna maestra. El cálculo se ha realizado siguiendo los criterios establecidos por el reglamento de la sociedad de clasificación DNV. Aunque se ha realizado el cálculo mediante el programa Nauticus Hull, se explica el procedimiento y se mencionan las reglas utilizadas en cada caso, intentando evitar transcribir el reglamento en sí. El documento base de referencia es Part 3 Chapter 1 "Hull Structural design ship with length 100 meter and above".

En la construcción del buque se ha utilizado acero dulce naval de calidad A de límite elástico 235 MPa, excepto en el fondo, doble fondo y cubierta principal que se utilizará acero de alta resistencia NV-36 de límite elástico 355 MPa. Esto es típico en estos buques y permite un ahorro considerable en el peso del acero del buque sin aumentar de forma extraordinaria el coste, al disminuir los espesores de las planchas y perfiles a utilizar.

La topología de la estructura a diseñar y escantillonar es la representada en la figura siguiente:



La sección tiene una doble escotilla en la cubierta principal y en el entrepuente, con dimensiones adecuadas para disponer 5 contenedores en altura sobre el doble fondo, y dos contenedores en altura sobre la escotilla de entrepuente, en caso de carga general en el fondo de bodega. También se puede disponer de 3 contenedores en altura desde la cubierta de doble fondo hasta la de entrepuente, caso de llevar carga general sobre la cubierta de entrepuente. Llevará una

estructura de tipo cajón entre ambas escotillas para darle resistencia a la cubierta principal, y a su vez servir de apoyo a las escotillas de entrepuente y cubierta superior. También llevará un doble casco para tanques de lastre entre la tapa de doble fondo y el entrepuente, con manga de 2550 mm, suficiente para albergar tanques de lastre necesarios. La cubierta principal está a 13100 mm de la línea base y dispone bajo la misma de un bao en cada bulárcama.

La altura mínima del doble fondo según reglamento es  $h = 1000 * B/20$  (mm), mínimo 760 mm y máximo 2000 mm, Pt.3, Ch.1 Sec.6, D101.

$$h = 1000 + \frac{22.8}{20} = 1140 \text{ mm}$$

Se dispondrá un doble fondo de 1500 mm de altura, con quilla vertical estanca hasta la bodega 5, separando tanques de lastre de babor y estribor.

Según Pt.3, Ch.1 Sec.6, D300, la separación entre vagras o entre vagra y quilla vertical no será mayor de 5 m. En nuestro caso se dispondrán 3 vagras a cada costado hasta el doble casco, la primera a 1650 mm de crujía, y las otras a 2400 mm. La separación de varengas normalmente no será mayor de 3.6 m, según reglamento. La estructura es de tipo longitudinal, con una clara de cuadernas de 750 mm desde el mamparo del pique proa al mamparo del pique de proa. La separación de bulárcamas, y por tanto de varengas, será en general de 4 claras de cuaderna, es decir, cada 3000 mm, aunque en algún caso podrá ser de 3 claras, para adaptar su posición a los extremos de escotilla y a los mamparos divisorios de bodegas.

Las vagras y las varengas no estancas llevarán aligeramientos y pasos de hombre para poder acceder al doble fondo, de dimensiones que cumplan el reglamento. La dimensión vertical no excederá la mitad de la altura del doble fondo.

La quilla vertical estará reforzada mediante planchas que van dispuestas cada dos claras de cuaderna, entre la quilla vertical y la primera vagra, y formará parte de la varenga cuando coincida con ella.

Los refuerzos longitudinales de fondo y doble fondo serán continuos en toda la eslora del buque y se colocarán alineados verticalmente, unidos mediante pletinas, y a una separación de 800 mm, ya que la separación entre vagras es de 2400 mm. Entre la quilla vertical y la primera vagra se colocará, tanto en el fondo como en la tapa del doble fondo, un longitudinal a la mitad de la distancia entre ellos, a 825 mm.

El pantoque no se reforzará longitudinalmente, ya que una solución mejor desde el punto de vista constructivo, es reforzarlo, disponiendo una consola cada clara de cuadernas entre el doble fondo y la zona inferior del doble casco por debajo de la tapa de doble fondo.

Los refuerzos longitudinales del costado y doble casco, estarán alineados horizontalmente y unidos mediante pletinas para la transmisión correcta de esfuerzos, como es obligatorio en las estructuras de buques. La separación de longitudinales de costado y doble casco es de 820 mm hasta el entrepuente, y de 860 mm entre el entrepuente y cubierta principal. A la altura de 5400 mm sobre la línea base se colocara un palmejar de unión entre costado y mamparo de doble casco que contribuya a evitar una excesiva flexión de los longitudinales, además de permitir una inspección fácil de los tanques.

El reforzado de la cubierta de entrepuente se realizará mediante dos refuerzos longitudinales entre el costado y el mamparo de doble casco, separados 800 mm. La cubierta principal se reforzará con 3 longitudinales separados 650 mm, y transversalmente mediante un bao cada 4 claras de cuaderna, coincidiendo con las bulárcamas.

Las brazolas longitudinales de escotillas están alineadas con sus esloras de apoyo, y en línea con el doble casco respectivo. Estas brazolas, de 1800 mm de altura, se han hecho continuas en toda la zona de carga, más del 40% de la eslora, de manera que sean efectivas para la resistencia longitudinal. Esto se hace, porque al tener dos escotillas en manga, se necesita aprovechar cualquier elemento estructural que contribuya a la resistencia. Las esloras serán de perfil en L con el ala hacia fuera de la escotilla para no entorpecer con los contenedores el exterior. Los baos extremos de escotilla también serán en L por la misma razón. Las brazolas irán reforzadas mediante barraganetes separados cada clara de cuaderna, que serán los que soportarán junto con las brazolas, el peso de los contenedores sobre las tapas de escotilla.

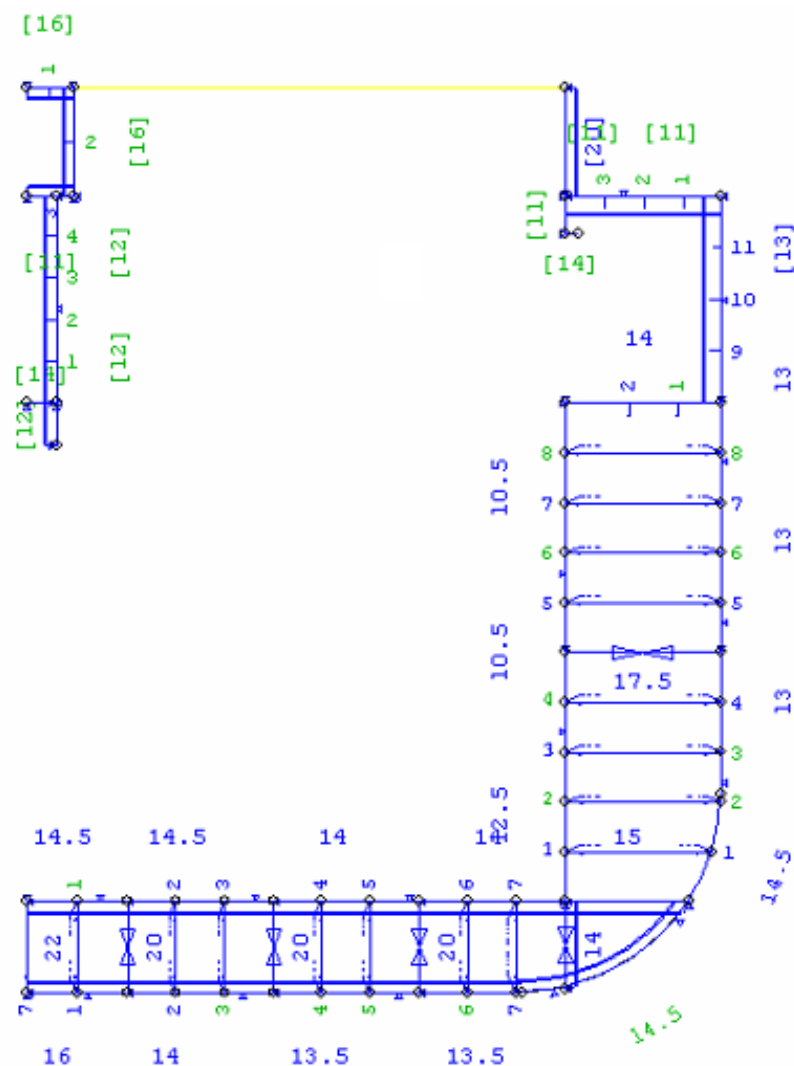
Entre las brazolas interiores de las escotillas se dispondrá, como se ha indicado anteriormente, de un cajón resistente que sirve de apoyo a los contenedores sobre cubierta. Por debajo de la cubierta principal, en esta zona intermedia, se dispone otro cajón que servirá para apoyo de las tapas de escotilla de entrepuente.

Como criterio general, siempre y cuando se cumplan los requisitos de reglamento, se limitará al máximo el número de espesores de planchas diferentes y el de escantillones de perfiles, para facilitar la fabricación del casco. Se distribuirán las planchas a lo largo del perímetro de la cuaderna,

con anchos de 2550 mm en fondo y 2650 mm en costado. Las tracas de quilla horizontal y de cinta tienen un ancho mínimo por reglamento. Las costuras de las planchas que forman las tracas no coincidirán con la posición de ningún refuerzo para que no coincidan los cordones de soldadura.

Los perfiles de costado y mamparo de doble casco se colocarán con la llanta hacia abajo para evitar la acumulación de agua de lastre al vaciarlos.

Al final del cuadernillo se anexan los resultados del programa Nauticus Hull y la representación de la cuaderna maestra. La disposición introducida en el programa es la siguiente:



Las cuadernas fuera de la zona de doble casco llevarán bulárcamas hasta el doble fondo, en vez del doble casco.

A continuación se desarrolla el escantillonado de la cuaderna maestra para la última iteración del proceso.

## 2.- PARÁMETROS GENERALES DE ESCANTILLONADO

Para escantillonar se usará el reglamento del DNV del año 2013:

$L = 156 \text{ m}$  ;  $B = 22.4 \text{ m}$  ;  $D = 13.1 \text{ m}$  ;  $T = 9.91 \text{ m}$  ;  $V_s = 18 \text{ nudos}$  ;  $C_b = 0.699$

Clara de cuadernas = 750 mm ; Varengas cada 4 claras = 3000 mm

Material de cubierta y viga cajón NV-36. El material del resto es acero dulce.

Posición de la cuaderna maestra = 78 m desde la perpendicular de popa.

El buque no tendrá restricción de navegación.

### SECCIÓN 4. CARGAS DE DISEÑO. Pt.3 Ch.1 Sec.4

Las cargas de diseño debidas a la presión hidrostática en los tanques vienen definidas en la sección del reglamento correspondiente, teniendo en cuenta que la altura de las aireaciones de los tanques de lastre están a 760 mm por encima de la cubierta principal, altura mínima exigida por reglamentación. Otras presiones también vienen definidas en las distintas secciones.

**B 201** Parámetros básicos: la aceleración, las presiones y las cargas sobre el barco viga dependen del parámetro coeficiente de ola  $C_w$ . De la tabla B1 se obtiene:

$$C_w = 10.75 - [(300 - L)/100]^{3/2} = 10.75 - [(300 - 156)/100]^{3/2} = 9.022$$

**B 203** Parámetro de aceleración

$$C_v = \frac{\sqrt{L}}{50} = \frac{\sqrt{156}}{50} = 0.2498 > 0.2 \Rightarrow 0.2 ; C_{v1} = \frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{18}{\sqrt{156}} = 1.4412$$

$$a_0 = \frac{3 \cdot C_w}{L} + C_v \cdot C_{v1} = \frac{3 \cdot 9.022}{156} + 0.2 \cdot 1.4412 = 0.4617 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**B401** Ángulo de balance

$$\phi = \frac{50 \cdot c}{B + 75} = \frac{50 \cdot (1.25 - 0.025 \cdot T_R) \cdot k}{B + 75}$$

$$T_R = \frac{2 \cdot k_r}{\sqrt{GM}} = \frac{2 \cdot 0.39 \cdot B}{\sqrt{0.05 \cdot B}} = \frac{2 \cdot 0.39 \cdot 22.8}{\sqrt{0.05 \cdot 22.8}} = 16.656 \text{ s}$$

$$\phi = \frac{50 \cdot (1.25 - 0.025 \cdot 16.656) \cdot 1}{22.8 + 75} = 0.426 \text{ rad}$$

### B601 Aceleración vertical combinada

$$a_v = \frac{k_v \cdot g_0 \cdot a_0}{C_B} \quad ; \quad k_v = 0.7 \text{ entre } 0.3L \text{ y } 0.6L \text{ desde } P_{pp}$$

$$a_v = \frac{0.7 \cdot 9.81 \cdot 0.4617}{0.699} = 4.536 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

### C 200 Presiones del mar

La expresión de la presión  $p_{dp}$  en función de "y" y "z", distancia en manga desde crujía, y en altura, del punto de carga de cada plancha desde la línea base, es:

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{18}{\sqrt{156}} = 1.4412 < 1.5$$

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

$$k_s = 2 \text{ en zona central entre } 0.2 \cdot L \text{ y } 0.7 \cdot L \text{ desde } P_{pp}$$

$$k_f = \min\{T, f\}$$

$$f = D - T = 13.1 - 9.91 = 3.19 \quad ; \quad \text{máx} = 0.8 \cdot C_w = 0.8 \cdot 9.022 = 7.2176 \Rightarrow k_f = 3.19$$

$$p_L = k_s \cdot C_w + k_f = 2 \cdot 9.022 + 3.19 = 21.234$$

$$p_{dp} = 21.234 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot (9.91 - z) = 9.342 + 135 \cdot \frac{y}{22.40 + 75} - 1.2 \cdot z$$

### C400 Carga seca

La presión sobre el doble fondo, cubiertas y tapas de escotilla será:

$$p = \rho \cdot (g_0 + 0.5 \cdot a_v) \cdot H \quad (\text{kN/m}^2)$$

Doble fondo:

El reglamento establece el valor de diseño de 0.7 t/m<sup>3</sup>. Por otro lado, el doble fondo podrá soportar 5 contenedores en altura con su carga máxima de 20 toneladas, lo que da una presión sobre la tapa de doble fondo de  $100 / (20 \cdot 8 \cdot 0.3048^2) = 6.73 \text{ t/m}^2$ , inferior a  $0.7 \cdot (13.1 + 1.8 - 1.5) = 9.38$

t/m<sup>2</sup> obtenida con el mínimo de diseño. Por tanto la presión sobre el doble fondo es:

$$T_R = \frac{2 \cdot k_r}{\sqrt{GM}} = \frac{2 \cdot 0.39 \cdot B}{\sqrt{0.05 \cdot B}} = \frac{2 \cdot 0.39 \cdot 22.8}{\sqrt{0.05 \cdot 22.8}} = 16.656 \text{ s}$$

$p = 0.7 \cdot (9.81 + 0.5 \cdot 4.536) \cdot (13.1 + 1.8 - 1.5) = 113.28 \text{ kN/m}^2 = 11.55 \text{ t/m}^2 \rightarrow$  Tomaremos como presión 12 t/m<sup>2</sup>.

Cubierta de entrepuente y escotillas de entrepuente:

El reglamento establece también el valor de diseño de 0.7 t/m<sup>3</sup>. Por otro lado, el entrepuente podrá soportar 2 contenedores en altura con su carga máxima de 20 toneladas, lo que da un a presión sobre la tapa de entrepuente de  $40 / (20 \cdot 8 \cdot 0.3048^2) = 2.69 \text{ t/m}^2$ , superior a  $0.7 \cdot (13.1 - 9.7) = 2.38 \text{ t/m}^2$  obtenida con el mínimo de diseño. Por tanto la presión sobre el entrepuente es:

$$p = 2.69 \cdot (9.81 + 0.5 \cdot 4.536) = 32.49 \text{ kN/m}^2 = 3.31 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Tomaremos como presión } 3.5 \text{ t/m}^2.$$

Cubierta principal y escotillas:

El reglamento considera  $\rho \cdot H = 1.75 \text{ t/m}^3$ , pero como el buque podrá llevar 3 contenedores en altura, los cuales, al ir por encima de la cubierta principal, no irán a su máxima carga de 20 toneladas, sino que consideraremos la mitad, 10 toneladas como máximo. Entonces, el valor de la presión repartido el peso de 30 toneladas sobre la base del contenedor es,  $30 / (20 \cdot 8 \cdot 0.3048^2) = 2.02 \text{ t/m}^2$ .

$$p = 2.02 \cdot (9.81 + 0.5 \cdot 4.536) = 24.40 \text{ kN/m}^2 = 2.49 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Tomaremos como presión } 2.5 \text{ t/m}^2.$$

## SECCIÓN 5. RESISTENCIA LONGITUDINAL. Pt.3 Ch.1 Sec.5

**B 106** Momento flector de diseño en aguas tranquilas en la sección maestra

$$M_{SO}(\text{arrufo}) = -0.065 \cdot C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \text{ (kNm)} = -0.065 \cdot 9.022 \cdot 156^2 \cdot 22.8 \cdot (0.699 + 0.7) = -455216.44 \text{ kNm}$$

$$M_{SO}(\text{quebranto}) = C_w \cdot L^2 \cdot B \cdot (0.1225 - 0.015 \cdot C_B) \text{ (kNm)} = 9.022 \cdot 156^2 \cdot 22.8 \cdot (0.1225 - 0.015 \cdot 0.699) = 560741.95 \text{ kNm}$$

**B 107** Momento flector en aguas tranquilas a lo largo de la eslora

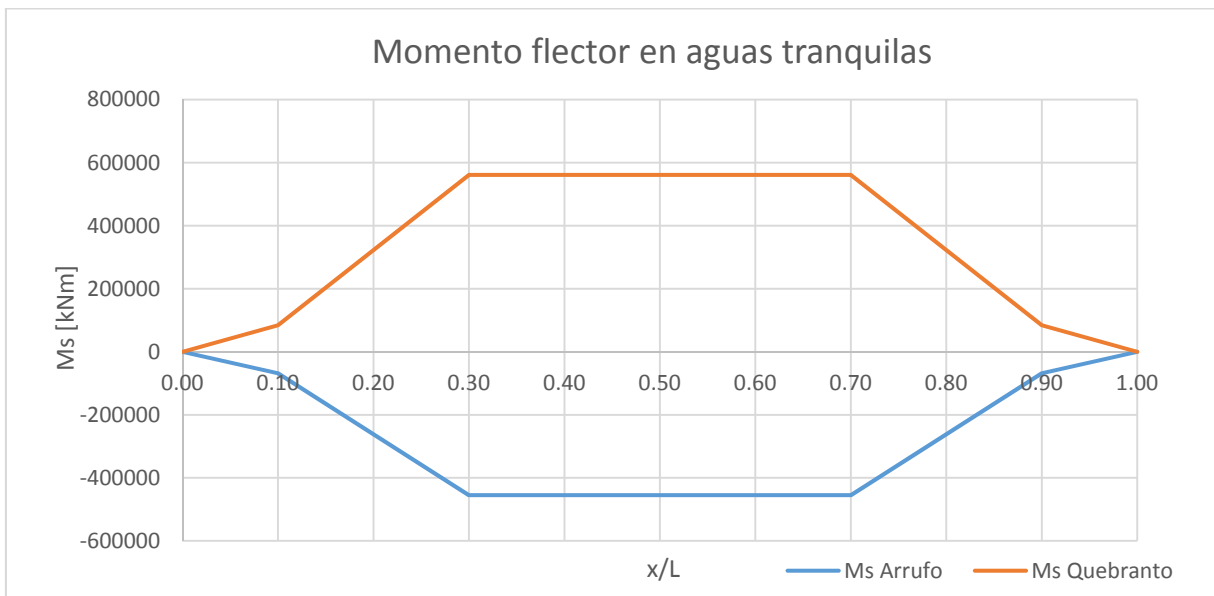


$$M_S = k_{sm} \cdot M_{SO} \text{ (kNm)} \quad ; \quad k_{sm} = 1.0 \text{ dentro de } 0.4 \cdot L \text{ en el centro del barco}$$

$$= 0.15 \text{ a } 0.1 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \text{ y } P_{pr}$$

$$= 0 \text{ en } P_{pp} \text{ y } P_{pr}$$

x/L	K <sub>sm</sub>	M <sub>s</sub> (Arrufo)	M <sub>s</sub> (Quebranto)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,15	-68282,47	84111,29
0,30	1,00	-455216,44	560741,95
0,50	1,00	-455216,44	560741,95
0,60	1,00	-455216,44	560741,95
0,70	1,00	-455216,44	560741,95
0,90	0,15	-68282,47	84111,29
1,00	0,00	0,00	0,00



**B 108** Fuerzas cortantes de diseño en aguas tranquilas a lo largo de la eslora del barco.

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

$$Q_{SO} \text{ (Arrufo)} = 5 \cdot \frac{M_{SO} \text{ (Arrufo)}}{L} = 5 \cdot \frac{-455216,44}{156} = -14590,27 \text{ (kN)}$$

$$Q_{SO} \text{ (Quebranto)} = 5 \cdot \frac{M_{SO} \text{ (Quebranto)}}{L} = 5 \cdot \frac{560741,95}{156} = 17972,50 \text{ (kN)}$$

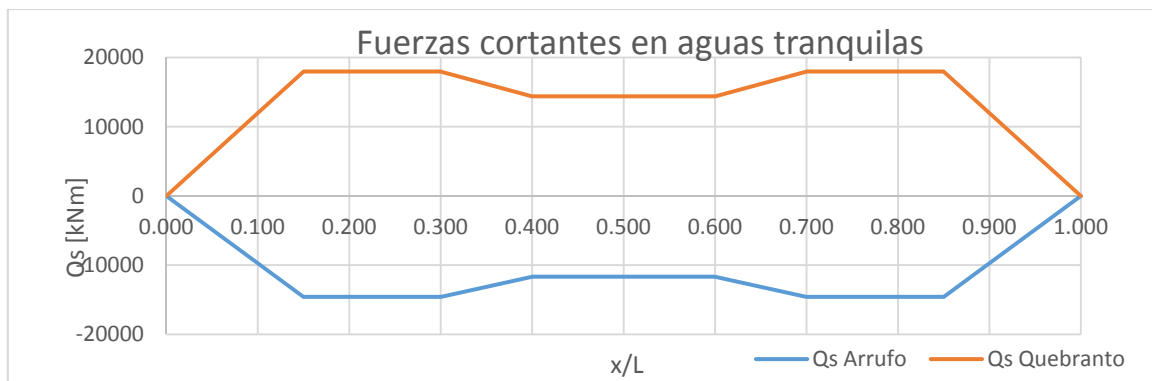
$$Q_s = k_{sq} \cdot Q_{SO} \text{ (kN)} \quad ; \quad k_{sq} = 1.0 \text{ entre } 0.15 \cdot L \text{ y } 0.3 \cdot L \text{ desde } P_{pp}$$

$$= 0.8 \text{ entre } 0.4 \cdot L \text{ y } 0.6 \cdot L \text{ desde } P_{pp}$$

$$= 1.0 \text{ entre } 0.7 \cdot L \text{ y } 0.85 \cdot L \text{ desde } P_{pp}$$

$$= 0 \text{ en } P_{pp} \text{ y } P_{pr}$$

x/L	K <sub>sq</sub>	Q <sub>s</sub> (Arrufo)	Q <sub>s</sub> (Quebranto)
0,000	0,000	0,00	0,00
0,150	1,000	-14590,27	17972,50
0,300	1,000	-14590,27	17972,50
0,400	0,800	-11672,22	14378,00
0,500	0,800	-11672,22	14378,00
0,600	0,800	-11672,22	14378,00
0,700	1,000	-14590,27	17972,50
0,850	1,000	-14590,27	17972,50
1,000	0,000	0,00	0,00



**B 200** Condiciones de carga en olas.

**B 201** Momento flector vertical reglamentario en olas.

$$M_{WO}(\text{arrufo}) = -0.11 \cdot \alpha \cdot C_W \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \text{ (kNm)} = -0.11 \cdot 1 \cdot 9.022 \cdot 156^2 \cdot 22.80 \cdot (0.699 + 0.7) =$$

$$= -770366.28 \text{ kNm}$$

$$M_{WO}(\text{quebranto}) = 0.19 \cdot \alpha \cdot C_W \cdot L^2 \cdot B \cdot C_B \text{ (kNm)} = 0.19 \cdot 1 \cdot 9.022 \cdot 156^2 \cdot 22.80 \cdot 0.699 = 664840.77 \text{ kNm}$$

**B 202** Momento vertical en olas a lo largo de la eslora.

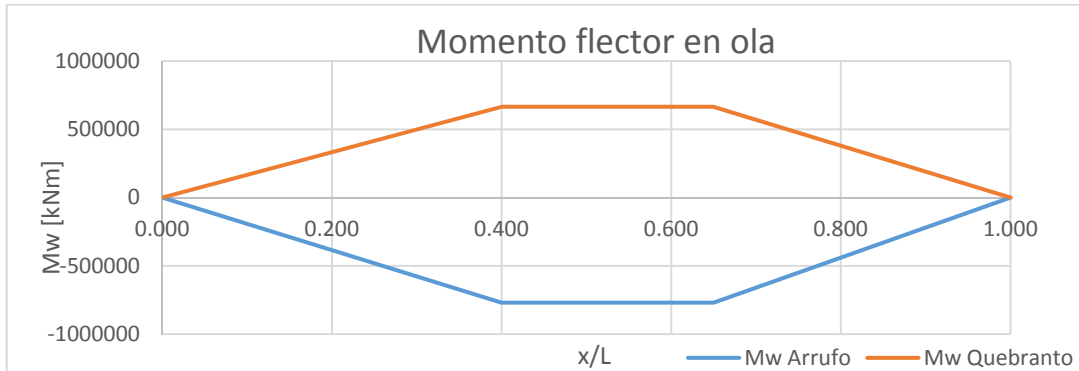
$$M_W = k_{wm} \cdot M_{WO} \text{ (kNm)} \quad ; \quad k_{wm} = 1.0 \text{ entre } 0.4 \cdot L \text{ y } 0.65 \cdot L \text{ desde } P_{pp}$$

$$= 0 \text{ en } P_{pp} \text{ y } P_{pr}$$

Para buques con  $C_{AV}$  entre 0.28 y 0.32,  $k_{wm}$  varía linealmente entre 1 y 1.2. En este caso  $C_{AV}$  es:

$$C_{AV} = \frac{c_V \cdot V}{\sqrt{L}} = \frac{0.2 \cdot 18}{\sqrt{156}} = 0.28823 \quad \Rightarrow \quad k_{wm} = 1 + \frac{0.28823 - 0.28}{0.32 - 0.28} \cdot (1.2 - 1) = 1.04115$$

x/L	k <sub>wm</sub>	M <sub>w</sub> (Arrufo)	M <sub>w</sub> (Quebranto)
0,000	0,000	0,00	0,00
0,400	1,04115	- 802069	692201
0,500	1,04115	- 802069	692201
0,650	1,04115	- 802069	692201
1,000	0,000	0,00	0,00



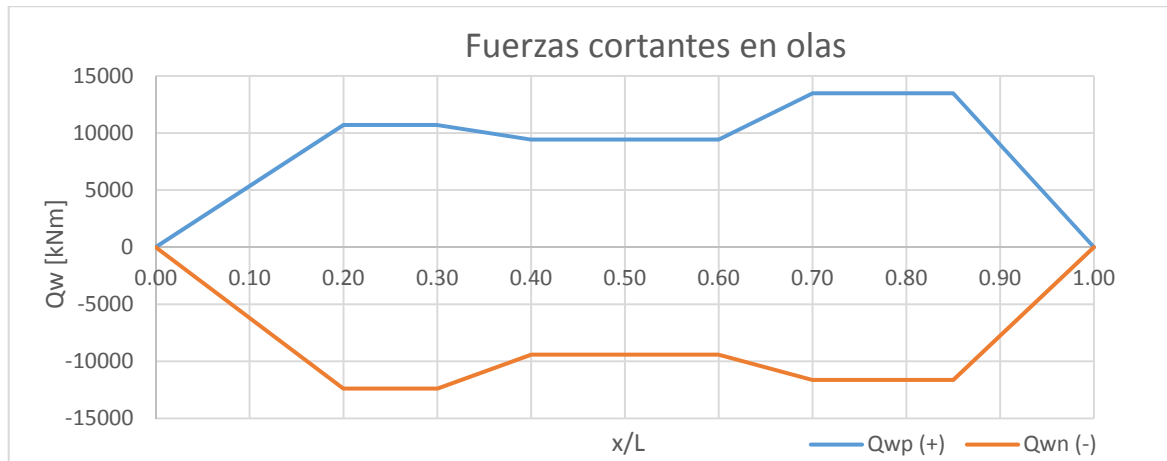
**B 203** Fuerza cortante vertical en olas a lo largo de la eslora: positiva cuando la fuerza cortante en aguas tranquilas es positiva; negativa cuando la fuerza cortante es negativa.

$$Q_{WP} = \pm 0.3 \cdot \beta \cdot k_{wqp} \cdot C_W \cdot L \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \text{ (kN)} = \pm 0.3 \cdot 1 \cdot k_{wqp} \cdot 9.022 \cdot 156 \cdot 22.80 \cdot (0.699 + 0.7) \text{ (kN)}$$

$$\begin{aligned} k_{wqp} &= 0 \text{ en } P_{pp} \text{ y } P_{pr} \\ &= 1.59 \cdot C_B \cdot ((C_B + 0.7)) \text{ entre } 0.2 \cdot L \text{ y } 0.3 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \\ &= 0.7 \text{ entre } 0.4 \cdot L \text{ y } 0.6 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \\ &= 1.0 \text{ entre } 0.7 \cdot L \text{ y } 0.85 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{wqn} &= 0 \text{ en } P_{pp} \text{ y } P_{pr} \\ &= 0.92 \text{ entre } 0.2 \cdot L \text{ y } 0.3 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \\ &= 0.7 \text{ entre } 0.4 \cdot L \text{ y } 0.6 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \\ &= 1.73 \cdot C_B \cdot ((C_B + 0.7)) \text{ entre } 0.7 \cdot L \text{ y } 0.85 \cdot L \text{ desde } P_{pp} \end{aligned}$$

x/L	K <sub>wqp</sub>	K <sub>wqn</sub>	Q <sub>WP</sub> (+)	Q <sub>WN</sub> (-)
0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
0,20	0,794	0,920	10699,36	-12390,51
0,30	0,794	0,920	10699,36	-12390,51
0,40	0,700	0,700	9427,56	-9427,56
0,50	0,700	0,700	9427,56	-9427,56
0,60	0,700	0,700	9427,56	-9427,56
0,70	1,000	0,864	13467,94	-11641,44
0,85	1,000	0,864	13467,94	-11641,44
1,00	0,000	0,000	0,00	0,00



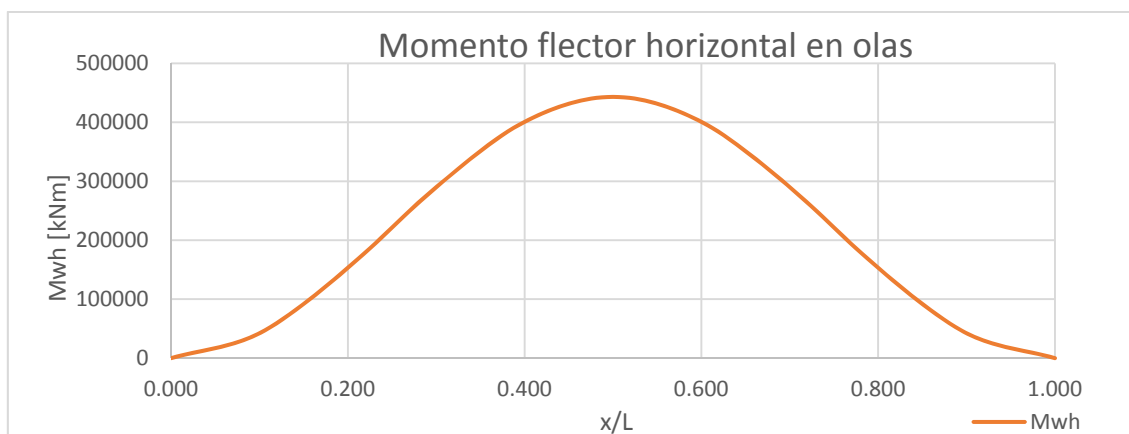
**B 205** Momento flector horizontal a lo largo de la eslora

$$M_{WH} = 0.22 \cdot L^{9/4} \cdot (T + 0.3 \cdot B) \cdot C_B \cdot (1 - \cos(360 \cdot x / L)) \text{ (kNm)} =$$

$$= 0.22 \cdot 156^{9/4} \cdot (9.91 + 0.3 \cdot 22.8) \cdot 0.699 \cdot (1 - \cos(360 \cdot x / L)) \text{ (kNm)} =$$

$$= 221536.36 \cdot (1 - \cos(360 \cdot x / L)) \text{ (kNm)}$$

$x/L$	$M_{WH}$
0,000	0,00
0,100	42309,68
0,200	153077,86
0,300	289994,86
0,400	400763,04
0,500	443072,72
0,600	400763,04
0,700	289994,86
0,800	153077,86
0,900	42309,68
1,000	0,00



**C 300** Módulo de la sección maestra.

**C 303** El módulo de la sección maestra para acero dulce no será menor de:

$$Z_0 = \frac{C_W}{f_1} \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{9.022}{1} \cdot 156^2 \cdot 22.80 \cdot (0.699 + 0.7) = 7003329.84 \text{ cm}^3$$

Este será el módulo mínimo para acero dulce, mientras que para acero de alta resistencia NV-36 con  $f_1 = 1.39$ , el módulo mínimo será:

$$Z_0 = \frac{C_W}{f_1} \cdot L^2 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{9.022}{1.39} \cdot 156^2 \cdot 22.80 \cdot (0.699 + 0.7) = 5038366.79 \text{ cm}^3$$

**C 304** Los requerimientos de módulo de la sección maestra en condiciones de carga y lastre para la cubierta, son:

$$\sigma_1 = 175 \cdot f_1 = 175 \cdot 1.39 = 243.25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Z_0 = \frac{|M_S(\text{Arrufo}) + M_W(\text{Arrufo})|}{\sigma_1} \cdot 10^3 \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{|-455216.44 - 770366.28|}{243.25} \cdot 10^3 = 5038366.78 \text{ cm}^3$$

$$Z_0 = \frac{|M_S(\text{Quebranto}) + M_W(\text{Quebranto})|}{\sigma_1} \cdot 10^3 \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{|560741.95 + 664840.77|}{243.25} \cdot 10^3 = 5038366.78 \text{ cm}^3$$

**C 305** Módulo horizontal de la sección maestra alrededor de un eje vertical que pasa por crujía ( $f_1=1$  para el costado):

$$Z_{OH} = \frac{5}{f_1} \cdot L^{9/4} \cdot (T + 0.3 \cdot B) \cdot C_B \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{5}{1} \cdot 156^{9/4} \cdot (9.91 + 0.3 \cdot 22.8) \cdot 0.699 = 5034917 \text{ (cm}^3\text{)}$$

**C 400** El momento de inercia de la sección maestra alrededor del eje neutro no será menor de:

$$I = 3 \cdot C_W \cdot L^3 \cdot B \cdot (C_B + 0.7) \text{ (cm}^4\text{)} = 3 \cdot 9.022 \cdot 156^3 \cdot 22.80 \cdot (0.699 + 0.7) \cdot 10^{-4} \text{ (m}^2 \cdot \text{cm}^2\text{)} = 327755.836 \text{ (m}^2 \cdot \text{cm}^2\text{)}$$

Estos valores del módulo  $Z_0$  y la inercia  $I$  de la maestra son los mínimos reglamentarios.

### 3.- ESTRUCTURA DEL FONDO (Pt.3 Ch.1 Sec.6)

Siguiendo la estructura del reglamento, se empezará por el escantillonado del fondo. Se utilizará la tabla D1, Sección 2, D 301 para la adición por corrosión  $t_k$ .

#### C300 Planchas de fondo y pantoque

**C 301** La plancha de quilla tendrá una anchura mínima  $b = 800 + 5 \cdot L = 800 + 5 \cdot 156 = 1580$  mm. Se utilizará una plancha de 2000 mm de ancho.

El espesor no será menor de:

$$t = 7.0 + \frac{0.05 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 7.0 + \frac{0.05 \cdot 156}{\sqrt{1}} + 1.0 = 15.80 \approx \mathbf{16 \text{ mm}}$$

$t_k = 1.0$  mm al ser la plancha de fondo y de un tanque de lastre en contacto con agua de mar.

**C 302** El espesor de las planchas de fondo requerido por presión lateral es:

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; \quad k_a = 1 \text{ (A201)} ; \quad s = 0.8 \text{ m}$$

$$p = p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp}$$

$$p_{dp} = 21.234 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot (9.91 - z) = 9.342 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 \cdot z$$

Se observa que  $P_{dp}$  depende de la posición del punto de carga, por tanto, es diferente para cada plancha de fondo. Estas coordenadas "y" "z" se obtienen de la disposición de tracas representadas en la cuaderna maestra y que previamente se ha decidido utilizar según las consideraciones que se han realizado en el apartado 1 anterior. El valor de "y" mínimo es  $B/4 = 22.8/4 = 5.7$ , y  $z = 0$  para todas las tracas del fondo plano. El valor de  $s$  es 0.825 para la primera plancha y 0.8 para el resto del fondo.

$$\sigma = 120 \cdot f_1 = 120 \text{ N/mm}^2 \text{ para sistema longitudinal dentro de } 0.4 L.$$

$$h_0 = T - z = 9,91 - 0 = 9,91 \text{ m} ; \text{ distancia desde el punto de carga al calado } T.$$

TRACA	y m	z m	$P_{dp}$	$h_0$	$P_1$	$\sigma$	$t_k$	$t_{\min}$ (requer.) mm
Fondo 1	5,7	0	17,21	9,91	116,31	120	1	14
Fondo 2	6,05	0	17,69	9,91	116,79	120	1	13.5
Fondo 3	8,452	0	21,01	9,91	120,11	120	1	13.5

**C303** Las planchas se deben comprobar a pandeo según la Sección 13. Para esto es necesario conocer la sección totalmente, para poder obtener la posición del eje neutro y de ahí las tensiones primarias.

El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, según se ve en la página 22 del anexo, luego la tensión primaria de compresión en quebranto es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{Wq}}{I_{EN}} * y_F = \frac{560742 + 692201}{51.229} * (5.263 - 0) = 128720.82 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 128.72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como la tensión primaria es igual en toda la plancha, el valor de  $\psi$  es 1. El valor de  $\eta$  para el fondo es 0.9, según reglamento, y el valor de  $k$  para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{1 + 1.1} = 4$$

La tensión ideal elástica es:

$$\sigma_{el} = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 0.9 * 4 * 206000 * \left( \frac{13.5 - 1}{1000 * 0.8} \right)^2 = 181.05 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_{el} > \sigma_f / 2 = 235 / 2 = 117.5$ , el valor de la tensión crítica es:

$$\sigma_c = \sigma_f * \left( 1 - \frac{\sigma_f}{4 * \sigma_{el}} \right) = 235 * \left( 1 - \frac{235}{4 * 181.05} \right) = 158.74 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c = 158.74 \text{ N/mm}^2$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 128.72 / 0.9 = 143.02 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego no pandean. El espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.825 * \sqrt{\frac{143.02}{0.9 * 4 * 206000}} + 1 = 12.46 \text{ mm} < 13.5 \text{ mm}$$

**C304** Hay que comprobar si el valor calculado es superior al espesor mínimo siguiente:

$$t = 5 + \frac{0.04 * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5 + \frac{0.04 * 156}{\sqrt{1}} + 1.0 = 12.24 \text{ mm}$$

Como si es mayor, se toma el espesor del fondo calculado en C302.

**C306** El espesor de la traca de pantoque no será menor que el de las planchas adyacentes de fondo y costado.

**C307** El pantoque está reforzado mediante consolas de pantoque cada clara de cuadernas.

El espesor de la plancha de pantoque sin reforzar longitudinalmente es:  $t = \frac{\sqrt[3]{R^2 \cdot l \cdot p}}{900} + t_k$

$R = 3263$  mm (radio de pantoque) ;  $l = 750$  mm (separación de consolas de pantoque)

$$p = 10 \cdot \left( h_0 + B \cdot \frac{\phi}{2} + 0.088 \cdot C_B \cdot \left( \frac{B}{2} + 0.8 \cdot C_w \right) \right) \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$$p = 10 \cdot \left( 9.91 + 22.8 \cdot \frac{0.426}{2} + 0.088 \cdot 0.699 \cdot \left( \frac{22.8}{2} + 0.8 \cdot 9.022 \right) \right) = 159.12 \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$$t = \frac{\sqrt[3]{R^2 \cdot l \cdot p}}{900} + t_k = \frac{\sqrt[3]{3263^2 \cdot 750 \cdot 159.12}}{900} + 1 = 13.03 \text{ mm}$$

La siguiente plancha de pantoque está reforzada longitudinalmente y su espesor es:

$$p_{dp} = 9.342 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot z = 9.342 + 135 \cdot \frac{11.1}{22.80 + 75} + 1.2 \cdot 1.897 = 26.94 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p = p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp} = 10 \cdot (9.91 - 1.897) + 26.94 = 107.07 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; k_a = 1 \text{ (A201)} ; s = 0.8 \text{ m}$$

$$t = \frac{15.8 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot \sqrt{107.07}}{\sqrt{120}} + 1 = 14.43 \text{ mm}$$

Tomamos espesor de pantoque **14.5 mm**.

#### **C400 Planchas de doble fondo**

**C401** El espesor de las planchas de doble fondo de bodegas requerido por presión lateral es:

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; k_a = 1 \text{ (A201)} ; s = 0.8 \text{ m}$$

$$\sigma = 140 \cdot f_1 = 140 \text{ N/mm}^2 \text{ para sistema longitudinal dentro de } 0.4 \text{ L.}$$



El valor de  $s$  es 0.825 para las dos primeras planchas y 0.8 para el resto del fondo. La carga por unidad de superficie sobre el doble fondo se calculó anteriormente y vale  $12 \text{ t/m}^2$ .

$$p = p_4 = \rho_c \cdot (g_0 + 0.5 \cdot a_v) \cdot H_C = 12 \cdot (9.81 + 0.5 \cdot 4.536) = 144.94 \left( \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

TRACA	y m	z m	$p_4$	$\sigma$	s	$t_k$	$t_{\min}$ (requerido) mm
D. Fondo 1	5,7	1.5	144.94	140	0.825	1	14.5
D. Fondo 2	5.7	1.5	144.94	140	0.825	1	14,5
D. Fondo 3	5.7	1.5	144.94	140	0.8	1	14
D. Fondo 4	6.85	1.5	144.94	140	0.8	1	14

La plancha de doble fondo dentro de los tanques laterales está reforzada transversalmente por las consolas de margen, separadas 750 mm, siendo el espesor requerido:

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; \quad k_a = 1 \text{ (A201)} ; \quad s = 0.750 \text{ m}$$

$p = \max(p_5, p_6, p_7, p_8)$ . Se comprueba que el máximo es  $p_8$ , donde  $h_s$  es la altura del punto de carga al techo del tanque.

$$p_8 = 10 \cdot h_s + p_0 = 10 \cdot (9.7 - 1.5) + 25 = 107 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = \min(140 \cdot f_1, 200 \cdot f_1 - 110 \cdot f_{2b})$$

Se observa que  $\sigma$  depende de  $f_{2b}$ , valor que no se conoce hasta que no se hace el escantillado y se calcula el módulo de la maestra, es decir, el proceso es iterativo, partiendo de un valor inicial de  $f_{2b}$  que acabará convergiendo. En la iteración final  $f_{2b} = 0.718$ , según programa Nauticus Hull, por lo que calculamos el escantillón en la iteración final:

$$\sigma = \min(140 \cdot f_1, 200 \cdot f_1 - 110 \cdot f_{2b}) = \min(140 \cdot 1, 200 \cdot 1 - 110 \cdot 0.718) = 121.02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; \quad k_a = 1 \text{ (A201)} ; \quad s = 0.75 \text{ m}$$

$$t = \frac{15.8 \cdot 1 \cdot 0.75 \cdot \sqrt{107}}{\sqrt{121.02}} + 1.5 = 12.64 \text{ mm} \approx 13 \text{ mm}$$

**C402** A continuación hay que comprobar si los valores calculados son superiores al espesor mínimo:

$$t = t_0 + \frac{0.03 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 7 + \frac{0.03 \cdot 156}{\sqrt{1}} + 1.0 = 12.68 \text{ mm}$$

Como el mínimo es menor que el requerido, se toma como espesor de planchas de doble fondo el calculado en C401.

**C403** Hay que comprobar que las planchas de doble fondo no pandean de acuerdo con la sección 13. Según se ve en el listado anexo de Nauticus Hull, página 26, la plancha del doble fondo dentro del doble casco pandeo, y hay que subir su espesor de 13 mm a **15 mm**. Vamos a comprobar que la plancha de 13 mm no cumple a pandeo por compresión axial, Pt.3 Ch.1 Sec.13.

El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, luego la tensión primaria en quebranto es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{Wq}}{I_{EN}} * y_{DF} = \frac{560742 + 692201}{51.229} * (5.263 - 1.5) = 92034 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 92.03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como la tensión es igual en toda la plancha  $\psi = 1$ . El valor de  $\eta$  para el doble fondo es 0.9, según reglamento, y el valor de  $k$  para planchas reforzadas transversalmente es:

$$k = c * \left[ 1 + \left( \frac{s}{1} \right)^2 \right]^2 * \frac{2.1}{\psi + 1.1} = 1.3 * \left[ 1 + \left( \frac{750}{2033} \right)^2 \right]^2 * \frac{2.1}{1 + 1.1} = 1.68$$

La tensión ideal elástica de pandeo es:

$$\sigma_{el} = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 0.9 * 1.68 * 206000 * \left( \frac{13 - 1.5}{1000 * 0.75} \right)^2 = 73.23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_{el} < \sigma_f / 2 = 235 / 2 = 117.5$ , el valor de la tensión crítica es  $\sigma_{cr} = 73.23 \text{ N/mm}^2$ . La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c = 73.23 \text{ N/mm}^2$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 92.03 / 0.9 = 102.25 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego no cumple y pandeo. Hay que subir el espesor.

El espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.75 * \sqrt{\frac{102.25}{0.9 * 1.68 * 206000}} + 1 = 15.09 \Rightarrow 15 \text{ mm}$$

Luego el espesor de la plancha de doble fondo dentro del doble casco será **15 mm**.

El resto de planchas del doble fondo reforzadas longitudinalmente tiene un valor de  $k = 4$ , por lo que la tensión ideal elástica de pandeo es:

$$\sigma_{el} = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{N}{mm^2} = 0.9 * 4 * 206000 * \left( \frac{14 - 1}{1000 * 0.8} \right)^2 = 195.83 \frac{N}{mm^2}$$

Como  $\sigma_{el} > \sigma_f / 2 = 235 / 2 = 117.5$ , el valor de la tensión crítica es:

$$\sigma_{cr} = \sigma_f * \left( 1 - \frac{\sigma_f}{4 * \sigma_{el}} \right) = 235 * \left( 1 - \frac{235}{4 * 195.83} \right) = 164.50 \frac{N}{mm^2}$$

La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c = 164.50 \text{ N/mm}^2$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 92.03 / 0.9 = 102.26 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego no pandean. El espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{N}{mm^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.8 * \sqrt{\frac{102.26}{0.9 * 4 * 206000}} + 1 = 10.39 \text{ mm} < 14 \text{ mm}$$

## 500 Planchas de vagras y varenga

**C501** El espesor de las planchas de quilla vertical, y de las vagras y varengas que son límites de tanques es:

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} \quad ; \quad k_a = \left( 1.1 - 0.25 * \frac{s}{l} \right)^2 = \left( 1.1 - 0.25 * \frac{1.5}{3} \right)^2 = 0.951 \quad (\text{A201})$$

$$p = p_{13} = 0.67 \cdot (10 \cdot h_p + \Delta p_{dyn}) = 0.67 \cdot (10 \cdot (13.1 + 0.76 - 0.75) + 25) = 104.58 \left( \frac{kN}{m^2} \right)$$

$$t = \frac{15.8 \cdot 0.951 \cdot 1.5 \cdot \sqrt{104.58}}{\sqrt{130 \cdot 1}} + 1.5 = 20.22 + 1.5 = 21.75 \approx 22 \text{ mm}$$

Espesor quilla vertical = **22 mm**

Las vagras y varengas no estancas tendrán un espesor mínimo de:

$$t = 6.0 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 6.0 + \frac{0.02 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 6.0 + \frac{0.02 \cdot 156}{\sqrt{1}} + 1.5 = 10.62 \text{ mm}$$

Este espesor es muy pequeño para soportar el pandeo, por lo que según anexo las vagras tendrán un espesor de **20 mm**, como se comprueba a continuación y se ve en página 26 del anexo.

La vagra en línea con el doble casco está reforzada transversalmente por las consolas de margen, separadas 750 mm, y su espesor para soportar el pandeo es de **14 mm** como se comprueba a continuación, y según página 26 del anexo.

Las varenga tendrá un espesor de 10.62 mm, por lo que pondremos **10.5 mm**.

### Cálculo de las vagras a pandeo:

Como la tensión no es igual en toda la plancha, hay que calcular el valor de  $\psi$  mediante los valores de la tensión primaria en el punto más alto de la plancha, doble fondo, y en el punto más bajo de la misma, el fondo.

$$\sigma_{L.Sup.} = \frac{M_{AT} + M_{Wq}}{I_{EN}} * y_{Sup.} = \frac{560742 + 692201}{51.229} * (5.263 - 1.5) = 92034.29 \frac{kN}{m^2} = 92.03 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{L.Inf.} = \frac{M_{AT} + M_{Wq}}{I_{EN}} * y_{Inf.} = \frac{560742 + 692201}{51.229} * (5.263 - 0) = 128720.82 \frac{kN}{m^2} = 128.72 \frac{N}{mm^2}$$

$$\psi = \frac{92.03}{128.72} = 0.715$$

El valor de  $\eta$  para el doble fondo es 1, según reglamento, y el valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{0.715 + 1.1} = 4.63$$

La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 128.72/1 = 128.72 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{N}{mm^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 1.5 * \sqrt{\frac{128.72}{0.9 * 4.63 * 206000}} + 1.5 = 19.87 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

La vagra en línea con el doble casco está reforzada transversalmente por la consola de

margen, y su espesor para cumplir por pandeo es:

$$\sigma_{\text{Sup.}} = \frac{M_{\text{AT}} + M_{\text{Wq}}}{I_{\text{EN}}} * y_{\text{Sup.}} = \frac{560742 + 692201}{51.229} * (5.263 - 1.5) = 92034.29 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 92.03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Inf.}} = \frac{M_{\text{AT}} + M_{\text{Wq}}}{I_{\text{EN}}} * y_{\text{Inf.}} = \frac{560742 + 692201}{51.229} * (5.263 - (1.5 - 1.421)) = 126788.66 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 126.79 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\psi = \frac{92.03}{126.79} = 0.726$$

El valor de k para planchas reforzadas transversalmente es:

$$k = c * \left[ 1 + \left( \frac{s}{l} \right)^2 \right]^2 * \frac{2.1}{\psi + 1.1} = 1.3 * \left[ 1 + \left( \frac{750}{1421} \right)^2 \right]^2 * \frac{2.1}{0.726 + 1.1} = 2.44$$

El valor de  $\eta$  es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 126.30 / 1 = 126.30 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.75 * \sqrt{\frac{126.79}{0.9 * 2.44 * 206000}} + 1.5 = 14.06 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

### C700 Longitudinales de fondo

**C701** El módulo requerido del perfil con plancha asociada es:

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

El valor de la tensión admisible para buques que pueden llevar contenedores es, según Pt.5 Ch.2 Sec.6, B808:  $\sigma = 245 * f_1 - 40 * f_{2BH}^* - 0.7 * \sigma_g$ , siendo el máximo  $160 * f_1 = 160 * 1 = 160 \text{ N/mm}^2$ . De nuevo se observa que  $\sigma$  depende de  $f_{2b}$ , valor que se conoce una vez escantillonada la sección.

$$\sigma_g = \min(190 f_1, \sigma_{db} + 130 f_{2BH}^*) = \min(190, 20 f_1 + 130 f_{2b}) = \min(190, 20 + 130 * 0.718) = 113.34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{db} = 20 * f_1 = 20 \text{ N/mm}^2 \text{ para bodegas de carga en buques de carga general.}$$

Como  $p = p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp}$  (kN/m<sup>2</sup>) depende de  $P_{dp}$ , que es función de la posición del refuerzo, obtenemos la presión mayor y menor, que son la de perfil que está más alejado de crujía y del que está más cercano. La presión sobre el perfil más alejado es:

$$p_{dp} = 21.234 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot (9.91 - z) = 9.342 + 135 \cdot \frac{8.05}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot 0 = 20.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p = p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp} = 10 \cdot 9.91 + 20.45 = 119.55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

La presión sobre el perfil más cercano es, sabiendo que el valor mínimo de  $y$  es de  $B/4$ :

$$p_{dp} = 21.234 + 135 \cdot \frac{B/4}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot (9.91 - z) = 9.342 + 135 \cdot \frac{5.7}{22.80 + 75} - 1.2 \cdot 0 = 17.21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p = p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp} = 10 \cdot 9.91 + 17.21 = 116.31 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

El módulo de ambos es:

$$\sigma = 245 \cdot f_1 - 40 \cdot f_{2b} - 0.7 \cdot \sigma_g = 245 - 40 \cdot 0.715 - 0.7 \cdot 113.34 = 137.06 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$w_k = 1 + 0.06 \cdot t_{kw} \text{ para llanta con bulbo} \Rightarrow w_k = 1 + 0.06 \cdot 1.5 = 1.09$$

$$Z_{\text{cercano}} = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.825 \cdot 116.31 \cdot 1.09}{137.06} = 570.04 \text{ cm}^3$$

$$Z_{\text{alejado}} = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.8 \cdot 119.55 \cdot 1.09}{137.06} = 568.16 \text{ cm}^3$$

Como la diferencia entre ambos es pequeña, se elige el mismo longitudinal para todo el fondo, a falta de comprobar el pandeo según Sec.13. El área y altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:  $0.68 \cdot \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 \cdot \sqrt[3]{570.04^2} = 46.74 \text{ cm}^3$  y  $3 \cdot Z^{0.35} = 3 \cdot 570.04^{0.35} = 27.65 \text{ cm}$ , respectivamente. En principio se elige un perfil HP 280 x 12 mm para los longitudinales del fondo.

**C703** El espesor de alma mínimo es el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$k = \min(0.015 \cdot L_1, 5) = \min(0.015 \cdot 156 ; 5) = 2.34 ; \quad g = 41 \text{ perfil llanta con bulbo}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 2.34 + 1.5 = 8.34 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{280 \cdot \sqrt{1}}{41} + 1.5 = 9.83 \text{ mm}$$

Luego HP 280 x 12 cumple el espesor mínimo.

También hay que comprobar que cumple el módulo mínimo. Para el cálculo del módulo consideramos como plancha asociada la distancia entre refuerzos longitudinales, 800 mm. Lo haremos solo para este primer caso.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i = A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
HP 280x12	280x12	18.63	45,48	847.29	3647	7395.48	11042.48
Pl. asociada	800x14	0.7	112	78.40	18.29	3003.09	3021.38
		Total	157.48	925.69			14063.86

$$y_{EN} = \frac{925.69}{157.48} = 5.88 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{14063.86}{28 + 1.4 - 5.88} = 597.96 \text{ cm}^3 > 570.04 \text{ cm}^3$$

Como hay un pequeño exceso de módulo, podemos probar utilizar el perfil HP 280 x 11:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i = A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
HP 280x11	280x11	18.84	42,68	804,09	3333	7363.20	10696.20
Pl. asociada	800x14	0.7	112	78.40	18.29	2805.91	2824.20
		Total	154.68	882.49			13520.40

$$y_{EN} = \frac{882.49}{154.68} = 5.71 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{13520.40}{28 + 1.4 - 5.71} = 570.72 \text{ cm}^3 > 570.04 \text{ cm}^3$$

Vemos que este perfil cumple por muy poco. El programa elige este perfil **HP 280 x 11** para todos los perfiles de fondo.

**C702** La comprobación de la resistencia a pandeo de los longitudinales de fondo se comprueba según **Sec.13, C200, C300 y C400.**

La tensión primaria de compresión es:

$$\sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{Wq}}{I_{EN}} * y_F = \frac{560742 + 692210}{51.229} * (5.263 - 0) = 128721 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 128.72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

\* Pandeo lateral C200:

La tensión crítica de pandeo lateral son:

$$\sigma_{el} = 0.001 * E * \frac{I_A}{A * l^2} \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Para calcular  $I_A$  se toma un ancho de plancha asociado de 0.8 veces el espacio entre refuerzos, en nuestro caso  $0.8 * 800 = 640 \text{ m}$

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada	Ordenada $y_i$	Área $A_i$	Momento estático $E_i = A_i y_i$	Inercia propia $I_p$	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$	Inercia total $I_{EN}$
	mm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
HP 280x11	280x11	18.79	42.68	801.96	3333	6274.96	9607.96
Pl. asociada	640x13.5	0.675	86.40	58,32	13.122	3099.71	3112.83
		Total	129.08	860,28			12720.79

$$y_{EN} = \frac{860.28}{129.08} = 6.66 \text{ cm} \quad ; \quad I_A = 12720.79 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{el} = 0.001 * E * \frac{I_A}{A * l^2} = 0.001 * 206000 * \frac{12720.79}{129.08 * 3^2} = 2255.69 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_{el} > \sigma_f / 2 = 235 / 2 = 117.5 \text{ N/mm}^2$ :

$$\sigma_c = \sigma_f * \left( 1 - \frac{\sigma_f}{4 * \sigma_{el}} \right) = 235 * \left( 1 - \frac{235}{4 * 2255.69} \right) = 228.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > 128.72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

luego no pandea lateralmente.

\* Pandeo a torsión C300:

Para estudiar el pandeo a torsión de un perfil hay que calcular las propiedades del perfil deduciendo el incremento de espesor de adición por corrosión. En este caso el perfil de fondo es HP 280 x 11 y sus propiedades para introducir en las fórmulas son las siguientes:

Para este perfil los valores son los siguientes:



$$\begin{aligned}t_w(-t_k) &= 11 - 1.5 = 9.5 \text{ mm} \\h_w &= 249 \text{ mm} \\t_f &= 31 \text{ mm} \\b_f &= 48 \text{ mm}\end{aligned}$$

donde  $h_w$  es la altura del alma sin tener en cuenta el bulbo, que se considera como un ala del refuerzo, de ancho y espesor  $b_f$  y  $t_f$  respectivamente. Los valores del momento de inercia de St. Venant  $I_T$ , momento polar de inercia  $I_p$ , y momento sectorial de inercia o inercia a torsión  $I_w$ , son:

$$\begin{aligned}I_T &= \frac{1}{3} * \left[ h_w * t_w^3 + b_f * t_f^3 * \left( 1 - 0.63 * \frac{t_f}{b_f} \right) \right] * 10^{-4} = \frac{1}{3} * \left[ 249 * 9.5^3 + 48 * 31^3 * \left( 1 - 0.63 * \frac{31}{48} \right) \right] * 10^{-4} = \\&= 35.39 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

$$I_p = \left( \frac{h_w^3 * t_w}{3} + h_w^2 * b_f * t_f \right) * 10^{-4} = \left( \frac{249^3 * 9.5}{3} + 249^2 * 48 * 31 \right) * 10^{-4} = 14114.53 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}I_w &= \frac{b_f^3 * h_w^2}{12 * (b_f + h_w)^2} * \left[ t_f * (b_f^2 + 2 * b_f * h_w + 4 * h_w^2) + 3 * t_w * b_f * h_w \right] * 10^{-6} = \\&= \frac{48^3 * 249^2}{12 * (48 + 249)^2} * \left[ 31 * (48^2 + 2 * 48 * 249 + 4 * 249^2) + 3 * 9.5 * 48 * 249 \right] * 10^{-6} = 57272 \text{ cm}^6\end{aligned}$$

La tensión de pandeo ideal elástica a torsión para refuerzos a compresión es:

$$\sigma_{el} = \frac{\pi^2 * E * I_w}{10^4 * I_p * l^2} * \left( m^2 + \frac{K}{m^2} \right) + 0.385 * E * \frac{I_T}{I_p} \quad \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Hay que calcular los valores de  $m$  y  $K$ , donde  $m$  es el número de medias ondas que se obtiene de la tabla del reglamento que viene en función del valor de  $K$ :

$$K = \frac{C * I^4}{\pi^4 * E * I_w} * 10^6$$

$C$  es la rigidez elástica ejercida por la plancha asociada a la que va soldado el refuerzo:

$$C = \frac{k * E * t_p^3}{3 * s * \left( 1 + \frac{1.33 * k * h_w * t_p^3}{1000 * s * t_w^3} \right)} * 10^{-3} \quad ; \quad k = 1 - \eta_p^a \quad ; \quad \eta_p = \frac{\sigma_a}{\sigma_{ep}}$$

donde  $a = 2$  para perfiles HP,  $t_p$  es el espesor de la plancha asociada restando la adición por corrosión

$t_k = 1$ ,  $s$  es la separación de refuerzos,  $h_w$  es la altura total del refuerzo,  $\sigma_a = 128.72 \text{ N/mm}^2$  es la tensión de compresión calculada para el refuerzo, y  $\sigma_{ep} = 181.05 \text{ N/mm}^2$  (calculada en C303, pág. 16), es la tensión elástica de pandeo de la plancha asociada. Luego:

$$\eta_p = \frac{\sigma_a}{\sigma_{ep}} = \frac{128.72}{181.05} = 0.711 \quad ; \quad k = 1 - \eta_p^2 = 1 - 0.711^2 = 0.494$$

$$C = \frac{0.494 * 206000 * (13.5 - 1)^3}{3 * 0.8 * \left(1 + \frac{1.33 * 0.494 * 280 * (13.5 - 1)^3}{1000 * 0.8 * (11 - 1.5)^3}\right)} * 10^{-3} = 54346.44$$

$$K = \frac{54346.44 * 3^4}{\pi^4 * 206000 * 57272} * 10^6 = 3.830 \Rightarrow \text{de la tabla del reglamento, } m = 1$$

$$\sigma_{el} = \frac{\pi^2 * 206000 * 57272}{10^4 * 14114.53 * 3^2} * \left(1^2 + \frac{3.83}{1^2}\right) + 0.385 * 206000 * \frac{35.39}{14114.53} = 641.60 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_{el} > \sigma_f/2 = 235/2 = 117.5 \text{ N/mm}^2$ , la tensión crítica de pandeo a torsión es:

$$\sigma_c = \sigma_f * \left(1 - \frac{\sigma_f}{4 * \sigma_{el}}\right) = 235 * \left(1 - \frac{235}{4 * 641.60}\right) = 213.48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_a / \eta = 128.72 / 0.9 = 143.02 \text{ N/mm}^2$  es menor que la tensión crítica,  $\sigma_c = 213.48 \text{ N/mm}^2$ , entonces el refuerzo no pandea a torsión.

\* Pandeo del alma C400

Por último, se calcula si pandea el alma. El valor de la tensión  $\sigma_{el}$  para el modo de pandeo del alma es:

$$\sigma_{el} = 3.8 * E * \left(\frac{t_w - t_k}{h_w}\right)^2 = 3.8 * 206000 * \left(\frac{11 - 1.5}{249}\right)^2 = 1139.46 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_{el} > \sigma_f/2 = 235/2 = 117.5 \text{ N/mm}^2$ , la tensión crítica de pandeo a torsión es:

$$\sigma_c = \sigma_f * \left(1 - \frac{\sigma_f}{4 * \sigma_{el}}\right) = 235 * \left(1 - \frac{235}{4 * 1139.46}\right) = 222.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_a / \eta = 128.72 / 0.9 = 143.02 \text{ N/mm}^2$  es menor que la tensión crítica,  $\sigma_c = 222.9 \text{ N/mm}^2$ , entonces el alma no pandea.

### C800 Longitudinales de doble fondo

**C801** El módulo requerido del perfil con plancha asociada es:

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

$$w_k = 1 + 0.06 \cdot t_{kw} \text{ para llanta con bulbo} \Rightarrow w_k = 1 + 0.06 \cdot 1.5 = 1.09$$

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 \cdot f_1 - 100 \cdot f_{2b} - 0.7 \cdot \sigma_{db}, \text{ siendo el máximo } 160 \cdot f_1 = 160 \cdot 1 = 160 \text{ kN/m}^2.$$

$$\sigma_{db} = 20 \cdot f_1 = 20 \text{ kN/m}^2 \text{ para bodegas de carga en buques de carga general.}$$

$\sigma$  vuelve a depender de  $f_{2b}$ , valor que se conoce una vez escantillonada la sección y que obtenemos de Nauticus Hull en el anexo.

La presión mayor relevante es:

$$p_4 = \rho \cdot (g_0 + 0.5 \cdot a_v) \cdot H_c = 12 \cdot (9.81 + 0.5 \cdot 4.536) = 144.94 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

luego la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 \cdot f_1 - 100 \cdot f_{2B} - 0.7 \cdot \sigma_{db} = 225 \cdot 1 - 100 \cdot 0.718 - 0.7 \cdot 20 \cdot 1 = 139.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

y el módulo de los longitudinales es:

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p \cdot w_k}{\sigma} \text{ cm}^3 = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.8 \cdot 144.94 \cdot 1.09}{139.2} = 678.24 \text{ cm}^3$$

El área y altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 \cdot \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 \cdot \sqrt[3]{678.24^2} = 52.49 \text{ cm}^3 \text{ y } 3 \cdot Z^{0.35} = 3 \cdot 678.24^{0.35} = 29.38 \text{ cm}, \text{ respectivamente.}$$

En principio se elige un perfil HP 300 x 13 mm para los longitudinales del fondo, que tiene un área de 52.79 cm<sup>3</sup>. Según Nauticus Hull valdría un **HP 300 x 12**.

**C802** El espesor de alma mínimo es el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k \\ = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = \min(0.015 * L_1, 5) = \min(0.015 * 156 ; 5) = 2.34 ; \quad g = 41 \text{ perfil llanta con bulbo}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 2.34 + 1.5 = 8.34 \text{ mm} \\ = 1.5 + \frac{300 * \sqrt{1}}{41} + 1.5 = 10.32 \text{ mm}$$

Luego **HP 300 x 12** cumple.

**C804** Se comprueba que no pandea según Sec.13, con un cálculo idéntico al realizado para los longitudinales de fondo. Se ve en el anexo que no pandean.

**H100** Concretos verticales entre longitudinales de fondo y doble fondo

El área de los concretos y la inercia no serán menor de:

$$A = \frac{k * l * s * T}{f_1} = \frac{0.7 * 3 * 0.8 * 9.91}{1} = 16.65 \text{ cm}^2$$

$$I = 2.5 * h_{db}^2 * A = 2.5 * 1.5^2 * 16.65 = 93.66 \text{ cm}^4$$

Se elige un concreto entre cada longitudinal de fondo y su correspondiente de doble fondo, de dimensiones 150 x 12, de área  $15 * 1.2 = 18 \text{ cm}^2$  e inercia  $1/12 * 15^3 * 1.2 = 337.5 \text{ cm}^4$ .

**4.- ESTRUCTURA DEL COSTADO**

**Pt.3 Ch.1 Sec.7.**

**C 100 Planchas de costado**, excepto traca de cinta.

**C101** El espesor correspondiente a carga lateral es:

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; \quad k_a = 1 \text{ (A201)} ; \quad s = 0.82 \text{ m}$$

p vale p<sub>1</sub> si la plancha está bajo la flotación al calado de carga de verano, y p<sub>2</sub> si la plancha está por encima.

$$p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_2 = p_{dp} - (4 + 0.2 \cdot k_s) \cdot h_0 ; \text{ mínimo } 6.25 + 0.025 \cdot L_1$$

$\sigma = 140 \cdot f_1$  a la altura del eje neutro y disminuye linealmente hasta  $120 \cdot f_1$  en cubierta y en fondo. Por tanto, para saber el valor de la  $\sigma$  admisible hay que conocer la posición del eje neutro. (En la primera iteración se puede estimar, de esta forma se harán menos iteraciones).

Calcularemos el escantillón de la última iteración tomando la posición del eje neutro de Nauticus Hull en el anexo, que está a 5.263 m de la línea base. La tensión admisible en cada refuerzo variará en función de su distancia al eje neutro.

$$p_{dp} = 9.342 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 \cdot z ; \text{ valor máximo de } z \text{ es el calado } T$$

$$h_0 = T - z = 9,91 - z ; \text{ distancia desde el punto de carga al calado } T.$$

$$\sigma = 140 - \frac{140 - 120}{5.263} \cdot (5.263 - z) \text{ por debajo del eje neutro}$$

$$\sigma = 120 + \frac{140 - 120}{13.1 - 5.263} \cdot (13.1 - z) \text{ por encima del eje neutro}$$

TRACA	y	z	P <sub>dp</sub>	h <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	σ	t <sub>k</sub>	t (requer.) mm
Costado 1	11,4	3,550	29,34	6,36	92,9	133,49	1	11.81
Costado 2	11,4	6,103	33,27	3,08	70.5	137,86	1	10.26
Costado 3	11,4	9,290	36,23	0,62	47,5	129,72	1	8.84

**C102** El espesor no será menor de:

$$t = 5.0 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.0 + \frac{0.04 * 156}{\sqrt{1}} + 1 = 12.24 \text{ mm}$$

**C103** El espesor entre la flotación mínima en lastre hasta 0.25 T (mínimo 2.2 m) sobre la flotación de carga de verano,  $9.91 * 1.25 = 12.39$  mm en nuestro caso, es:

$$t_{\text{quay}} = 31 * (s + 0.7) * \left( \frac{B * T}{\sigma_f^2} \right)^{1/4} + t_k \text{ (mm)} = 31 * (0.82 + 0.7) * \left( \frac{22.8 * 9.91}{235^2} \right)^{1/4} + 1 = 12.92 \text{ mm}$$

Como es mayor que el requerido por presión lateral, el espesor de las planchas de costado es de **13 mm**.

**C104** El espesor de las planchas de costado debe satisfacer los requisitos de pandeo, según la Sec.13.

Vamos a comprobar, como ejemplo, la traca de cinta que se calcula en C201, que al estar sometida a compresión en arrufo, es la más alejada del eje neutro.

Como la tensión no es igual en toda la plancha, hay que calcular el valor de  $\psi$  mediante los valores de la tensión primaria en el punto más alto de la plancha, cubierta, y en el punto más bajo del refuerzo más alto de la traca, ya que estos definen el panel más alto.

$$\sigma_{L.\text{Sup.}} = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{\text{Sup.}} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (13.1 - 5.263) = 190071 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 190.07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{L.\text{Inf.}} = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{\text{Inf.}} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (13.1 - 0.82 - 5.263) = 172214 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 172.21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\psi = \frac{172.21}{192.34} = 0.895$$

El valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{0.895 + 1.1} = 4.21$$

El valor de  $\eta$  es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 190.07 / 1 = 190.07 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.82 * \sqrt{\frac{192.34}{0.9 * 4.21 * 206000}} + 0 = 12.87 \approx 13 \text{ mm}$$

Todas cumplen, según anexo.

### C 200 Traca de cinta

**C201** El ancho de traca de cinta no será menor de  $800 + 5 * L = 800 + 5 * 156 = 1580$  mm. Tomaremos 1700 mm.

El espesor no será menor que la semisuma de los espesores requeridos de plancha de costado y de cubierta. Para el cálculo, el espesor de cubierta no se tomará menor que el de las planchas de costado. Como se verá después, el espesor de la plancha de cubierta es de 11 mm, por tanto, el espesor de la traca de cinta es de **13 mm**, ya que el espesor de costado es de 13 mm.

### C300 Longitudinales de costado

**C301** El módulo requerido del perfil con plancha asociada es:

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

$$w_k = 1 + 0.06 \cdot t_{kw} \text{ para llanta con bulbo} \Rightarrow w_k = 1 + 0.06 \cdot 1.5 = 1.09$$

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 * f_1 - 130 * f_2 * \frac{Z_n - Z_a}{Z_n}, \text{ siendo el máximo } 160 * f_1 = 160 * 1 = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ para acero dulce}$$

$f_2$  es el factor de tensión  $f_{2b} = 0.718$  para perfiles por debajo del eje neutro, y  $f_{2d} = 1.069$  para perfiles por encima.

$p = p_1$  a  $p_8$  la mayor que sea aplicable.

Para los perfiles por debajo del calado de verano, la presión mayor a utilizar es  $p_1, p_3, p_4$  o  $p_5$ , la mayor de ellas, y para los que están por encima de la flotación es  $p_2$ .

$$p_1 = 10 \cdot h_0 + p_{dp} \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_2 = p_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0 ; \text{ mínimo } 6.25 + 0.025 * L_1 ; k_s = 2$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 \cdot z ; \text{ valor máximo de } z \text{ es el calado } T$$

$$h_0 = T - z = 9,91 - z ; \text{ distancia desde el punto de carga al calado } T.$$

Perfil	y m	z m	$p_{dp}$	$h_0$	$p_1$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_{m\acute{a}x}$
1	11,261	2,32	27,670	7,590	103,57	79,874	87,723	86,800	103,570
2	11,398	3,14	28,843	6,770	96,543	77,923	87,677	86,770	96,543
3	11,4	3,96	29,830	5,950	89,330	71,057	82,717	83,446	89,330
4	11,4	4,78	30,814	5,130	82,114	60,906	74,472	77,922	82,114
5	11,4	6,42	32,782	3,490	67,682	40,604	57,981	66,873	67,682
6	11,4	7,24	33,766	2,670	60,466	30,453	49,736	61,349	61,349
7	11,4	8,06	34,750	1,850	53,250	20,302	41,491	55,825	55,825
8	11,4	8,88	35,734	1,030	46,034	10,151	33,245	50,300	50,300

Perfil	$f_2$	$z_n$	$z_a$	$\sigma$	$Z \text{ cm}^3$
1	0,718	5,263	2,320	160,00	458,545
2	0,718	5,263	3,140	160,00	406,306
3	0,718	5,263	3,960	160,00	372,642
4	0,718	5,263	4,780	160,00	342,656
5	1,069	7,837	6,680	160,00	282,432
6	1,069	7,837	5,860	160,00	256,005
7	1,069	7,837	5,040	160,00	232,954
8	1,069	7,837	4,220	160,00	209,898

Se ve que el requerimiento de módulo máximo es para el perfil 1, y vale  $458,545 \text{ cm}^3$ , por lo que el área y altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 * \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 * \sqrt[3]{458.545^2} = 40.44 \text{ cm}^3 \text{ y } 3 * Z^{0.35} = 3 * 458.545^{0.35} = 25.62 \text{ cm} , \text{ respectivamente.}$$

Estas condiciones la cumple el perfil HP 260 x 12 mm, que tiene un área de  $41.31 \text{ cm}^3$ . Teóricamente, los perfiles irán disminuyendo de escantillón conforme disminuye el módulo, pero los perfiles del costado dentro del tanque de lastre hay que comprobarlos por fatiga, y como se ve más adelante en E401, el requerimiento de fatiga es el que va a dimensionar el escantillón de estos perfiles, ya que requieren un módulo mayor.

De los tres perfiles tipo llanta en el costado de entrepuente, el inferior es de acero dulce y los



otros dos de acero de alta tensión NV-36, con  $f_1 = 1.39$ . Fuera de tanques de lastre,  $w_k = 1$ .

Perfil	y m	z m	$\rho_{dp}$	$h_0$	$\rho_2$	$f_2$	$z_n$	$z_a$	$\sigma$	Z cm <sup>3</sup>
9	11,4	10,56	36,970	0,650	34,110	1,069	7,812	2,540	160,000	167,002
10	11,4	11,42	36,970	1,510	30,326	1,069	7,812	1,680	203,666	95,657
11	11,4	12,28	36,970	2,370	26,542	1,069	7,812	0,820	188,367	88,416

Hay que escoger una pletina que cumpla este módulo. Se comprueba que una pletina de 200 x 15 cumple, tomando como plancha asociada de costado la separación de refuerzos de 850 mm.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada	Ordenada $y_i$	Área $A_i$	Momento estático $E_i=A_i y_i$	Inercia propia $I_p$	Teorema Steiner $A_i(y_i-y_{EN})^2$	Inercia total $I_{EN}$
	mm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
Pletina 200x15	200x15	11.3	30	339	1000	2106.73	3106.73
Pl. asociada	850x13	0.65	110.5	71.83	15.56	569,40	584.96
		Total	140.5	410.83			3691.69

$$y_{EN} = \frac{410.83}{140.5} = 2.92 \text{ cm} \Rightarrow Z_{perfil} = \frac{3691.69}{20 + 1.3 - 2.92} = 200.85 \text{ cm}^3 > 167.02 \text{ cm}^3$$

Se eligen los tres perfiles pletinas 200 x 15, iguales por razones de fabricación.

**C302** El espesor de alma mínimo es el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$k = 0.015 * L_1 = 0.015 * 156 = 2.34 \text{ en tanques de lastre}; \quad g = 41 \text{ perfil llanta con bulbo}$$

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general}$$

El mínimo espesor de los refuerzos tipo llanta con bulbo dentro del tanque de lastre es el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 2.34 + 1.5 = 8.34 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{260 * \sqrt{1}}{41} + 1.5 = 9.34 \text{ mm}$$

El mínimo espesor de la pletina de acero dulce es el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 1.5 = 7.56 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{200 * \sqrt{1}}{22} + 1.5 = 12.09 \text{ mm}$$

El mínimo espesor de las 2 pletinas de acero NV-36 es el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 1.5 = 7.56 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{200 * \sqrt{1.39}}{22} + 1.5 = 13.72 \text{ mm}$$

Por tanto, las pletinas calculadas de **200 x 15** cumplen.

**C304** Hay que comprobar el pandeo de los perfiles según Sec.13.

Hay que hacer el mismo cálculo que se ha realizado para los perfiles de fondo, pero en este caso individualmente para cada perfil de costado, ya que la tensión primaria es distinta dependiendo de la distancia a la que esté el perfil del eje neutro.

Comprobamos, como ejemplo, solo el pandeo lateral para el longitudinal tipo llanta más alejado del eje neutro, que está en la traca de cinta.

$$\sigma_{L.Sup.} = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{Perfil.} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (12.28 - 5.263) = 172214 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 172.21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Las tensiones críticas de pandeo lateral son:

$$\sigma_{el} = 0.001 * E * \frac{I_A}{A * l^2} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Para calcular  $I_A$  se toma un ancho de plancha asociado de 0.8 veces el espacio entre refuerzos, en nuestro caso  $0.8 * 850 = 680 \text{ m}$

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ Cm	Área $A_i$ $\text{cm}^2$	Momento estático $E_i=A_i y_i$ $\text{cm}^3$	Inercia propia $I_p$ $\text{cm}^4$	Teorema Steiner $A_i(y_i-y_{EN})^2$ $\text{cm}^4$	Inercia total $I_{EN}$ $\text{cm}^4$
Pletina 200x15	200x15	21,3	30	639	1000	7087,11	8087,11
Pl. asociada	680x13	0.65	87,36	56,784	12,30	2434,46	2446,76
		Total	117,36	695,78			10533.87

$$y_{EN} = \frac{695.78}{117.36} = 5.93 \text{ cm} \quad ; \quad I_A = 10533.87 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{el} = 0.001 * E * \frac{I_A}{A * l^2} = 0.001 * 206000 * \frac{10533.87}{117.36 * 3^2} = 2054.44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_{el} > \sigma_f / 2$ , donde  $\sigma_f = 355 \text{ N/mm}^2$ :

$$\sigma_c = \sigma_f * \left( 1 - \frac{\sigma_f}{4 * \sigma_{el}} \right) = 355 * \left( 1 - \frac{355}{4 * 2054.44} \right) = 339.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > 172.21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

luego no pandea lateralmente. Según anexo, cumplen todos.

**E400** Control a fatiga de longitudinales de costado dentro del tanque de lastre.

**E401** Los longitudinales en tanques tendrán un módulo mínimo de:

$$Z = \frac{83 \cdot l^2 \cdot s \cdot p_d \cdot w_k}{\sigma_d} \text{ (cm}^3\text{)} \quad ; \quad w_k = 1 + 0.06 \cdot t_{kw} \text{ para llanta con bulbo} \Rightarrow w_k = 1 + 0.06 \cdot 1.5 = 1.09$$

$$p_d = 5 * (\kappa + (T - z)) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad ; \quad (T - z)_{\text{m}^{\text{ax}}} = \kappa \quad ; \quad \kappa = \frac{B}{2} * \frac{\phi}{2} + \frac{B}{32} + \left( 1 + \frac{z}{T} \right) \quad z_{\text{m}^{\text{ax}}} = T \text{ para } \kappa$$

$\phi = 0.459$  ángulo de balance

$$\sigma_d = \frac{110 * c}{K} = \frac{110 * 1.1}{2.5} = 48.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$K = 2.5$  ; factor de concentración según figura 7

$z$  = distancia la longitudinal desde la línea base

Nº perfil	$z$ (a línea base)	$\kappa$	$P_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Z$ cm <sup>3</sup>	Perfil elegido
1	2,320	3,308	33,08	456,40	HP 260 x 12
2	3,140	3,367	33,67	464,53	HP 260 x 12
3	3,960	3,426	34,26	472,66	HP 260 x 12
4	4,780	3,485	34,85	480,80	HP 260 x 12
5	6,420	3,603	35,47	489,25	HP 260 x 12
6	7,240	3,662	31,66	436,76	HP 260 x 12
7	8,060	3,721	27,86	384,27	HP 240 x 11
8	8,880	3,780	24,05	331,77	HP 240 x 11

**C500 Cuadernas de entrepuente**

**C503** El módulo de la sección no será menor que el mayor de:

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

$p = p_1$  a  $p_8$ , la mayor que sea aplicable,  $p_2$  en este caso.

$$p_2 = p_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0 \quad ; \quad \text{mínimo } 6.25 + 0.025 * L_1 \quad ; \quad k_s = 2$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 * \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 * z \quad ; \quad \text{valor máximo de } z \text{ es el calado } T$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 * \frac{11.4}{22.80 + 75} + 1.2 * 9.91 = 36.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_2 = 36.97 - (4 + 0.2 * 2) * (9.7 + (13.1 - 9.7) / 2) - 9.91 = 30.414 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Z = \frac{0.55 * (13.1 - 9.7)^2 * 3 * 30.414 * 1}{1} = 580.12 \text{ cm}^3 \quad ; \quad Z = 4 * \sqrt{\frac{156}{1}} = 50 \text{ cm}^3$$

**C504** Los espesores de ala y alma no serán inferiores a los que se obtienen mediante C302

$$t = 4.5 + k + t_k \\ = 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general} \quad ; \quad g = 75 \text{ para perfiles con ala}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 1 = 7.06 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{300 * \sqrt{1}}{75} + 2 = 7.5 \text{ mm}$$

Para elegir el perfil de la cuaderna que cumpla el módulo obtenido, cuya plancha asociada según escantillón del costado es de 13 mm de espesor, hay que estimar el ancho de la plancha asociada. Para ello podemos usar la tabla en Pt.3 Ch.1 Sec.3 C400, o utilizar la fórmula siguiente que da resultados parecidos:

$$b_e = k * b \quad ; \quad k = \min \left\{ \frac{1}{3} \left( \frac{l}{s} \right)^{\frac{2}{3}}, 1 \right\} = \frac{1}{3} \left( \frac{13.1 - 9.7}{3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.3623 \Rightarrow b_e = 0.3623 * 3000 = 1087 \text{ mm}$$

Como los longitudinales del costado de entrepuente tienen que atravesar la bulárcama, elegiremos un perfil T de alma **400 x 13** y ala **200 x 13**, cuyo módulo con plancha asociada es:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ Cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i=A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i(y_i-y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
Alma 400x13	400x13	21.3	52	1107.6	6933.33	6132.68	13066.01
Ala 200 x 13	200x13	41.93	26	1090.2	3,66	25781.86	25785.52
Pl. asociada	1087x13	0.65	141,31	91.85	19.9	13544.17	13564.07
		Total	219.31	2289.65			52415.61

$$y_{EN} = \frac{2289.65}{219.31} = 10.44 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{52415.61}{40 + 1.3 + 1.3 - 10.44} = 1630 \text{ cm}^3 > 580 \text{ cm}^3$$

#### D100 Palmejar

D101 Este refuerzo horizontal entre costado y doble casco tiene que tener un espesor mínimo de:

$$t = 5 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5 + \frac{0.01 * L}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5 + \frac{0.01 * 156}{\sqrt{1}} + 1.5 = 8.06 \text{ mm}$$

D102 El espesor que va a tener se calcula cumpliendo los requisitos de pandeo de la Sec.13.

El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, luego la tensión primaria sobre el palmejar que está a 5.4 m de la línea base que está a compresión en arrufo, es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{wa}}{I_{EN}} * y_{\text{Palmejar}} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (5.6 - 5.263) = 8270.80 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 8.27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como  $\sigma_a$  es menor de  $30 * f_1 = 30 \text{ N/mm}^2$ , se toma este último valor. La tensión es igual en toda la plancha  $\psi = 1$ . El valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{1 + 1.1} = 4$$

El valor de  $\eta$  es 1, luego la tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 30 / 1 = 30 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{N}{mm^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 2.55 * \sqrt{\frac{30}{0.9 * 4 * 206000}} + 1.5 = 17.72 \text{ mm}$$

Luego el espesor de la plancha del palmejar dentro del doble casco es de **17.5 mm**.

### 5.- ESTRUCTURA DEL MAMPARO LONGITUDINAL DE DOBLE CASCO

El reglamento considera que es un mamparo longitudinal.

**Pt.3 Ch.1 Sec.9.**

#### **C 100 Planchas de doble casco**

**C101** El espesor correspondiente a carga lateral es:

$$t = \frac{15.8 \cdot k_a \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \text{ mm} ; \quad k_a = 1 \text{ (A201)} ; \quad s = 0.82 \text{ m}$$

$$p = \max(p_3 \text{ a } p_5)$$

$$p_3 = \rho * (g_0 + 0.5 * a_v) * h_s \frac{kN}{m^2} ; \quad h_s = \text{altura del punto de carga al techo del tanque}$$

$$p_4 = 0.67 * (\rho * g_0 * h_p + \Delta p_{dyn}) \frac{kN}{m^2} ; \quad \Delta p_{dyn} = 25 \frac{kN}{m^2}$$

$h_p$  = distancia del punto de carga al punto alto de la aireación

$$p_5 = \rho * g_0 * h_s + p_0$$

$\sigma = 160 * f_1$  a la altura del eje neutro y disminuye linealmente hasta  $120 * f_1$  en cubierta y en fondo. Por tanto, para saber el valor de la  $\sigma$  admisible hay que conocer la posición del eje neutro.

Calcularemos el escantillón de la última iteración tomando la posición del eje neutro de Nauticus Hull en el anexo, que está a 5.263 m de la línea base. La tensión admisible en cada refuerzo variará en función de su distancia al eje neutro.

$$h_0 = T - z = 9,91 - z ; \quad \text{distancia desde el punto de carga al calado } T.$$

$$\sigma = 160 - \frac{160-120}{5.263} * (5.263 - z) \text{ por debajo del eje neutro}$$

$$\sigma = 120 + \frac{160-120}{13.1-5.263} * (13.1 - z) \text{ por encima del eje neutro}$$

TRACA	y	z	h <sub>s</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P	σ	t <sub>k</sub>	t mm
D.Cost. 1	8,85	1,91	7,79	96,435	97,257	103,33	103,33	134.5	1	12.36
D.Cost. 2	8,85	4,37	5,33	65,982	80,684	78,594	80,684	153.2	1	10.40
D.Cost. 3	8,85	6,90	2,80	34,662	63,640	53,155	63,640	151.6	1	9.39

**C102** El espesor no será menor de:

$$t = 5.0 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.0 + \frac{0.03 * 156}{\sqrt{1}} + 1 = 10.68 \text{ mm}$$

Por tanto, las dos tracas inferiores serán de 12.5 mm y 10.5 mm de espesor respectivamente. En cuanto a la traca superior del doble casco, no nos valdría una de 9.5 mm, porque no cumple el espesor mínimo, y tiene que elevarse a 10.5 mm.

**C103** Las planchas de doble casco deberán tener el espesor mínimo para cumplir los requisitos de pandeo. Vamos a comprobar que la traca superior debe tener un espesor de 10.5 mm.

Como la tensión no es igual en toda la plancha, hay que calcular el valor de  $\psi$  mediante los valores de la tensión primaria en el punto más alto de la plancha, cubierta, y en el punto más bajo de refuerzo más alto de la traca, que está a 8.88 m de la línea base, ya que estos definen el panel más alto.

$$\sigma_{L.Sup.} = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{Sup.} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (9.7 - 5.263) = 108894 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 108.89 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{L.Inf.} = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{Inf.} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (9.7 - 0.82 - 5.263) = 88770 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 88.77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\psi = \frac{88.77}{108.89} = 0.815$$

El valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{0.815 + 1.1} = 4.39$$

El valor de  $\eta$  es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 190.07/1 = 190.07 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.82 * \sqrt{\frac{108.89}{0.9 * 4.39 * 206000}} + 1 = 10.48 \approx 10.5 \text{ mm}$$

### C200 Longitudinales de doble casco

**C201** El módulo requerido del perfil con plancha asociada es:

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

$$w_k = 1 + 0.06 \cdot t_{kw} \text{ para llanta con bulbo} \Rightarrow w_k = 1 + 0.06 \cdot 1.5 = 1.09$$

$p = p_1$  a  $p_9$ , la mayor de las que sea aplicables. Son aplicables  $p_3$ ,  $p_4$  y  $p_5$ , como a las planchas.

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 * f_1 - 130 * f_2 * \frac{Z_n - Z_a}{Z_n}, \text{ siendo el máximo } 160 * f_1 = 160 * 1 = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ para acero dulce}$$

$f_2$  es el factor de tensión  $f_{2b} = 0.718$  para perfiles por debajo del eje neutro, y  $f_{2d} = 1.069$  para perfiles por encima.

Perfil	y m	z m	$h_s$	$h_p$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P = \text{máx}(p_3, p_4, p_5)$
1	8.85	2,32	7,38	11,54	91,359	94,495	99,208	99,208
2	8.85	3,14	6,56	10,72	81,208	88,971	90,962	90,962
3	8.85	3,96	5,74	9,90	71,057	83,446	82,717	83,446
4	8.85	4,78	4,92	9,08	60,906	77,922	74,472	77,922
5	8.85	6,42	3,28	7,44	40,604	66,873	57,981	66,873
6	8.85	7,24	2,46	6,62	30,453	61,349	49,736	61,349
7	8.85	8,06	1,64	5,80	20,302	55,825	41,491	55,825
8	8.85	8,88	0,82	4,98	10,151	50,300	33,245	50,300



Perfil	f <sub>2</sub>	z <sub>n</sub>	z <sub>a</sub>	σ	σ <sub>máx</sub>	Z cm <sup>3</sup>	Perfil elegido
1	0,718	5,263	2,320	172,806	160,00	413,987	HP 260 x 10
2	0,718	5,263	3,140	187,348	160,00	379,580	HP 260 x 10
3	0,718	5,263	3,960	201,891	160,00	348,216	HP 240 x 10
4	0,718	5,263	4,780	216,434	160,00	325,163	HP 240 x 10
5	1,069	7,837	6,680	204,483	160,00	279,058	HP 220 x 10
6	1,069	7,837	5,860	189,943	160,00	256,005	HP 220 x 10
7	1,069	7,837	5,040	175,403	160,00	232,953	HP 200 x 10
8	1,069	7,837	4,220	160,861	160,00	209,900	HP 200 x 10

**C202** El espesor mínimo del alma no será menor que el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$k = 0.015 * L_1 = 0.015 * 156 = 2.34 \text{ en tanques de lastre; } g = 41 \text{ perfil llanta con bulbo}$$

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 1.5 = 7.56 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{260 * \sqrt{1}}{41} + 1.5 = 9.34 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{ cumple}$$

**C204** La resistencia a pandeo de los longitudinales de doble casco se comprueba según la Sec.13.

Hay que hacer el mismo cálculo que se ha realizado para los perfiles de fondo, pero en este caso individualmente para cada perfil de doble casco, ya que la tensión primaria es distinta dependiendo de la distancia a la que esté el perfil del eje neutro. Según anexo, cumplen todos.

#### **D100 Diafragma transversal en costado**

**D101** El espesor del diafragma no estanco no será menor que:

$$t = 5.0 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 6.0 + \frac{0.02 \cdot L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.0 + \frac{0.02 \cdot 156}{\sqrt{1}} + 1.5 = 9.62 \text{ mm}$$

Dispondremos un diafragma de **10 mm** cada 4 claras de cuaderna.

Análogamente al doble fondo, se colocarán concretos horizontales entre longitudinales de costado y doble casco, que reforzarán el diafragma. Utilizaremos la misma fórmula que para el doble fondo.

El área de los concretos y la inercia no serán menor de:

$$A = \frac{k * l * s * T}{f_1} = \frac{0.7 * 3 * 0.82 * 9.91}{1} = 17.07 \text{ cm}^2$$

$$I = 2.5 * h_{dc}^2 * A = 2.5 * 2.55^2 * 17.07 = 277.49 \text{ cm}^4$$

Se elige un concreto entre cada longitudinal de fondo y su correspondiente de doble fondo, de dimensiones 250 x 12, de área  $25 * 1.2 = 30 \text{ cm}^2$  e inercia  $1/12 * 25^3 * 1.2 = 1562.5 \text{ cm}^4$ .

## 6.- ESTRUCTURA DE CUBIERTA

### Pt.3 Ch.1 Sec.7.

#### C100 Plancha de trancañil

El ancho de plancha de trancañil no será menor de:

$$b = 800 + 5 * L = 800 + 5 * 156 = 1580 \text{ mm} \quad ; \quad \text{máximo } 800 \text{ mm} \rightarrow \text{tomamos } 1600 \text{ mm}$$

#### C102 Espesor de plancha de trancañil

El espesor correspondiente a carga lateral es:

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

$p = p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor de las que sea aplicable. En este caso son aplicables  $p_1$  y  $p_2$ , siendo la mayor  $p_2$ , con  $q =$  carga por unidad de superficie, en nuestro caso  $2.5 \text{ t/m}^3$ .

$$p_2 = (g_0 + 0.5 * a_v) * q = (9.81 + 0.5 * 4.536) * 2.5 = 30.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 120 * f_1 = 120 * 1.39 = 166.8 \text{ N/mm}^2 \text{ para cubiertas reforzadas longitudinalmente}$$

$$k_a = \min\left(1, 1 - 0.25 * \frac{s}{1}\right)^2 = \min\left(1, 1 - 0.25 * \frac{0.65}{3}\right)^2 = 1$$

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = \frac{15.8 * 1 * 0.65 * \sqrt{30.195}}{\sqrt{166.8}} + 0 = 4.37 \text{ mm}$$

### C103 Comprobación a pandeo de planchas de cubierta

El espesor anterior es muy pequeño para la cubierta, y como se ve en C104 el espesor mínimo es de 6.82 mm. Sin embargo, la cubierta tiene requisitos de pandeo que son los que determinarán su escantillón.

El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, luego la tensión primaria en arrufo para la cubierta es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{wa}}{I_{EN}} * y_{Cub.} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (13.1 - 5.263) = 192339 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 192.34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como la tensión es igual en toda la plancha  $\psi = 1$ . El valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{1 + 1.1} = 4$$

El valor de  $\eta$  para la cubierta superior es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 192.34 / 1 = 192.34 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left(\frac{t - t_k}{1000 * s}\right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.65 * \sqrt{\frac{192.34}{0.9 * 4 * 206000}} + 0 = 10.47 \text{ mm}$$

Pondremos como espesor de la plancha de cubierta **11 mm**.

**C104** El mínimo espesor del ancho de plancha de trancañil no será menor de:

$$t = t_0 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.5 + \frac{0.01 * 156}{\sqrt{1.39}} + 0 = 6.82 \text{ mm}$$

**C200** El espesor de la **cubierta de entrepuente** correspondiente a la presión lateral viene dado por la fórmula de C102, con  $\sigma = 160 * f_1 = 160 \text{ N/mm}^2$ . En este caso son aplicables  $p_3$  y  $p_7$  puesto que la cubierta es la parte alta de un tanque.

La carga por unidad de superficie en este caso es  $3.5 \text{ t/m}^3$ .

$$p_3 = \rho_C * (g_0 + 0.5 * a_v) * H_C = (9.81 + 0.5 * 4.536) * 3.5 = 42.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_7 = 0.67 * (\rho * g_0 * h_p + \Delta p_{\text{dyn}}) = 0.67 * [1.025 * 9.81 * (13.1 + 0.76 - 9.7) + 25] = 44.77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > P_2$$

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = \frac{15.8 * 1 * 1.05 * \sqrt{44.47}}{\sqrt{160}} + 1 = 9.75 \text{ mm}$$

**C202** El espesor no será menor de:

$$t = t_0 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.5 + \frac{0.01 * 156}{\sqrt{1}} + 1 = 8.06 \text{ mm}$$

Vamos a comprobar a pandeo. El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, luego la tensión primaria en arrufo para la cubierta es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{Wa} * y_{\text{Entrep.}}}{I_{EN}} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (9.7 - 5.263) = 108894 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 108.89 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como la tensión es igual en toda la plancha  $\psi = 1$ . El valor de  $k$  para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{1 + 1.1} = 4$$

El valor de  $\eta$  para la cubierta superior es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 108.89 / 1 = 108.89 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 1.05 * \sqrt{\frac{108.89}{0.9 * 4 * 206000}} + 1 = 13.72 \text{ mm}$$

Luego el espesor de la plancha de cubierta es de **14 mm**.

**C300 Longitudinales de cubierta**

**C301** El módulo de sección requerido es:

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

\* Longitudinales cubierta superior

$w_k = 1$  para cubierta superior

$p = p_1$  a  $p_9$ , la mayor de las que sea aplicables. Son aplicables  $p_1$  y  $p_2$ , como a las planchas de cubierta, luego  $p = p_2 = 30.19 \text{ kN/m}^2$ .

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 \cdot f_1 - 130 \cdot f_{2d} ; \quad \max 160 \cdot f_1 = 160 \cdot 1.39 = 222.4 \text{ N/mm}^2$$

$f_{2d}$  para la última iteración vale, según anexo, 1.069, luego la tensión admisible vale:

$$\sigma = 225 \cdot 1.39 - 130 \cdot 1.069 = 173.78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Z = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.65 \cdot 30.19 \cdot 1}{173.78} = 84.35 \text{ cm}^3$$

Se elige un perfil tipo llanta de 200 x 15. Comprobamos el módulo con plancha asociada:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ Cm	Área $A_i$ $\text{cm}^2$	Momento estático $E_i = A_i y_i$ $\text{cm}^3$	Inercia propia $I_p$ $\text{cm}^4$	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ $\text{cm}^4$	Inercia total $I_{EN}$ $\text{cm}^4$
Pletina 200x15	200x15	11,1	30	333	1000	1656.15	2656.15
Pl. asociada	650x11	0.55	71,5	39,325	7,21	696.01	703.22
		Total	101,5	372,325			3359.37

$$y_{EN} = \frac{372.325}{101.5} = 3.67 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad Z_{\text{perfil}} = \frac{3359.37}{20 + 1.1 - 3.67} = 192.73 \text{ cm}^3 > 84.35 \text{ cm}^3$$

\* Longitudinales cubierta entrepuente

$$w_k = 1 + 0.06 \cdot t_{kw} \text{ para llanta con bulbo} \quad \Rightarrow \quad w_k = 1 + 0.06 \cdot 1.5 = 1.09$$

La mayor presión es la misma que para la plancha de entrepuente y vale  $p_7 = 44.77 \text{ kN/m}^2$

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 * f_1 - 130 * f_{2d} * \frac{z_n - z_a}{z_n}, \text{ siendo el máximo } 160 * f_1 = 160 * 1 = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ para}$$

acero dulce.  $f_{2d}$  para la última iteración vale, según anexo, 1.069, luego la tensión admisible, sabiendo que  $z_n = 13.1 - 5.263 = 7.837 \text{ m}$  y  $z_a = 13.1 - 9.7 = 3.4 \text{ m}$ , vale:

$$\sigma = 225 * 1 - 130 * 1.069 * \frac{7.837 - 3.4}{7.837} = 146.32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Z = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.925 \cdot 44.77 \cdot 1.09}{146.32} = 230.44 \text{ cm}^3$$

El área y la altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 * \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 * \sqrt[3]{228.65^2} = 25.43 \text{ cm}^2 \quad \text{y} \quad 3 * Z^{0.35} = 3 * 228.65^{0.35} = 20.08 \text{ cm}, \text{ respectivamente.}$$

En principio se elige un perfil HP 200 x 10 mm para los longitudinales de entrepuente.

Vamos a comprobar que cumple el módulo mínimo junto a su plancha asociada de espesor 14 mm.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ Cm	Área $A_i$ $\text{cm}^2$	Momento estático $E_i = A_i y_i$ $\text{cm}^3$	Inercia propia $I_p$ $\text{cm}^4$	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ $\text{cm}^4$	Inercia total $I_{EN}$ $\text{cm}^4$
HP 200x10	200x10	13.36	25.66	342.82	1017	2653.99	3670.99
Pl. asociada	750x14	0.7	105	73.50	17,15	651.01	668.16
		Total	130.66	416.32			4339.15

$$y_{EN} = \frac{416.32}{130.66} = 3.19 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad Z_{\text{perfil}} = \frac{4339.15}{20 + 1.4 - 3.19} = 238.28 \text{ cm}^3 > 230.44 \text{ cm}^3$$

Luego cumplen.

### C302 Comprobación a pandeo de los longitudinales de cubierta superior y de entrepuente

Se realizan los mismos cálculos que para los longitudinales de fondo. Se ve en el anexo que no pandean.

**C303** El espesor mínimo del ala no será menor que el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$k = 0.015 * L_1 = 0.015 * 156 = 2.34 \text{ en tanques de lastre}; \quad g = 41 \text{ perfil llanta con bulbo}$$

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general}; \quad g = 22 \text{ perfil tipo llanta}$$

\* Longitudinales de cubierta superior (pletina 200x15):

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 0 = 6.06 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{200 * \sqrt{1.39}}{22} + 0 = 12.22 \text{ mm} < 15 \text{ mm} \Rightarrow \text{cumple}$$

\* Longitudinales de cubierta entrepuente (HP 200x10):

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 2.34 + 1.5 = 8.34 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{cumple}$$

$$= 1.5 + \frac{200 * \sqrt{1}}{41} + 1.5 = 7.87 \text{ mm}$$

**C400** Baos

**C401** El módulo de sección requerido se calcula mediante la expresión:

$$Z = \frac{0.63 * l^2 * s * p * w_k}{f_1} \text{ (cm}^3\text{)} \quad ; \quad \text{mínimo } 15 \text{ cm}^3$$

$p = p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor que sea aplicable. En este caso son aplicables  $p_1$  y  $p_2$ .

$$p_1 = a * (p_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0) \quad ; \quad k_s = 2 \text{ según Sec.4 C201} \quad ; \quad a = 0.8$$

$h_0 = \text{distancia desde flotación a cubierta}$

$$p_2 = (g_0 + 0.5 * a_v) * q \quad ; \quad q = 2.5 \text{ t/m}^2$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 * \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 * z \quad ; \quad \text{valor máximo de } z \text{ es el calado } T$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 * \frac{11.4}{22.80 + 75} + 1.2 * 9.91 = 36.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_1 = 0.8 * (36.97 - (4 + 0.2 * 2) * (13.1 - 9.91)) = 18.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_2 = (9.81 + 0.5 * 4.536) * 2.5 = 30.195 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > p_1$$

$$Z = \frac{0.63 * (11.4 - 8.85)^2 * 3 * 30.195 * 1}{1} = 371.09 \text{ cm}^3$$

**C402** Los espesores de ala y alma no serán inferiores a los que se obtienen mediante C303

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general ; } g = 75 \text{ para perfiles con ala}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 1 = 7.06 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{400 * \sqrt{1}}{75} + 2 = 8.83 \text{ mm}$$

Para elegir el perfil del bao que cumpla el módulo requerido, hay que estimar el ancho de plancha asociada de cubierta de 11 mm de espesor. Para ello podemos usar la tabla en Pt.3 Ch.1 Sec.3 C400, o utilizar la fórmula siguiente que da resultados parecidos:

$$b_e = k * b ; k = \min \left\{ \frac{1}{3} \left( \frac{l}{s} \right)^{2/3}, 1 \right\} = \frac{1}{3} \left( \frac{11.4 - 8.85}{3} \right)^{2/3} = 0.2991 \Rightarrow b_e = 0.2991 * 3000 = 897.3 \text{ mm}$$

Como los longitudinales de cubierta tienen que atravesar el bao, elegiremos un perfil T de alma **400 x 13** y ala **200 x 13**, igual que la bulárcama de entrepuente, para darle continuidad al perfil e integrar la consola de unión. Comprobamos el módulo con plancha asociada:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada  y <sub>i</sub> cm	Área  A <sub>i</sub> cm <sup>2</sup>	Momento estático E <sub>i</sub> =A <sub>i</sub> y <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	Inercia propia I <sub>p</sub> cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner A <sub>i</sub> (y <sub>i</sub> -y <sub>EN</sub> ) <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	Inercia total I <sub>EN</sub> cm <sup>4</sup>
Alma 400x13	400x13	21.3	52	1107.6	6933.33	3805.78	10739.11
Ala 200 x 13	200x13	41.93	26	1090.18	3.6	22145.87	22149.47
Pl. asociada	897.3x11	0.55	98.70	54.29	9.95	14678.47	14688.42
		Total	176.7	2252.07			47577.00



$$y_{EN} = \frac{2252.07}{176.7} = 12.745 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{47577}{40 + 1.3 + 1.1 - 12.745} = 1604 \text{ cm}^3 > 580 \text{ cm}^3$$

Elegiremos un perfil T de alma **400 x 13** y ala **200 x 13**,

**D100** Eslora de cubierta bajo brazola

**D101** El espesor de alma y ala no será menor de:

$$t = 5 + \frac{k}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5 + \frac{0.01 * 156}{\sqrt{1.39}} + 0 = 6.32 \text{ mm}$$

$$t = 12 * s + t_k = 12 * 0.75 + 0 = 9 \text{ mm}$$

donde s es la separación entre refuerzos del alma. Se colocará una consola de refuerzo del alma que conecte con el primer longitudinal de cubierta, cada clara de cuadernas. El espesor de la consola, no será menor, de acuerdo con la Sec.3 C200, de:

$$t_b = \frac{3 + k * \sqrt{Z / w_k}}{\sqrt{f / f_1^1}} + t_k = \frac{3 + 0.3 * \sqrt{84.35 / 1}}{\sqrt{1 / 1.39}} + 0 = 6.78 \text{ mm}$$

donde Z es el módulo requerido menor de los refuerzos que une, en este caso el del longitudinal de cubierta, que vale 84.35 cm<sup>3</sup>.

El espesor t<sub>b</sub> no necesita ser mayor de 13.5 mm ni puede ser menor de 6 mm. Tomamos **13 mm** como espesor de las consolas.

**D102** La resistencia a pandeo se comprueba según Sec.13. Se ve en el anexo que no pandea, ya que se ha elegido un espesor del alma de 11 mm y de 14 mm para el ala (según Nauticus hull). La altura del alma y el ancho del ala son 600 mm y 200 mm respectivamente.

**D200** El módulo de sección requerido es:

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

donde b es la manga de la zona de carga que le corresponde, en nuestro caso 2.55/2 = 1.275 m. La tensión admisible  $\sigma$  vale:

$$\sigma = 190 * f_1 - 130 * f_{2d} * \frac{Z_n - Z_a}{Z_n} = 190 * 1.39 - 130 * 1.069 * \frac{(13.1 - 5.263) - 0}{13.1 - 5.263} = 125.13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 160 * f_1$$

P es  $p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor de las que le sean aplicables. En este caso son aplicable  $p_1$  y  $p_2$ :

$$p_1 = a * (p_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0) \quad ; \quad k_s = 2 \text{ según Sec.4 C201} \quad ; \quad a = 0.8$$

$h_0$  = distancia desde flotación a cubierta

$$p_2 = (g_0 + 0.5 * a_v) * q \quad ; \quad q = 2.5 \text{ t/m}^2$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 \cdot \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 \cdot z \quad ; \quad \text{valor máximo de } z \text{ es el calado } T$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 \cdot \frac{8.85}{22.80 + 75} + 1.2 \cdot 9.91 = 33.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_1 = 0.8 * (33.45 - (4 + 0.2 * 2) * (13.1 - 9.91)) = 15.53 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_2 = (9.81 + 0.5 * 4.536) * 2.5 = 30.20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Z = \frac{100 * 3^2 * 1.275 * 30.2 * 1}{125.13} = 276.95 \text{ cm}^3$$

Para comprobar el módulo de la eslora hay que estimar el ancho de plancha asociada de la cubierta de 11 mm de espesor. Para ello utilizamos la fórmula siguiente:

$$b_e = k * b \quad ; \quad k = \min \left\{ \frac{1}{3} \left( \frac{l}{s} \right)^{2/3}, 1 \right\} = \frac{1}{3} \left( \frac{3}{2.55} \right)^{2/3} = 0.3714 \Rightarrow b_e = 0.3714 * 255 = 947 \text{ mm}$$

Como los baos tienen que apoyar en la eslora, y tienen 400 mm de altura de alma, elegiremos para la eslora un perfil T de alma **600 x 11** y ala **200 x 14**. El módulo será:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ Cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i = A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
Alma 600x11	600x11	31.1	66	2052.6	19800	8073.36	27873.36
Ala 200 x 14	200x14	62.65	28	1754.2	4.57	50289.80	50294.37
Pl. asociada	947x11	0.55	98.70	54.28	10.5	37492.19	37502.69
		Total	192.7	3861.08			115670.42

$$y_{EN} = \frac{3861.08}{192.7} = 20.04 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{115670.42}{60 + 1.1 + 1.4 - 20.04} = 2724 \text{ cm}^3 > 276.95 \text{ cm}^3$$

**D201** El área del alma no será menor de:

$$A = \frac{0.07 * s * b * p}{f_1} + 10 * h * t_k = \frac{0.07 * 3 * 1.275 * 30.20}{1.39} + 0 = 5.817 \text{ cm}^2 < 60 * 1.1 = 66 \text{ cm}^2$$

## 7.- ESTRUCTURA VIGA CAJON

Esta estructura sirve de apoyo a las tapas de escotillas superiores y a las de entrepuente. El reglamento no hace mención a estructuras de tipo viga cajón, por lo que se impone una comprobación directa de la misma, basándose en la configuración del buque base Elbeland.

El programa Nauticus hull calcula para estas estructuras el espesor mínimo de plancha y comprueba a pandeo. Se ha introducido un escantillón para las planchas y refuerzos de esta estructura, que como se ve en el anexo, cumple tanto el espesor mínimo como el pandeo. Ahora vamos a comprobar la viga cajón desde el punto de vista de flexión mediante análisis matricial.

Se somete a la estructura a una condición de carga estática muy superior a las reales, como es, 3 filas de contenedores en altura sobre las escotillas superiores, con su carga máxima total de 20 t cada uno. En realidad, las condiciones reales de carga sobre cubierta solo permitirán llevar 10 t de carga por contenedor. En el entrepuente pondremos carga general de densidad  $0.7 \text{ t/m}^3$ , que al multiplicar por la altura de entrepuente más brazola, ejerce una presión sobre las tapas de escotilla de valor  $0.7 * (13.1 - 9.7 + 1.8) = 3.64 \text{ t/m}^2$ .

El cajón central soporta la mitad de la carga de las escotillas de babor y de las de estribor. Consideraremos que es una viga empotrada en los mamparos de bodega y apoyada en los baos de extremos de escotilla.

La distribución de la carga sobre las escotillas superiores se reparte en manga entre los centros de las mismas, que están separados una distancia de  $8.05 + 0.78 * 2 = 9.61 \text{ m}$ . La superficie de la huella de un contenedor de 20 pies es de  $20 * 0.3048 * 8 * 0.3048 = 14.86 \text{ m}^2$ . Las 60 toneladas de los 3 contenedores en altura originan una carga por unidad de longitud sobre las tapas de las escotillas de valor:

$$p_s = \frac{60}{14.86} * 9.61 = 38.80 \frac{\text{t}}{\text{m}}$$

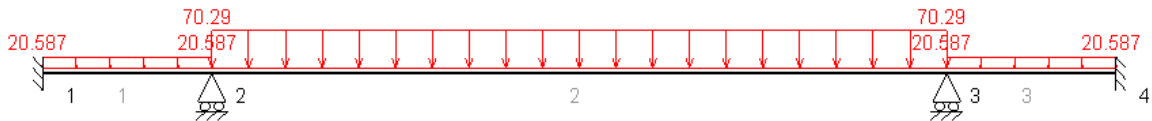
La carga que ejercen las tapas de entrepuente será la correspondiente a la escotilla de babor y a la de estribor:  $(8.05/2 + 0.3) * 2 * 3.64 = 8.65 * 3.64 = 31.49 \text{ t/m}$ .

Por tanto la carga total sobre la viga cajón, en la zona de escotillas, es  $38.80 + 31.49 = 70.29 \text{ t/m}$ . En las zonas de bodega a proa y popa de las escotillas, el valor de la carga es solo la de entrepuente, y su valor es  $0.7 * (13.1 - 9.7) * (8.05/2 + 0.3) * 2 = 20.587 \text{ t/m}$ .

La disposición de cargas es la siguiente:

viga cajón (estado 1)

MEFI

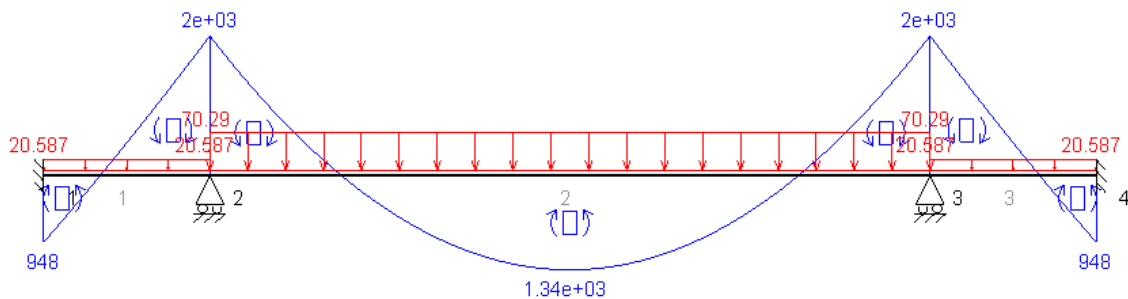


La ley de momentos flectores es:

viga cajón (estado 1)

Momentos flectores

MEFI



y el valor máximo es de 2000 tm.

Calculamos el módulo de la viga cajón:

ELEMENTO	A cm <sup>2</sup>	y m	A*y	A*y <sup>2</sup>	I propia	I total cm <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
Tapa superior	124,8	0	0	0		0
Tapa lateral	288	0,9	259,20	233,28	77,76	311,04
Tramo cub. Ppal	85,8	1,8	154,44	277,99		277,99
Tramo entrepuente	492	3,85	1894,20	7292,67	689,21	7981,88
Tapa inferior	134,4	5,2	698,88	3634,18		3634,18
4 HP 160x8	64,8	3,5	226,80	793,80		793,80
Pletina interm. 150x12	30	0,9	27,00	24,30		24,30
Pletina superior 150x12	30	0,1	3,00	0,30		0,30
	1249,8		3263,52			13023,49

$$y_{EN} = \frac{3263.52}{1249.80} = 2.611 \text{ m}$$

$$I_{EN} = 2 * (13023.49 - 1249.80 * 2.611^2) = 9006.40 \text{ cm}^2\text{m}^2$$

$$Z_{\text{mínimo}} = \frac{I_{EN}}{4.1 - y_{EN}} = \frac{9006.40}{5.9 - 2.611} * 100 = 273834 \text{ cm}^3$$

A partir del módulo mínimo, podemos calcular el momento flector máximo para una tensión admisible del acero de alta tensión NV-36 de 2170 kg/cm<sup>2</sup>, del que se fabricará la viga cajón. Este momento vale:

$$\text{Momento flector máximo} = \sigma_{\text{adm}} * Z_{\text{mínimo}} = \frac{2170 * 273834}{10^5} = 5942 \text{ tm} > 2000 \text{ tm}$$

mayor que los 2000 tm obtenidos del cálculo matricial de la viga, que es un momento obtenido para una situación de carga mayor que las que el buque va a tener.

La parte superior de la viga cajón, por encima de la cubierta superior, no se considerará en el peso por metro de acero continuo. Las áreas y centros de gravedad de los perfiles, brazolas, plancha de unión entre ambas y diafragma son:

$$A_{\text{Brazolas interiores}} = 2 * 1.8 * 0.016 = 0.0576 \text{ m}^2 \quad ; \quad c \text{ de g.} = 14 \text{ m}$$

$$A_{\text{Perfiles en brazolas interiores}} = 2 * 0.0018 = 0.0036 \text{ m}^2 \quad ; \quad c. \text{ de g.} = 14 \text{ m}$$

$$A_{\text{plancha unión}} = 2 * 0.78 * 0.016 = 0.02496 \text{ m}^2 \quad ; \quad c. \text{ de g.} = 14.9 \text{ m}$$

$$A_{\text{Perfiles en plancha de unión}} = 2 * 0.0018 = 0.0036 \text{ m}^2 \quad ; \quad c. \text{ de g.} = 14.825 \text{ m}$$

$$A_{\text{Diafragma sin el aligeramiento}} = 2.4089 \text{ m}^2 \quad ; \quad c \text{ de g.} = 14 \text{ m}$$

El peso y posición vertical del centro de gravedad de esta estructura que tiene, según disposición general, 96.75 m de longitud, teniendo en cuenta que el diafragma va cada 4 claros de cuaderna (unos 32 en total), es:

$$\text{Peso} = (0.0576 + 0.0036 + 0.02496 + 0.0036) * 96.75 * 7.86 + (2.4089 * 0.01) * 32 * 7.86 = 74.32 \text{ t}$$

y la posición vertical de su centro de gravedad:

$$Z_{c \text{ deg}} = \frac{(0.0576 + 0.0036 + 0.02496) * 14 * 96.75 + 0.0036 * 14.825 * 96.75 + 32 * 2.4089 * 0.01 * 14}{(0.0576 + 0.0036 + 0.02496 + 0.0036) * 96.75 + 32 * 2.4089 * 0.01} =$$

$$= 14.03 \text{ m}$$

Este dato nos servirá para el cuadernillo de pesos.

## 8.- CÁLCULO DEL PESO POR METRO DE LA CUADERNA MAESTRA

El peso por metro de los elementos longitudinales se obtiene del anexo, pues Nauticus Hull nos da en la página 18 del informe, el área de estos elementos que forman parte de la sección maestra. El área total es:

$$A_{\text{Planchas}} = 18966.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Perfiles}} = 3107.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{Total}} = 22074.1 \text{ cm}^2$$

A estos valores hay que quitarles los elementos por encima de la cubierta superior:

	Area cm <sup>2</sup>	Z c.de g.	A*Z
Total según Nauticus	22074.1	5.087	112290.95
Brazolas interiores	-582.4	14	-8153.60
Perfiles en brazolas interiores	-36	14	-504.00
Plancha entre brazolas	-243.2	14.9	-3623.68
Perfiles en plancha entre brazolas	-36	14.825	-533.70
Brazolas exteriores	-720	14	-10080.00
	20456.5		89395.97

El peso por metro de la estructura longitudinal y la posición vertical de su centro de gravedad es:

$$\text{Peso} / \text{m} = \frac{20456.5 * 7.86}{10^4} = 16.079 \frac{\text{t}}{\text{m}} \quad ; \quad Z_{c. \text{ de g.}} = \frac{89395.97}{20456.5} = 4.370 \text{ m}$$

Ahora queda calcular el peso por metro y centro de gravedad de los elementos transversales. Para hallar el área y centro de gravedad de los elementos transversales utilizaremos el programa AutoCad.

Los elementos transversales que van cada clara de cuadernas son:

Elemento	Area	Espesor	Volumen	Peso (t)	Zg	Mom. Vert.
Consola margen	3.7048	0.0105	0.0389	0.3058	0.9564	0.2925
Aligeramiento	-0.3926	0.0105	-0.0041	-0.0322	0.9996	-0.0322
Consola esloras bajo brazolas	0.6068	0.013	0.0079	0.0621	12.8545	0.7983
				0.3357		1.0586

El peso por metro y centro de gravedad de estos pesos es:

$$P_{11} = \frac{0.3357}{0.75} = 0.4476 \frac{t}{m} \quad ; \quad Z_{11} = \frac{1.0557}{0.3349} = 3.152 \text{ m}$$

Los elementos transversales que van cada 2 claras de cuadernas son:

Elemento	Area	Espesor	Volumen	Peso (t)	Zg	Mom. Vert.
Consolas viga cajón	0.1772	0.01	0.00177	0.0139	9.1884	0.1278

El peso por metro y centro de gravedad de estas consolas es:

$$P_{12} = \frac{0.0139}{2 * 0.75} = 0.00927 \frac{t}{m} \quad ; \quad Z_{12} = \frac{0.1278}{0.0139} = 9.194 \text{ m}$$

Los elementos transversales que van cada 4 claras de cuadernas son

Elemento	Area	Espesor	Volumen	Peso (t)	Zg	Mom. Vert.
Varenga	30.216	0.0105	0.3173	2.4940	0.7762	1.9358
Aligeramientos (7)	-2.5718	0.0105	-0.0270	-0.2122	0.75	-0.1592
Alma Bulárcama-Bao	5.201	0.02	0.1040	0.8174	11.9455	9.7647
Ala Bulárcama-Bao	0.1224	0.02	0.0024	0.0189	11.7161	0.2210
Diafragma doble casco	41.041	0.01	0.4104	3.2257	5.6341	18.1742
Aligeramiento diafragma	-0.8926	0.01	-0.0089	-0.0700	2.7536	-0.1926
Aligeramiento diafragma	-0.8926	0.01	-0.0089	-0.0700	3.5616	-0.2491
Aligeramiento diafragma	-0.8926	0.01	-0.0089	-0.0700	4.3874	-0.3069
Aligeramiento diafragma	-0.8926	0.01	-0.0089	-0.0700	6.8431	-0.4787
Aligeramiento diafragma	-0.8926	0.01	-0.0089	-0.0700	7.6631	-0.5361
Aligeramiento diafragma	-0.8926	0.01	-0.0089	-0.0700	8.4831	-0.5934

Concretos doble fondo (14)	0.2044	0.012	0.0025	0.0197	0.7443	0.0146
Concreto doble casco	0.113	0.012	0.0014	0.0110	2.3433	0.0258
Concreto doble casco	0.1208	0.012	0.0014	0.0110	3.1648	0.0348
Concreto doble casco	0.0552	0.012	0.0007	0.0055	3.9848	0.0219
Concreto doble casco	0.0552	0.012	0.0007	0.0055	4.7931	0.0264
Concretos doble casco 8	0.2208	0.012	0.0026	0.0204	7.65	0.1563
Diafragma superior viga cajón	3.312	0.01	0.0331	0.2602	11.4	2.9659
Aligeramientos diafragma (3)	-0.3378	0.01	-0.0034	-0.0267	11.375	-0.3040
Diafragma inferior	0.4665	0.01	0.0047	0.0369	3.581	0.1323
				6.2676		30.6537

El peso por metro y centro de gravedad de los refuerzos transversales cada 4 claras es:

$$P_{t4} = \frac{6.2676}{4 * 0.75} = 2.089 \frac{t}{m} \quad ; \quad Z_{t2} = \frac{30.6537}{6.2676} = 4.891 \text{ m}$$

A partir de los datos anteriores, obtenemos el peso por metro de la cuaderna maestra y la posición vertical del centro de gravedad:

$$\text{Peso / m} = 16.079 + 0.4476 + 0.00927 + 2.089 = 18.625 \text{ t}$$

$$Z_{c.deg.} = \frac{16.079 * 4.370 + 0.4476 * 3.152 + 0.00927 * 9.194 + 2.089 * 4.892}{16.079 + 0.4476 + 0.00927 + 2.089} = 4.402 \text{ m}$$

## 9.- RESUMEN PROPIEDADES CUADERNA MAESTRA

Una vez dimensionada la sección maestra, resumimos los resultados de inercia, posición del eje neutro y módulos obtenidos:

$$I_{\text{Sección}} = 51.229 \text{ m}^4 > I_{\text{mínima requerida}} = 32.68 \text{ m}^4$$

$$Y_{\text{EN}} = 5.263 \text{ m}$$

$$Z_{\text{Fondo}} = 9.734 \text{ m}^3 > Z_{\text{mínimo requerido (fondo)}} = 7.003 \text{ m}^3$$

$$Z_{\text{Cubierta}} = 6.536 \text{ m}^3 > Z_{\text{mínimo requerido (cubierta)}} = 5.038 \text{ m}^3$$

que son superiores a los mínimos exigidos por reglamento.

El peso por metro de la cuaderna maestra es 18.625 t/m y el centro de gravedad está a 4.402 m sobre la línea base. Este dato nos servirá para el cuadernillo de pesos.



## 10.- ESTRUCTURA DE CUBIERTA ENTRE ESCOTILLAS

**Pt.3 Ch.1 Sec.7.** (Vamos a calcular esta estructura para tener mejor definido el peso de la misma)

### C102 Espesor de planchas de cubierta principal entre escotillas

El espesor correspondiente a carga lateral es:

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

$p = p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor de las que sea aplicable. En este caso son aplicables  $p_1$  y  $p_2$ , siendo la mayor  $p_2$ , con  $q = q_{\min}$ , en nuestro caso  $1.75 \text{ t/m}^3$  al ser la eslora mayor de 150 m.

$$p_1 = a * (p_{dp} - (4 + 0.2 * k_s) * h_0) \quad ; \quad k_s = 2 \text{ según Sec.4 C201} \quad ; \quad a = 0.8$$

$h_0 = \text{distancia desde flotación a cubierta}$

$$p_2 = (g_0 + 0.5 * a_v) * q \quad ; \quad q = q_{\min} = 1.75 \text{ t/m}^2$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 * \frac{y}{22.80 + 75} + 1.2 * z \quad ; \quad \text{valor máximo de } z \text{ es el calado } T$$

$$p_{dp} = 9.342 + 135 * \frac{8.8}{22.80 + 75} + 1.2 * 9.91 = 33.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_1 = 0.8 * (33.38 - (4 + 0.2 * 2) * (13.1 - 9.91)) = 15.47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_2 = (9.81 + 0.5 * 4.536) * 1.75 = 21.136 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > p_1$$

$$\sigma = 120 * f_1 = 120 * 1.39 = 166.8 \text{ N/mm}^2 \text{ para cubiertas reforzadas longitudinalmente}$$

$$k_a = \min\left(1, 1 - 0.25 * \frac{s}{1}\right)^2 = \min\left(1, 1 - 0.25 * \frac{0.65}{3}\right)^2 = 1$$

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = \frac{15.8 * 1 * 0.67 * \sqrt{21.136}}{\sqrt{166.8}} + 0 = 3.77 \text{ mm}$$

### C103 Comprobación a pandeo de planchas de cubierta

El espesor anterior es muy pequeño para la cubierta, y como se ve en C104 el espesor mínimo es de 6.82 mm. Sin embargo, la cubierta tiene requisitos de pandeo que son los que determinarán su escantillón.

El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, luego la tensión primaria en arrufo para la cubierta es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{Cub.} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (13.1 - 5.263) = 192339 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 192.34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como la tensión es igual en toda la plancha  $\psi = 1$ . El valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{1 + 1.1} = 4$$

El valor de  $\eta$  para la cubierta superior es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 192.34 / 1 = 192.34 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.67 * \sqrt{\frac{192.34}{0.9 * 4 * 206000}} + 0 = 10.79 \text{ mm}$$

Luego el espesor de la plancha de cubierta entre escotillas también es de **11 mm**.

**C104** El mínimo espesor del ancho de plancha de cubierta no será menor de:

$$t = t_0 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.5 + \frac{0.01 * 156}{\sqrt{1.39}} + 0 = 6.82 \text{ mm}$$

**C200** El espesor de la **cubierta de entrepuente** correspondiente a la presión lateral viene dado por la fórmula de C102, con  $\sigma = 160 * f_1 = 160 \text{ N/mm}^2$ . En este caso es aplicable  $p_3$ :

$$p_3 = \rho_c * (g_0 + 0.5 * a_v) * H_c = 0.7 * (9.81 + 0.5 * 4.536) * (13.1 - 9.7) = 28.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k = \frac{15.8 * 1 * 0.67 * \sqrt{28.75}}{\sqrt{160}} + 0 = 4.49 \text{ mm}$$

**C202** El espesor no será menor de:

$$t = t_0 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5.5 + \frac{0.01 * 156}{\sqrt{1}} + 0 = 8.06 \text{ mm}$$

Vamos a comprobar a pandeo. El eje neutro está a 5.263 m sobre la línea base, luego la tensión primaria en arrufo para la cubierta es:

$$\sigma_a = \sigma_L = \frac{M_{AT} + M_{Wa}}{I_{EN}} * y_{Entrep.} = \frac{455216 + 802069}{51.229} * (9.7 - 5.263) = 108894 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 108.89 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Como la tensión es igual en toda la plancha  $\psi = 1$ . El valor de k para planchas reforzadas longitudinalmente es:

$$k = \frac{8.4}{\psi + 1.1} = \frac{8.4}{1 + 1.1} = 4$$

El valor de  $\eta$  para la cubierta superior es 1, según reglamento. La tensión crítica de pandeo  $\sigma_c$  tiene que ser mayor de  $\sigma_a / \eta = 108.89 / 1 = 108.89 \text{ N/mm}^2$  (MPa), luego el espesor mínimo para que la plancha no pandee es:

$$\sigma_c = 0.9 * k * E * \left( \frac{t - t_k}{1000 * s} \right)^2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$t = 1000 * s * \sqrt{\frac{\sigma_c}{0.9 * k * E}} + t_k = 1000 * 0.67 * \sqrt{\frac{108.89}{0.9 * 4 * 206000}} + 0 = 8.12 \text{ mm}$$

Pondremos un espesor de plancha de cubierta de entrepuente entre escotillas de **10 mm**.

### C300 Longitudinales de cubierta

**C301** El módulo de sección requerido es:

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

\* Longitudinales cubierta superior entre escotillas

$p = p_1$  a  $p_9$ , la mayor de las que sea aplicables. Son aplicables  $p_1$  y  $p_2$ , como a las planchas de cubierta, luego  $p = p_2 = 21.136 \text{ kN/m}^2$ .

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 * f_1 - 130 * f_{2d} ; \max 160 * f_1 = 160 * 1.39 = 222.4 \text{ N/mm}^2$$

$f_{2d}$  para la última iteración vale, según anexo, 1.069, luego la tensión admisible vale:

$$\sigma = 225 * 1.39 - 130 * 1.069 = 173.78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Z = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.67 \cdot 21.136 \cdot 1}{173.78} = 60.87 \text{ cm}^3$$

El área y la altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 * \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 * \sqrt[3]{60.87^2} = 10.52 \text{ cm}^2 \text{ y } 3 * Z^{0.35} = 3 * 60.87^{0.35} = 12.64 \text{ cm} , \text{ respectivamente.}$$

Se elige un perfil HP 140 x 8 mm para los longitudinales de cubierta entre escotillas.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i = A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
HP 140 x 8	140x8	9.28	13.8	128.06	266	745.51	1011.51
Pl. asociada	670x11	0.55	73.7	40.54	7.43	140.35	147.78
		Total	87.5	168.6			1159.29

$$y_{EN} = \frac{168.6}{87.5} = 1.93 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{1159.29}{14 + 1.1 - 1.98} = 88.36 \text{ cm}^3 > 60.87 \text{ cm}^3$$

\* Longitudinales cubierta entrepuente

$p = p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor que sea aplicable. En este caso es aplicable  $p_3$  con densidad 0.7 t/m<sup>3</sup> (pues en esa zona no hay contenedores), y  $H_c = 13.1 - 9.7 = 3.4$ :

$$p_3 = 0.7 * (9.81 + 0.5 * 4.536) * 3.4 = 28.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

El valor de la tensión admisible es:

$$\sigma = 225 * f_1 - 130 * f_{2d} * \frac{Z_n - Z_a}{Z_n}, \text{ siendo el máximo } 160 * f_1 = 160 * 1 = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ para}$$

acero dulce.  $f_{2d}$  para la última iteración vale, según anexo, 1.069, luego la tensión admisible, sabiendo que  $z_n = 13.1 - 5.263 = 7.837 \text{ m}$  y  $z_a = 13.1 - 9.7 = 3.4 \text{ m}$ , vale:

$$\sigma = 225 * 1 - 130 * 1.069 * \frac{7.837 - 3.4}{7.837} = 146.32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$Z = \frac{83 \cdot 3^2 \cdot 0.67 \cdot 28.75}{146.32} = 98.34 \text{ cm}^3$$

El área y la altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 * \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 * \sqrt[3]{98.34^2} = 14.48 \text{ cm}^2 \quad \text{y} \quad 3 * Z^{0.35} = 3 * 98.34^{0.35} = 14.94 \text{ cm}, \text{ respectivamente.}$$

Se elige un perfil HP 160 x 8 mm para los longitudinales de entrepuente.

Vamos a comprobar que cumple el módulo mínimo junto a su plancha asociada de espesor 10 mm.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i = A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
HP 160x8	160x8	10.5	16.2	170.1	411	1099.94	1510.94
Pl. asociada	760x10	0.5	76	38	6.33	235.41	241.74
		Total	92.2	208.1			1752.68

$$y_{EN} = \frac{208.1}{92.2} = 2.26 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad Z_{\text{perfil}} = \frac{1752.68}{16 + 1 - 2.26} = 118.91 \text{ cm}^3 > 98.34 \text{ cm}^3$$

Luego cumplen.

**C303** El espesor mínimo del ala no será menor que el mayor de:

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$K = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general} \quad ; \quad g = 41 \text{ para perfil llanta con bulbo}$$

\* Longitudinales de cubierta superior (HP 140x8):

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 0 = 6.06 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \text{cumple}$$

$$= 1.5 + \frac{140 * \sqrt{1.39}}{41} + 0 = 5.52 \text{ mm}$$

\* Longitudinales de cubierta entrepuente (HP 160x8):

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 0 = 6.06 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{cumple}$$

$$= 1.5 + \frac{160 * \sqrt{1}}{41} + 0 = 5.4 \text{ mm}$$

**C400** Baos entre escotillas

\* Baos cubierta principal

**C401** El módulo de sección requerido se calcula mediante la expresión:

$$Z = \frac{0.63 * l^2 * s * p * w_k}{f_1} \text{ (cm}^3\text{)} \quad ; \quad \text{mínimo } 15 \text{ cm}^3$$

$p = p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor que sea aplicable. En este caso son aplicables  $p_1$  y  $p_2$  y la mayor es  $p_2$ .

$$p_2 = (9.81 + 0.5 * 4.536) * 1.75 = 21.136 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Z = \frac{0.63 * 7.4^2 * 3 * 21.136 * 1}{1.39} = 1573.74 \text{ cm}^3$$

**C402** Los espesores de ala y alma no serán inferiores a los que se obtienen mediante C303

$$t = 4.5 + k + t_k$$

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

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general} \quad ; \quad g = 75 \text{ para perfiles con ala}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 0 = 6.06 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{350 * \sqrt{1}}{75} + 0 = 6.17 \text{ mm}$$

Para elegir el perfil del bao que cumpla el módulo requerido, hay que estimar el ancho de plancha asociada de cubierta de 11 mm de espesor. Para ello podemos usar la tabla en Pt.3 Ch.1 Sec.3 C400, o utilizar la fórmula siguiente que da resultados parecidos:

$$b_e = k * b \quad ; \quad k = \min \left\{ \frac{1}{3} \left( \frac{l}{s} \right)^{2/3}, 1 \right\} = \frac{1}{3} \left( \frac{7.4}{3} \right)^{2/3} = 0.6087 \Rightarrow$$

$$b_e = 0.6087 * 3000 = 1826 \text{ mm}$$

Como los longitudinales de cubierta tienen que atravesar el bao, elegiremos un perfil T de alma **350 x 20** y ala **200 x 15**. Comprobamos el módulo con plancha asociada:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i=A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i(y_i-y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
Alma 350x20	350x20	18.6	70	1302.0	7145.83	7326.78	14472.61
Ala 200 x 15	200x15	36.75	30	1105.5	5.63	2434.59	24340.22
Pl. asociada	1826x11	0.55	200.86	110.47	20.25	12280.72	12300.97
		Total	300.86	2517.97			51113.80

$$y_{EN} = \frac{2517.97}{300.86} = 8.37 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{51113.80}{35 + 1.5 + 1.1 - 8.37} = 1748.68 \text{ cm}^3 > 1573.74 \text{ cm}^3$$

Elegiremos un perfil T de alma **350 x 20** y ala **200 x 15**.

\* Baos entrepuente

**C401** El módulo de sección requerido se calcula mediante la expresión:

$$Z = \frac{0.63 * l^2 * s * p * w_k}{f_1} \text{ (cm}^3\text{)} \quad ; \quad \text{mínimo } 15 \text{ cm}^3$$

$p = p_1$  a  $p_{13}$ , la mayor que sea aplicable. En este caso es aplicable  $p_3$  con densidad  $0.7 \text{ t/m}^3$  (pues en esa zona no hay contenedores), y  $H_c = 13.1 - 9.7 = 3.4$ :

$$p_3 = 0.7 * (9.81 + 0.5 * 4.536) * 3.4 = 28.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Z = \frac{0.63 * 7.4^2 * 3 * 28.75 * 1}{1} = 2975.52 \text{ cm}^3$$

**C402** Los espesores de ala y alma no serán inferiores a los que se obtienen mediante C303

$$\begin{aligned} t &= 4.5 + k + t_k \\ &= 1.5 + \frac{h_w * \sqrt{f_1}}{g} + t_k \end{aligned}$$

$$k = 0.01 * L_1 = 0.01 * 156 = 1.56 \text{ en general} \quad ; \quad g = 75 \text{ para perfiles con ala}$$

$$t = 4.5 + k + t_k = 4.5 + 1.56 + 0 = 6.06 \text{ mm}$$

$$= 1.5 + \frac{400 * \sqrt{1}}{75} + 0 = 6.83 \text{ mm}$$

Para elegir el perfil del bao que cumpla el módulo requerido, hay que estimar el ancho de plancha asociada de cubierta de 10 mm de espesor. Para ello podemos usar la tabla en Pt.3 Ch.1 Sec.3 C400, o utilizar la fórmula siguiente que da resultados parecidos:

$$b_e = k * b ; \quad k = \min \left\{ \frac{1}{3} \left( \frac{l}{s} \right)^{2/3}, 1 \right\} = \frac{1}{3} \left( \frac{7.4}{3} \right)^{2/3} = 0.6087 \Rightarrow b_e = 0.6087 * 3000 = 1826 \text{ mm}$$

Como los longitudinales de cubierta tienen que atravesar el bao, elegiremos un perfil T de alma **400 x 20** y ala **220 x 20**. Comprobamos el módulo con plancha asociada:

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i = A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i (y_i - y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
Alma 400x20	400x20	21	80	1680	10666.67	5194.59	15861.26
Ala 280 x 20	280x20	42	56	2352	18.67	47284.79	47303.46
Pl. asociada	1826x10	0.5	182.6	91.30	15.22	28266.79	28282.01
		Total	318.6	4123.3			91446.73

$$y_{EN} = \frac{4123.3}{318.6} = 12.94 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{91446.73}{40 + 2 + 1 - 12.94} = 3042.14 \text{ cm}^3 > 2975.52 \text{ cm}^3$$

Elegiremos un perfil T de alma **400 x 20** y ala **280 x 20**.

**C404** La resistencia a pandeo se comprueba según Sec.13 C501.

**Pt.3 Ch.1 Sec.13 C502** El momento de inercia de los baos que soportan longitudinales de cubierta sometidos a carga de compresión no será menor de:

$$I = 0.3 * \frac{S^4}{l^3 * s} * I_s \text{ (cm}^4\text{)} ; \quad I_s = \frac{\sigma_{el} * A * l^2}{0.001 * E} ; \quad \sigma_{el} = 1.18 * \sigma_a \text{ si } < \sigma_f / 2$$

$$\sigma_{el} = \frac{\sigma_f^2}{4 * (\sigma_f - 1.18 * \sigma_a)} \text{ si } > \sigma_f / 2$$

donde  $I_s$  es el momento de inercia de los longitudinales de cubierta para satisfacer los requisitos del



modo lateral de pandeo en 201-202. El valor de  $\sigma_a$  es la tensión de compresión en cubierta, que vale 192.3 N/mm<sup>2</sup>, según se ve en página 27 del anexo. Como  $1.18 * 192.3 = 226.91 > 355/2$ :

$$\sigma_{el} = \frac{\sigma_f^2}{4 * (\sigma_f - 1.18 * \sigma_a)} = \frac{355^2}{4 * (355 - 1.18 * 192.3)} = 245.98 \frac{N}{mm^2}$$

El área de los refuerzos longitudinales de cubierta con plancha asociada de 11 mm de espesor y ancho de  $0.8 * 670 = 536$  mm es:  $A = A_{\text{perfil HP140x8}} + A_{\text{plancha asociada}} = 13.83 + 53.6 * 1.1 = 72.79$  cm<sup>2</sup>.

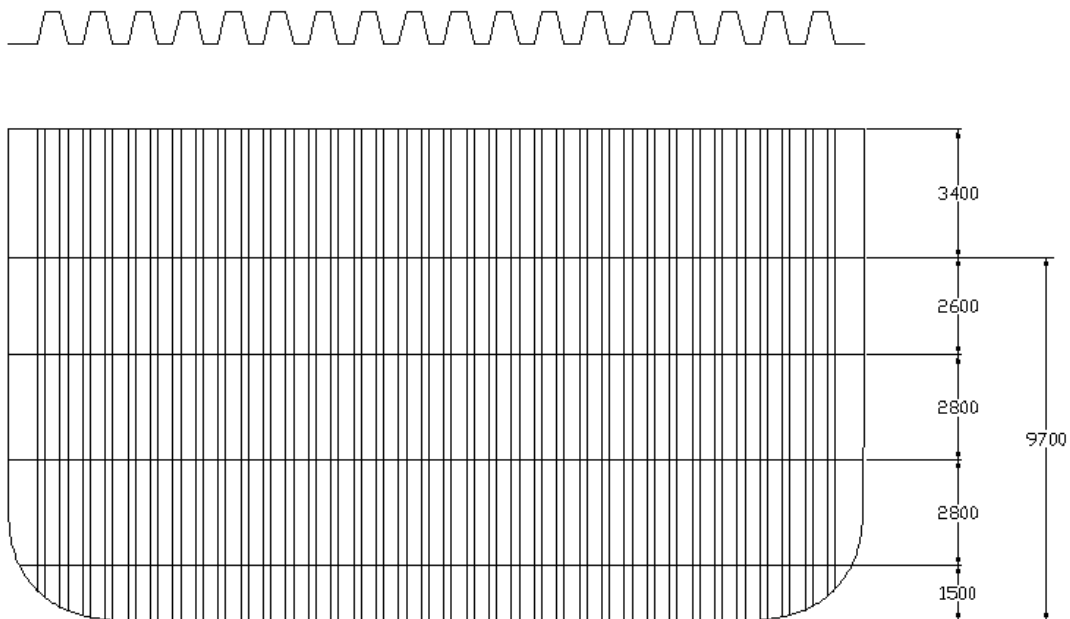
$$I_s = \frac{\sigma_{el} * A * l^2}{0.001 * E} = \frac{245.98 * 72.79 * 3^2}{0.001 * 206000} = 782.25 \text{ cm}^4$$

$$I = 0.3 * \frac{S^4}{l^3 * s} * I_s = 0.3 * \frac{7.4^4}{3^3 * 0.67} * 782.25 = 38900.5 \text{ cm}^4 < 51113.80 \text{ cm}^4 \text{ (momento inercia del bao)}$$

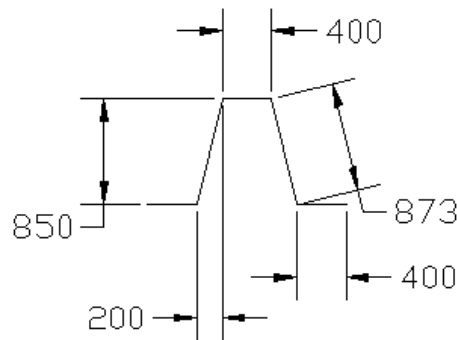
Vemos que el bao de cubierta cumple pues la inercia es menor que 51113.80 cm<sup>4</sup>, valor calculado en página 62.

### 11.- MAMPAROS CORRUGADOS. Pt.3 Ch.1 Sec.9

**C100** Los mamparos serán corrugados, excepto los de los piques. El mamparo corrugado se escantillonará con tracas en vertical, una en el doble fondo, tres entre el doble fondo y el entrepuente y el mismo escantillón entre el entrepuente y la cubierta principal.



La corruga tendrá las dimensiones siguientes:



El espesor de las tracas viene dado por:

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad ; \quad k_a = 1 \quad ; \quad \sigma = 220 * f_1 = 220 \text{ N/mm}^2$$

	p kN/m <sup>2</sup>	t <sub>k</sub>	s	t mm
Traca doble fondo	10*13.1	1.5	1.05*0.873	13
1ª traca bodega	10*11.6	1.5	1.05*0.873	12
2ª traca bodega	10*8.8	1.5	1.05*0.873	10
3ª traca bodega	10*6	1.5	1.05*0.873	9
Traca entrepuente	10*3.4	0	1.05*0.873	8

La traca de entrepuente sale menos del mínimo de 8 mm, por tanto, será de 8 mm.

**C102** El espesor mínimo no será menor de:

$$t = 5.0 + \frac{k * L}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5 + \frac{0.01 * 156}{1} + 1.5 = 8.06$$

**C300** Módulo de sección de la corruga:

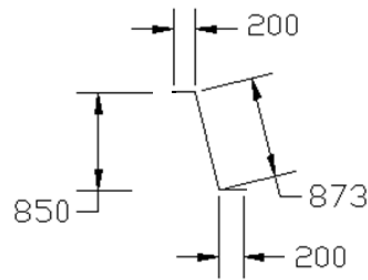
El módulo de sección requerido en el centro del mamparo entre doble fondo y cubierta entrepuente es:

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

El centro del mamparo dista 7.5 m de cubierta principal, y la presión es  $p_1 = 10 * 7.5 = 75$  kN/m<sup>2</sup>. El valor de la tensión  $\sigma$  es  $220 * f_1 = 220$  kN/m<sup>2</sup>, y  $m = 10$ .

$$Z = \frac{1000 * (9.7 - 1.5)^2 * 0.6 * 75 * 1}{220 * 10} = 1375.36 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El módulo de la corruga es:



Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada $y_i$ cm	Área $A_i$ cm <sup>2</sup>	Momento estático $E_i=A_i y_i$ cm <sup>3</sup>	Inercia propia $I_p$ cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner $A_i(y_i-y_{EN})^2$ cm <sup>4</sup>	Inercia total $I_{EN}$ cm <sup>4</sup>
Ala 200x10	200x10	85.5	20	1710.00	1.67	36125.0	36126.67
Alma 873 x 10	873x10	43	87.3	3753.90	49392.0	161417.7	210809.70
Ala 200x10	200x10	0.5	20	10.00	1.67	36125.0	36126.67
		Total	127.3	5473.9			283063.03

$$y_{EN} = \frac{5473.9}{127.3} = 43 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad Z_{\text{perfil}} = \frac{283063.03}{86+1-43} = 6433 \text{ cm}^3 > 1375.36 \text{ cm}^3$$

Para el tramo de mamparo de entrepuente, se cumple con mayor holgura que el módulo requerido es inferior al módulo real del mamparo.

### Peso del mamparo corrugado

A partir de los espesores de las tracas, de su ancho y la posición del centro de gravedad, podemos calcular el peso del mamparo y su centro de gravedad total. El desarrollo de la corruga es:

$$18 * 0.4 + 17 * 0.4 + 36 * 0.873 + 2 * 0.8 = 47.028 \text{ m}$$

	Ancho	Área (m <sup>2</sup> )	t (m)	zg	Peso (t)	Mom. vertical
Traca doble fondo	1.5	30.2274	0.013	0.7762	6.6714	5.1783
1ª traca bodega	2.8	63.2528	0.012	2.9090	11.8764	34.5484
2ª traca bodega	2.8	63.84	0.010	5.7	10.3499	58.9944
3ª traca bodega	2.6	59.28	0.009	8.4	8.6496	72.6566
Traca	3.4	77.52	0.008	11.4	10.0542	114.6179
				Total	47.6015	285.9956

El peso y centro de gravedad del mamparo entre bodegas 3 y 4 son:

$$\text{Peso mamparo} = 47.60 \text{ t} \quad ; \quad z_g = 285.9956/47.6015 = 6.008 \text{ m sobre línea base.}$$

**12.- MAMPAROS DE PIQUE DE PROA. Pt.3 Ch.1 Sec.9**

**C100** El mamparo del pique de proa se escantillonará con tracas en vertical, una de altura 1500 mm, tres entre la altura del doble fondo y el entrepuente, de 2800, 2800 y 2600 mm, y otra del mismo escantillón entre el entrepuente y la cubierta principal de 3400 mm de ancho.

El espesor de las tracas viene dado por:

$$t = \frac{15.8 * k_a * s * \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad ; \quad k_a = 1 \quad ; \quad \sigma = 160 * f_1 = 160 \text{ N/mm}^2$$

donde p es el mayor de los valores de p<sub>1</sub>, p<sub>3</sub>, p<sub>4</sub> y p<sub>5</sub>.

	h <sub>b</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>3</sub>	p <sub>4</sub>	p <sub>5</sub>	Max p	t <sub>k</sub>	s	Min.t	t (mm)
1ª traca	13.1	131	152.89	105.07	149.18	152.89	1.5	0.825	8.12	14.24
2ª traca	11.6	116	126.28	90.59	127.56	127.56	1.5	0.825	8.12	13.14
3ª traca	8.8	88	91.61	71.72	99.41	99.41	1	0.825	8.12	11.27
4ª traca	6	60	58.19	53.53	72.26	72.26	1	0.825	8.12	9.76
Traca entrepuente	3.4	34	21.05	33.32	59.19	59.19	2	0.825	8.12	9.928

**C102** El espesor de las planchas de los piques no será menor de:

$$t = 5 + \frac{k * L_1}{\sqrt{f_1}} + t_k = 5 + \frac{0.02 * 156}{\sqrt{1}} + 0 = 8.12 \text{ mm}$$

Los espesores de los mamparos de los piques son, de fondo a cubierta superior, 14 mm, 13 mm, 11.5 mm, 10 mm y 10 mm.

**C300** Refuerzos verticales de mamparos de piques

El módulo de sección requerido para los refuerzos es:

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

\* Perfiles entre fondo y cubierta de entrepuente: el mamparo del pique de proa está apoyado en el doble fondo de la bodega 1 que está a 4 m sobre la línea base. Consideraremos, que dentro de la estructura del pique, hay al menos un refuerzo transversal del mamparo situado a 2 m de la línea base, con lo que el vano es como mucho de 2 m. La distancia desde la cubierta principal al punto medio del refuerzo en el tramo más bajo, es 13.1 - 1 = 12.1 m. La mayor presión de las aplicables en el punto medio es p<sub>3</sub> = 1.025 \* (9.81 + 0.5 \* 4.536) \* (13.1 - 1) = 149.80 kN/m<sup>2</sup>. Considerando el

caso desfavorable de refuerzo apoyado, el módulo mínimo es:

$$Z = \frac{1000 * 1^2 * s * p * w_K}{\sigma * m} = \frac{1000 * 2^2 * 0.825 * 149.80 * 1}{160 * 7.5} = 412 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El área y la altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 * \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 * \sqrt[3]{412^2} = 37.65 \text{ cm}^2 \text{ y } 3 * Z^{0.35} = 3 * 412^{0.35} = 24.68 \text{ cm, respectivamente.}$$

Se elige un perfil HP 280 x 11 mm, de 33.5 kg/m, para los refuerzos entre fondo y entrepuente, que cumple con el espesor mínimo de 8 mm.

Vamos a comprobar que cumple el módulo mínimo junto con su plancha asociada de 13 mm.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada  y <sub>i</sub> cm	Área  A <sub>i</sub> cm <sup>2</sup>	Momento estático E <sub>i</sub> =A <sub>i</sub> y <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	Inercia propia I <sub>p</sub> cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner A <sub>i</sub> (y <sub>i</sub> -y <sub>EN</sub> ) <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	Inercia total I <sub>EN</sub> cm <sup>4</sup>
HP 260x12	280x11	18.74	42.68	799.82	3333	7146.92	10479.92
Pl. asociada	825x13	0.65	107.25	69.71	15.1	45.31	60.42
		Total	149.93	869.54			10540.34

$$y_{EN} = \frac{869.54}{149.93} = 5.80 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{10540.34}{28 + 1.3 - 5.80} = 448.53 \text{ cm}^3 > 412 \text{ cm}^3$$

Luego cumple.

En el tramo entre 4 m sobre la línea base y la cubierta de entrepuente, el refuerzo estará apoyado al menos en dos refuerzos horizontales de la estructura del pique, por lo que el vano mayor de este tramo es de (9.7 - 4) / 3 = 1.9 m. La presión mayor en el punto medo del tramo inferior del refuerzo es p<sub>5</sub> = 1.025 \* 9.81 \* (13.1 - 4 - (9.7 - 4)/6) + 25 = 106.95 kN/m<sup>2</sup>. Considerando el caso desfavorable de refuerzo apoyado, el módulo mínimo es:

$$Z = \frac{1000 * 1^2 * s * p * w_K}{\sigma * m} = \frac{1000 * 1.9^2 * 0.825 * 106.95 * 1}{160 * 7.5} = 265.44 < 448.53 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Luego vale el refuerzo elegido anteriormente para este tramo: HP 280 x 11.

\* Perfiles entre entrepuente y cubierta principal: la distancia al punto medio del refuerzo desde la cubierta principal, es 1.7 m. La mayor presión de las aplicables es p<sub>5</sub> = 1.025 \* 9.81 \* 1.7 + 25 =

42.09 kN/m<sup>2</sup>:

$$Z = \frac{1000 * l^2 * s * p * w_K}{\sigma * m} = \frac{1000 * (3.4/2)^2 * 0.825 * 42.09 * 1}{160 * 7.5} = 83.63 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El área y la altura aproximada del perfil llanta con bulbo a elegir, son:

$$0.68 * \sqrt[3]{Z^2} = 0.68 * \sqrt[3]{83.63^2} = 13 \text{ cm}^2 \text{ y } 3 * Z^{0.35} = 3 * 83.63^{0.35} = 14.12 \text{ cm, respectivamente.}$$

Se elige un perfil HP 160 x 8 mm de peso 12.72 kg/m para los longitudinales entre entrepuente y cubierta principal, que cumple con el espesor mínimo de 8 mm. Vamos a comprobar que cumple el módulo mínimo junto con su plancha asociada de 10 mm.

Dimensiones	Alma/ala/ Plancha asociada mm	Ordenada  y <sub>i</sub> cm	Área  A <sub>i</sub> cm <sup>2</sup>	Momento estático E <sub>i</sub> =A <sub>i</sub> y <sub>i</sub> cm <sup>3</sup>	Inercia propia I <sub>p</sub> cm <sup>4</sup>	Teorema Steiner A <sub>i</sub> (y <sub>i</sub> -y <sub>EN</sub> ) <sup>2</sup> cm <sup>4</sup>	Inercia total I <sub>EN</sub> cm <sup>4</sup>
HP 140x8	160x8	10.8	16.2	174.96	411.00	1200.94	1611.94
Pl. asociada	825x10	0.5	82.5	41.25	6.88	235.63	242.51
		Total	98.7	216.21			1854.45

$$y_{EN} = \frac{216.21}{98.7} = 2.19 \text{ cm} \Rightarrow Z_{\text{perfil}} = \frac{1854.45}{16 + 1 - 2.19} = 125.22 \text{ cm}^3 > 83.63 \text{ cm}^3$$

Luego cumple.

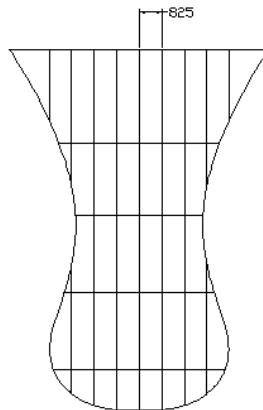
### Peso del mamparo del pique de proa

A partir de los espesores de las tracas, de su ancho, de la posición del centro de gravedad (obtenida de AutoCad), de la longitud total de refuerzos y su peso por metro, podemos calcular el peso del mamparo y su centro de gravedad total.

- Peso y centro de gravedad de las planchas:

	Ancho	Área (m <sup>2</sup> )	t (m)	z <sub>g</sub>	Peso (t)	Mom.
1ª traca fondo	1.5	7.29	0.014	0.852	0.802	0.683
2ª traca	2.8	17.21	0.013	2.862	1.759	5.033
3ª traca	2.8	13.60	0.0115	5.660	1.229	6.958
4ª traca	2.6	13.22	0.010	8.452	1.039	8.782
Traca entrepuente	3.4	25.41	0.010	11.54	1.997	23.048
				Total	6.826	44.505

$$\text{PESO planchas} = 6.826 \text{ t} \quad ; \quad z_g = \frac{44.505}{6.826} = 6.52 \text{ cm}$$



- Peso y centro de gravedad de los perfiles:

Perfiles bajo entrepunte HP 280 x 11:

$$\text{Peso} = 60.58 \text{ m} * 33.5 * 10^{-3} \text{ kg/m} = 2.03 \text{ t}$$

$$z_g = 4.81 \text{ m sobre línea base}$$

Perfiles de entrepunte HP 160 x 8:

$$\text{Peso} = 29 \text{ m} * 12.72 * 10^{-3} \text{ kg/m} = 0.369 \text{ t}$$

$$z_g = 11.35 \text{ m sobre línea base}$$

El peso y centro de gravedad del mamparo de pique son:

$$\text{Peso mamparo} = 6.826 + 2.030 + 0.369 = 9.225 \text{ t}$$

$$z_g = 6.337 \text{ m sobre línea base.}$$

El mamparo de pique de popa tendrá el mismo escantillón, aunque las áreas de las planchas y longitudes de los perfiles son diferentes.

ANEXO I

INFORME DNV NAUTICUS HULL





© Copyright 1996-2010, DET NORSKE VERITAS.  
All rights reserved.

## SECTION SCANTLINGS

### Hull Section Scantlings according to DNV Rules for ships with L > 100 m

Rule edition ..... : July 2011  
Program version ... : 15.2.2684

#### **Ship Identification** **Vessel ID: Proyecto**

ID No ..... : Proyecto  
Date/Sign ..... : 2013-11-14 alumnop3

#### **Cross Section Identification** **Frame 110**

Midship section? ..... : Yes  
Distance from AP ..... (m) : 80.550  
Date/Sign ..... :

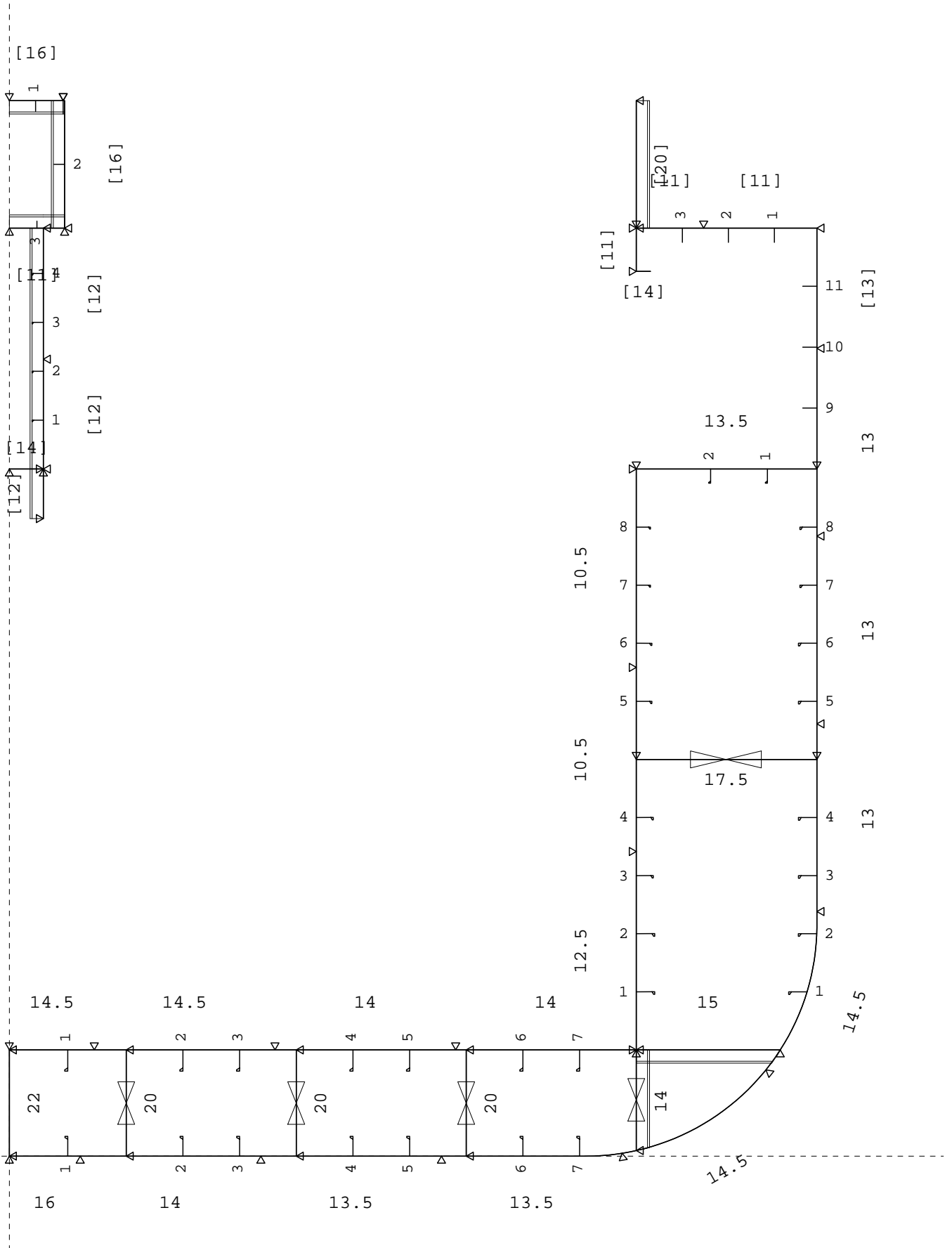
Database: C:\Documents\DNV\Nauticus\Vessels\Proyecto\CrossSections\CrossSection1.xml

#### **Main Dimensions**

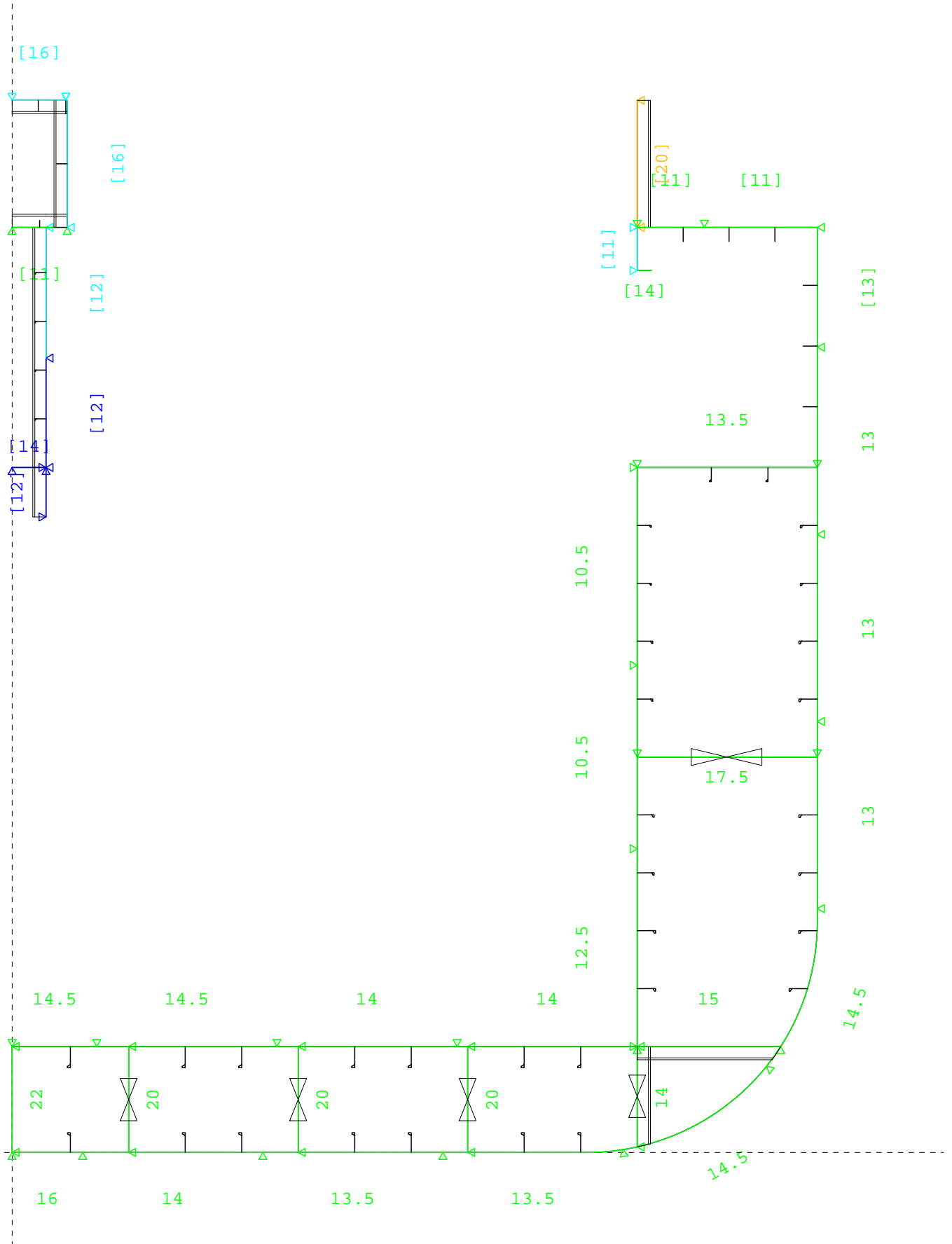
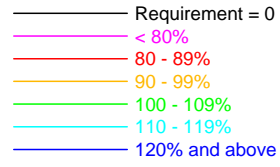
Length betw. perpendiculars, Lbp ..... (m) : 156.000  
Rule length, L ..... (m) : 156.000  
Breadth moulded, B ..... (m) : 22.800  
Depth moulded, D ..... (m) : 13.100  
Draught moulded, T ..... (m) : 9.910  
Design draught, Td ..... (m) : 9.910  
Block coefficient, Cb ..... : 0.699  
Min. design draught at AP ..... (m) : 3.470  
Min. design draught at FP ..... (m) : 3.470  
Waterplane area coefficient, Cwp ..... : 0.820

## **Table of Contents**

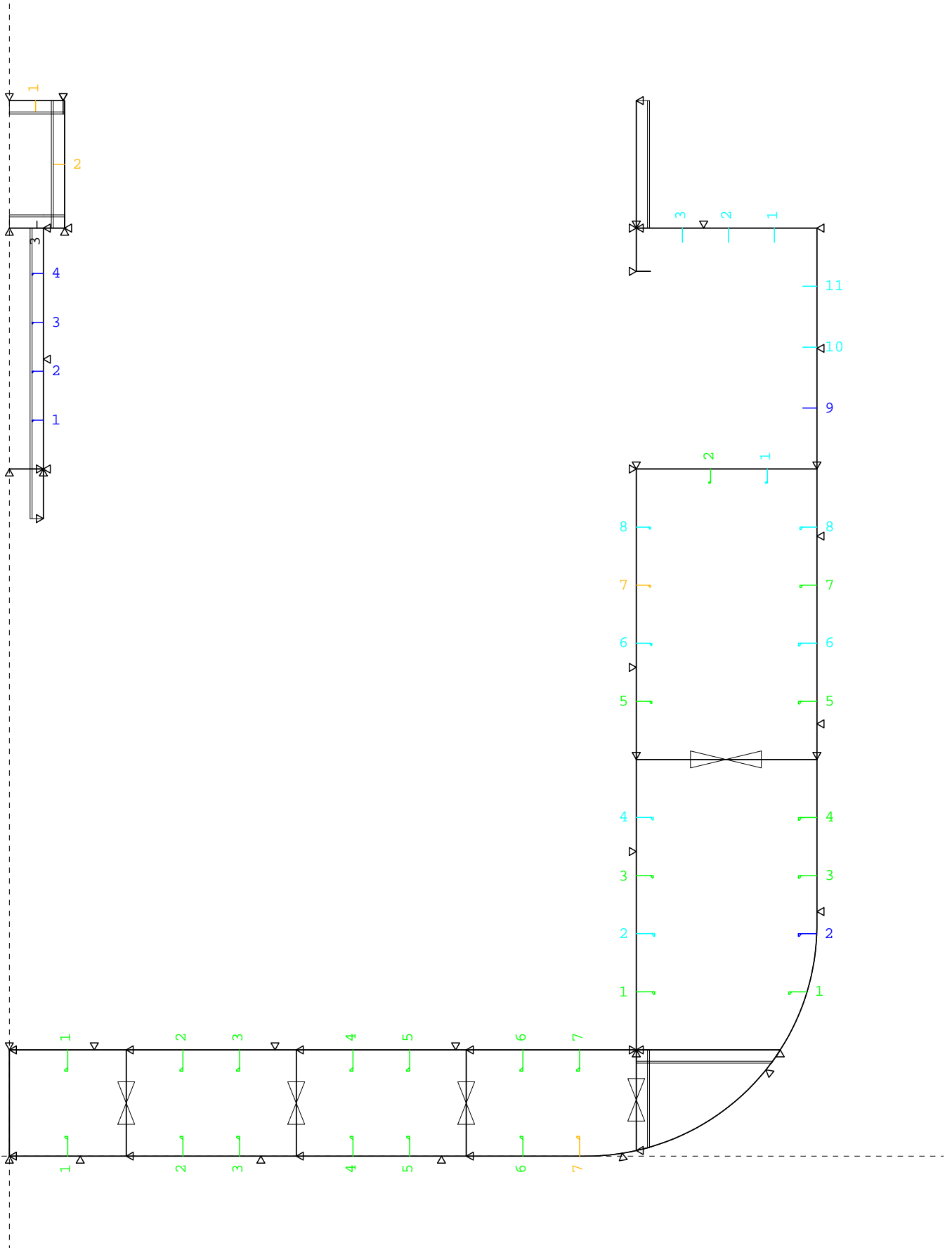
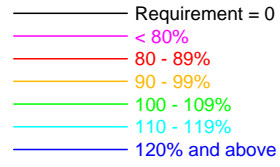
1	Rule Reference	8
2	Input Data	9
3	Panel Geometry	11
4	Node Co-ordinates	13
5	Layout of Plates and Profiles	14
6	Layout of transverse stiffeners	17
7	Cross-Sectional Area	18
8	Cross-Sectional Data	19
9	Design Bending Moments	20
10	Hull Girder Strength Requirements	21
11	Hull Girder Strength Summary	22
	11.1 Variation of the section modulus and moment of inertia	22
12	Compartments and Loads	23
	12.1 Compartment Data I	23
	12.2 Compartment Data II	23
	12.3 Compartment Data III	23
	12.4 Bulk Cargo and Liquid Loads	23
	12.5 Double Bottom Stresses and Hull Girder Bending Moments	23
13	Deck loads (general cargo)	24
14	Summary of data used in the Local Rule Requirements	25
15	Local Rule Requirements - Plates	26
16	Local Rule Requirements - Stiffeners	29
17	Torsional Section Characteristics	33
	17.1 Distribution of the vertical shear force	33
18	Shear Flow (Unit Loads)	34

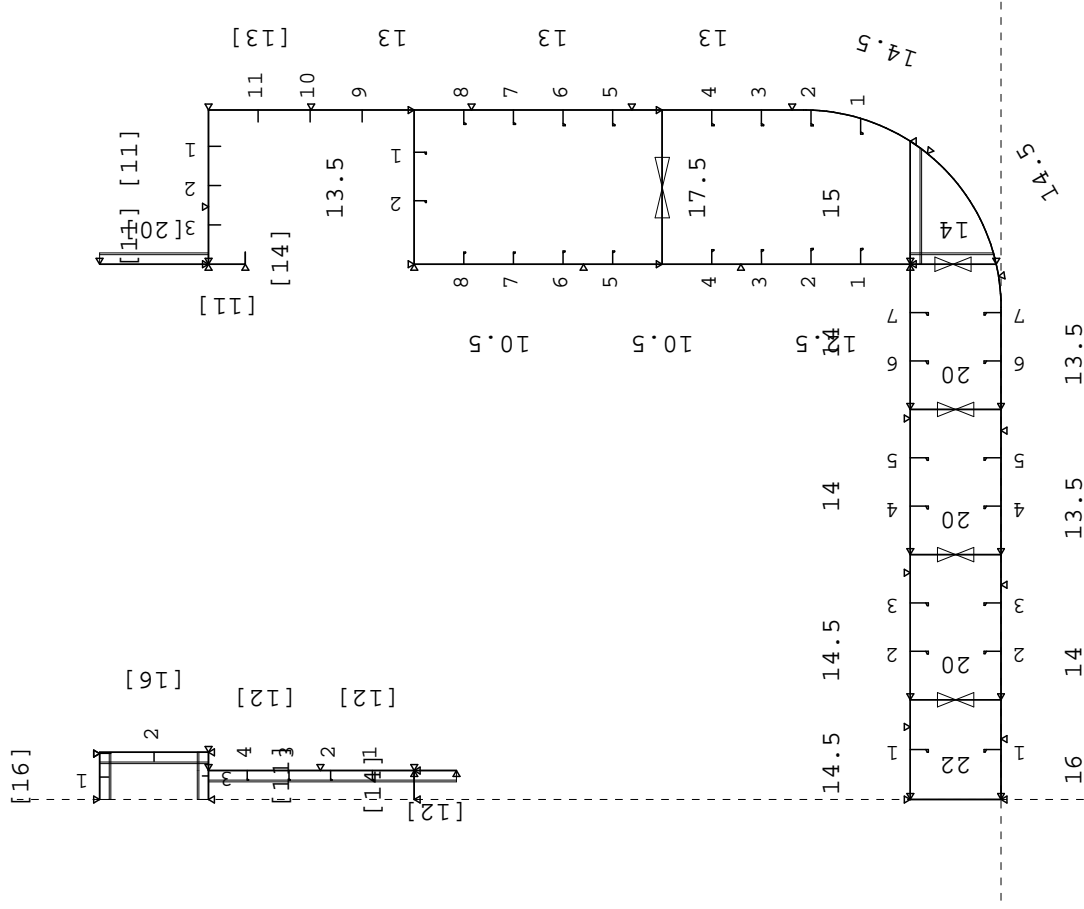


Rule status - plates  
Thickness in % of requirement



Rule status - stiffeners  
 % fulfilment of the Rule requirement





Nauticus Hull  
Section Scantlings

Vessel ID: Proyecto  
Date/Sign : 2013-11-14 alumnop3  
Main dim. : Lpp=156 B=22.8 D=13.1 T=9.91 CB=0.699

Scale:  
1:125

## Profiles

Nos	Type	Dimensions	Steel
Inner Bottom			
1 - 7	HPbulb	300 x 12	
Inner Side 8830			
1 - 2	HPbulb	260 x 10	
3 - 4	HPbulb	240 x 10	
5 - 6	HPbulb	220 x 10	
7 - 8	HPbulb	200 x 10	
Brazola nterior escotilla			
2	Fbar	150 x 12	NV-36
Panel superior cajón			
1	Fbar	150 x 12	NV-36
Outer Shell			
1 - 7	HPbulb	280 x 11	
1 - 6	HPbulb	260 x 12	
7 - 8	HPbulb	240 x 11	
9	Fbar	200 x 15	
10 - 3	Fbar	200 x 15	NV-36
Cubierta principal entre escotillas			
3	Fbar	100 x 10	
Vertical cajon entrepunte			
1 - 2	HPbulb	160 x 8	
3 - 4	HPbulb	160 x 8	NV-36
'tween deck 9700			
2 - 1	HPbulb	200 x 10	

## 1 **Rule Reference**

NOTE: THE FOLLOWING REQUIREMENTS ARE NOT INCLUDED:

- Floors and brackets
- Ice strengthening of hull
- Slamming and bow impact
- Tugs, Supply vessels and other offshore/harbour vessels
- Class notation ICM (Increased corrosion margins)



## 2 Input Data

### Main Dimensions

Length betw. perpendiculars, Lbp .....	(m) :	156.000
Rule length, L .....	(m) :	156.000
Breadth moulded, B .....	(m) :	22.800
Depth moulded, D .....	(m) :	13.100
Draught moulded, T .....	(m) :	9.910
Design draught, Td .....	(m) :	9.910
Block coefficient, Cb .....	:	0.699
Min. design draught at AP .....	(m) :	3.470
Min. design draught at FP .....	(m) :	3.470
Waterplane area coefficient, Cwp .....	:	0.820

### General Ship Data

Maximum service speed, V .....	(knots) :	18.000
Bilge keel? .....	:	Yes
Active roll damping facility? .....	:	No
Period of roll, Tr .....	(s) :	0.000
Metacentric height, GM .....	(m) :	0.000
Homogeneous stowage rate, roDC .....	(t/m <sup>3</sup> ) :	0.000
No of decks above 0.7D from baseline .....	:	2
Height from base to top of ship side .....	(mm) :	13100
Areas forward of 0.2L from FP:		
- Projected area of the upper deck .....	(m <sup>2</sup> ) :	0.000
- Area of the waterplane .....	(m <sup>2</sup> ) :	0.000
Height from base to deck line at FP .....	(mm) :	0
Speed/flare factor, Caf .....	:	0.000

### Continuous Strength Members above Strength Deck

None

### Class notations

Container Carrier  
Large deck openings  
Optional check for Cb<0.7

### Hull Section Material

Location	Amidships			Current cross section		
	Group	Yield N/mm <sup>2</sup>	f1	Group	Yield N/mm <sup>2</sup>	f1
- Above strength deck .....	NV-NS	235	1.00	NV-NS	235	1.00
- Strength deck .....	NV-36	355	1.39	NV-36	355	1.39
- Between bottom and deck .....	NV-NS	235	1.00	NV-NS	235	1.00
- Bottom .....	NV-NS	235	1.00	NV-NS	235	1.00

Height of HS-steel zone	
- Bottom .....	(mm) : 0
- Strength deck .....	(mm) : 1200

Longitudinal extension of HS-steel  
Entire ship length.

### Transverse Bulkhead Positions (Frame No)

Aft peak bulkhead .....	: Not given.
Engine room bulkhead .....	: Not given.
Fore peak bulkhead .....	: Not given.

### Hull girder Bending Moments

(From curves given as input in Brix Explorer)  
Considered cross-section: 80.550 m from AP.

Hull girder bending moments:	Amidships	Current cross section
- Still water, sagging ..... (kNm) :	0	0
- Still water, hogging ..... (kNm) :	0	0
- Wave, sagging ..... (kNm) :	0	0
- Wave, hogging ..... (kNm) :	0	0
- Wave, horizontal ..... (kNm) :	0	439528
Hull girder shear forces		
- Still water, positive..... (kN) :	11672	0
- Still water, negative..... (kN) :	-14378	0

### Spacing between Transverse Frames

(Where the frame spacing changes along the ship)

Position of frame 0: 0 mm aft of A.P..

Frame Nos where the spacing changes:	
Frame No	Spacing forward (mm)
Stern	600
13	750
198	600

### 3 Panel Geometry

Node No	y (mm)	z (mm)	Radius (mm)	Position
---------	--------	--------	-------------	----------

**Inner Bottom**

0	1500	
1650	1500	Inner bottom
4050	1500	Inner bottom
6450	1500	Inner bottom
8850	1500	Inner bottom
10883	1500	Inner bottom

**Bottom girder 0**

0	0	
0	1500	Bottom - Long. girder

**Bottom girder 1650**

1650	0	
1650	1500	Bottom - Long. girder

**Bottom girder 4050**

4050	0	
4050	1500	Bottom - Long. girder

**Bottom girder 6450**

6450	0	
6450	1500	Bottom - Long. girder

**Bottom girder 8850**

8850	79	
8850	1500	Bottom - Long. girder

**Inner Side 8830**

8850	1500	
8850	5600	Inner side
8850	9700	Inner side

**Stringer 5400**

11400	5600	
8850	5600	Side - Stringer

**Brazola nterior escotilla**

780	13100	
780	14900	Hatch side coaming
760	14900	Hatch side coaming

**Panel superior cajón**

0	14900	
760	14900	Deck for cargo

**Outer Shell**

0	0	
1650	0	Bottom
4050	0	Bottom
6450	0	Bottom
8137	0	Bottom
8850	79	3263 Bilge
10883	1500	3263 Bilge
11400	3263	3263 Bilge
11400	5600	Side
11400	9700	Side
11400	13100	Side
8850	13100	Strength deck

## Panel Geometry (cont.)

Node No	y (mm)	z (mm)	Radius (mm)	Position
---------	--------	--------	-------------	----------

### **Cubierta principal entre escotillas**

780	13100		
480	13100		Deck between hatches
0	13100		Deck between hatches

### **Vertical cajon entrepuente**

480	9700		
480	13100		Deck between hatches

### **'tween deck 9700**

0	9700		
480	9700		'tween deck

### **'tween deck 9700**

8850	9700		
11400	9700		'tween deck

### **Eslora escotilla girder 8830**

8850	13100		
8850	12490		Strength deck - Long. girder

### **Flange**

8850	12490		
9050	12490		Strength deck - Girder flange

### **Brazola exterior escotilla**

8850	13100		
8850	14900		Hatch side coaming

### **Vertical cajón entrepuente bajo**

480	9700		
480	9000		Deck between hatches - Long. girder

## 4 Node Co-ordinates

Node No	y (mm)	z (mm)
---------	--------	--------

480	9000
780	14900
9050	12490
8850	12490
8850	14900
480	9700
480	13100
0	14900
760	14900
780	13100
11400	5600
8850	5600
8850	9700
8850	13100
11400	9700
0	9700
8850	1500
8850	79
6450	1500
6450	0
4050	1500
4050	0
1650	1500
1650	0
10883	1500
0	1500
11400	13100
0	13100
11400	3263
8137	0
0	0

## 5 Layout of Plates and Profiles

Plate		Y <sub>1</sub> (mm)	Z <sub>1</sub> (mm)	Y <sub>2</sub> (mm)	Z <sub>2</sub> (mm)	—	B (mm)	BCUT (mm)	T (mm)	Steel	Area cm <sup>2</sup>
Stiff	No	Y	Z	Y <sub>CG</sub>	Z <sub>CG</sub>	Typ	H	BF	T	TF (mm)	Area

### Inner Bottom (Bending efficiency: 100%)

PL	1	0	1500	1200	1500		1200	0	14.5	std	174.00
PL	2	1200	1500	3750	1500		2550	0	14.5	std	369.75
PL	3	3750	1500	6300	1500		2550	0	14.0	std	357.00
PL	4	6300	1500	8850	1500		2550	0	14.0	std	357.00
PL	5	8850	1500	10883	1500		2033	0	15.0	std	304.91
ST	1	825	1500	818	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79
ST	2	2450	1500	2443	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79
ST	3	3250	1500	3243	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79
ST	4	4850	1500	4843	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79
ST	5	5650	1500	5643	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79
ST	6	7250	1500	7243	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79
ST	7	8050	1500	8043	1313	20	300	0	12.0	0.0	49.79

### Bottom girder 0 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	0	0	0	1500		1500	0	22.0	std	330.00
----	---	---	---	---	------	--	------	---	------	-----	--------

### Bottom girder 1650 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	1650	0	1650	1500		1500	600	20.0	std	180.00
----	---	------	---	------	------	--	------	-----	------	-----	--------

### Bottom girder 4050 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	4050	0	4050	1500		1500	600	20.0	std	180.00
----	---	------	---	------	------	--	------	-----	------	-----	--------

### Bottom girder 6450 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	6450	0	6450	1500		1500	600	20.0	std	180.00
----	---	------	---	------	------	--	------	-----	------	-----	--------

### Bottom girder 8850 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	8850	79	8850	1500		1421	600	14.0	std	114.96
----	---	------	----	------	------	--	------	-----	------	-----	--------

### Inner Side 8830 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	8850	1500	8850	4300		2800	0	12.5	std	350.00
PL	2	8850	4300	8850	6900		2600	0	10.5	std	273.00
PL	3	8850	6900	8850	9700		2800	0	10.5	std	294.00
ST	1	8850	2320	9012	2315	20	260	0	10.0	0.0	36.11
ST	2	8850	3140	9012	3135	20	260	0	10.0	0.0	36.11
ST	3	8850	3960	8998	3956	20	240	0	10.0	0.0	32.49
ST	4	8850	4780	8998	4776	20	240	0	10.0	0.0	32.49
ST	5	8850	6420	8984	6415	20	220	0	10.0	0.0	29.00
ST	6	8850	7240	8984	7235	20	220	0	10.0	0.0	29.00
ST	7	8850	8060	8970	8056	20	200	0	10.0	0.0	25.66
ST	8	8850	8880	8970	8876	20	200	0	10.0	0.0	25.66

### Stringer 5400 (Bending efficiency: 100%)

PL	1	11400	5600	8850	5600		2550	1000	17.5	std	271.25
----	---	-------	------	------	------	--	------	------	------	-----	--------

### Brazola nterior escotilla (Bending efficiency: 100%)

PL	1	780	13100	760	14900		1820	0	16.0	std	291.20
ST	2	780	14000	705	14000	10	150	0	12.0	0.0	18.00

### Panel superior cajón (Bending efficiency: 100%)

PL	1	0	14900	760	14900		760	0	16.0	std	121.60
ST	1	370	14900	370	14825	10	150	0	12.0	0.0	18.00

### Outer Shell (Bending efficiency: 100%)

PL	1	0	0	1000	0		1000	0	16.0	std	160.00
PL	2	1000	0	3550	0		2550	0	14.0	std	357.00

## Layout of Plates and Profiles (cont.)

Plate		Y <sub>1</sub> (mm)	Z <sub>1</sub> (mm)	Y <sub>2</sub> (mm)	Z <sub>2</sub> (mm)	—	B (mm)	BCUT (mm)	T (mm)	Steel	Area cm <sup>2</sup>
Stiff	No	Y	Z	Y <sub>CG</sub>	Z <sub>CG</sub>	Typ	H	BF	T	TF (mm)	Area
PL	3	3550	0	6100	0		2550	0	13.5	std	344.25
PL	4	6100	0	8650	41		2552	0	13.5	std	344.57
PL	5	8650	41	10680	1218		2400	0	14.5	std	348.00
PL	6	10680	1218	11400	3453		2400	0	14.5	std	348.00
PL	7	11400	3453	11400	6103		2650	0	13.0	std	344.50
PL	8	11400	6103	11400	8753		2650	0	13.0	std	344.50
PL	9	11400	8753	11400	11403		2650	0	13.0	std	344.50
PL	10	11400	11403	11400	13100		1697	0	13.0	std	220.63
PL	11	11400	13100	9800	13100		1600	0	11.0	std	176.00
PL	12	9800	13100	8850	13100		950	0	11.0	std	104.50
ST	1	825	0	819	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	2	2450	0	2444	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	3	3250	0	3244	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	4	4850	0	4844	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	5	5650	0	5644	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	6	7250	0	7244	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	7	8050	0	8044	174	20	280	0	11.0	0.0	42.68
ST	1	11261	2320	11103	2315	20	260	0	12.0	0.0	41.31
ST	2	11398	3140	11240	3135	20	260	0	12.0	0.0	41.31
ST	3	11400	3960	11242	3955	20	260	0	12.0	0.0	41.31
ST	4	11400	4780	11242	4775	20	260	0	12.0	0.0	41.31
ST	5	11400	6420	11242	6415	20	260	0	12.0	0.0	41.31
ST	6	11400	7240	11242	7235	20	260	0	12.0	0.0	41.31
ST	7	11400	8060	11254	8055	20	240	0	11.0	0.0	34.89
ST	8	11400	8880	11254	8875	20	240	0	11.0	0.0	34.89
ST	9	11400	10560	11300	10560	10	200	0	15.0	0.0	30.00
ST	10	11400	11420	11300	11420	10	200	0	15.0	0.0	30.00
ST	11	11400	12280	11300	12280	10	200	0	15.0	0.0	30.00
ST	1	10800	13100	10800	13000	10	200	0	15.0	0.0	30.00
ST	2	10150	13100	10150	13000	10	200	0	15.0	0.0	30.00
ST	3	9500	13100	9500	13000	10	200	0	15.0	0.0	30.00
<b>Cubierta principal entre escotillas (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	780	13100	0	13100		780	0	11.0	std	85.80
ST	3	390	13100	390	13150	10	100	0	10.0	0.0	10.00
<b>Vertical cajon entrepuente (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	480	9700	480	11250		1550	0	12.0	std	186.00
PL	2	480	11250	480	13100		1850	0	12.0	std	222.00
ST	1	480	10390	385	10387	20	160	0	8.0	0.0	16.20
ST	2	480	11080	385	11077	20	160	0	8.0	0.0	16.20
ST	3	480	11770	385	11767	20	160	0	8.0	0.0	16.20
ST	4	480	12460	385	12457	20	160	0	8.0	0.0	16.20
<b>'tween deck 9700 (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	0	9700	480	9700		480	0	14.0	std	67.20
<b>'tween deck 9700 (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	8850	9700	11400	9700		2550	0	13.5	std	344.25
ST	2	9900	9700	9896	9580	20	200	0	10.0	0.0	25.66
ST	1	10700	9700	10696	9580	20	200	0	10.0	0.0	25.66
<b>Eslora escotilla girder 8830 (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	8850	13100	8850	12490		610	0	11.0	std	67.10
<b>Flange (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	8850	12490	9050	12490		200	0	14.0	std	28.00
<b>Brazola exterior escotilla (Bending efficiency: 100%)</b>											
PL	1	8850	13100	8850	14900		1800	0	20.0	std	360.00

### Layout of Plates and Profiles (cont.)

Plate		$Y_1$ (mm)	$Z_1$ (mm)	$Y_2$ (mm)	$Z_2$ (mm)	—	B (mm)	BCUT (mm)	T (mm)	Steel	Area cm <sup>2</sup>
Stiff	No	Y	Z	$Y_{CG}$	$Z_{CG}$	Typ	H	BF	T	TF (mm)	Area

**Vertical cajón entrepuente bajo (Bending efficiency: 100%)**

PL	1	480	9700	480	9000		700	0	12.0	std	84.00
----	---	-----	------	-----	------	--	-----	---	------	-----	-------



## 6 Layout of transverse stiffeners

Stiffener Bracket	(mm) Arm1	y1 (mm) h1	z1 (mm) bf1	y2 (mm) t1	z2 (mm) tf1	Type	(mm) Arm2	h (mm) h2	bf (mm) bf2	t (mm) t2	tf (mm) tf2
----------------------	--------------	------------------	-------------------	------------------	-------------------	------	--------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------

### **Inner Bottom**

Tstif		8850	1500	10883	1500	0		0		0.0	
-------	--	------	------	-------	------	---	--	---	--	-----	--

### **Bottom girder 8850**

Tstif		8850	79	8850	1500	0		0		0.0	
-------	--	------	----	------	------	---	--	---	--	-----	--

### **Brazola nterior escotilla**

Tstif		780	13100	760	14900	0		0		0.0	
-------	--	-----	-------	-----	-------	---	--	---	--	-----	--

### **Panel superior cajón**

Tstif		0	14900	760	14900	0		0		0.0	
-------	--	---	-------	-----	-------	---	--	---	--	-----	--

### **Cubierta principal entre escotillas**

Tstif		780	13100	0	13100	0		0		0.0	
-------	--	-----	-------	---	-------	---	--	---	--	-----	--

### **Vertical cajon entrepuente**

Tstif		480	9700	480	13100	0		0		0.0	
-------	--	-----	------	-----	-------	---	--	---	--	-----	--

### **Brazola exterior escotilla**

Tstif		8850	13100	8850	14900	0		0		0.0	
-------	--	------	-------	------	-------	---	--	---	--	-----	--

### **Vertical cajón entrepuente bajo**

Tstif		480	9700	480	9000	0		0		0.0	
-------	--	-----	------	-----	------	---	--	---	--	-----	--

## 7 Cross-Sectional Area

### Plates

Panels:	NS-Steel		HS-Steel		Total	
	Effective cm <sup>2</sup>	Gross cm <sup>2</sup>	Effective cm <sup>2</sup>	Gross cm <sup>2</sup>	Effective cm <sup>2</sup>	Gross cm <sup>2</sup>
Inner Bottom	3125.3	3125.3	0.0	0.0	3125.3	3125.3
Bottom girder 0	330.0	330.0	0.0	0.0	330.0	330.0
Bottom girder 1650	360.0	600.0	0.0	0.0	360.0	600.0
Bottom girder 4050	360.0	600.0	0.0	0.0	360.0	600.0
Bottom girder 6450	360.0	600.0	0.0	0.0	360.0	600.0
Bottom girder 8850	229.9	397.9	0.0	0.0	229.9	397.9
Inner Side 8830	1834.0	1834.0	0.0	0.0	1834.0	1834.0
Stringer 5400	542.5	892.5	0.0	0.0	542.5	892.5
Brazola nterior escotilla	0.0	0.0	582.4	582.4	582.4	582.4
Panel superior cajón	0.0	0.0	243.2	243.2	243.2	243.2
Outer Shell	5870.6	5870.6	1002.3	1002.3	6872.9	6872.9
Cubierta principal entre escotillas	0.0	0.0	171.6	171.6	171.6	171.6
Vertical cajon entrepuente	0.0	0.0	816.0	816.0	816.0	816.0
'tween deck 9700	0.0	0.0	134.4	134.4	134.4	134.4
'tween deck 9700	688.5	688.5	0.0	0.0	688.5	688.5
Eslora escotilla girder 8830	0.0	0.0	134.2	134.2	134.2	134.2
Flange	0.0	0.0	56.0	56.0	56.0	56.0
Brazola exterior escotilla	0.0	0.0	720.0	720.0	720.0	720.0
Vertical cajón entrepuente bajo	0.0	0.0	168.0	168.0	168.0	168.0
<b>TOTAL AREA</b>	<b>13700.9</b>	<b>14938.9</b>	<b>4028.1</b>	<b>4028.1</b>	<b>17728.9</b>	<b>18966.9</b>

### Profiles

Panels:	NS-Steel		HS-Steel		Total	
	Effective cm <sup>2</sup>	Gross cm <sup>2</sup>	Effective cm <sup>2</sup>	Gross cm <sup>2</sup>	Effective cm <sup>2</sup>	Gross cm <sup>2</sup>
Inner Bottom	697.1	697.1	0.0	0.0	697.1	697.1
Bottom girder 0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bottom girder 1650	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bottom girder 4050	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bottom girder 6450	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bottom girder 8850	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inner Side 8830	493.0	493.0	0.0	0.0	493.0	493.0
Stringer 5400	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Brazola nterior escotilla	0.0	0.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Panel superior cajón	0.0	0.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Outer Shell	1292.8	1292.8	300.0	300.0	1592.8	1592.8
Cubierta principal entre escotillas	20.0	20.0	0.0	0.0	20.0	20.0
Vertical cajon entrepuente	64.8	64.8	64.8	64.8	129.6	129.6
'tween deck 9700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
'tween deck 9700	102.6	102.6	0.0	0.0	102.6	102.6
Eslora escotilla girder 8830	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Flange	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Brazola exterior escotilla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vertical cajón entrepuente bajo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL AREA</b>	<b>2670.4</b>	<b>2670.4</b>	<b>436.8</b>	<b>436.8</b>	<b>3107.2</b>	<b>3107.2</b>

#### DESCRIPTION:

Gross Results based on the given scantlings.

Effective Results based on the effective cross-sectional area, as follows:  
Possible cut-outs are subtracted (plates only).  
The area of plates and stiffeners are multiplied by the given bending efficiency for the related panel.

## 8 Cross-Sectional Data

	EFFECTIVE Cut-outs subtracted	GROSS Cut-outs disreg.
Cross sectional area of the longitudinal elements ..... (cm2) :	20836.1	22074.1
Position of the centroid: Ycg ..... (mm) :	0	0
Position of the centroid: Zcg ..... (mm) :	5263	5087
Moment of inertia about the horz. neutral axis, I <sub>h</sub> ..... (m4) :	51.229	52.969
Moment of inertia about the vert. neutral axis, I <sub>v</sub> ..... (m4) :	131.010	137.367
Product of inertia about the neutral axes, I <sub>hv</sub> ..... (m4) :	0.000	0.000
<hr/>		
SECTION MODULUS, BOTTOM (z = 0 mm) ..... (m3) :	9.734	10.413
SECTION MODULUS, DECK LINE (z = 13099 mm) ..... (m3) :	6.536	6.610
SECTION MODULUS, TOP (z = 13100 / 13100 mm) * ..... (m3) :	6.536	6.610
SECTION MODULUS, AT SIDE (y = 11400 mm) ..... (m3) :	11.492	12.050
<hr/>		
First moment of the area above the neutral axis, S ..... (cm3) :	4624261.8	4801126.9
I/S ..... (cm) :	1108	1103

### DESCRIPTION:

Gross Results based on the given scantlings.

Effective Results based on the effective cross-sectional area, as follows:  
 Possible cut-outs are subtracted (plates only).  
 The area of plates and stiffeners are multiplied by the given bending efficiency for the related panel.

## 9 Design Bending Moments

AT ACTUAL POSITION (80.5 m from AP)	SAGGING (kNm)	HOGGING (kNm)
Still water bending moments:		
- Standard values according to Rules, Ms .....	455216	560742
- Given as input in Brix Explorer (curves) .....	0	0
- Given as input (Design Bending Moments dialog).....	0	0
<b>Design still water bending moments, Ms</b>	<b>455216</b>	<b>560742</b>
Design wave bending moments, Mw .....	770366 (Rules)	664841 (Rules)
Design wave bending moments, Mw for buckling check .....	802069 (Rules)	692201 (Rules)
Horizontal wave bending moment acc. to Rules, Mwh ..... (kNm) :		441905

## 10 Hull Girder Strength Requirements

	BOTTOM	DECK	ABOVE DECK	SIDE
Material strength group .....	NV-NS	NV-36	NV-NS	NV-NS
Yield point of material ..... (N/mm <sup>2</sup> ) :	235	355	235	235
Material factor, f1.....	1.00	1.39	1.00	1.00
Stress factor, f2 .....	0.718	1.069		
Minimum vertical extent of HS-steel ..... (mm) :		504		
Speed factor, Cav .....	0.288			
Speed/flare factor, Caf .....	0.288			
Wave coefficient, Cw .....	9.022			
Wave coefficient, Cwo .....	9.022			
Wave coefficient, Cwu .....	9.022			

AT ACTUAL POSITION ( 80.5 m from AP) (Midship section)

	BOTTOM	DECK
Minimum section modulus, Zo ..... (m <sup>3</sup> ) :	7.00333	5.03837
Section modulus requirement based on design bending moments (kNm):		
- Sagging (still w = 455216, wave = 770366) ..... (m <sup>3</sup> ) :	7.00333	5.03837
- Hogging (still w = 560742, wave = 664841) ..... (m <sup>3</sup> ) :	7.00333	5.03837
Rule section modulus ..... (m <sup>3</sup> ):	7.00333	5.03837
Combined stresses at bilge and deck corners ..... (N/mm <sup>2</sup> ) :	136.0	194.5
Minimum moment of inertia ..... (m <sup>4</sup> ) :	32.77558	
Minimum section modulus at side ..... (m <sup>3</sup> ) :	5.03492	

The minimum section modulus at side may be disregarded since the combined stresses in bilge and deck corners are smaller than 195\*f1.  
 (Ref. Rules Pt.3 Ch.1 Sec.5 C 305).

### GUIDANCE:

The required section modulus along the hull girder will normally be satisfied when calculated for the midship section only, provided the following rules for tapering are complied with:

- Scantlings at bottom and deck are kept unaltered within 0.4L amidships.
- Scantlings outside 0.4L amidships are gradually reduced to the local requirements at the ends, and the same material strength group is applied over the full length of the ship.

## 11 Hull Girder Strength Summary

	ACTUAL	RULE	STATUS (%) (100=Rule)
Cross-sectional area ..... (cm2) :	20836		
Height to the neutral axis ..... (mm) :	5263		
Moment of inertia ..... (m4) :	51.229	32.776	156.3
Section modulus, bottom ..... (m3) :	9.734	7.003	139.0
Section modulus, deck line (z = 13100 mm)..... (m3) :	6.536	5.038	129.7
Material factor, f1, strength deck ..... :	1.39		
Material factor, f1, bottom ..... :	1.00		
Stress factor, f2, bottom ..... (Rules) :	0.718		
Stress factor, f2, deck ..... (Rules) :	1.069		

Design bending moments used as basis for the Rule Section moduli:  
 Bottom (sagging): Still w. = 455216 kNm (Rule), Wave = 770366 kNm (Rule)  
 Deck (sagging): Still w. = 455216 kNm (Rule), Wave = 770366 kNm (Rule)

### 11.1 Variation of the section modulus and moment of inertia

Change at bottom	dZb dZd dl	Change at deck				
		-100 cm2	-1 mm	0	+ 1 mm	+100 cm2
-100 cm2	dZb	-0.134	-0.111	-0.087	-0.063	-0.041
	dZd	-0.121	-0.067	-0.011	0.045	0.099
	dl	-0.849	-0.547	-0.235	0.075	0.373
-1 mm	dZb	-0.280	-0.257	-0.233	-0.210	-0.188
	dZd	-0.139	-0.086	-0.030	0.026	0.080
	dl	-1.245	-0.947	-0.638	-0.330	-0.036
0	dZb	-0.048	-0.024	0.000	0.024	0.047
	dZd	-0.110	-0.056	0.000	0.056	0.110
	dl	-0.617	-0.314	0.000	0.312	0.611
+1 mm	dZb	0.184	0.208	0.233	0.257	0.281
	dZd	-0.081	-0.027	0.029	0.085	0.139
	dl	-0.005	0.303	0.622	0.940	1.243
+100 cm2	dZb	0.039	0.062	0.087	0.111	0.134
	dZd	-0.099	-0.045	0.011	0.067	0.121
	dl	-0.388	-0.083	0.233	0.547	0.848

Bottom plating: 1 mm = 269.0 cm2. 100 cm2 = 0.4 mm.  
 Deck plating: 1 mm = 51.0 cm2. 100 cm2 = 2.0 mm.

EXPLANATION:  
 Change at bottom Assumed change to the bottom and bilge plating  
 Change at deck Assumed change to the deck plating

dZb Resulting change in section modulus, bottom  
 dZd do., deck  
 dl Resulting change in moment of inertia

## 12 Compartments and Loads

### 12.1 Compartment Data I

Ref.	Comp. group (Comp. type)	Comp No	Frame No aft	Frame No fwd	Restr. filling (*)	Coated (*)	Volume (m3)	Contents WB / Oil / Liq / Hliq / Bulk
0	VoidSpace1C		77	115			93	
0	VoidSpace1C		77	115			80	
1	WB1P		77	115	*	*	431	WB
2	WB1P		77	115	*	*	588	WB
3	Cargo1C		77	115			7081	

### 12.2 Compartment Data II

Ref.	Comp. No	Length (mm)	Sloshing length (mm)	Sloshing breadth (mm)	Hatch length (mm)	Hatch breadth (mm)	Top of hatch (mm)	Top of air pipe (mm)	WL in dam'gd cond (mm)	Heated cargo?	Over- pressure dpDyn (kN/m2)
0		28500	0	0	0	0	0	13860	0	No	0.0
0		28500	0	0	0	0	0	15660	0	No	0.0
1		28500	3000	2400	0	0	0	13860	0	No	25.0
2		28500	3000	2550	0	0	0	13860	0	No	25.0
3		28500	0	0	19500	8030	14900	15660	0	No	0.0

### 12.3 Compartment Data III

Ref.	Comp. No	Designed for BWE with flow- through?	Centre of gravity (m)			Accelerations in the centre of gravity (m/s <sup>2</sup> )					
			From A.P. x	From CL y	Above baseline z	Full load			Ballast		
						Vert. a <sub>v</sub>	Horz. a <sub>t</sub>	Long. a <sub>lng</sub>	Vert. a <sub>v</sub>	Horz. a <sub>t</sub>	Long. a <sub>lng</sub>
0		No	70.050	0.000	11.400	4.536	4.980	2.352	4.536	4.980	2.352
0		No	70.050	0.000	14.000	4.536	5.209	2.665	4.536	5.209	2.665
1		No	70.050	5.055	0.776	4.536	4.119	2.463	4.536	4.119	2.463
2		No	70.050	10.108	5.649	4.536	4.476	1.885	4.536	4.476	1.885
3		No	70.050	0.000	8.316	4.536	4.709	1.986	4.536	4.709	1.986

### 12.4 Bulk Cargo and Liquid Loads

Ref.	Comp. group (Comp type)	Comp. No	Load No	Load type	Density t/m <sup>3</sup>	Filling height mm	Pressure valve setting kN/m <sup>2</sup>		Mass t	Angle of repose degrees	Perme- ability
							S	S+D			
0	VoidSpace1C		1		0.000	0	25.0	0.0			
0	VoidSpace1C		1		0.000	0	25.0	0.0			
1	WB1P		1	WB	1.025	1500	25.0	0.0			
2	WB1P		1	WB	1.025	9700	25.0	0.0			
3	Cargo1C										

### 12.5 Double Bottom Stresses and Hull Girder Bending Moments

Ref.	Comp. group (Comp. type)	Comp. No	Load No	Load type	Dbl. bottom stresses		Still water bending moments - = sagging, + = hogging kNm
					Bottom N/mm <sup>2</sup>	Inner bot. N/mm <sup>2</sup>	
0	VoidSpace1C		1		0	0	0.00
0	VoidSpace1C		1		0	0	0.00
1	WB1P		1	WB	0	0	0.00
2	WB1P		1	WB	0	0	0.00
3	Cargo1C						

### 13 Deck loads (general cargo)

Load No.	Stowage rate, $\rho_0$ t/m <sup>3</sup>	Stowage height, H mm	Extent (dist. from CL)		Panel
			$y_1$ mm	$y_2$ mm	
1	12.00	1000	0	8830	Inner Bottom
1	2.50	1000	0	760	Panel superior cajón
1	2.50	1000	8850	11400	Outer Shell
1	3.50	1000	8830	8850	'tween deck 9700
1	2.50	1000	780	8830	Dummy Panel



## 14 Summary of data used in the Local Rule Requirements

Distance from AP to considered section .....	(m) :	80.550		
Moment of inertia about the horz. neutral axis, I <sub>h</sub> .....	(m <sup>4</sup> ) :	51.229		
Moment of inertia about the vert. neutral axis, I <sub>v</sub> .....	(m <sup>4</sup> ) :	131.010		
Section modulus, bottom .....	(m <sup>3</sup> ) :	9.734		
Section modulus, deck line (z = 13100 mm).....	(m <sup>3</sup> ) :	6.536		
Height from base line to the neutral axis .....	(mm) :	5263		
Sectorial moment of inertia, I <sub>ww</sub> .....	(cm <sup>6</sup> ) :	2.97934e+15		
<b>STRESS FACTOR F<sub>2</sub>* AT ACTUAL POSITION:</b>				
f <sub>2b</sub> * (f <sub>2</sub> * at bottom) .....	:	0.718		
f <sub>2d</sub> * (f <sub>2</sub> * at deck) .....	:	1.069		
f <sub>2bs</sub> * (f <sub>2</sub> * at bottom, sagging) .....	:	0.718		
f <sub>2bh</sub> * (f <sub>2</sub> * at bottom, hogging) .....	:	0.718		
<b>DESIGN BENDING MOMENTS:</b>				
Still water bending moment, sagging .....	(kNm) :	455216	(Rules)	
Still water bending moment, hogging .....	(kNm) :	560742	(Rules)	
Wave bending moment, sagging .....	(kNm) :	802069	(Rules)	
Wave bending moment, hogging .....	(kNm) :	692201	(Rules)	
<b>Shear forces, seagoing condition:</b>				
Positive shear forces (still water / wave / total).....	(kN) :	11672 /	9428 /	21100
Negative shear forces (still water / wave / total).....	(kN) :	-14378 /	-9428 /	-23806
<b>MOTION PARAMETERS:</b>				
Acceleration parameter, a <sub>0</sub> .....	:	0.462	(Rules)	
Period of roll, T <sub>r</sub> .....	(s) :	16.656		
Pitch angle, theta .....	(rad/deg) :	0.165	/ 9 (Rules)	
Roll angle, F <sub>i</sub> .....	(rad/deg) :	0.426	/ 24 (Rules)	
Vertical acceleration, a <sub>v</sub> .....	(m/s <sup>2</sup> ) :	4.536	(Rules)	
Ballast draught, T <sub>b</sub> .....	(m) :	3.470	(Input)	

### **NOTE - Sloshing pressure**

There are tanks where the sloshing length  $L_s > 0.16L$ .  
 The sloshing pressure (ref. DNV Rules Pt.3 Ch.1 Sec.4 C305) is valid for  $L_s$  in the range 0.13L to 0.16L, so  $L_s$  is outside the range where the sloshing pressure is valid.  
 However, the sloshing pressure is included in the calculations.

The sloshing pressure is applicable within  $L_s/4$  from the tank ends, but is used in this cross-section also.

### **NOTE - Impact pressure**

The impact pressure is not included in the calculations (ref. DNV Rules Pt.3 Ch.1 Sec.4 C305).  
 Here the sloshing length  $L_s > 0.13L$  and/or the sloshing breadth  $B_s > 0.56B$ .  
 The impact pressure should therefore be considered by the user.

## 15 Local Rule Requirements - Plates

Plate No	ACT	t <sub>act</sub> mm	Steel	t <sub>k</sub> mm	t <sub>kb</sub> mm		Ω m <sup>2</sup>	Eff (%)	Span mm	Spac mm	τ N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>F</sub> N/mm <sup>2</sup>	f <sub>1</sub>
LOC			t <sub>loc</sub> mm	Pos		Load Ref.		Loc. ref.	y <sub>l</sub> mm	z <sub>l</sub> mm	Comp ref.	σ N/mm <sup>2</sup>	ρ kN/m <sup>2</sup>
BUC			t <sub>buc</sub> mm	η	ψ	k	c	Buc. ref.	y <sub>b</sub> mm	z <sub>b</sub> mm	σ <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>c</sub> or τ <sub>c</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>cr</sub> or τ <sub>cr</sub> N/mm <sup>2</sup>

### Inner Bottom

1	ACT	14.5	std	1.0	1.0		-5.18	100	3000	825	6.6	235.0	1.00
	LOC		14.26	Inbot		Gen air 4		Lat	413	1500	1	140.0	144.9
	BUC		10.69	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	825	1500	92.0	165.5	102.3
2	ACT	14.5	std	1.0	1.0		-16.29	100	3000	825	4.7	235.0	1.00
	LOC		14.26	Inbot		Gen air 4		Lat	1238	1500	1	140.0	144.9
	BUC		10.69	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	1200	1500	92.0	165.5	102.3
3	ACT	14.0	std	1.0	1.0		-27.37	100	3000	800	7.0	235.0	1.00
	LOC		13.86	Inbot		Gen air 4		Lat	3750	1500	1	140.0	144.9
	BUC		10.39	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	3750	1500	92.0	164.5	102.3
4	ACT	14.0	std	1.0	1.0		-38.39	100	3000	800	16.4	235.0	1.00
	LOC		13.86	Inbot		Gen air 4		Lat	6850	1500	1	140.0	144.9
	BUC		10.39	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	7250	1500	92.0	164.5	102.3
5	ACT	15.0	std	1.5	1.5		-50.96	100	2033	750 t	6.9	235.0	1.00
	LOC		12.66	Inbot		WB tst 5		Lat	9225	1500	2	121.1	107.5
	BUC		15.10	0.90	1.00	1.68	1.30	compr	8850	1500	92.0	100.8	102.3

### Bottom girder 0

1	ACT	22.0	std	1.5	1.5		0.00	100	3000	1500	11.1	235.0	1.00
	LOC		21.75	DBgird		WB air 4		Lat	0	750	1	130.0	105.1
	BUC		19.96	1.00	0.71	4.63	1.43	compr	0	0	128.7	148.9	128.7

### Bottom girder 1650

1	ACT	20.0	std	1.5	1.5		-9.55	100	3000	1500	2.1	235.0	1.00
	LOC		9.84					Min	0	0	0.0	0.0	0.0
	BUC		19.96	1.00	0.71	4.63	1.43	compr	1650	0	128.7	129.2	128.7

### Bottom girder 4050

1	ACT	20.0	std	1.5	1.5		-23.63	100	3000	1500	0.9	235.0	1.00
	LOC		9.84					Min	0	0	0.0	0.0	0.0
	BUC		19.96	1.00	0.71	4.63	1.43	compr	4050	0	128.7	129.2	128.7

### Bottom girder 6450

1	ACT	20.0	std	1.5	1.5		-37.73	100	3000	1500	1.6	235.0	1.00
	LOC		9.84					Min	0	0	0.0	0.0	0.0
	BUC		19.96	1.00	0.71	4.63	1.43	compr	6450	0	128.7	129.2	128.7

### Bottom girder 8850

1	ACT	14.0	std	1.5	1.5		-51.22	100	1421	750	7.8	235.0	1.00
	LOC		9.84					Min	0	0	0.0	0.0	0.0
	BUC		14.08	1.00	0.73	2.44	1.30	compr	8850	79	126.8	125.3	126.8

### Inner Side 8830

1	ACT	12.5	std	1.0	1.0		-38.39	100	3000	820	26.6	235.0	1.00
	LOC		12.36	Insid		WB tst 5		Lat	8850	1910	2	134.5	103.3
	BUC		9.65	1.00	0.78	4.46	1.20	compr	8850	1500	92.0	150.2	92.0
2	ACT	10.5	std	1.0	1.0		22.44	100	3000	820	31.8	235.0	1.00
	LOC		10.40	Insid		WB air 4		Lat	8850	4370	2	153.2	80.7
	BUC		7.00	0.90	1.00	5.64	1.00	shear	8850	4300	30.0	102.9	56.0
3	ACT	10.5	std	1.0	1.0		53.66	100	3000	820	25.0	235.0	1.00
	LOC		9.39	Insid		WB air 4		Lat	8850	6900	2	151.6	63.6
	BUC		10.49	1.00	0.82	4.39	1.20	compr	8850	9700	108.9	109.1	108.9

### Stringer 5400

1	ACT	17.5	std	1.5	1.5		-16.69	100	3000	2550	3.2	235.0	1.00
	LOC		8.06					Min	0	0	0.0	0.0	0.0
	BUC		17.72	1.00	1.00	4.00	1.30	compr	8850	5600	30.0	29.2	30.0

### Local Rule Requirements - Plates (cont)

Plate No	ACT	t <sub>act</sub> mm	Steel	t <sub>k</sub> mm	t <sub>kb</sub> mm		Ω m <sup>2</sup>	Eff (%)	Span mm	Spac mm	τ N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>F</sub> N/mm <sup>2</sup>	f <sub>1</sub>
LOC			t <sub>loc</sub> mm	Pos		Load Ref.		Loc. ref.	y <sub>l</sub> mm	z <sub>l</sub> mm	Comp ref.	σ N/mm <sup>2</sup>	ρ kN/m <sup>2</sup>
BUC			t <sub>buc</sub> mm	η	ψ	k	c	Buc. ref.	y <sub>b</sub> mm	z <sub>b</sub> mm	σ <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>c</sub> or τ <sub>c</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>cr</sub> or τ <sub>cr</sub> N/mm <sup>2</sup>

#### Brazola nterior escotilla

1	ACT	16.0	std	0.0	0.0		-13.95	100	0	0	20.1	355.0	1.39
	LOC		0.00					spec	0	0		0.0	0.0
	BUC		14.37	1.00	0.91	3.91	1.30	compr	780	14900	236.5	259.4	236.5

#### Panel superior cajón

1	ACT	16.0	std	0.0	0.0		-13.95	100	750	740	23.2	355.0	1.39
	LOC		5.50	Cgodk		Gen		Min	0	14900		222.4	30.2
	BUC		14.01	1.00	1.00	4.00	1.30	compr	370	14900	236.5	264.1	236.5

#### Outer Shell

##### Bottom

1	ACT	16.0	std	1.0	1.0		-5.71	100	3000	825	14.4	235.0	1.00
	LOC		15.80	Bottom		Sea		Min	413	0		120.0	116.3
	BUC		12.74	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	825	0	128.7	178.7	143.0
2	ACT	14.0	std	1.0	1.0		-20.67	100	3000	825	13.7	235.0	1.00
	LOC		13.83	Bottom		Sea		Lat	1238	0		120.0	116.3
	BUC		12.74	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	1000	0	128.7	160.0	143.0
3	ACT	13.5	std	1.0	1.0		-35.67	100	3000	800	6.9	235.0	1.00
	LOC		13.47	Bottom		Sea		Lat	6050	0		120.0	116.8
	BUC		12.38	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	3550	0	128.7	158.7	143.0
4	ACT	13.5	std	1.0	1.0		-50.38	100	3000	806	11.0	235.0	1.00
	LOC		13.73	Bilge		Sea		Lat	8452	15		120.0	120.0
	BUC		12.38	0.90	1.00	4.00	1.32	compr	6100	0	128.7	158.7	143.0

##### Bilge

5	ACT	14.5	std	1.0	0.0		-50.38	100	3000	806	0.0	235.0	1.00
	LOC		14.52	Bilge		Sea		sidePl	8650	41		120.0	120.0
	BUC		To be specially considered.										
6	ACT	14.5	std	1.0	1.0		-52.27	100	3000	906	24.2	235.0	1.00
	LOC		14.52	Bilge		Sea		Lat	11100	1897		120.0	107.1
	BUC		7.50	0.90	0.85	5.64	1.00	shear	11400	3453	44.3	119.4	65.7

##### Side

7	ACT	13.0	std	1.0	1.0		-36.39	100	3000	820	31.5	235.0	1.00
	LOC		12.92	Side		Sea		quay	11400	3550		133.5	92.9
	BUC		7.50	0.90	0.72	5.64	1.00	shear	11400	3453	44.3	115.1	65.7
8	ACT	13.0	std	1.0	1.0		13.40	100	3000	820	31.5	235.0	1.00
	LOC		12.92	Side		Sea		quay	11400	6103		137.9	70.5
	BUC		9.39	1.00	0.80	4.42	1.10	compr	11400	8753	85.7	156.3	85.7
9	ACT	13.0	std	1.0	0.0		41.85	100	3000	820	34.5	235.0	1.00
	LOC		12.92	Side		WB air 4		quay	11400	9290	2	129.7	47.5
	BUC		12.36	1.00	0.86	4.28	1.05	compr	11400	11403	150.7	158.9	150.7
10	ACT	13.0	std	0.0	0.0		61.20	100	3000	860	28.7	355.0	1.39
	LOC		9.95	Side		Sea		quay	11400	11850		171.2	28.4
	BUC		12.92	1.00	0.90	4.21	1.18	compr	11400	13100	192.3	194.4	192.3

##### Strength deck

11	ACT	11.0	std	0.0	0.0		61.20	100	3000	650	23.9	355.0	1.39
	LOC		6.82	Strdk		Gen		Min	10475	13100		166.8	30.2
	BUC		10.51	1.00	1.00	4.00	1.05	compr	10150	13100	192.3	206.7	192.3
12	ACT	11.0	std	0.0	0.0		89.09	100	3000	650	20.6	355.0	1.39
	LOC		6.82	Strdk		Gen		Min	9800	13100		166.8	30.2
	BUC		10.51	1.00	1.00	4.00	1.05	compr	9800	13100	192.3	206.7	192.3

### Local Rule Requirements - Plates (cont)

Plate No	ACT	t <sub>act</sub> mm	Steel	t <sub>k</sub> mm	t <sub>kb</sub> mm		Ω m <sup>2</sup>	Eff (%)	Span mm	Spac mm	τ N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>F</sub> N/mm <sup>2</sup>	f <sub>1</sub>
LOC			t <sub>loc</sub> mm	Pos	Load Ref.		Loc. ref.	y <sub>l</sub> mm	z <sub>l</sub> mm	Comp ref.	σ N/mm <sup>2</sup>	ρ kN/m <sup>2</sup>	
BUC			t <sub>buc</sub> mm	η	ψ	k	c	Buc. ref.	y <sub>b</sub> mm	z <sub>b</sub> mm	σ <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>c</sub> or τ <sub>c</sub> N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>cr</sub> or τ <sub>cr</sub> N/mm <sup>2</sup>

#### Cubierta principal entre escotillas

1	ACT	11.0	std	0.0	0.0		-14.13	100	750	300	17.5	355.0	1.39
	LOC		5.50					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		11.05	1.00	1.00	4.82	1.30	compr	390	13100	192.3	190.9	192.3

#### Vertical cajon entrepuente

1	ACT	12.0	std	0.0	0.0		-7.75	100	750	690	5.2	355.0	1.39
	LOC		5.50					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		9.30	1.00	0.88	4.24	1.30	compr	480	11080	142.8	222.5	142.8
2	ACT	12.0	std	0.0	0.0		-8.52	100	750	690	12.6	355.0	1.39
	LOC		5.50					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		10.40	1.00	0.90	4.19	1.30	compr	480	12460	176.6	220.9	176.6

#### 'tween deck 9700

1	ACT	14.0	std	0.0	0.0		-7.10	100	3000	960	0.5	355.0	1.39
	LOC		6.82					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		11.63	1.00	1.00	4.00	1.30	compr	480	9700	108.9	157.7	108.9

#### 'tween deck 9700

1	ACT	13.5	std	1.0	1.0		22.44	100	3000	1050	14.4	235.0	1.00
	LOC		9.78	'twdk		WB air 4		Lat	9375	9700	2	160.0	44.8
	BUC		13.72	1.00	1.00	4.00	1.20	compr	9900	9700	108.9	105.1	108.9

#### Eslora escotilla girder 8830

1	ACT	11.0	std	0.0	0.0		105.65	100	3000	610	1.9	355.0	1.39
	LOC		6.32					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		9.67	1.00	0.92	4.15	1.30	compr	8850	13100	192.3	229.2	192.3

#### Flange

1	ACT	14.0	std	0.0	0.0		96.89	100	3000	200	0.0	355.0	1.39
	LOC		13.33					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		To be specially considered.										

#### Brazola exterior escotilla

1	ACT	20.0	std	0.0	0.0		121.58	100	0	0	3.6	355.0	1.39
	LOC		0.00					spec	0	0		0.0	0.0
	BUC		20.26 *	1.00	0.81	1.97	1.30	compr	8850	14900	236.5	233.4	236.5

#### Vertical cajon entrepuente bajo

1	ACT	12.0	std	0.0	0.0		-7.10	100	750	700	0.7	355.0	1.39
	LOC		6.32					Min	0	0		0.0	0.0
	BUC		8.16	1.00	0.84	4.32	1.30	compr	480	9700	108.9	221.3	108.9

## 16 Local Rule Requirements - Stiffeners

Stiff. No	ACT ACT	Pos Z <sub>a</sub> cm <sup>3</sup>	K c	Type Type	h t (mm)	b <sub>f</sub> t <sub>f</sub> (mm)	y z (mm)	σ <sub>F</sub> f <sub>1</sub> N/mm <sup>2</sup>	m w <sub>k</sub>	t <sub>kw</sub> t <sub>kf</sub> (mm)	t <sub>pl</sub> (mm)	span spac (mm)
	LOC		Z <sub>r</sub> cm <sup>3</sup>	excess (%)	t <sub>min</sub> (mm)	Load Ref.		σ N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>DB</sub> N/mm <sup>2</sup>	p kN/m <sup>2</sup>	Comp ref.	a <sub>conn</sub> cm <sup>2</sup>
	FAT/BUC		Z <sub>rf</sub> cm <sup>3</sup>	excess (%)	P <sub>d</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>d</sub> N/mm <sup>2</sup>		σ <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup>	Lat N/mm <sup>2</sup>	Torsion N/mm <sup>2</sup>	Web N/mm <sup>2</sup>	b <sub>f</sub> /t <sub>f</sub>

### Inner Bottom

1	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	825	235.0	12.0	1.5	14.5	3000
	ACT	707	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		825
	LOC		699	1	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	38.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	229.9	216.6	223.4	0.0
2	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	2450	235.0	12.0	1.5	14.5	3000
	ACT	706	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		678	4	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	37.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	229.9	216.9	223.4	0.0
3	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	3250	235.0	12.0	1.5	14.5	3000
	ACT	706	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		678	4	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	37.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	229.9	216.9	223.4	0.0
4	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	4850	235.0	12.0	1.5	14.0	3000
	ACT	703	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		678	3	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	37.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	230.0	216.0	223.4	0.0
5	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	5650	235.0	12.0	1.5	14.0	3000
	ACT	703	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		678	3	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	37.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	230.0	216.0	223.4	0.0
6	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	7250	235.0	12.0	1.5	14.0	3000
	ACT	703	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		678	3	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	37.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	230.0	216.0	223.4	0.0
7	ACT	Inbot	0.00	20	300	0	8050	235.0	12.0	1.5	14.0	3000
	ACT	703	0.0	HPbulb	12.0	0.0	1500	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		678	3	8.3	Gen		139.2	20.0	144.9	1	37.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		92.0	230.0	216.0	223.4	0.0

### Inner Side 8830

1	ACT	Insid	0.00	20	260	0	8850	235.0	12.0	1.5	12.5	3000
	ACT	451	0.0	HPbulb	10.0	0.0	2320	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		414	8	7.6	WB tst 5		160.0	0.0	99.2	2	32.9
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		72.0	227.7	213.6	221.6	0.0
2	ACT	Insid	0.00	20	260	0	8850	235.0	12.0	1.5	12.5	3000
	ACT	451	0.0	HPbulb	10.0	0.0	3140	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		380	18	7.6	WB tst 5		160.0	0.0	91.0	2	30.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		51.9	227.7	213.9	221.6	0.0
3	ACT	Insid	0.00	20	240	0	8850	235.0	12.0	1.5	12.5	3000
	ACT	369	0.0	HPbulb	10.0	0.0	3960	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		348	6	7.6	WB air 4		160.0	0.0	83.4	2	27.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		31.9	225.8	214.3	223.6	0.0
4	ACT	Insid	0.00	20	240	0	8850	235.0	12.0	1.5	10.5	3000
	ACT	364	0.0	HPbulb	10.0	0.0	4780	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		325	11	7.6	WB air 4		160.0	0.0	77.9	2	25.9
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		30.0	226.6	212.1	223.6	0.0
5	ACT	Insid	0.00	20	220	0	8850	235.0	12.0	1.5	10.5	3000
	ACT	293	0.0	HPbulb	10.0	0.0	6420	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		279	5	7.6	WB air 4		160.0	0.0	66.9	2	22.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		30.0	224.3	212.5	225.3	0.0
6	ACT	Insid	0.00	20	220	0	8850	235.0	12.0	1.5	10.5	3000
	ACT	293	0.0	HPbulb	10.0	0.0	7240	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		256	14	7.6	WB air 4		160.0	0.0	61.3	2	20.4
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		48.5	224.3	211.6	225.3	0.0
7	ACT	Insid	0.00	20	200	0	8850	235.0	12.0	1.5	10.5	3000
	ACT	232	0.0	HPbulb	10.0	0.0	8060	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		233	0	7.6	WB air 4		160.0	0.0	55.8	2	18.5
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		68.7	220.9	210.6	227.0	0.0

### Local Rule Requirements - Stiffeners (cont.)

Stiff. No	ACT ACT	Pos Z <sub>a</sub> cm <sup>3</sup>	K c	Type Type	h t (mm)	b <sub>f</sub> t <sub>f</sub> (mm)	y z (mm)	σ <sub>F</sub> f <sub>1</sub> N/mm <sup>2</sup>	m w <sub>k</sub>	t <sub>kw</sub> t <sub>kf</sub> (mm)	t <sub>pl</sub> (mm)	span spac (mm)
LOC			Z <sub>r</sub> cm <sup>3</sup>	excess (%)	t <sub>min</sub> (mm)	Load Ref.		σ N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>DB</sub> N/mm <sup>2</sup>	p kN/m <sup>2</sup>	Comp ref.	a <sub>conn</sub> cm <sup>2</sup>
FAT/BUC			Z <sub>rf</sub> cm <sup>3</sup>	excess (%)	P <sub>d</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>d</sub> N/mm <sup>2</sup>		σ <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup>	Lat N/mm <sup>2</sup>	Torsion N/mm <sup>2</sup>	Web N/mm <sup>2</sup>	b <sub>f</sub> /t <sub>f</sub>
8	ACT	Insid	0.00	20	200	0	8850	235.0	12.0	1.5	10.5	3000
	ACT	232	0.0	HPbulb	10.0	0.0	8880	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		210	10	7.6	WB air 4		160.0	0.0	50.3	2	16.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		88.8	220.9	205.5	227.0	0.0
<b>Brazola nterior escotilla</b>												
2	ACT	Sid coam	0.00	10	150	0	780	355.0	0.0	0.0	16.0	3000
	ACT	99	0.0	Fbar	12.0	0.0	14000	1.39	0.00	0.0		900
	LOC		0		0.0			0.0	0.0	0.0		0.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		214.4	227.2 *	307.1	0.0	0.0
<b>Panel superior cajón</b>												
1	ACT	Cgodk	0.00	10	150	0	370	355.0	12.0	0.0	16.0	3000
	ACT	96	0.0	Fbar	12.0	0.0	14900	1.39	1.00	0.0		565
	LOC		73	31	10.3	Gen		173.8	0.0	30.2		4.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		236.5	262.6 *	332.4	0.0	0.0
<b>Outer Shell</b>												
<b>Bottom</b>												
1	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	825	235.0	12.0	1.5	16.0	3000
	ACT	579	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		825
	LOC		570	1	8.3	Sea		137.0	20.0	116.3		31.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	228.4	216.2	222.6	0.0
2	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	2450	235.0	12.0	1.5	14.0	3000
	ACT	570	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		553	3	8.3	Sea		137.0	20.0	116.3		30.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	228.9	215.0	222.6	0.0
3	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	3250	235.0	12.0	1.5	14.0	3000
	ACT	570	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		553	3	8.3	Sea		137.0	20.0	116.3		30.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	228.9	215.0	222.6	0.0
4	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	4850	235.0	12.0	1.5	13.5	3000
	ACT	569	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		553	2	8.3	Sea		137.0	20.0	116.3		30.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	229.0	213.5	222.6	0.0
5	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	5650	235.0	12.0	1.5	13.5	3000
	ACT	569	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		553	2	8.3	Sea		137.0	20.0	116.3		30.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	229.0	213.5	222.6	0.0
6	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	7250	235.0	12.0	1.5	13.5	3000
	ACT	569	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		800
	LOC		563	0	8.3	Sea		137.0	20.0	118.4		30.8
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	229.0	213.5	222.6	0.0
7	ACT	Bottom	0.00	20	280	0	8050	235.0	12.0	1.5	13.5	3000
	ACT	569	0.0	HPbulb	11.0	0.0	0	1.00	1.09	1.5		803
	LOC	*	571	0	8.3	Sea		137.0	20.0	119.6		31.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		128.7	229.0	213.4	222.6	0.0
<b>Bilge</b>												
1	ACT	Bilge	0.00	20	260	0	11261	235.0	12.0	1.5	14.5	3000
	ACT	499	0.0	HPbulb	12.0	0.0	2320	1.00	1.09	1.5		870
	LOC		479	4	8.3	Sea		160.0	0.0	103.6		30.6
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		72.0	227.2	216.5	226.2	0.0
2	ACT	Bilge	0.00	20	260	0	11398	235.0	12.0	1.5	14.5	3000
	ACT	498	0.0	HPbulb	12.0	0.0	3140	1.00	1.09	1.5		827
	LOC		406	22	8.3	Sea		160.0	0.0	96.5		29.3
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		51.9	227.4	216.9	226.2	0.0

### Local Rule Requirements - Stiffeners (cont.)

Stiff. No	ACT ACT	Pos Z <sub>a</sub> cm <sup>3</sup>	K c	Type Type	h t (mm)	b <sub>f</sub> t <sub>f</sub> (mm)	y z (mm)	σ <sub>F</sub> f <sub>1</sub> N/mm <sup>2</sup>	m w <sub>k</sub>	t <sub>kw</sub> t <sub>kf</sub> (mm)	t <sub>pl</sub> (mm)	span spac (mm)
	LOC		Z <sub>r</sub> cm <sup>3</sup>	excess (%)	t <sub>min</sub> (mm)	Load Ref.		σ N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>DB</sub> N/mm <sup>2</sup>	p kN/m <sup>2</sup>	Comp ref.	a <sub>conn</sub> cm <sup>2</sup>
	FAT/BUC		Z <sub>rf</sub> cm <sup>3</sup>	excess (%)	P <sub>d</sub> kN/m <sup>2</sup>	σ <sub>d</sub> N/mm <sup>2</sup>		σ <sub>L</sub> N/mm <sup>2</sup>	Lat N/mm <sup>2</sup>	Torsion N/mm <sup>2</sup>	Web N/mm <sup>2</sup>	b <sub>f</sub> /t <sub>f</sub>

**Side**

3	ACT	Side 492	2.50	20	260	0	11400	235.0	12.0	1.5	13.0	3000
	ACT		1.1	HPbulb	12.0	0.0	3960	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		373	32	7.6	Sea		160.0	0.0	89.3		27.7
	FAT/BUC		473	4	34.3	48.4		31.9	227.8	216.0	226.2	0.0
4	ACT	Side 492	2.50	20	260	0	11400	235.0	12.0	1.5	13.0	3000
	ACT		1.1	HPbulb	12.0	0.0	4780	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		343	43	7.6	Sea		160.0	0.0	82.1		25.9
	FAT/BUC		481	2	34.9	48.4		30.0	227.8	216.0	226.2	0.0
5	ACT	Side 492	2.50	20	260	0	11400	235.0	12.0	1.5	13.0	3000
	ACT		1.1	HPbulb	12.0	0.0	6420	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		282	74	7.6	Sea		160.0	0.0	67.7		22.2
	FAT/BUC		489	0	35.5	48.4		30.0	227.8	216.0	226.2	0.0
6	ACT	Side 492	2.50	20	260	0	11400	235.0	12.0	1.5	13.0	3000
	ACT		1.1	HPbulb	12.0	0.0	7240	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		256	92	7.6	WB air 4		160.0	0.0	61.3	2	20.4
	FAT/BUC		437	12	31.7	48.4		48.5	227.8	215.8	226.2	0.0
7	ACT	Side 388	2.50	20	240	0	11400	235.0	12.0	1.5	13.0	3000
	ACT		1.1	HPbulb	11.0	0.0	8060	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		233	66	7.6	WB air 4		160.0	0.0	55.8	2	18.5
	FAT/BUC		384	1	27.9	48.4		68.7	225.8	215.1	225.8	0.0
8	ACT	Side 388	2.50	20	240	0	11400	235.0	12.0	1.5	13.0	3000
	ACT		1.1	HPbulb	11.0	0.0	8880	1.00	1.09	1.5		820
	LOC		210	84	7.6	WB air 4		160.0	0.0	50.3	2	16.7
	FAT/BUC		332	16	24.1	48.4		88.8	225.8	214.4	225.8	0.0
9	ACT	Side 201	0.00	10	200	0	11400	235.0	12.0	0.0	13.0	3000
	ACT		0.0	Fbar	15.0	0.0	10560	1.00	1.00	0.0		860
	LOC		167	20	11.5	Sea		131.1	0.0	34.1		9.4
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		130.0	214.8	210.8	0.0	0.0
10	ACT	Side 201	0.00	10	200	0	11400	355.0	12.0	0.0	13.0	3000
	ACT		0.0	Fbar	15.0	0.0	11420	1.39	1.00	0.0		860
	LOC		96	110	13.3	Sea		203.6	0.0	30.3		6.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		151.1	308.8	295.7	0.0	0.0
11	ACT	Side 201	0.00	10	200	0	11400	355.0	12.0	0.0	13.0	3000
	ACT		0.0	Fbar	15.0	0.0	12280	1.39	1.00	0.0		840
	LOC		88	127	13.3	Sea		188.3	0.0	26.5		5.2
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		172.2	309.4	291.2	0.0	0.0

**Strength deck**

1	ACT	Strdk 192	0.00	10	200	0	10800	355.0	12.0	0.0	11.0	3000
	ACT		0.0	Fbar	15.0	0.0	13100	1.39	1.00	0.0		625
	LOC		81	136	13.3	Gen		173.8	0.0	30.2		4.6
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		192.3	318.0	297.0	0.0	0.0
2	ACT	Strdk 193	0.00	10	200	0	10150	355.0	12.0	0.0	11.0	3000
	ACT		0.0	Fbar	15.0	0.0	13100	1.39	1.00	0.0		650
	LOC		84	128	13.3	Gen		173.8	0.0	30.2		4.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		192.3	317.4	294.1	0.0	0.0
3	ACT	Strdk 193	0.00	10	200	0	9500	355.0	12.0	0.0	11.0	3000
	ACT		0.0	Fbar	15.0	0.0	13100	1.39	1.00	0.0		650
	LOC		84	128	13.3	Gen		173.8	0.0	30.2		4.7
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		192.3	317.4	294.1	0.0	0.0

**Cubierta principal entre escotillas**

3	ACT	Dkbtwh 36	0.00	10	100	0	390	235.0	0.0	0.0	11.0	0
	ACT		0.0	Fbar	10.0	0.0	13100	1.00	0.00	0.0		435
	LOC		0		0.0			0.0	0.0	0.0		0.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

### Local Rule Requirements - Stiffeners (cont.)

Stiff. No	ACT ACT	Pos $Z_a$ cm <sup>3</sup>	K c	Type Type	h t (mm)	$b_f$ $t_f$ (mm)	y z (mm)	$\sigma_F$ $f_1$ N/mm <sup>2</sup>	m $w_k$	$t_{kw}$ $t_{kf}$ (mm)	$t_{pl}$ (mm)	span spac (mm)
LOC			$Z_r$ cm <sup>3</sup>	excess (%)	$t_{min}$ (mm)	Load Ref.		$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{DB}$ N/mm <sup>2</sup>	p kN/m <sup>2</sup>	Comp ref.	$a_{conn}$ cm <sup>2</sup>
FAT/BUC			$Z_{rf}$ cm <sup>3</sup>	excess (%)	$P_d$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma_d$ N/mm <sup>2</sup>		$\sigma_L$ N/mm <sup>2</sup>	Lat N/mm <sup>2</sup>	Torsion N/mm <sup>2</sup>	Web N/mm <sup>2</sup>	$b_f/t_f$

#### Vertical cajon entrepuente

1	ACT	Dkbtwh	0.00	20	160	0	480	235.0	0.0	0.0	12.0	3000
	ACT	121	0.0	HPbulb	8.0	0.0	10390	1.00	1.00	0.0		690
	LOC		15	704	6.1			0.0	0.0	0.0		0.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		125.8	206.5	219.7	229.2	0.0
2	ACT	Dkbtwh	0.00	20	160	0	480	235.0	0.0	0.0	12.0	3000
	ACT	121	0.0	HPbulb	8.0	0.0	11080	1.00	1.00	0.0		690
	LOC		15	704	6.1			0.0	0.0	0.0		0.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		142.8	206.5	219.1	229.2	0.0
3	ACT	Dkbtwh	0.00	20	160	0	480	355.0	0.0	0.0	12.0	3000
	ACT	121	0.0	HPbulb	8.0	0.0	11770	1.39	1.00	0.0		690
	LOC		15	704	6.1			0.0	0.0	0.0		0.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		159.7	290.0	316.8	341.9	0.0
4	ACT	Dkbtwh	0.00	20	160	0	480	355.0	0.0	0.0	12.0	3000
	ACT	120	0.0	HPbulb	8.0	0.0	12460	1.39	1.00	0.0		665
	LOC		15	703	6.1			0.0	0.0	0.0		0.0
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		176.6	291.6	316.6	341.9	0.0

#### 'tween deck 9700

2	ACT	'twdk	0.00	20	200	0	9900	235.0	12.0	1.5	13.5	3000
	ACT	239	0.0	HPbulb	10.0	0.0	9700	1.00	1.09	1.5		925
	LOC		230	3	8.3	WB air 4		146.5	0.0	44.8	2	16.4
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		108.9	217.4	212.6	227.0	0.0
1	ACT	'twdk	0.00	20	200	0	10700	235.0	12.0	1.5	13.5	3000
	ACT	237	0.0	HPbulb	10.0	0.0	9700	1.00	1.09	1.5		750
	LOC		187	27	8.3	WB air 4		146.5	0.0	44.8	2	13.8
	FAT/BUC		0		0.0	0.0		108.9	219.6	218.0	227.0	0.0



## 17 Torsional Section Characteristics

Shear centre position, y..... (mm) : 0  
 Shear centre position, z..... (mm) : -4334  
 Torsional constant, It..... (cm4) : 3.63715e+08  
 Sectorial moment of inertia, Iww..... (cm6) : 2.97934e+15

Accum. horz. force, Fy..... (N) : 1.00  
 Accum. vert. force, Fz..... (N) : 0.52  
 Accumulated torsion, Mx..... (Nm) : 1.00

The resulting values Fy, Fz and Mx above are calculated by integrating the shear flow in the structure.  
 Fy = Fz = Mx = 1.0 indicates a correct shear flow distribution.

In this case the resulting Fy, Fz or Mx indicate errors in the calculation. Please check the input data.

### 17.1 Distribution of the vertical shear force

Panel	Vertical force (1 panel) (N)	No of	Vertical force (both sides) (N)
Bottom girder 8850	0.01	2	0.01
Inner Side 8830	0.10	2	0.20
Outer Shell (side)	0.19	2	0.38
Brazola exterior escotilla	0.01	2	0.01
Sum, all panels	0.30		0.60

The table shows how a vertical shear force = 1 N is distributed over the panels.

Verification:  
 The expected summed-up vertical force in the rightmost column = 1.00 N.

## 18 Shear Flow (Unit Loads)

Position			t mm	Shear flow (q) and acting direction (Fi)							Unit warping Omega cm <sup>2</sup>
Pl. No	S <sub>1</sub> mm	Pr. or Nod		Horz. force = 1 N		Vert. force = 1 N		Torsion = 1 Nm			
				q(Fy1) N/mm	Fi deg	q(Fz1) N/mm	Fi deg	q(Mx1) N/mm	Fi deg	qs(Mx1) N/mm	
<b>Inner Bottom</b>											
1	1.end	N	14.5	2.690e-05	0	4.445e-06	180	6.046e-06	180	5.781e-08	0
1	825	1	14.5	2.687e-05	0	3.635e-06	180	6.046e-06	180	5.781e-08	-35620
1	825	1	14.5	2.684e-05	0	3.298e-06	180	6.046e-06	180	5.781e-08	-35620
1	2.end		14.5	2.680e-05	0	2.929e-06	180	6.046e-06	180	5.781e-08	-51810
2	450	N	14.5	2.673e-05	0	2.488e-06	180	6.046e-06	180	5.781e-08	-71239
2	450	N	14.5	2.731e-05	0	3.060e-06	180	5.853e-06	180	5.781e-08	-71239
2	1250	2	14.5	2.713e-05	0	2.274e-06	180	5.853e-06	180	5.781e-08	-106167
2	1250	2	14.5	2.705e-05	0	1.937e-06	180	5.853e-06	180	5.781e-08	-106167
2	2050	3	14.5	2.681e-05	0	1.152e-06	180	5.853e-06	180	5.781e-08	-141094
2	2050	3	14.5	2.669e-05	0	8.145e-07	180	5.853e-06	180	5.781e-08	-141094
2	2.end		14.5	2.650e-05	0	3.236e-07	180	5.853e-06	180	5.781e-08	-162924
3	300	N	14.0	2.638e-05	0	3.921e-08	180	5.853e-06	180	5.389e-08	-175864
3	300	N	14.0	2.624e-05	0	1.519e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-175864
3	1100	4	14.0	2.588e-05	0	2.278e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-210648
3	1100	4	14.0	2.570e-05	0	2.615e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-210648
3	1900	5	14.0	2.527e-05	0	3.373e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-245431
3	1900	5	14.0	2.507e-05	0	3.711e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-245431
3	2.end		14.0	2.467e-05	0	4.327e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-273693
4	150	N	14.0	2.457e-05	0	4.469e-06	0	5.720e-06	180	5.389e-08	-280215
4	150	N	14.0	2.515e-05	0	7.075e-06	0	5.827e-06	180	5.389e-08	-280215
4	950	6	14.0	2.459e-05	0	7.833e-06	0	5.827e-06	180	5.389e-08	-314777
4	950	6	14.0	2.433e-05	0	8.170e-06	0	5.827e-06	180	5.389e-08	-314777
4	1750	7	14.0	2.371e-05	0	8.929e-06	0	5.827e-06	180	5.389e-08	-349339
4	1750	7	14.0	2.341e-05	0	9.266e-06	0	5.827e-06	180	5.389e-08	-349339
4	2.end	N	14.0	2.273e-05	0	1.002e-05	0	5.827e-06	180	5.389e-08	-383901
5	1.end	N	15.0	1.059e-05	0	3.316e-06	0	1.434e-06	0	6.186e-08	-383901
5	2.end	N	15.0	8.405e-06	0	5.380e-06	0	1.434e-06	0	6.186e-08	-509557
<b>Bottom girder 0</b>											
1	1.end	N	22.0	0.000e+00	90	1.159e-05	270	0.000e+00	90	1.331e-07	0
1	2.end	N	22.0	0.000e+00	90	8.889e-06	270	0.000e+00	90	1.331e-07	0
<b>Bottom girder 1650</b>											
1	1.end	N	20.0	9.387e-07	90	3.029e-06	270	1.929e-07	90	1.100e-07	-95463
1	2.end	N	20.0	5.783e-07	90	5.724e-07	270	1.929e-07	90	1.100e-07	-71239
<b>Bottom girder 4050</b>											
1	1.end	N	20.0	7.393e-07	90	8.975e-07	270	1.325e-07	90	1.100e-07	-236253
1	2.end	N	20.0	1.452e-07	270	1.559e-06	90	1.325e-07	90	1.100e-07	-175864
<b>Bottom girder 6450</b>											
1	1.end	N	20.0	1.986e-06	90	1.494e-07	90	1.065e-07	270	1.100e-07	-377255
1	2.end	N	20.0	5.778e-07	90	2.606e-06	90	1.065e-07	270	1.100e-07	-280215
<b>Bottom girder 8850</b>											
1	1.end	N	14.0	6.798e-06	90	3.797e-06	90	6.879e-07	270	5.389e-08	-512212
1	2.end	N	14.0	5.516e-06	90	5.411e-06	90	6.879e-07	270	5.389e-08	-383901
<b>Inner Side 8830</b>											
1	1.end	N	12.5	1.765e-05	90	1.212e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-383901
1	820	1	12.5	1.699e-05	90	1.273e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-292366
1	820	1	12.5	1.675e-05	90	1.292e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-292366
1	1640	2	12.5	1.609e-05	90	1.338e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-200831
1	1640	2	12.5	1.586e-05	90	1.351e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-200831
1	2460	3	12.5	1.520e-05	90	1.381e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-109297
1	2460	3	12.5	1.499e-05	90	1.388e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-109297
1	2.end		12.5	1.472e-05	90	1.395e-05	90	7.948e-06	270	4.296e-08	-71343
2	480	4	10.5	1.439e-05	90	1.401e-05	90	7.948e-06	270	3.031e-08	-15647
2	480	4	10.5	1.418e-05	90	1.403e-05	90	7.948e-06	270	3.031e-08	-15647
2	1300	N	10.5	1.363e-05	90	1.401e-05	90	7.948e-06	270	3.031e-08	79500
2	1300	N	10.5	9.077e-06	90	1.141e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	79500

### Shear Flow (Unit Loads) (cont.)

Position			t mm	Shear flow (q) and acting direction (Fi)							Unit warping Omega cm <sup>2</sup>	
Pl. No	S <sub>1</sub> mm	Pr. or Nod		Horz. force = 1 N		Vert. force = 1 N		Torsion = 1 Nm				
				q(Fy1) N/mm	Fi deg	q(Fz1) N/mm	Fi deg	q(Mx1) N/mm	Fi deg	qs(Mx1) N/mm		
2	2120	5	10.5	8.522e-06	90	1.126e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	170926	
2	2120	5	10.5	8.335e-06	90	1.118e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	170926	
2	2.end		10.5	8.011e-06	90	1.103e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	224444	
3	340	6	10.5	7.781e-06	90	1.090e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	262353	
3	340	6	10.5	7.594e-06	90	1.078e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	262353	
3	1160	7	10.5	7.039e-06	90	1.036e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	353779	
3	1160	7	10.5	6.874e-06	90	1.022e-05	90	6.639e-06	270	3.031e-08	353779	
3	1980	8	10.5	6.319e-06	90	9.671e-06	90	6.639e-06	270	3.031e-08	445206	
3	1980	8	10.5	6.154e-06	90	9.487e-06	90	6.639e-06	270	3.031e-08	445206	
3	2.end	N	10.5	5.599e-06	90	8.804e-06	90	6.639e-06	270	3.031e-08	536632	
<b>Stringer 5400</b>												
1	1.end	N	17.5	1.263e-06	0	2.171e-06	0	1.310e-06	180	8.420e-08	-166876	
1	2.end	N	17.5	4.552e-06	0	2.603e-06	0	1.310e-06	180	8.420e-08	79500	
<b>Brazola nterior escotilla</b>												
1	1.end	N	16.0	6.478e-08	90	8.349e-06	270	3.880e-06	90	7.038e-08	-141307	
1	900	2	16.0	1.698e-08	270	1.065e-05	270	3.880e-06	90	7.038e-08	-142226	
1	900	2	16.0	2.720e-08	270	1.095e-05	270	3.880e-06	90	7.038e-08	-142226	
1	1800	N	16.0	1.090e-07	270	1.350e-05	270	3.880e-06	90	7.038e-08	-143145	
1	1800	N	16.0	1.090e-07	0	1.350e-05	0	3.880e-06	180	7.038e-08	-143145	
1	2.end	N	16.0	1.108e-07	0	1.356e-05	0	3.880e-06	180	7.038e-08	-139474	
<b>Panel superior cajón</b>												
1	1.end	N	16.0	1.493e-07	0	1.614e-05	0	3.880e-06	180	7.038e-08	0	
1	370	1	16.0	1.413e-07	0	1.505e-05	0	3.880e-06	180	7.038e-08	-67902	
1	370	1	16.0	1.364e-07	0	1.471e-05	0	3.880e-06	180	7.038e-08	-67902	
1	2.end	N	16.0	1.108e-07	0	1.356e-05	0	3.880e-06	180	7.038e-08	-139474	
<b>Outer Shell</b>												
1	1.end	N	16.0	2.758e-05	0	1.029e-05	180	6.046e-06	0	7.038e-08	0	
1	825	1	16.0	2.754e-05	0	9.021e-06	180	6.046e-06	0	7.038e-08	-47093	
1	825	1	16.0	2.752e-05	0	8.611e-06	180	6.046e-06	0	7.038e-08	-47093	
1	2.end		16.0	2.750e-05	0	8.342e-06	180	6.046e-06	0	7.038e-08	-57083	
2	650	N	14.0	2.741e-05	0	7.469e-06	180	6.046e-06	0	5.389e-08	-95463	
2	650	N	14.0	2.647e-05	0	4.440e-06	180	5.853e-06	0	5.389e-08	-95463	
2	1450	2	14.0	2.631e-05	0	3.364e-06	180	5.853e-06	0	5.389e-08	-142299	
2	1450	2	14.0	2.623e-05	0	2.955e-06	180	5.853e-06	0	5.389e-08	-142299	
2	2250	3	14.0	2.600e-05	0	1.879e-06	180	5.853e-06	0	5.389e-08	-189135	
2	2250	3	14.0	2.590e-05	0	1.469e-06	180	5.853e-06	0	5.389e-08	-189135	
2	2.end		14.0	2.579e-05	0	1.066e-06	180	5.853e-06	0	5.389e-08	-206699	
3	500	N	13.5	2.561e-05	0	4.175e-07	180	5.853e-06	0	5.011e-08	-236253	
3	500	N	13.5	2.487e-05	0	4.800e-07	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-236253	
3	1300	4	13.5	2.452e-05	0	1.517e-06	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-283254	
3	1300	4	13.5	2.437e-05	0	1.927e-06	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-283254	
3	2100	5	13.5	2.395e-05	0	2.964e-06	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-330255	
3	2100	5	13.5	2.378e-05	0	3.374e-06	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-330255	
3	2.end		13.5	2.352e-05	0	3.958e-06	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-356693	
4	350	N	13.5	2.330e-05	0	4.411e-06	0	5.720e-06	0	5.011e-08	-377255	
4	350	N	13.5	2.132e-05	0	4.262e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-377255	
4	1150	6	13.5	2.078e-05	0	5.299e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-424486	
4	1150	6	13.5	2.055e-05	0	5.709e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-424486	
4	1950	7	13.5	1.995e-05	0	6.746e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-471716	
4	1950	7	13.5	1.970e-05	0	7.156e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-471716	
4	2037	N	13.5	1.963e-05	0	7.269e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-476853	
4	2037	N	13.5	1.963e-05	0	7.269e-06	0	5.827e-06	0	5.011e-08	-476853	
4	2.end		13.5	1.921e-05	9	7.935e-06	9	5.827e-06	9	5.011e-08	-503813	
5	203	N	14.5	1.902e-05	13	8.215e-06	13	5.827e-06	13	5.781e-08	-512212	
5	203	N	14.5	1.222e-05	13	4.419e-06	13	6.515e-06	13	5.781e-08	-512212	
5	2.end		14.5	9.940e-06	51	7.150e-06	51	6.515e-06	51	5.781e-08	-522739	
6	348	N	14.5	9.544e-06	57	7.505e-06	57	6.515e-06	57	5.781e-08	-509557	
6	348	N	14.5	1.795e-05	57	1.289e-05	57	7.948e-06	57	5.781e-08	-509557	
6	1253	1	14.5	1.689e-05	73	1.368e-05	73	7.948e-06	73	5.781e-08	-460056	
6	1253	1	14.5	1.655e-05	73	1.389e-05	73	7.948e-06	73	5.781e-08	-460056	
6	2087	2	14.5	1.555e-05	88	1.443e-05	88	7.948e-06	88	5.781e-08	-393154	

### Shear Flow (Unit Loads) (cont.)

Position			t mm	Shear flow (q) and acting direction (Fi)								Unit warping Omega cm <sup>2</sup>
Pl. No	S <sub>1</sub> mm	Pr. or Nod		Horz. force = 1 N		Vert. force = 1 N		Torsion = 1 Nm				
				q(Fy1) N/mm	Fi deg	q(Fz1) N/mm	Fi deg	q(Mx1) N/mm	Fi deg	qs(Mx1) N/mm		
6	2087	2	14.5	1.521e-05	88	1.458e-05	88	7.948e-06	88	5.781e-08	-393154	
6	2210	N	14.5	1.506e-05	90	1.465e-05	90	7.948e-06	90	5.781e-08	-381760	
6	2210	N	14.5	1.506e-05	90	1.465e-05	90	7.948e-06	90	5.781e-08	-381760	
6	2.end		14.5	1.483e-05	90	1.473e-05	90	7.948e-06	90	5.781e-08	-363899	
7	507	3	13.0	1.428e-05	90	1.491e-05	90	7.948e-06	90	4.646e-08	-317365	
7	507	3	13.0	1.394e-05	90	1.499e-05	90	7.948e-06	90	4.646e-08	-317365	
7	1327	4	13.0	1.306e-05	90	1.514e-05	90	7.948e-06	90	4.646e-08	-242120	
7	1327	4	13.0	1.271e-05	90	1.516e-05	90	7.948e-06	90	4.646e-08	-242120	
7	2147	N	13.0	1.183e-05	90	1.514e-05	90	7.948e-06	90	4.646e-08	-166876	
7	2147	N	13.0	1.309e-05	90	1.731e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	-166876	
7	2.end		13.0	1.255e-05	90	1.722e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	-118887	
8	317	5	13.0	1.221e-05	90	1.713e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	-88626	
8	317	5	13.0	1.187e-05	90	1.702e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	-88626	
8	1137	6	13.0	1.098e-05	90	1.667e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	-10376	
8	1137	6	13.0	1.064e-05	90	1.650e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	-10376	
8	1957	7	13.0	9.753e-06	90	1.599e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	67874	
8	1957	7	13.0	9.463e-06	90	1.579e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	67874	
8	2.end		13.0	8.716e-06	90	1.523e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	133993	
9	127	8	13.0	8.579e-06	90	1.511e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	146123	
9	127	8	13.0	8.289e-06	90	1.486e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	146123	
9	947	N	13.0	7.405e-06	90	1.402e-05	90	6.639e-06	90	4.646e-08	224373	
9	947	N	13.0	1.008e-05	90	1.937e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	224373	
9	1807	9	13.0	9.154e-06	90	1.831e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	322413	
9	1807	9	13.0	8.905e-06	90	1.800e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	322413	
9	2.end		13.0	7.995e-06	90	1.678e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	418502	
10	17	10	13.0	7.977e-06	90	1.675e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	420453	
10	17	10	13.0	7.728e-06	90	1.640e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	420453	
10	877	11	13.0	6.800e-06	90	1.497e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	518493	
10	877	11	13.0	6.551e-06	90	1.456e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	518493	
10	2.end	N	13.0	5.667e-06	90	1.303e-05	90	0.000e+00	90	4.646e-08	611973	
11	1.end	N	11.0	5.667e-06	180	1.303e-05	180	0.000e+00	180	3.327e-08	611973	
11	600	1	11.0	5.133e-06	180	1.203e-05	180	0.000e+00	180	3.327e-08	716577	
11	600	1	11.0	4.897e-06	180	1.158e-05	180	0.000e+00	180	3.327e-08	716577	
11	1250	2	11.0	4.352e-06	180	1.050e-05	180	0.000e+00	180	3.327e-08	829898	
11	1250	2	11.0	4.130e-06	180	1.004e-05	180	0.000e+00	180	3.327e-08	829898	
11	2.end		11.0	3.851e-06	180	9.460e-06	180	0.000e+00	180	3.327e-08	890917	
12	300	3	11.0	3.619e-06	180	8.961e-06	180	0.000e+00	180	3.327e-08	943219	
12	300	3	11.0	3.412e-06	180	8.507e-06	180	0.000e+00	180	3.327e-08	943219	
12	2.end	N	11.0	2.934e-06	180	7.426e-06	180	0.000e+00	180	3.327e-08	1056540	
<b>Cubierta principal entre escotillas</b>												
1	1.end	N	11.0	6.478e-08	0	8.349e-06	180	3.880e-06	0	3.327e-08	-141307	
1	300	N	11.0	7.992e-08	0	7.850e-06	180	3.880e-06	0	3.327e-08	-85155	
1	300	N	11.0	1.533e-07	0	9.500e-07	180	9.276e-07	0	3.327e-08	-85155	
1	390	3	11.0	1.564e-07	0	8.003e-07	180	9.276e-07	0	3.327e-08	-69189	
1	390	3	11.0	1.593e-07	0	6.490e-07	180	9.276e-07	0	3.327e-08	-69189	
1	2.end	N	11.0	1.654e-07	0	0.000e+00	180	9.276e-07	0	3.327e-08	-0	
<b>Vertical cajon entrepuente</b>												
1	1.end	N	12.0	9.185e-08	90	1.261e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-71045	
1	690	1	12.0	6.291e-08	90	2.036e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-73909	
1	690	1	12.0	5.725e-08	90	2.199e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-73909	
1	1380	2	12.0	2.832e-08	90	3.082e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-76772	
1	1380	2	12.0	2.266e-08	90	3.265e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-76772	
1	2.end		12.0	1.553e-08	90	3.499e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-77478	
2	520	3	12.0	6.276e-09	270	4.256e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-79636	
2	520	3	12.0	1.194e-08	270	4.460e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-79636	
2	1210	4	12.0	4.087e-08	270	5.559e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-82499	
2	1210	4	12.0	4.653e-08	270	5.784e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-82499	
2	2.end	N	12.0	7.337e-08	270	6.900e-06	270	2.953e-06	90	3.959e-08	-85155	
<b>'tween deck 9700</b>												
1	1.end	N	14.0	1.329e-07	0	0.000e+00	0	2.953e-06	0	5.389e-08	0	
1	2.end	N	14.0	1.212e-07	0	5.853e-07	180	2.953e-06	0	5.389e-08	-71045	

### Shear Flow (Unit Loads) (cont.)

Position			t mm	Shear flow (q) and acting direction (Fi)							Unit warping Omega cm <sup>2</sup>
Pl. No	S <sub>1</sub> mm	Pr. or Nod		Horz. force = 1 N		Vert. force = 1 N		Torsion = 1 Nm			
				q(Fy1) N/mm	Fi deg	q(Fz1) N/mm	Fi deg	q(Mx1) N/mm	Fi deg	qs(Mx1) N/mm	

**'tween deck 9700**

1	1.end	N	13.5	5.599e-06	0	8.804e-06	0	6.639e-06	180	5.011e-08	536632
1	1050	2	13.5	4.632e-06	0	7.569e-06	0	6.639e-06	180	5.011e-08	408055
1	1050	2	13.5	4.447e-06	0	7.346e-06	0	6.639e-06	180	5.011e-08	408055
1	1850	1	13.5	3.637e-06	0	6.405e-06	0	6.639e-06	180	5.011e-08	310091
1	1850	1	13.5	3.437e-06	0	6.182e-06	0	6.639e-06	180	5.011e-08	310091
1	2.end	N	13.5	2.677e-06	0	5.359e-06	0	6.639e-06	180	5.011e-08	224373

**Eslora escotilla girder 8830**

1	1.end	N	11.0	6.147e-07	270	1.368e-06	270	0.000e+00	270	3.327e-08	1056540
1	2.end	N	11.0	1.824e-07	270	3.913e-07	270	0.000e+00	270	3.327e-08	1002555

**Flange**

1	1.end	N	14.0	1.824e-07	0	3.913e-07	0	0.000e+00	0	5.389e-08	1002555
1	2.end	N	14.0	0.000e+00	0	0.000e+00	0	0.000e+00	0	5.389e-08	968907

**Brazola exterior escotilla**

1	1.end	N	20.0	2.319e-06	90	6.058e-06	90	0.000e+00	90	1.100e-07	1056540
1	2.end	N	20.0	0.000e+00	90	0.000e+00	90	0.000e+00	90	1.100e-07	1215840

**Vertical cajón entrepuente bajo**

1	1.end	N	12.0	2.935e-08	270	6.761e-07	270	0.000e+00	270	3.959e-08	-71045
1	2.end	N	12.0	0.000e+00	270	0.000e+00	270	0.000e+00	270	3.959e-08	-74405

Shear Flow / Stresses:

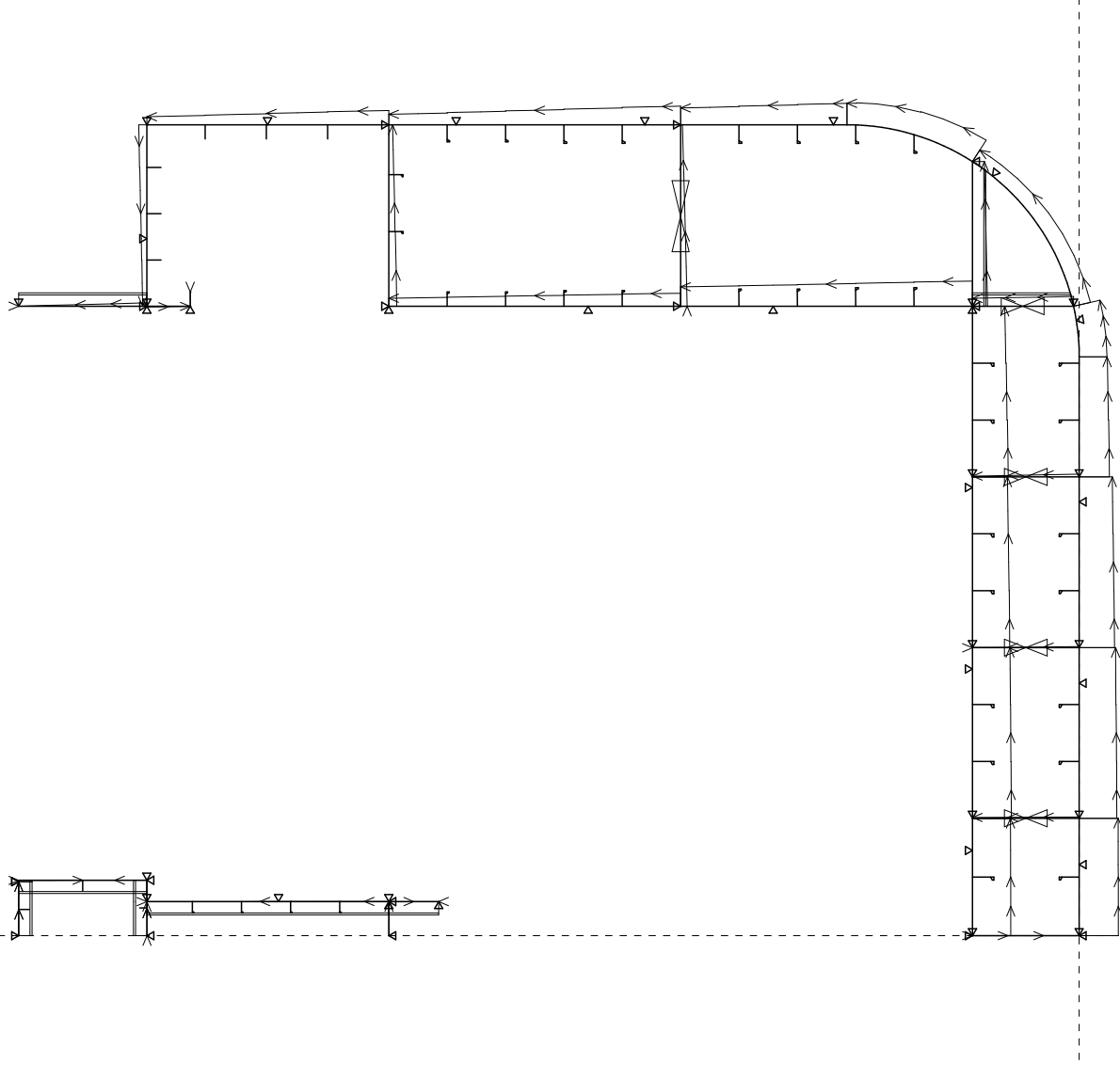
Unit Loads

$$F_y = F_z = 1 \text{ N}$$

$$M_x = 1 \text{ Nm}$$

Shear Flow Due to  $F_y$

$$1 \text{ cm} = 5.00e-05 \text{ N/mm}$$



Shear Flow / Stresses:

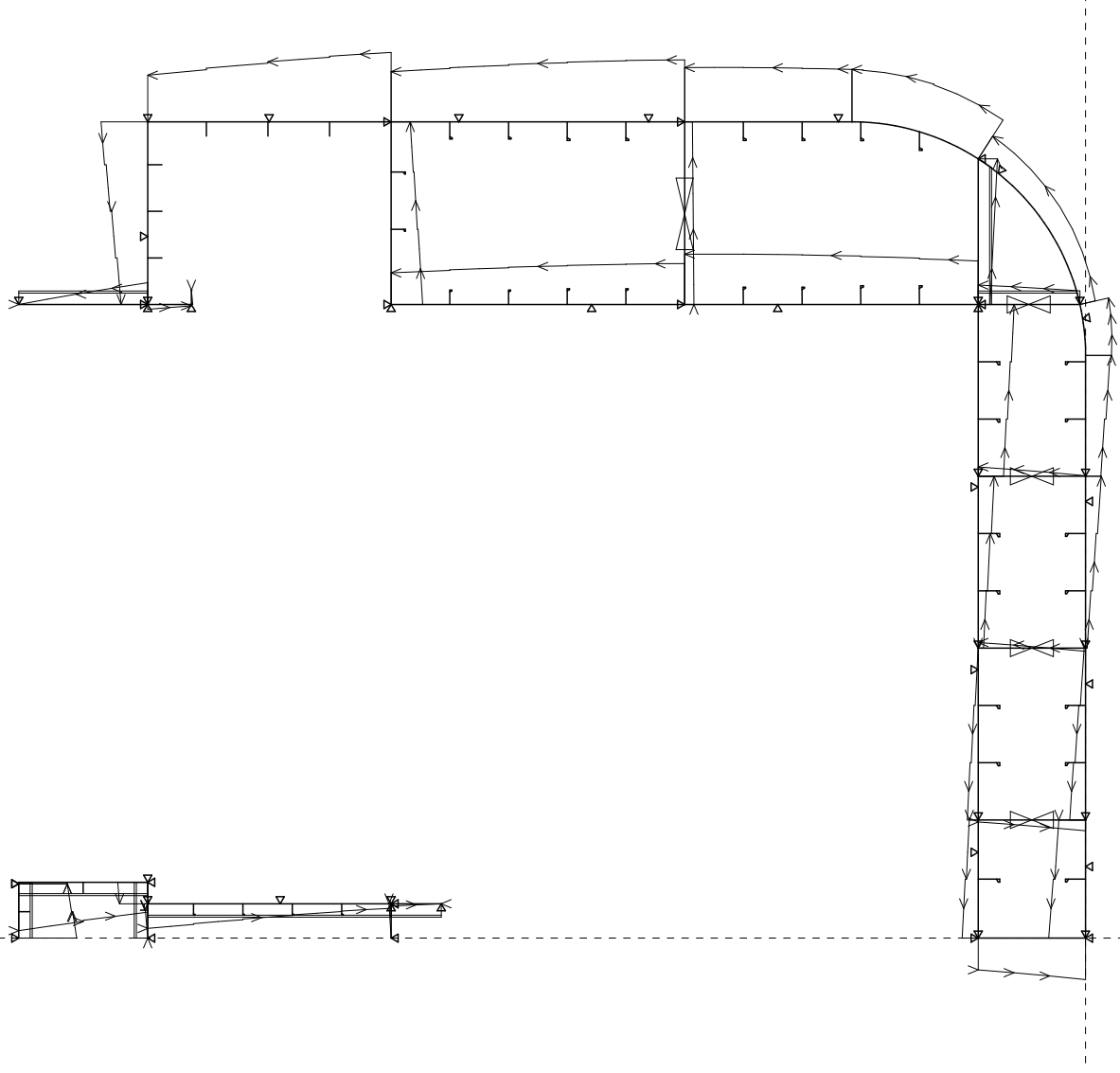
Unit Loads

$$F_y = F_z = 1 \text{ N}$$

$$M_x = 1 \text{ Nm}$$

Shear Flow Due to  $F_z$

$$1 \text{ cm} = 2.00e-05 \text{ N/mm}$$



Shear Flow / Stresses:

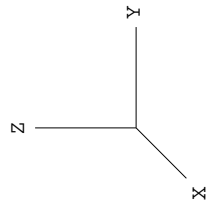
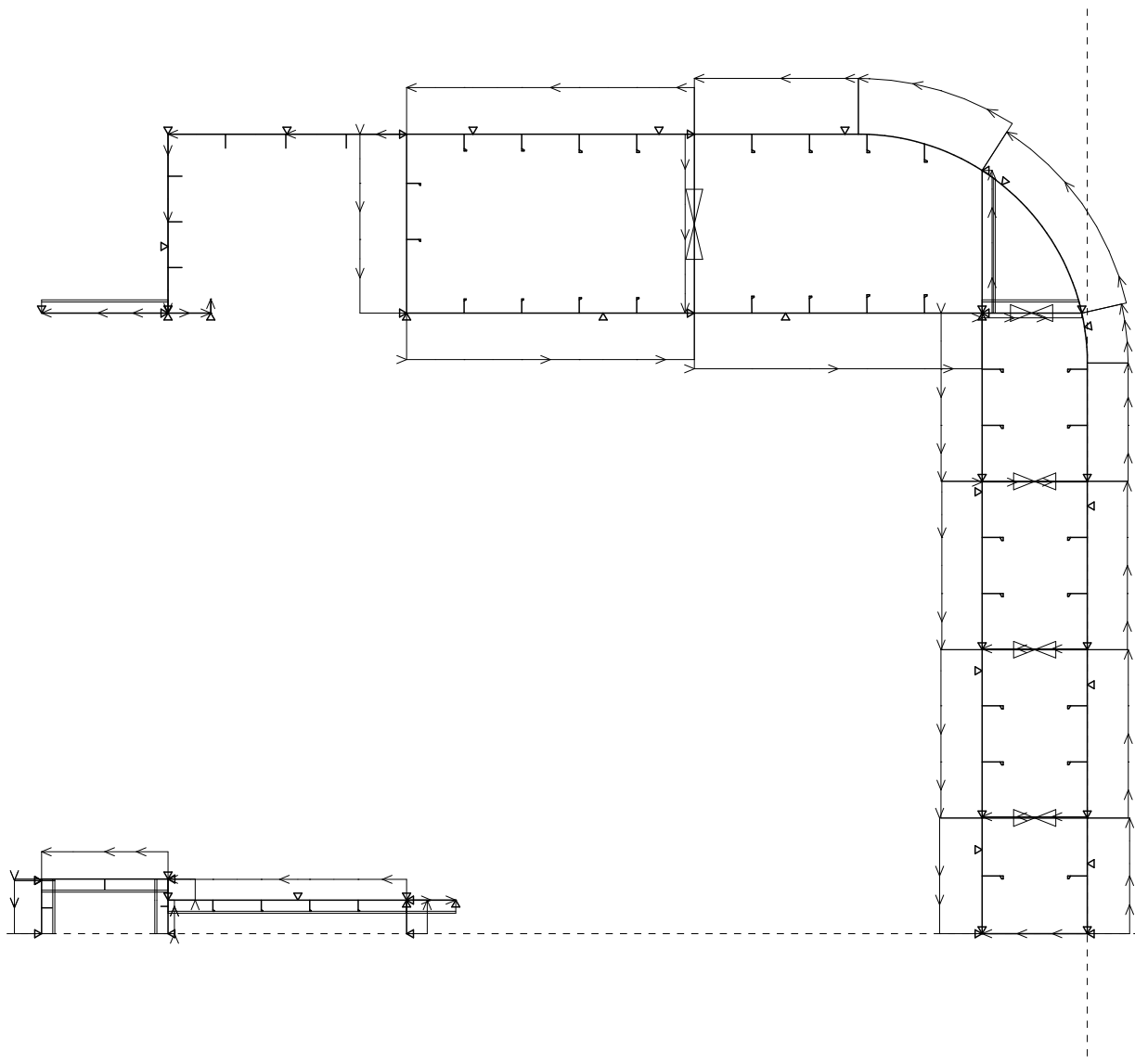
Unit Loads

$F_y = F_z = 1 \text{ N}$

$M_x = 1 \text{ Nm}$

Shear Flow Due to  $M_x$

$1 \text{ cm} = 1.00\text{e-}05 \text{ N/mm}$





Shear Flow / Stresses:

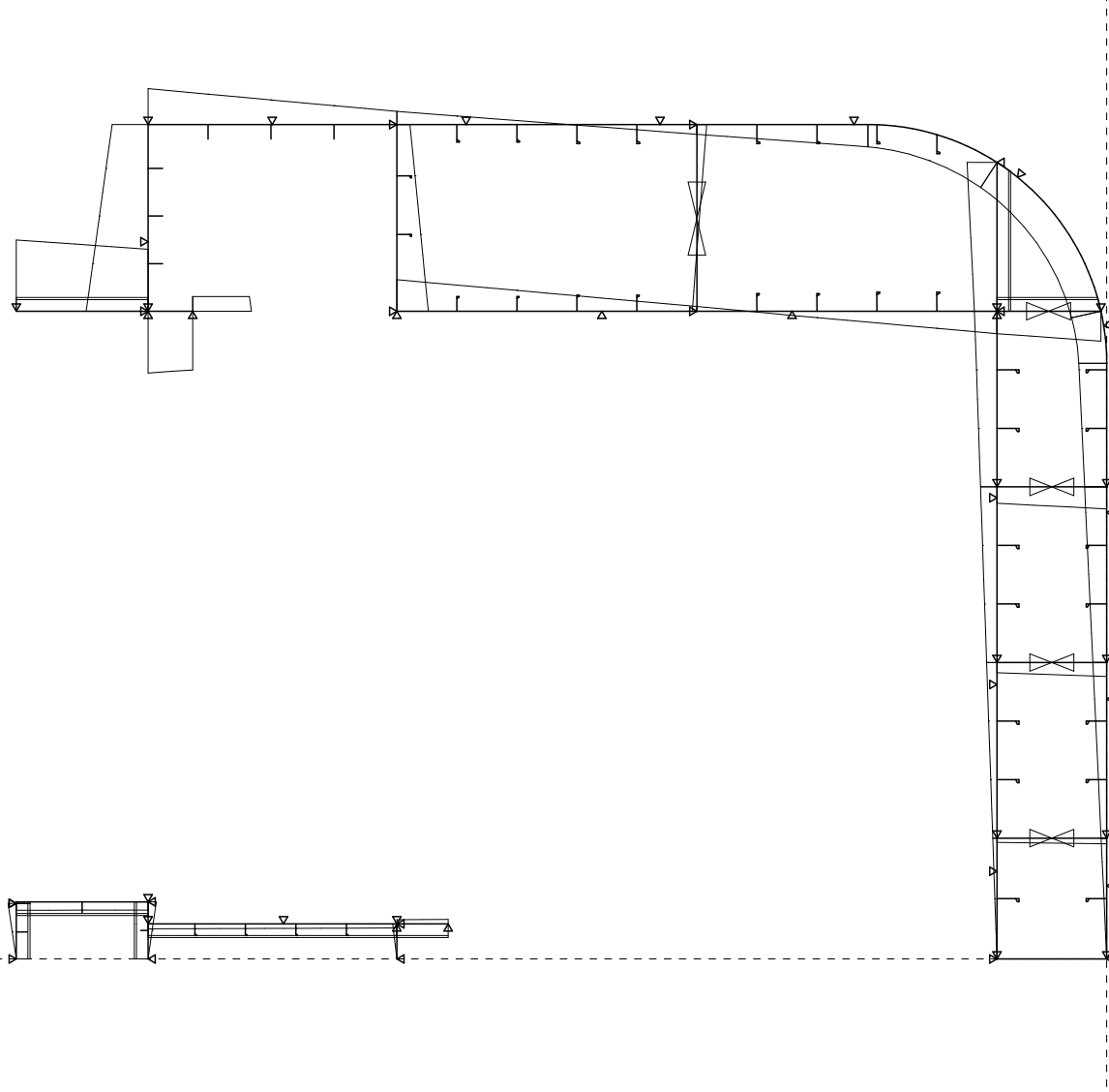
Unit Loads

Fy = Fz = 1 N

Mx = 1 Nm

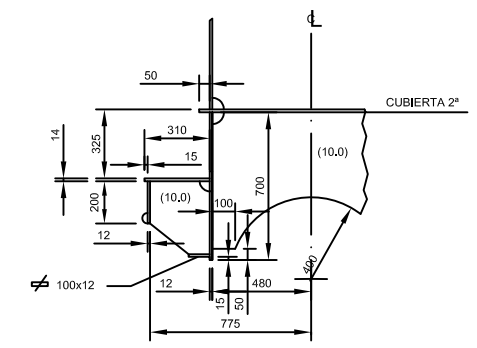
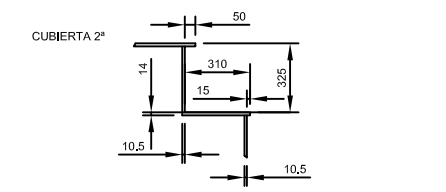
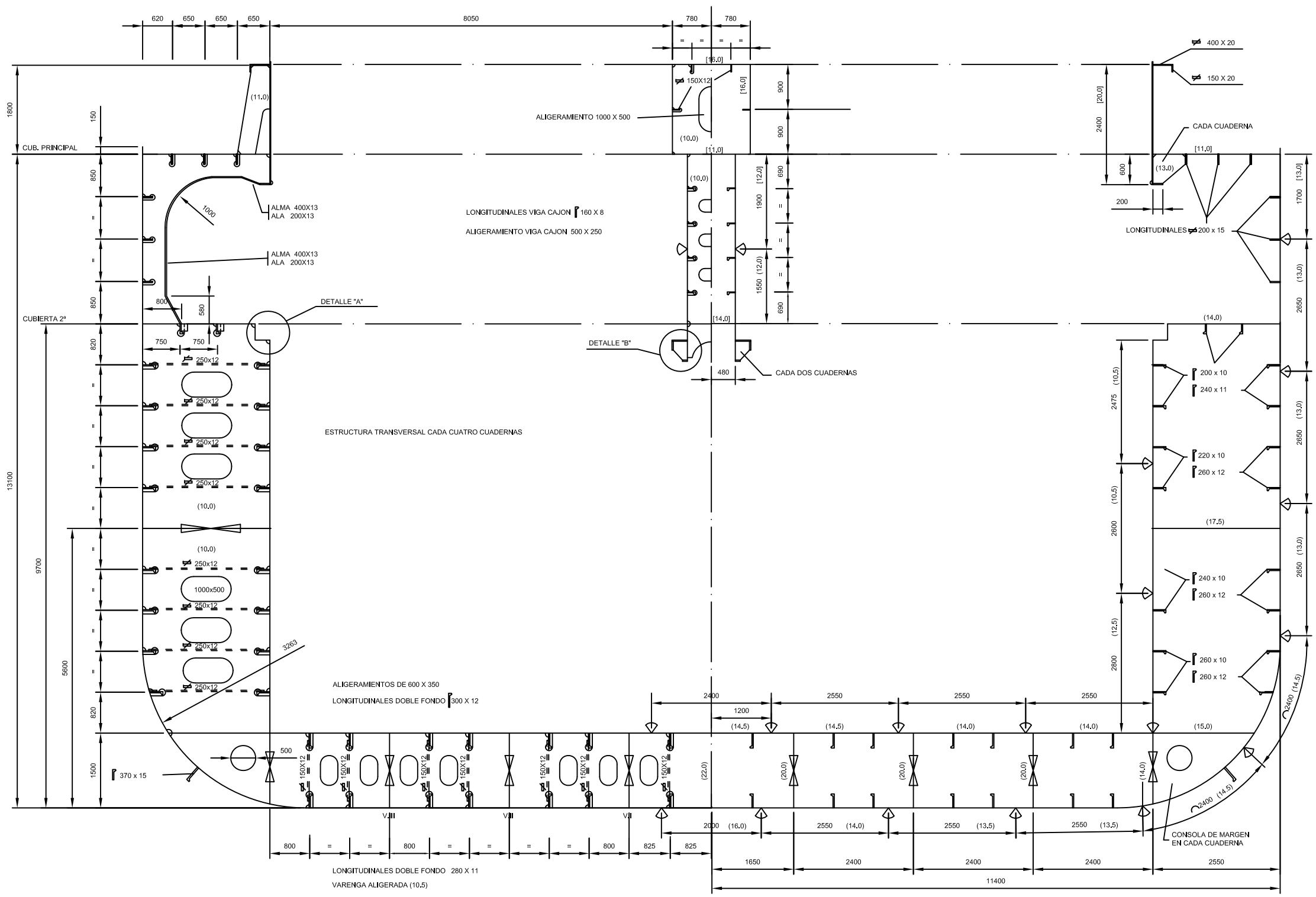
Unit Warping

1 cm = 1.25e+06 N/mm



ANEXO II

CUADERNA MAESTRA



**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA MAXIMA	166,30 m
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	156 m
MANGA DE TRAZADO	22,80 m
PUNTA DE TRAZADO	13,10 m
CALADO DE PROYECTO	9,91 m
ARRUFO EN CUBIERTA CASTILLO	REGLAMENTARIO

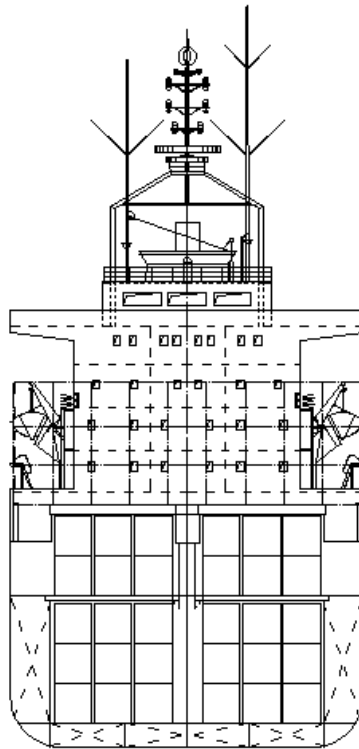
E. T. S. INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA		PROYECTO FIN DE CARRERA
BUQUE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES DE 18000 TPM		
<b>CUADERNA MAESTRA</b>		
ESCALA: 1 : 50	Alumno: ALFONSO MARTINEZ ESCONDRILLAS	FECHA: 2013



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 7

### CÁMARA DE MÁQUINAS

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 7**

**PLANTA PROPULSORA Y CÁMARA DE MÁQUINAS**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- ESPACIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y ESTIMACIÓN DE DIMENSIONES	4
3.- LÍNEA DE EJES	6
4.- CÁLCULO DE VOLÚMENES REQUERIDOS DE TANQUES DE CONSUMOS	8
5.- SERVICIOS DE MÁQUINAS	14
5.1.- SERVICIO DE COMBUSTIBLE	16
5.2.- SERVICIO DE LUBRICACIÓN	23
5.3.- SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO	27
5.4.- SERVICIO DE REFRIGERACIÓN	30
5.5.- SERVICIO DE VAPOR INSTALADO	36
6.- BALANCE TÉRMICO	47
7.- ELECCION DE LA CALDERA DE GASES DE ESCAPE	48
8.- SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN DE GASES DE ESCAPE	51
9.- SERVICIO DE VENTILACIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS	52
10.- DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS	55
LISTADO DE EQUIPOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS	
11.- POLÍN DEL MOTOR PROPULSOR	61
ANEXO.- PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE CÁMARA DE MÁQUINAS	

## 1.- INTRODUCCIÓN

En este cuadernillo se describirá la planta propulsora y la cámara de máquinas. Una vez conocido el motor a instalar, se realiza el cálculo del consumo de combustibles para determinar el volumen de tanques necesario. Los sistemas definidos en este cuadernillo son:

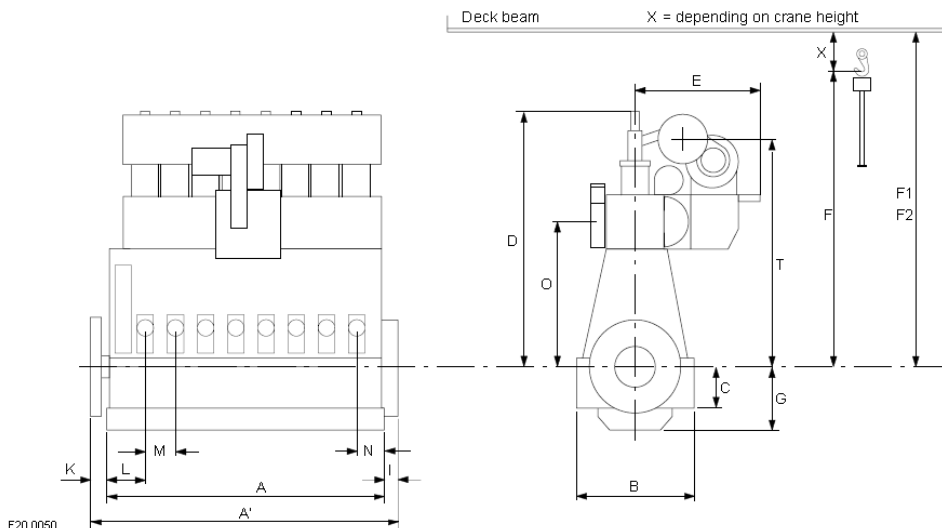
- Sistema de combustible
- Sistema de lubricación y refrigeración por aceite
- Sistema de refrigeración agua dulce
- Sistema de aire comprimido
- Sistema de vapor

Al final del cuadernillo se presenta la disposición general de cámara de máquinas en sus diversas vistas.

Tradicionalmente, este tipo de buques instalan una planta propulsora del tipo propulsión diesel directamente acoplada. Está compuesta por una planta de motor diesel lento (de dos tiempos) y una hélice de palas fijas.

Se colocará la cámara de máquinas a popa con un motor WARTSILA RTA 48T R1 7L de 13860 BHP (10185 kW), 14051 CV de potencia a 127 rpm y 7 cilindros en L, como se eligió en el cuadernillo 5. El consumo específico en condiciones ISO es de 173 gr/kW·h al 100% de carga, o 127 gr/BHP x h. Este motor puede quemar combustible fuel pesado HFO, con el consiguiente ahorro en el consumo de combustible.

Las dimensiones y peso del motor RTA 48T R1 7L (7 cilindros) en seco, son:



Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CÁMARA DE MÁQUINAS

Number of cylinders		5	6	7	8
Dimensions [mm] with a tolerance of approx. ± 10 mm	A	4966	5800	6634	7468
	A'	5917	6751	7585	8419
	B	3170			
	C	1085			
	D	7297			
	E	3850			
	F	9030			
	F1	9040			
	F2	8790			
	G	1700			
	I	603			
	K	348			
	L	1024			
	M	834			
	N	606			
O	4050				
T	6832				
Net engine mass (without oil/water)	[tonnes]	171	205	225	250
Minimum crane capacity	[tonnes]	2.5			

Las referencias técnicas más importantes son:

- Motor diesel lento que consume fuel oil de diferentes calidades y diesel HDO.
- Motor de dos tiempos
- Reversible
- 7 cilindros en línea
- Diámetro de cilindro 480 mm
- Carrera 2000 mm

## **2.- ESPACIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y ESTIMACIÓN DE SUS DIMENSIONES**

La eslora de cámara de máquinas se estimó en el cuadernillo de formas, en función de la potencia, obteniéndose una eslora de 27 metros.

La cámara de máquinas constará de zonas claramente diferenciadas. En primer lugar la zona donde va situado el motor principal, que se situará teniendo en cuenta el desmontaje del eje de cola; otra zona es donde van situados los grupos electrógenos, a popa de la cámara de máquinas en la cubierta de entrepuente; otra zona es la del local de purificadoras, a babor en cubierta de entrepuente, junto al pañol y taller de máquinas; habrá una plataforma intermedia a popa de la cámara de máquinas entre doble fondo y entrepuente, donde se colocará la planta de tratamiento de aguas residuales; en cubierta principal, a estribor, se situará el local de aire acondicionado y la cámara de control de la propulsión, donde estará el cuadro eléctrico principal y todos los controles de máquinas. Los talleres y pañoles van situados en la cubierta entrepuente y cubierta principal, y se distribuirán a babor y a estribor de las mismas. Se situará un tronco de acceso a cámara de máquinas,



que servirá de escape de emergencia, en el mamparo de proa de cámara de máquinas y a estribor. Habrá también accesos a cámara de máquinas a babor, a estribor y a popa, éste último subirá por el guardacalor hasta la chimenea. Estas características se muestran en el plano de disposición general que se anexa a este cuadernillo.

Todas las bombas que aspiran del mar o de tanques bajos han de situarse sobre el doble fondo de cámara de máquinas para evitar problemas de cebado. Las bombas de agua salada, de lastre, de refrigeración, de circulación, de sentinas, conviene situarlas cerca de las tomas de mar, para hacer el colector lo más corto posible, siendo lo más frecuente su emplazamiento en la zona de proa de la cámara de máquinas.

El local de purificadoras se dispondrá dentro de la cámara de máquinas pero en espacio separado por mamparos no estancos. El separar este espacio es debido a los gases que desprenden las purificadoras.

La altura mínima de doble fondo de cámara de máquinas es, según reglamento DNV:

$$h_D = 1000 \cdot \frac{B}{20} = 1000 \cdot \frac{22.8}{20} = 1140 \text{ mm}$$

Le daremos 1700 mm para conseguir mayor capacidad en los tanques de doble fondo y mejores accesos dentro de los tanques.

Por tanto, la altura total desde el fondo hasta la parte superior del pistón, desmontado éste por la parte superior del motor, es:

$$h_D + G + Fl = 1300 + 1700 + 9040 = 12.04 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta que encima debe haber espacio para un polipasto, de 700 a 1000 mm según fabricante, y la altura del bao, que supondremos 600 mm, la altura mínima de desmontaje sobre el fondo será:

$$H_D = 12040 + 1000 + 600 = 13640 \text{ mm}$$

Se dispondrá un polipasto con aparejo para desmontaje de elementos del motor en la parte inferior de la cubierta de toldilla.

La longitud del motor es de 7585 mm. Se dispondrá el motor dejando suficiente espacio a

proa para situar equipos de máquinas. Debido a la altura del motor, los conductos de exhaustación de gases en la parte superior del motor, estarán entre la cubierta principal y la de toldilla, desde donde se llevarán hasta el guardacalor y chimenea.

Podemos estimar antes de hacer el balance eléctrico, por el tamaño del buque y buques similares, que los tres generadores auxiliares estarán entorno a los 500 kW de potencia cada uno. De esta forma podemos saber aproximadamente el tamaño que tendrán los auxiliares, para poder estimar la longitud y altura de la zona que ocuparán en la cámara de máquinas. En este tipo de buques y de cámaras máquinas no hay problema de espacio. Los auxiliares están situados entre la cubierta de entrepuente y cubierta principal, y disponen de una altura de  $13.1 - 9.7 = 3,4$  m. Los alternadores del buque, una vez realizado el balance eléctrico, serán 3 grupos Wartsila AUXPACK 520W4L20 de 520 kWe, accionados por motores 4L-20 a 900 rpm y 60 Hz. La separación mínima entre ejes de auxiliares es de 1420 mm. Se dejará a popa y a proa de los auxiliares al menos 2 m para las exhaustaciones de éstos. Las dimensiones de los auxiliares, según fabricante, son:

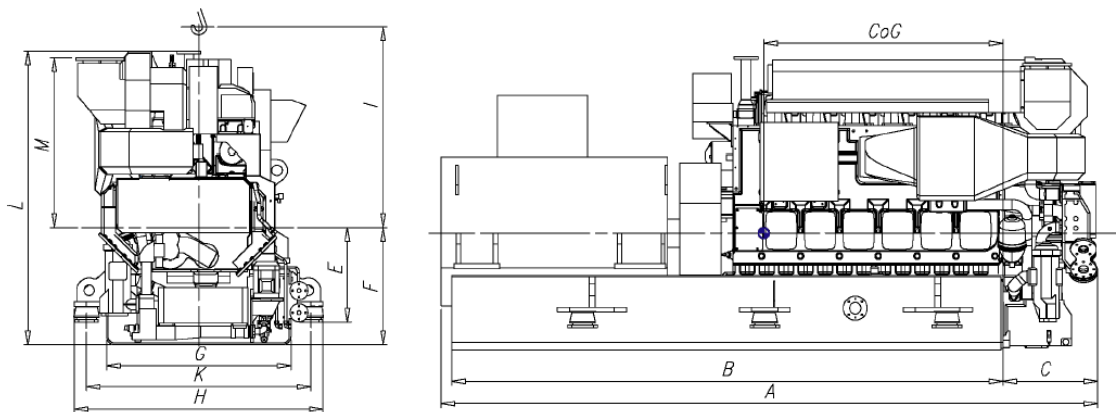


Table 1.2 Wartsila Auxpac 900 rpm / 60Hz

Type	A	B	C	E	F	G	H	I	K	L	M	CoG	Weight Wet	Weight Dry
520W4L20	4407	3600	732	725	900	1420	1920	1800	1730	2248	1207	1355	13.5	13.1

### 3.- LÍNEA DE EJES

La línea de ejes transmitirá la potencia máxima desarrollada por el motor. La longitud de la línea de ejes viene determinada por la posición del motor dentro de la cámara de máquinas y teniendo en cuenta la posición a popa del servomotor y del pique. Se aprovecharán para tanques los espacios inferiores de popa, a proa del pique, ya que son de difícil utilización para otra cosa debido a las formas del casco en esa zona.

A partir de la posición del motor, desde la posición de salida del plato del motor hasta la posición de la hélice, la longitud total de la línea de ejes es de 17.60 metros, que estará dividida en dos tramos, el eje de cola que va desde la conexión con la hélice hasta popa de la chumacera de popa a proa de la bocina, con una longitud de unos 7.65 m, y el eje de proa que va desde popa de la chumacera hasta el plato de acoplamiento del motor, apoyado en un cojinete intermedio, y una chumacera, con una longitud de unos 9.95 m.

La altura de la línea de ejes es de 3.40 m sobre la línea base, ya que la altura de centro del cigüeñal sobre la línea base será la altura del doble fondo más la altura del centro del cigüeñal sobre el doble fondo, que según datos del fabricante es de 1.70 m. El eje se dispondrá horizontal en todo su recorrido.

El diámetro mínimo exigido por el reglamento de la sociedad de clasificación se obtiene a partir del apartado Pt.4 Ch.4 Sec.1 del DNV.

$$d_{\min} = F \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n_0} \cdot \frac{1}{1 - \frac{d_i^4}{d^4}} \cdot \frac{560}{\sigma_B + 160}}$$

donde P es la potencia máxima transmitida al eje en kW, y tomaremos según reglamento  $F = 100$ ,  $\sigma_B = 600$  MPa que es el máximo permitido,  $k = 1$  para eje intermedio,  $k = 1.22$  para eje de cola,  $n_0 = 127$  rpm del eje,  $d_i$  y  $d$  son los diámetros interior y exterior del eje. Al llevar hélice de paso fijo no es necesario realizar orificios al eje.

$$d_{\min} \text{ (eje intermedio)} = 100 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{10185}{127} \cdot \frac{560}{600 + 160}} = 389.50 \text{ mm}$$

$$d_{\min} \text{ (eje de cola)} = 100 \cdot 1.22 \cdot \sqrt[3]{\frac{10185}{127} \cdot \frac{560}{600 + 160}} = 475.19 \text{ mm}$$

Se escoge el valor de 390 mm para el diámetro de eje intermedio y 480 mm para el del eje de cola, ya que los fabricantes elaboran los ejes de 10 en 10 mm.

El espesor de las bridas de acoplamiento es:

$$t = \frac{d}{4 \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{r}{d}\right)^2}$$

donde  $d$  es el diámetro del eje y  $r$  es el radio de unión entre eje y brida. Se fijará  $r = 50$  mm. Por tanto el espesor de las bridas, para cada tramo respectivo del eje, no será menor de:

$$t = \frac{390}{4 * \left(1 + 2 * \frac{50}{390}\right)^2} = 61.76 \approx 62 \text{ mm}$$

$$t = \frac{480}{4 * \left(1 + 2 * \frac{50}{480}\right)^2} = 82.19 \approx 82.5 \text{ mm}$$

#### **4.- CÁLCULO DE VOLUMENES REQUERIDOS DE TANQUES DE CONSUMOS**

Los tanques de consumos se disponen a proa de la cámara de máquinas y dentro de la misma, teniendo en cuenta que los tanques mayores de 30 m<sup>3</sup> deben estar aislados del casco mediante cofferdams. En cámara de máquinas se disponen los tanques de sedimentación y servicio diario tanto de fuel oil como de diesel oil, y algunos tanques de almacén. La capacidad de los mismos se calcula a partir del consumo específico de los motores obteniéndose las necesidades de consumo para la autonomía y el número de horas que estipula el reglamento.

A bordo se utilizarán dos tipos de combustible: fuel oil residual (HFO) y combustible ligero destilado (MDO). El combustible pesado tendrá preponderancia en la instalación, sirviendo para alimentar el motor principal, que deberá poder arrancar y funcionar con ambos combustibles, usándose el combustible diesel (MDO) para la alimentación de los generadores y grupo de emergencia, y para períodos transitorios especiales que puedan presentarse en la vida del buque (emergencia, arranque después de paradas largas, etc.). Los 3 motores de los generadores también podrán funcionar con combustible pesado, pues hay margen suficiente de fuel oil para ello.

#### **Tanques de fuel oil pesado**

Para calcular la cantidad de combustible necesario para el motor principal se aplica la siguiente expresión, en función de la autonomía:

$$\begin{aligned} \text{Consumo fuel oil (t)} &= \frac{\text{consumo}(\text{gr / kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW}) \cdot \text{Autonomía}(\text{millas})}{\text{velocidad}(\text{nudos}) \cdot 10^6 (\text{g / t})} = \\ &= \frac{170 \cdot 0.9 \cdot 10185 \cdot 12000}{18 \cdot 10^6} = 1038.87 \text{ t} \end{aligned}$$

donde el consumo se obtiene de datos del fabricante para el 90% de la máxima potencia continua, y la velocidad es la de servicio. Para una autonomía de 12000 millas se obtiene un consumo de 1038.87 toneladas. Si tenemos en cuenta que el buque debe llegar a puerto con el 10% de consumos y que la densidad del fuel es de 0.9443 t/m<sup>3</sup>, el volumen de tanques necesario para almacenar fuel oil es de:

$$\text{Volumen de tanques de fuel oil} = \frac{1038.87 \cdot 1.1(t)}{0.9443(t/m^3)} = 1210.16 \text{ m}^3$$

Este volumen se reparte entre los tanques de almacén, tanque de sedimentación y tanque de servicio diario. Según el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval y el de disposición general, el volumen de tanques de fuel oil del que se dispone es de 1410.56 m<sup>3</sup>.

El tanque de sedimentación de fuel oil se dimensionará para al menos 24 horas de operación continua al 100% de potencia del motor, con un 15% de margen. Esto resultará en un volumen mínimo de:

$$\text{Capacidad (m}^3\text{)} = \frac{\text{consumo}(\text{gr/kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW}) \cdot t(\text{horas})}{10^6(\text{gr/t}) \cdot \text{densidad fuel oil}(t/m^3)} * 1.15 = \frac{173 \cdot 10185 \cdot 24}{10^6 \cdot 0.9443} * 1.15 = 51.50 \text{ m}^3$$

Se ha dispuesto un tanque de sedimentación de capacidad 80.95 m<sup>3</sup>, y llevará un serpentín de calefacción para mantener la temperatura del fuel a 50°C.

La capacidad mínima de cada uno de los dos tanques de servicio diario de fuel oil debe satisfacer las necesidades durante 8 horas de los motores principales, dos auxiliares y la caldera, según establece el reglamento SOLAS II-1 26-4. Según balance eléctrico, el buque llevará tres motores auxiliares Wartsila 4L-20 de 548 kW cada uno y una caldera de gases de escape para producción de agua caliente que produce 1000 kW. El consumo estimado de los auxiliares según catálogo es de 198 gr/(kW·h), y el de la caldera de unos 100 gr/(kW·h). La capacidad mínima de los tanques de servicio diario:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad (m}^3\text{)} &= \frac{\sum[\text{consumo}(\text{gr/kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW})] \cdot t(\text{horas})}{10^6(\text{gr/t}) \cdot \text{densidad fuel oil}(t/m^3)} = \\ &= \frac{[173 \cdot 10185 + 198 \cdot 650 + 100 \cdot 1000] \cdot 8}{10^6 \cdot 0.9443} = 16.87 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Como este es un valor mínimo, dispondremos de dos tanques de servicio diario de 32,99 m<sup>3</sup> y 32.27 m<sup>3</sup>, teniendo entre los dos una capacidad total de 65.26 m<sup>3</sup>, lo cual permitirá también el

funcionamiento del motor durante 24 horas, y su capacidad es inferior a la capacidad del tanque de sedimentación. Llevarán serpentín de calefacción y aislamiento térmico para mantener la temperatura a 50°C.

Por tanto, los tanques almacén de fuel oil tendrán una capacidad conjunta de  $1410.56 - 80.95 - 65.26 = 1264.35 \text{ m}^3$ , repartidos como se ha calculado en los cálculos de arquitectura naval.

### **Tanque de reboses de fuel oil**

No existe un valor fijo para el volumen del tanque de reboses. Debe tener una capacidad adecuada para albergar los reboses se produzcan durante el llenado de tanques. Una cantidad mínima adecuada es de  $8 \text{ m}^3$ , que es el 10% del tanque de sedimentación. Se ha dispuesto un tanque de  $12 \text{ m}^3$ , que permitirá almacenar el combustible bombeado por la bomba de trasiego durante unos 15 minutos. Llevará serpentín de calefacción.

### **Tanque de lodos**

Para el cálculo del volumen mínimo del tanque de lodos se utiliza la expresión siguiente, según MARPOL:  $V = k \cdot C \cdot D$ , donde  $k = 0.015$ ,  $C$  es el consumo de combustible en toneladas día y  $D$  es la duración máxima del viaje entre puertos en que se puedan descargar los fangos a tierra. Teniendo en cuenta la autonomía, la velocidad de servicio, los consumos en navegación, y estimando una navegación de 28 días según autonomía, se tiene:

$$C = \left( 170 \frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 0.9 \cdot 10185 \text{ kW} + 2 \cdot 198 \cdot 548 \right) \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ t}}{10^6 \text{ g}} = 42.61 \frac{\text{t}}{\text{día}}$$

$$D = \frac{\text{autonomía (millas)}}{v (\text{nudos}) \cdot 24 \text{ h/día}} = \frac{12000}{18 \cdot 24} = 27.78 \text{ días}$$

$$V = 0.015 \cdot 42.61 \cdot 28 = 17.90 \text{ m}^3$$

Se ha dispuesto un tanque de lodos de  $18.79 \text{ m}^3$ .

### **Tanques de diesel MDO**

El combustible diesel MDO se usa principalmente para la alimentación de los generadores, del grupo de emergencia y para períodos transitorios especiales que puedan presentarse en la vida

del buque (emergencia, arranque después de paradas largas, etc.).

Para calcular la cantidad de combustible necesario para el funcionamiento de dos motores de los generadores se aplica la siguiente expresión, en función de la autonomía y de la máxima carga, según balance eléctrico, que el buque tiene en navegación, que es de unos 560 kW:

$$\begin{aligned}\text{Consumo diesel oil (t)} &= \frac{\text{consumo}(\text{gr/kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW}) \cdot \text{Autonomía}(\text{millas})}{\text{velocidad}(\text{nudos}) \cdot 10^6 (\text{g/t})} = \\ &= \frac{200 \cdot 0.79 \cdot 548 \cdot 12000}{18 \cdot 10^6} = 57.72 \text{ t}\end{aligned}$$

donde el consumo se obtiene de datos del fabricante, y la velocidad es la de servicio. Para una autonomía de 12000 millas se obtiene un consumo de 57.72 toneladas. Si tenemos en cuenta que el buque debe llegar a puerto con el 10% de consumos y que la densidad del diesel es de 0.84 t/m<sup>3</sup>, el volumen de tanques necesario para almacenar diesel oil es de:

$$\text{Volumen de tanques de diesel oil} = \frac{57.72 \cdot 1.1(\text{t})}{0.84(\text{t/m}^3)} = 75.59 \text{ m}^3$$

Este volumen se reparte entre los tanques de almacén, tanque de sedimentación y tanques de servicio diario. Según el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval y el de disposición general, el volumen de tanques de diesel del que se dispone es de 188.62 m<sup>3</sup>.

El tanque de sedimentación de diesel oil se dimensionará para al menos 24 horas de operación continua de dos generadores en la situación de máxima carga, con un 15% de margen. La situación de máxima carga es de 938 kW durante las operaciones de carga y descarga, según balance eléctrico. Esto resultará en un volumen mínimo de:

$$\text{Capacidad (m}^3\text{)} = \frac{\text{consumo}(\text{gr/kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW}) \cdot \text{t}(\text{horas})}{10^6 (\text{gr/t}) \cdot \text{densidad fuel oil}(\text{t/m}^3)} * 1.15 = \frac{198 \cdot 938 \cdot 24}{10^6 \cdot 0.84} * 1.15 = 6.1 \text{ m}^3$$

Se ha dispuesto un tanque de sedimentación de capacidad 68.80 m<sup>3</sup>.

Se dispondrá dos tanques de servicio diario de MDO, para satisfacer las necesidades durante 8 horas de dos auxiliares, según SOLAS, con un margen del 10%. La capacidad requerida de cada tanque es de:

$$\text{Capacidad (m}^3\text{)} = \frac{\text{consumo}(\text{gr/kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW}) \cdot \text{t}(\text{horas})}{10^6 (\text{gr/t}) \cdot \text{densidad diesel oil}(\text{t/m}^3)} * 1.1 = \frac{198 \cdot 938 \cdot 8}{10^6 \cdot 0.84} * 1.1 = 1.95 \text{ m}^3$$

Se dispondrán dos tanques de servicio diario de MDO de capacidad conjunta 27.956 m<sup>3</sup>, menor que la capacidad del tanque de sedimentación. Se dispondrán tres tanques almacén de MDO de capacidad total 91.86 m<sup>3</sup>, con lo que aseguraremos de sobra la disponibilidad de abastecimiento al generador de emergencia durante 36 horas y para los períodos transitorios especiales referidos, tal y como especifica el reglamento SOLAS.

### **Tanques de aceite**

El fabricante recomienda que el tanque de aceite de servicio o de retorno bajo el motor principal sea al menos de 15 m<sup>3</sup>, y el tanque de gravedad de 2 m<sup>3</sup> situado a 7 m por encima del eje del motor. Se ha dispuesto un tanque de retorno de aceite en el doble fondo, separado del fondo, y de capacidad 17.64 m<sup>3</sup>.

El consumo medio de aceite de cilindros, según fabricante, es de 1 gr/(kW·h), luego el consumo para la autonomía de 12000 millas es:

$$\text{Consumo aceite(t)} = \frac{\text{consumo}(\text{gr/kW} \cdot \text{h}) \cdot \text{Potencia}(\text{kW}) \cdot \text{Autonomía}(\text{millas})}{\text{velocidad}(\text{nudos}) \cdot 10^6(\text{g/t})} = \frac{1 \cdot 0.9 \cdot 10185 \cdot 12000}{18 \cdot 10^6} = 6.11 \text{ t}$$

Si tenemos en cuenta que el buque debe llegar a puerto con el 10% de consumos y que la densidad del aceite es de 0.92 t/m<sup>3</sup>, el volumen de tanques necesario para almacenar el aceite de cilindros es de:

$$\text{Volumen de tanques de aceite cilindros} = \frac{6.11 \cdot 1.1(\text{t})}{0.92(\text{t/m}^3)} = 7.30 \text{ m}^3$$

Se ha dispuesto un tanque de aceite de cilindros de 7.55 m<sup>3</sup> y un tanque almacén de aceite de 17.718 m<sup>3</sup> de capacidad, a proa de cámara de máquinas, suficiente para la renovación completa del aceite del motor. Además, se ha dispuesto un tanque para aceite sucio de 17.64 m<sup>3</sup>, que permita llenarlo con el aceite sucio previo a la renovación completa del aceite. Se dispondrá también de un tanque de aceite de la bocina de 100 litros, a la altura de la cubierta principal para que llegue a la misma por gravedad.

### **Tanque de aguas aceitosas**

Este tanque recogerá las aguas aceitosas procedentes de las sentinas. Para el cálculo del volumen mínimo del tanque de aguas aceitosas se utiliza la expresión siguiente, según MARPOL:



$V = k \cdot C \cdot D$ , donde  $k = 0.015$ ,  $C$  es el consumo de combustible en toneladas día y  $D$  es el número de días en función de la autonomía y la velocidad de servicio.

$$C = \left( 170 \frac{\text{g}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 0.9 \cdot 10185 \text{ kW} + 2 * 198 * 548 \right) \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ t}}{10^6 \text{ g}} = 42.61 \frac{\text{t}}{\text{día}}$$

$$V = 0.015 \cdot 42.61 \cdot 28 = 17.90 \text{ m}^3$$

Se ha dispuesto un tanque de aguas aceitosas de  $18.79 \text{ m}^3$ .

### **Tanques de agua dulce, potable y técnica**

En cuanto a los servicios de agua dulce, las necesidades de ésta, tanto de agua técnica como de agua potable, se ven satisfechas por la producción a bordo de agua destilada mediante un generador de agua dulce, pudiéndose además rellenar los tanques almacén de agua potable en puerto. La capacidad de tanque de almacenamiento de agua potable se calcula para 28 personas a bordo, tomando 190 litros/(persona-día) y 4 días de abastecimiento, resultando un volumen de  $22 \text{ m}^3$ . Se dispondrá de un generador de agua dulce de  $20 \text{ T/día}$  y dos tanques de almacén de agua potable de  $62 \text{ m}^3$  cada uno, suficiente para cumplir con creces estos requisitos.

Tanque de agua técnica: es el tanque almacén para el servicio de agua dulce de máquinas, donde se almacena el agua destilada para su utilización en los servicios de máquinas. El buque llevará un sistema centralizado de refrigeración de los equipos de máquinas. La calefacción de tanques y tuberías se realizará mediante vapor, por lo que basándose en buques similares, se dispondrá en el doble fondo de cámara de máquinas de un tanque de  $23.8 \text{ m}^3$  de agua destilada.

Hay que disponer un tanque de drenaje en el doble fondo para recoger el agua de refrigeración que lleva aditivos, cuando se necesite vaciar por mantenimiento del motor. Según el fabricante el volumen de agua del motor principal es de  $1.35 \text{ m}^3$ , y el volumen de agua en el circuito de baja temperatura es pequeño. Se dispondrá un tanque de  $3 \text{ m}^3$  para la recogida de agua del circuito de baja temperatura de cualquier motor, principal o auxiliar. Este agua es reutilizable.

Se situará un tanque de expansión de agua dulce, dentro de la cámara de máquinas y a una altura mayor de 3.5 m sobre el punto más alto del motor, de modo que asegure la presión estática requerida en la aspiración de la bomba del sistema de enfriamiento de las camisas de los cilindros del motor. Se dispondrá de un tanque de volumen 0.5 m<sup>3</sup> según fabricante.

TANQUE	Nº	Vol. unitario (m <sup>3</sup> )	Vol. total (m <sup>3</sup> )
Almacén agua potable	2	62	124
Almacén agua destilada	1	23.8	23.8
Tanque drenaje agua	1	3	3
Tanque de expansión	1	0.5	0.5

## 5.- SERVICIOS DE MÁQUINAS

Al elegir las máquinas auxiliares principales, se calculará la potencia requerida por las bombas y equipos necesarios para los distintos servicios del buque, para conocer la potencia total en cada condición de navegación, lo que permitirá tener los datos necesarios para calcular el balance eléctrico, y por tanto poder dimensionar los generadores eléctricos. Se calcularán y estimarán primero los componentes de servicios de máquinas, después los de casco y por último los de habilitación.

Para dimensionar los equipos eléctricos asociados a bombas y ventiladores se utilizará el rendimiento hidráulico en función del caudal y del tipo de bomba. La potencia en el eje de las bombas  $P_E$ , expresada en kW, se calcula con la expresión:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36}$$

donde P es la presión de salida del fluido, en bar, Q el caudal, en m<sup>3</sup>/h y  $\rho$  t/m<sup>3</sup> es la densidad del fluido a bombear. La potencia absorbida  $P_{\text{absorbida}}$  en kW se obtendrá a partir de la potencia hidráulica  $P_E$ , considerando el rendimiento eléctrico de los motores:

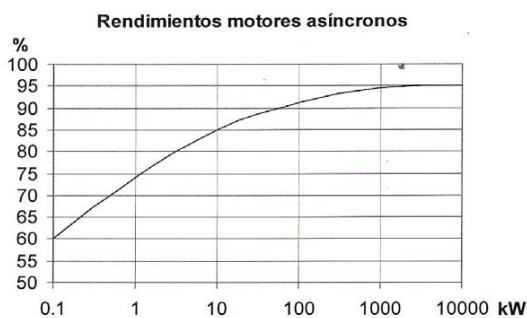
$$P_{\text{absorbida}} = P_E / \eta_E.$$

TIPO DE BOMBAS	CAUDAL BOMBA Q (m <sup>3</sup> /h)	RENDIMIENTO HIDRÁULICO $\eta_H$
Centrífugas	Q > 700	0,78
	600 < Q < 700	0,77
	500 < Q < 600	0,76
	400 < Q < 500	0,75
	300 < Q < 400	0,73
	250 < Q < 300	0,72
	200 < Q < 250	0,7
	150 < Q < 200	0,69
	100 < Q < 150	0,68
	75 < Q < 100	0,67
	50 < Q < 75	0,65
	30 < Q < 50	0,62
	20 < Q < 30	0,6
	10 < Q < 20	0,55
	5 < Q < 10	0,5
De husillos o engranajes	2 < Q < 5	0,45
	Q > 250	0,5
	200 < Q < 250	0,49
	125 < Q < 200	0,48
	60 < Q < 125	0,47
	30 < Q < 60	0,46
	10 < Q < 30	0,45
	5 < Q < 10	0,44
	1,5 < Q < 5	0,42
	0,3 < Q < 1,5	0,4

A bordo se primará la utilización de motores asíncronos, trifásicos de jaula de ardilla, con una sola velocidad nominal, de 440 V y 60 Hz, equipados con protecciones contra sobrecargas de tipo térmico, de cortocircuitos, y de operación en una única fase.

El rendimiento eléctrico de los motores asíncronos, así como el factor de potencia, depende en gran medida de la potencia nominal del motor y del porcentaje de carga a la que trabaje, por lo que conviene instalar motores cuya potencia se ajuste lo máximo posible a la potencia requerida por el servicio al que esté conectado.

La siguiente gráfica muestra la curva de rendimiento frente a porcentaje de potencia nominal, usada para determinar los rendimientos de los motores.



A continuación, se determinan cada uno de los equipos de fuerza que integran los diferentes servicios del buque, el número de equipos a instalar y la potencia eléctrica unitaria absorbida por cada uno.

En las bombas se especifica también el rendimiento hidráulico  $\eta_H$ , considerado en función de su caudal y el rendimiento eléctrico  $\eta_E$  del motor asociado, que se ha tomado para calcular la potencia absorbida en kW, de los diferentes tipos de equipos eléctricos instalados.

### **5.1.- SERVICIO DE COMBUSTIBLE**

La elevada concentración de contaminantes sólidos y líquidos en el combustible actualmente empleado, requiere la instalación a bordo de un sistema de tratamiento y limpieza del mismo. Todas las impurezas pueden causar daños importantes en las bombas, válvulas, inyectoras, camisas, ensuciamiento de los conductos de exhaustación de gases y de las turbosoplantes. El sistema de tratamiento de combustible está constituido por precalentadores de combustible, separadoras centrífugas, filtros y bombas.

El fuel se bombea mediante dos bombas de trasiego, una de respeto, desde los tanques de almacén donde se ha calentado a 38°C, al tanque de sedimentación, donde se mantiene a una temperatura de 80°C. Entra por la parte superior del tanque para evitar que disminuya la temperatura en la aspiración de la bomba de alimentación de las purificadoras, que es donde va el combustible desde el tanque de sedimentación, y después al tanque de servicio diario. La temperatura ha de mantenerse para evitar problemas con la viscosidad del fuel oil. En el tanque de sedimentación se produce la separación de los contaminantes líquidos y los sólidos de pequeño tamaño que no se elimina por filtrado.

Hay que instalar dos bombas de suministro a las purificadoras, de desplazamiento positivo y flujo constante, una de ellas es de respeto. La aspiración de estas bombas se realiza a cierta altura sobre el fondo del tanque de sedimentación, de manera que no aspire sedimentos sólidos o agua. Entre las bombas y las purificadoras se instalan dos pre-calentadores de vapor, uno de respeto, que elevan la temperatura del fuel a unos 100°C, que es la temperatura de entrada del combustible en las purificadoras.

De las purificadoras, el fuel oil pasa al tanque de servicio diario, que dispone de una tubería de rebose que va al tanque de sedimentación, saliendo de la parte inferior del tanque de servicio diario para recircular el agua que pueda haber en este tanque.

#### - Módulo de purificadoras:

Para el tratamiento de combustible hay que instalar dos separadoras centrífugas, una de respeto. Según fabricante, es aconsejable usar purificadoras sin discos de gravedad, ya que éstas no requieren que se cambien para tratar densidades de fuel distintas. De esta forma solo se requiere una unidad, que actúa como purificadora – clarificadora, aunque es habitual colocar la otra purificadora en serie para mejorar los resultados de la separación, a la vez que actúa de reserva. La primera actúa de purificadora, separando lodos y agua, y la segunda como clarificadora, separando lodos y sólidos. Esta configuración da mayor seguridad en el caso que falle alguna de ellas. También se podrán conectar en paralelo actuando como purificadoras, con la mitad del caudal cada una.

Se dispondrá una unidad separadora de módulo triple, con tres separadoras centrífugas automáticas y autolimpiables, dos para tratamiento de fuel oil HFO, puesto que es el combustible principal a utilizar por el motor, y una para tratamiento de diesel MDO, siendo la temperatura de separación del diesel de 40 °C. La capacidad mínima de las separadoras de fuel es, según Wartsila:

$$Q\left(\frac{1}{h}\right) = 1.2 \cdot \frac{\text{Potencia máxima continua de los motores (kW)} \cdot \text{Consumo (gr/kWxh)}}{1000} = 1.2 \cdot \frac{10185 \cdot 173}{1000} = 2114 \frac{1}{h}$$

En el caso de la separadora de diesel MDO el fabricante indica que será de tamaño inferior a

las de fuel oil. Se podrá elegir un módulo de depuración de combustible de módulo triple, compuesto de dos depuradoras de fuel oil con capacidad de 2200 l/h cada una, total 4400 l/h, y una separadora más pequeña con capacidad de 1500 l/h para diesel MDO. Las 2 bombas de suministro de las separadoras de fuel oil serán de tornillo, accionadas por motor eléctrico, de caudal 2.5 m<sup>3</sup>/h y presión de descarga 5 bares, una será de respeto. La potencia absorbida es de 41 kW para las purificadoras de fuel y de 17.50 kw para la de diesel. El peso del módulo es de 3.8 t.

- **Bomba de trasiego de fuel oil:** se dispondrán 2 bombas de trasiego de combustible de tanque de almacén a tanque de sedimentación, una de ellas de reserva. Se calculará para que pueda llenar el tanque de sedimentación en unas dos horas, o el 15% de dicho tanque en 20 minutos. Estas bombas mantienen un nivel casi constante en el tanque de sedimentación, y por tanto aseguran la constancia de la temperatura a la entrada de las purificadoras, condición indispensable para el tratamiento del fuel pesado. Serán de tipo tornillo, accionadas por motor eléctrico, caudal 40 m<sup>3</sup>/h, y presión 5 bar. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.46} \cdot 5 \cdot 40 \cdot \frac{0.9443}{36} = 11.40 \text{ kW}$$

- **Bomba de trasiego de diesel:** bomba de trasiego de combustible de tanque de almacén a tanque de sedimentación. Se pondrá una idéntica a la trasiego de fuel oil. La bomba de reserva de fuel oil actuará también de reserva de la de diesel oil. La potencia en el eje es:

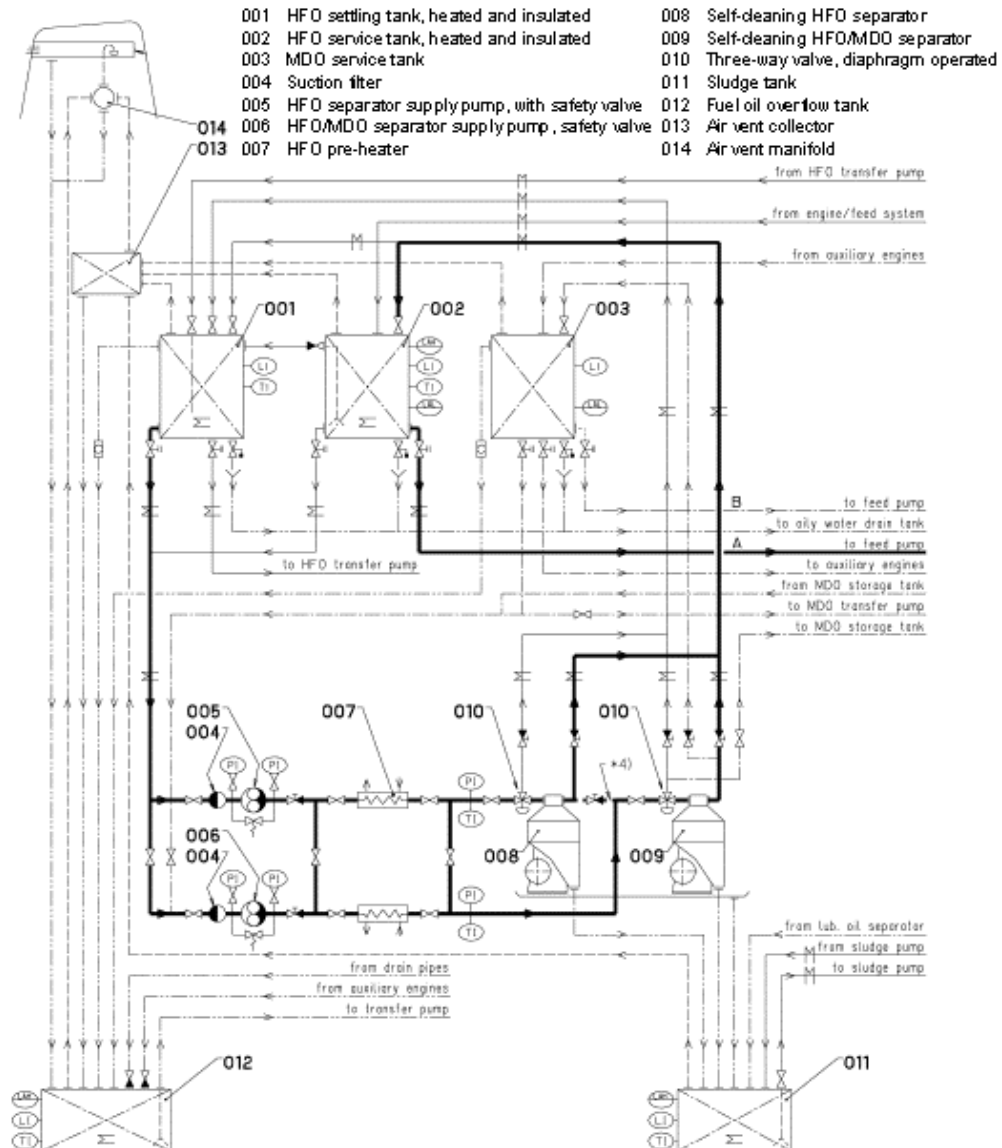
$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.46} \cdot 5 \cdot 40 \cdot \frac{0.85}{36} = 10.27 \text{ kW}$$

- **Bomba de lodos**

Para vaciar el tanque de lodos se instalará una bomba de tornillo accionada eléctricamente, que permita vaciarlo en 2 horas aproximadamente. Como el volumen del tanque de lodos es de 19 m<sup>3</sup>, se instalará una bomba de 10 m<sup>3</sup>/h, presión de descarga 4 bares, y una potencia en el eje de:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.42} \cdot 4 \cdot 10 \cdot \frac{0.9443}{36} = 2.5 \text{ kW}$$

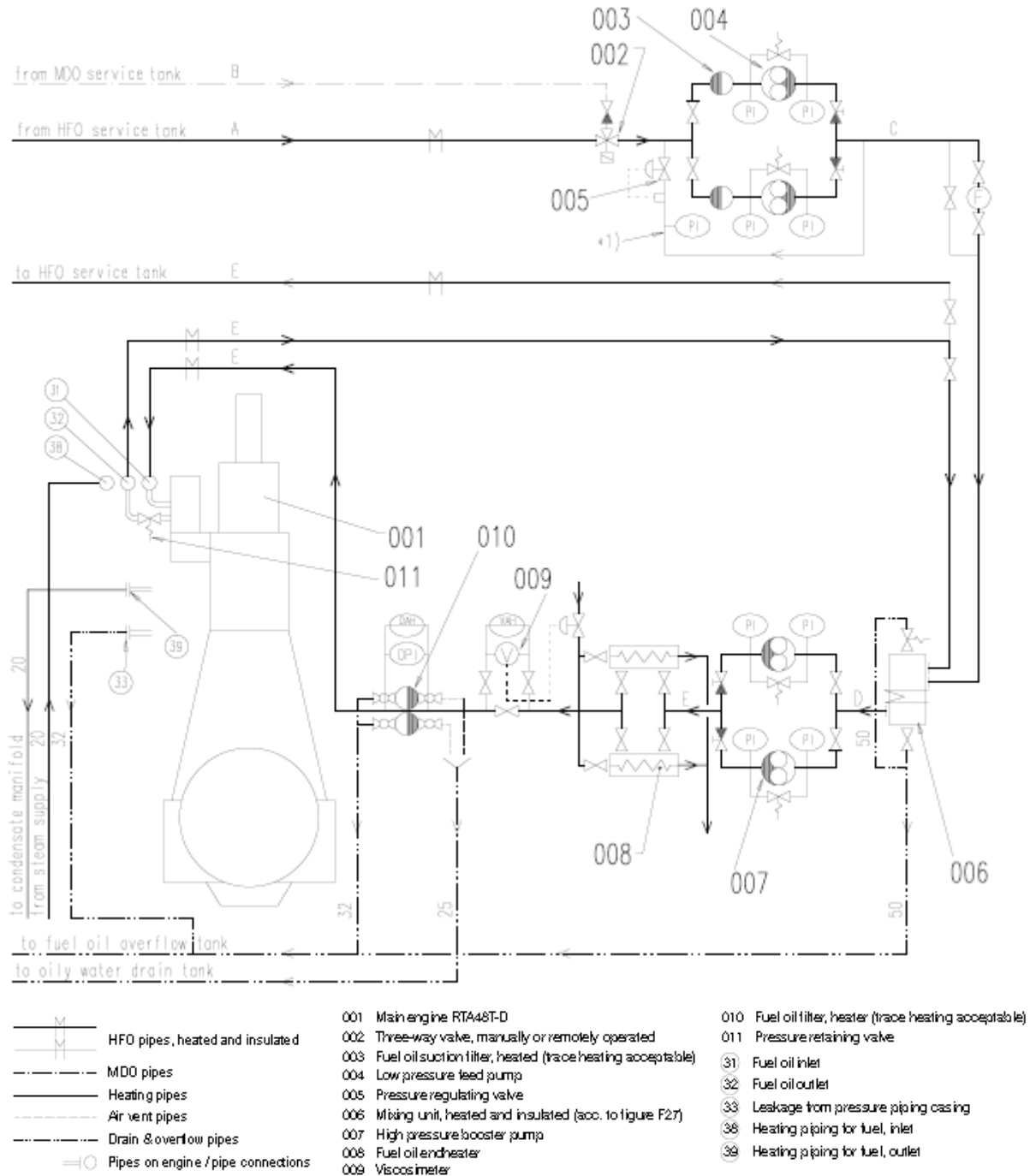
A continuación se muestra el esquema del sistema de trasiego y purificación del combustible extraído del catálogo del fabricante del motor.



### - Sistema presurizado de alimentación de fuel a motor principal

Los combustibles pesados actuales tiene una viscosidad entre 600 y 700 cSt a 50°C, lo que obliga a temperaturas de calentamiento de 150 °C mediante calentador de 87 kW (según fabricante), para obtener la viscosidad adecuada del combustible a la entrada del motor. Esto requiere presurizar el combustible para que no se produzca evaporación ni gasificación, presurización que tiene que mantenerse también en el circuito de recirculación o retorno. Para ello, el sistema de alimentación

de combustible se divide en dos partes, un circuito de baja presión a 4 bares, y otro de alta presión a 10 bares. El circuito se diseña para operar tanto con fuel como con diesel.



El fuel oil calentado (o diésel sin calentar) es impulsado, mediante las bombas de alimentación presión (2 bombas, una de respaldo), desde el tanque de servicio diario a un tanque buffer de 65 litros (según fabricante) en el circuito de baja presión a 4 bares. Las bombas booster de



alta presión (2 bombas, una de respeto) transfieren el combustible desde este tanque a través de un calentador, un viscosímetro y un filtro, hasta el colector de inyección de combustible del motor. La entrada de vapor al calentador se controla de manera que mantenga la viscosidad del combustible entre 10 y 15 cSt, y la temperatura de entrada al motor a unos 150°C. El caudal de las bombas será de 3 a 4 veces superior al consumo máximo, mínimo 4.6 m<sup>3</sup> al motor principal según fabricante, y el exceso de combustible irá al tanque de servicio diario o al tanque buffer del circuito de baja presión. Toda la tubería de combustible estará aislada y calentada por una línea de vapor.

Para el arranque en frío o para limpiar las tuberías antes de paradas prolongadas, se coloca entre el tanque de servicio diario y las bombas, una válvula de tres vías para cambiar el tipo de combustible. Cuando el motor está funcionando con diésel, los calentadores y el viscosímetro funcionan solo antes de cambiar a fuel oil, o inmediatamente después de cambiar de fuel a diésel cuando todavía hay fuel en el circuito. Si se calienta el diesel puede gasificar, lo que hay que evitar.

El sistema está diseñado de forma que los generadores pueden funcionar con diesel, para lo que se dispondrá de una bomba de alimentación conectada también al grupo de emergencia.

Los elementos que integran el sistema de presurización de combustible de fuel son:

**Bombas de alimentación:** 2 bombas de combustible desde el tanque de servicio diario, una de respeto. Según fabricante, estas bombas tienen como características, tipo tornillo, caudal 5 m<sup>3</sup>/h, y presión 5 bar. Potencia en el eje:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.44} \cdot 5 \cdot 5 \cdot \frac{0.9443}{36} = 1.49 \text{ kW}$$

**Bombas booster de circulación:** 2 bombas de circulación, una de respeto. Según fabricante, de características: tipo husillo, caudal 7 m<sup>3</sup>/h y presión 10.5 bares. Potencia en el eje:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.45} \cdot 7 \cdot 10.5 \cdot \frac{0.9443}{36} = 4.28 \text{ kW}$$

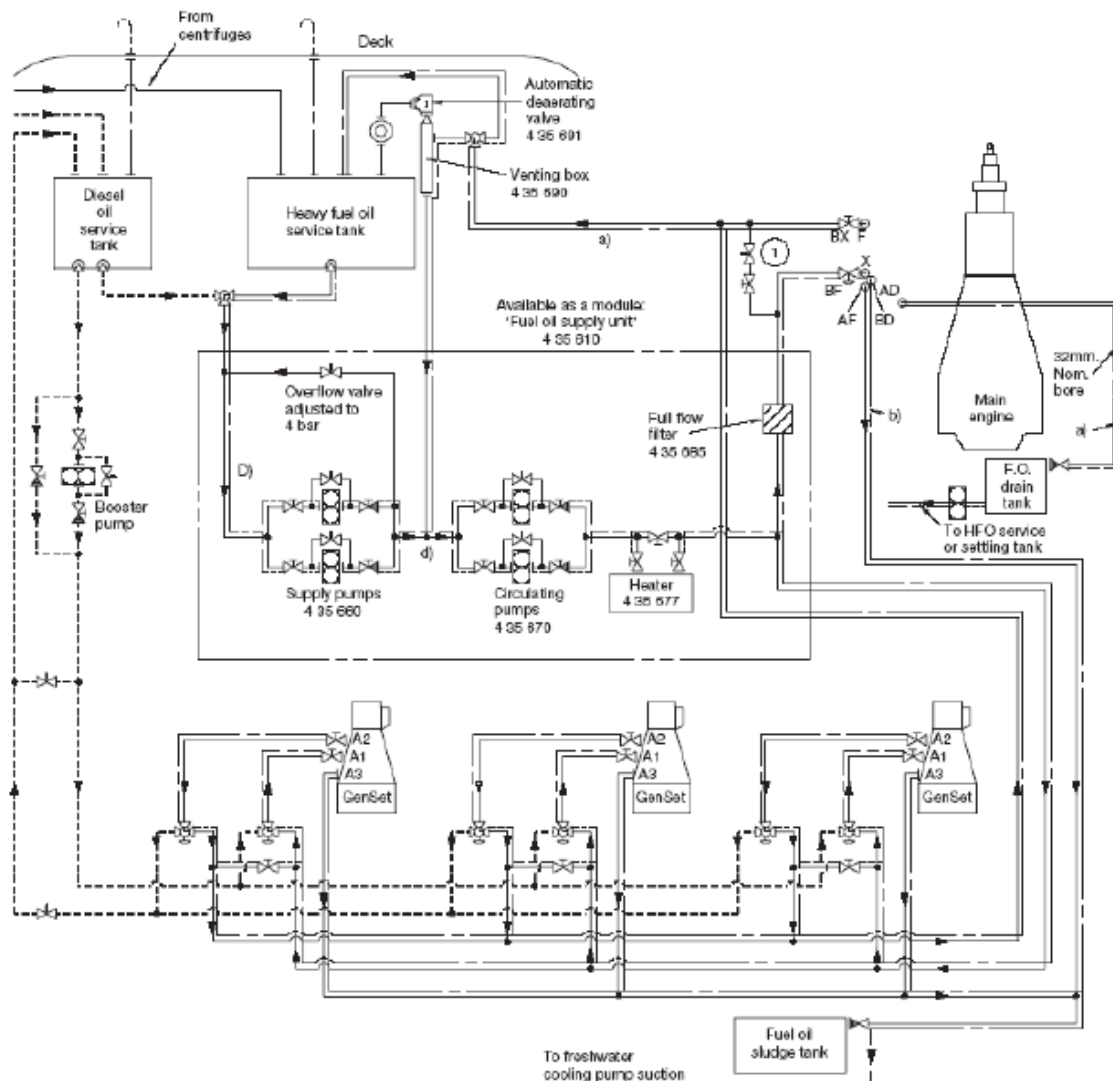
**Filtros de fuel:** 4 filtros de potencia nominal 0.44 kW y potencia absorbida 0.6 kW cada uno.

**- Sistema de alimentación de combustible a motores de los generadores**

Los motores de los generadores podrán funcionar de manera continua con fuel oil o diesel. En el caso de funcionar con diesel (no se necesita calentar), la bomba booster de circulación aspira el combustible del tanque de servicio diario a través de un filtro y alimenta el circuito de donde aspiran las bombas de inyección. La presión de diseño de esta bomba es de 16 bares y el caudal es 5 veces el consumo de los motores conectados, es decir, 1.5 m<sup>3</sup>/h. Es de tornillo, y la potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.40} \cdot 16 \cdot 1.5 \cdot \frac{0.85}{36} = 1.42 \text{ kW}$$

En el caso de utilizar fuel oil, el circuito es el mismo del motor principal, que suministrará el combustible a los motores. En el caudal de las bombas tiene en cuenta el consumo de estos motores.



SERVICIO DE COMBUSTIBLE						
Bomba/Equipo	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (bar)	$\eta_H$	$\eta_E$	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Purificadoras fuel oil	2					20.50
Purificadora diesel	1					17.50
Bomba trasiego fuel oil	2	40	5	0.46	0.85	13.41
Bomba trasiego diesel	1	40	5	0.46	0.85	11.08
Bombas aliment. HFO a M.Ppal.	2	5	5	0.44	0.76	1.96
Bombas circul. HFO a M.Ppal.	2	7	10.5	0.45	0.8	5.35
Bombas aliment. MDO a MMAA	1	1.5	16	0.4	0.76	1.87
Bomba de lodos	1	10	4	0.45	0.78	3.21

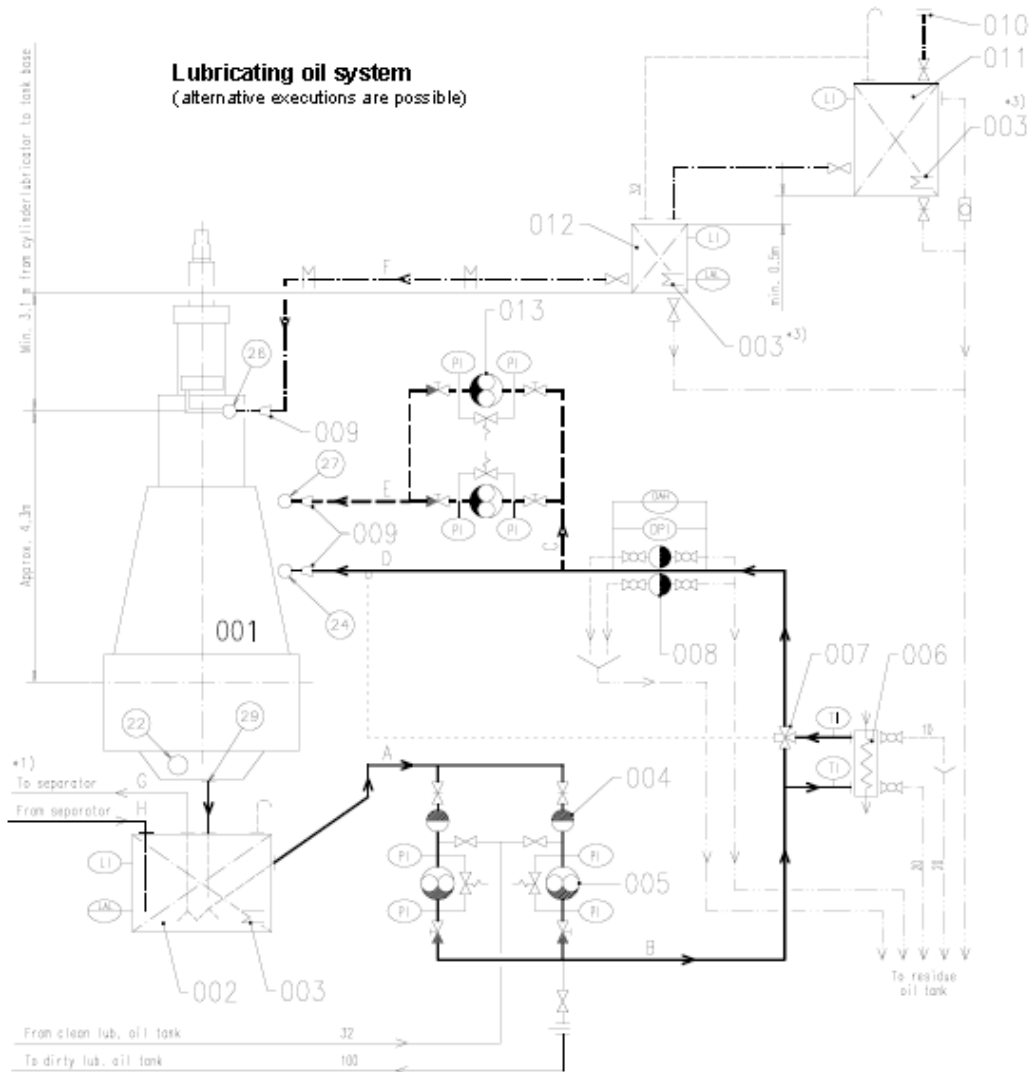
## 5.2.- SERVICIO DE ACEITE DE LUBRICACION

En los motores de dos tiempos con cruceta los cilindros están separados del cárter, por lo que la lubricación de ambos espacios es diferente, es decir, hay un sistema de lubricación de camisas y otro de cárter y cojinetes. Estos sistemas utilizan diferentes tipos de aceite por lo que se ha dispuesto de tanques de aceite para ambos.

En el sistema de lubricación de cárter, el aceite se almacena en un tanque de servicio en el doble fondo bajo el motor principal, a donde descarga el cárter por gravedad. De este tanque aspiran, a través de un filtro, las bombas de aceite, una de servicio y otra de respeto, enviando el aceite al enfriador para mantener la temperatura a la entrada del motor a 45°C. Conseguida la temperatura, se divide en dos ramales, uno que va a lubricar cojinetes, cigüeñal, bielas y turbosoplante, y otro ramal en el que se eleva la presión mediante otra bomba, para lubricar cojinetes de crucetas y levas. Después, el aceite vuelve al cárter. El sistema de lubricación de camisas va separado como se muestra en la parte superior del esquema del circuito.

El aceite se debe mantener en buenas condiciones de limpieza, por lo que se instalará una purificadora centrifugadora. El aceite se precalentará a una temperatura de 90°C y se enviará a la purificadora, siendo recomendable que todo el aceite pase por ésta de 2 a 2.5 veces cada día.

Además de los tanques almacén de los dos tipos de aceite y de sus tanques de servicio, hay un tanque para el aceite sucio, para almacenarlo en el caso de tener que renovar totalmente el aceite del circuito. El aceite de este tanque se puede tratar en la purificadora para poder recuperarlo.



248 234c

Fig. F12 Lubricating oil system

- 001 Main engine RTA48T-D
- 002 Lubricating oil drain tank
- 003 Heating coil
- 004 Suction filter
- 005 Lubricating oil pump \*4)
- 006 Lubricating oil cooler
- 007 Automatic temperature control valve; constant temp. at engine inlet: 46 °C
- 008 Lubricating oil filter
- 009 Reduction piece (only when required)
- 010 Deck connection
- 011 Cylinder lubricating oil storage tank \*2)
- 012 Cylinder lubricating oil service tank
- 013 Crosshead lubricating oil pump
  
- 24 Lubricating oil inlet
- 26 Cylinder lubricating oil inlet
- 27 Crosshead lubricating oil inlet
- 29 Lubricating oil drain from bedplate, vertical \*3)

Remarks:

- \*1) The pipe diameters for the lub. oil separator are sized according to the effective throughput capacity of the separator and according to the separator's manufacturer recommendations.
- \*3) Optional heating coil.
- Air vent pipes and drain valves where necessary.
- Air vent and drain pipes must be fully functional at all inclination angles of the ship at which the engine must be operational.

Remarks:

- \*2) Alternatively, the cylinder oil can be fed directly from the storage tank by gravity to the lubricators. If this arrangement is preferred, the storage tank is to be located at the same height as requested for the service tank and the feed pipe to the lubricators is provided with a flow meter. This pressure loss resulting from the flow meter has to be compensated by increasing the min. height from cylinder lubricator to the tank base and/or the pipe diameter, accordingly.
- \*4) The lub. oil pumps (item 005) and the crosshead lub. oil pumps (item 013) are to be interlocked so that the crosshead lub. oil pumps never can run alone.

- **Módulo de purificadoras de aceite:** se dispondrá tres separadoras centrífugas automáticas y autolimpiables, dos para el aceite del motor principal, una de respeto, y otra separadora para el aceite de los auxiliares. La capacidad de las separadoras de aceite del motor principal es:

$$Q\left(\frac{1}{h}\right) = 1.35 \cdot \frac{\text{Potencia máxima continua de los motores(kW)} \cdot n}{t}$$

donde n es el número de veces que se limpia el volumen del tanque por día, 2.5 para el motor principal; t es el tiempo h/día, 24 para funcionamiento continuo y 23 para diseño normal. Para cada purificadora de aceite de motor principal:

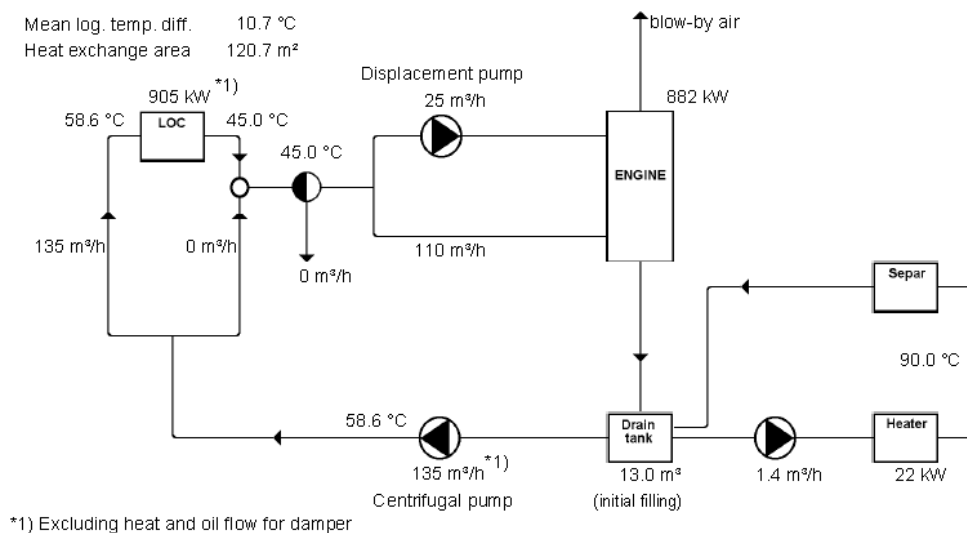
$$Q\left(\frac{1}{h}\right) = 1.35 \cdot \frac{10185 \cdot 2.5}{24} = 1432 \frac{1}{h}$$

En el caso de la purificadora de aceite de los tres auxiliares, suponiendo una potencia de 350 kW cada uno, y n = 5 será:

$$Q\left(\frac{1}{h}\right) = 1.35 \cdot \frac{3 \cdot 350 \cdot 5}{23} = 308 \frac{1}{h}$$

Se elegirán dos separadoras de capacidad de 1500 l/h, y otra más pequeña con capacidad de 310 l/h para el aceite de los auxiliares. La potencia absorbida es de 2.7 kW para la purificadora de fuel y de 0.75 kw para la de auxiliares. El aceite se calentará previamente a 90°C.

- **Bomba de aceite de lubricación:** se instalará, según fabricante, dos electrobombas centrífugas o de desplazamiento positivo), una de respeto, con capacidad según fabricante, de 135 m<sup>3</sup>/h a 6.1 bar.



La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.68} \cdot 6.1 \cdot 135 \cdot \frac{0.92}{36} = 30.95 \text{ kW}$$

- **Bomba de aceite de lubricación de cojinetes de crucetas y levas:** se instalará, según fabricante, dos electrobombas (una de respeto) de desplazamiento positivo tipo tornillo (o engranajes) con una capacidad de 25 m<sup>3</sup>/h, a 7.5 bar. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.45} \cdot 7.5 \cdot 25 \cdot \frac{0.92}{36} = 10.65 \text{ kW}$$

- **Bomba de alimentación de la separadora de aceite:** se instalará, según fabricante, una electrobomba de desplazamiento positivo tipo tornillo (o engranajes) con una capacidad de 1.4 m<sup>3</sup>/h, a 6.1 bar. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.40} \cdot 6.1 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.92}{36} = 0.55 \text{ kW}$$

- **Bomba de trasiego de aceite:** se instalará una bomba de trasiego de aceite tipo tornillo (o engranajes) con capacidad para llenar los tanques de servicio en dos horas, de 9 m<sup>3</sup>/h a 3 bar. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.44} \cdot 3 \cdot 9 \cdot \frac{0.92}{36} = 1.57 \text{ kW}$$

Hay que señalar que el sistema de lubricación de camisas requiere un aceite distinto si el motor quema fuel o diesel. En el caso de que queme fuel pesado con contenidos de azufre entre el 1% y el 5%, el aceite debe tener un grado de viscosidad SAE 50 y un nivel de alcalinidad de 70 TBN. Algunos aceites de elevada alcalinidad son incompatibles con combustibles de bajo contenido de azufre, o con algunos diesel. Cuando funcionen durante periodos largos con diesel, es recomendable usar un aceite de inferior alcalinidad, entre 10 y 20 TBN. El tanque de servicio de aceite de camisas se coloca en la parte alta de la cámara de máquinas para que caiga por gravedad hasta el motor. Según se ha calculado en el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval, se ha dispuesto un tanque de aceite de cilindros de 7.55 m<sup>3</sup> y un tanque de servicio de aceite de cilindros de 0.55 m<sup>3</sup>, en cubierta principal, a proa de cámara de máquinas, para al menos 48 horas de consumo. Su valor mínimo es:

$$V = \frac{0.001 \text{ kg}/(\text{kW} * \text{h}) * 10185 \text{ kW} * 48 \text{ horas}}{0.98 * 920 \text{ kg/m}^3} = 0.542 \text{ m}^3$$

SERVICIO DE ACEITE DE LUBRICACION						
Bomba/Equipo	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (bar)	η <sub>H</sub>	η <sub>E</sub>	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Purificadoras aceite MMPP	2					2.7
Purificadora aceite MMAA	1					0.75
Bombas de aceite de lubricación	2	135	6.1	0.68	0.9	34.39
Bomba lubricación de aceite crucetas	2	25	7.5	0.45	0.85	12.53
Bomba alimentación separadora	1	1.4	6.1	0.40	0.75	0.73
Bomba de trasiego de aceite	1	9	3	0.44	0.76	2.07

En cuanto a la lubricación de los motores auxiliares, será independiente, en el que las bombas irán accionadas por el propio motor. Son de cárter húmedo, es decir carecen de tanque de retorno, y utilizan un único aceite en el sistema.

### 5.3.- SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO:

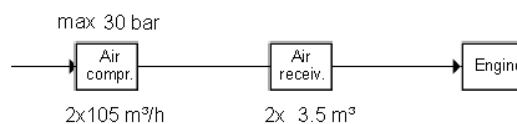
El aire comprimido se necesita para arrancar los motores, para cierre neumático de la válvula de escape, el sistema de control, mecanismos de parada de emergencia y otros elementos no relacionados con los motores, como máquinas herramientas, control, accionamiento de válvulas, etc.

#### Motor principal

Según la sociedad de clasificación y la recomendación del fabricante, el número de compresores de aire de arranque del motor principal es de dos, al igual que el número de botellas de almacenamiento del mismo.

Air temperature before blower	45.0 °C	Turbocharger (ABB type) :	1 x TPL77B11
Engine room ambient air temp.	45.0 °C	Scavenge air cooler :	1 x SAC243F
Coolant temperature before SAC	36.0 °C		
Barometric pressure	1000.0 mbar	Fresh water cooled / single-stage SAC / separate HT	
Relative humidity	60.0 %		

Number of starts :	12 <sup>*2)</sup>	Relative shaft inertia J <sub>Tot</sub> / J <sub>Eng</sub> :	2.00000
Propeller pitch control :	FPP	Engine inertia J <sub>Eng</sub> :	28100 kgm <sup>2</sup> <sup>*3)</sup>

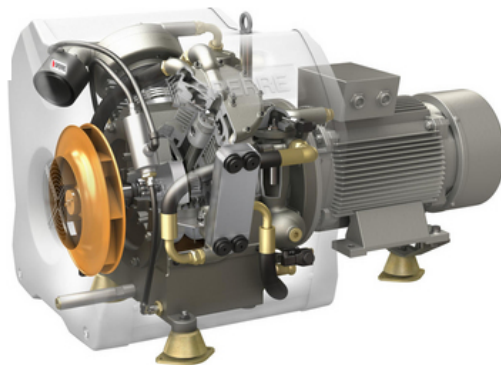


La capacidad total de las botellas será tal que como mínimo pueda arrancarse 12 veces consecutivas. La presión del aire en las botellas será de 30 bar. Para el motor principal de 7 cilindros, el fabricante recomienda 2 botellas de 3.5 m<sup>3</sup> y 2 compresores de 105 m<sup>3</sup>/h, cumpliendo el reglamento DNV.

Los compresores son de dos etapas, en la primera se comprime a 6 bares y en la segunda a 30 bares, y descargan aire a 30 bares a cualquiera de las dos botellas. Llevan refrigeración intermedia y en la descarga disponen de válvula de purga para evacuar las condensaciones y restos de aceite. Cada compresor es capaz de llenar una botella a 30 bares en un tiempo de 1 hora, por lo que la capacidad mínima del compresor será de  $30 * 3.5 = 105 \text{ m}^3/\text{h}$ . El aire de descarga no excederá de 90°C y estará limpio y libre de vapores de aceite. Las botellas disponen de válvulas para cada servicio, una válvula de seguridad, y purgadores automáticos para eliminar el agua de condensación. El aire de control es a 8 bares y se obtiene a través de una válvula reductora. A través de otra válvula reductora se obtiene aire a 10 bares para limpieza de las soplantes y para la válvula calibra que controla la presión de entrada del combustible al motor.

Se elegirán 2 compresores Sperre XA120 – 30 bar de 23 kW.

**Compressor Watercooled XW120 - 30 Bar**



**DESIGN**

No. of cylinders	2
Cylinder arrangement	90° V
No. of compression stages	2
Cooling	Fresh water
Valves LP	1 Plate valve
Valves HP	1 Reed valve

Charging capacity at 1775 / 1475 RPM	135 / 110 m <sup>3</sup> /h
Power requirements 1775 / 1475 RPM	27 / 23 kW
Heat dissipation to ambient 1775 / 1475 RPM	4.1 / 3.5 kW
Cooling water req. 1775 / 1475 RPM	50 / 40 l/min
Weight complete (standard motor)	580 kg
Dimensions	1450 * 950 * 850 mm (L * W * H)

El siguiente esquema muestra el servicio de aire de arranque del motor principal:



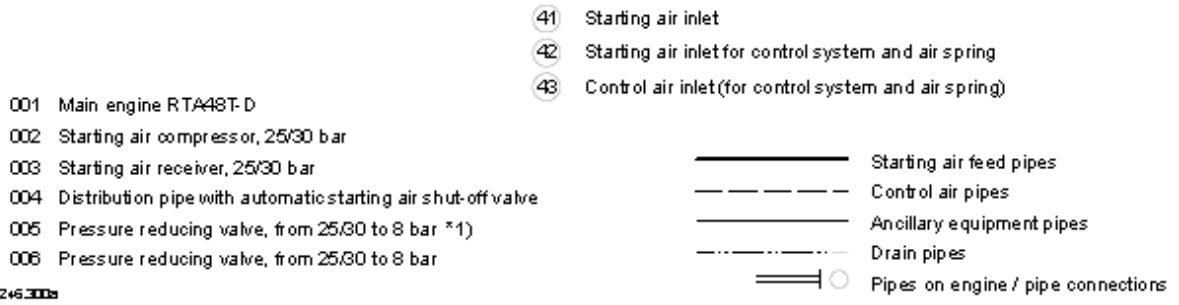
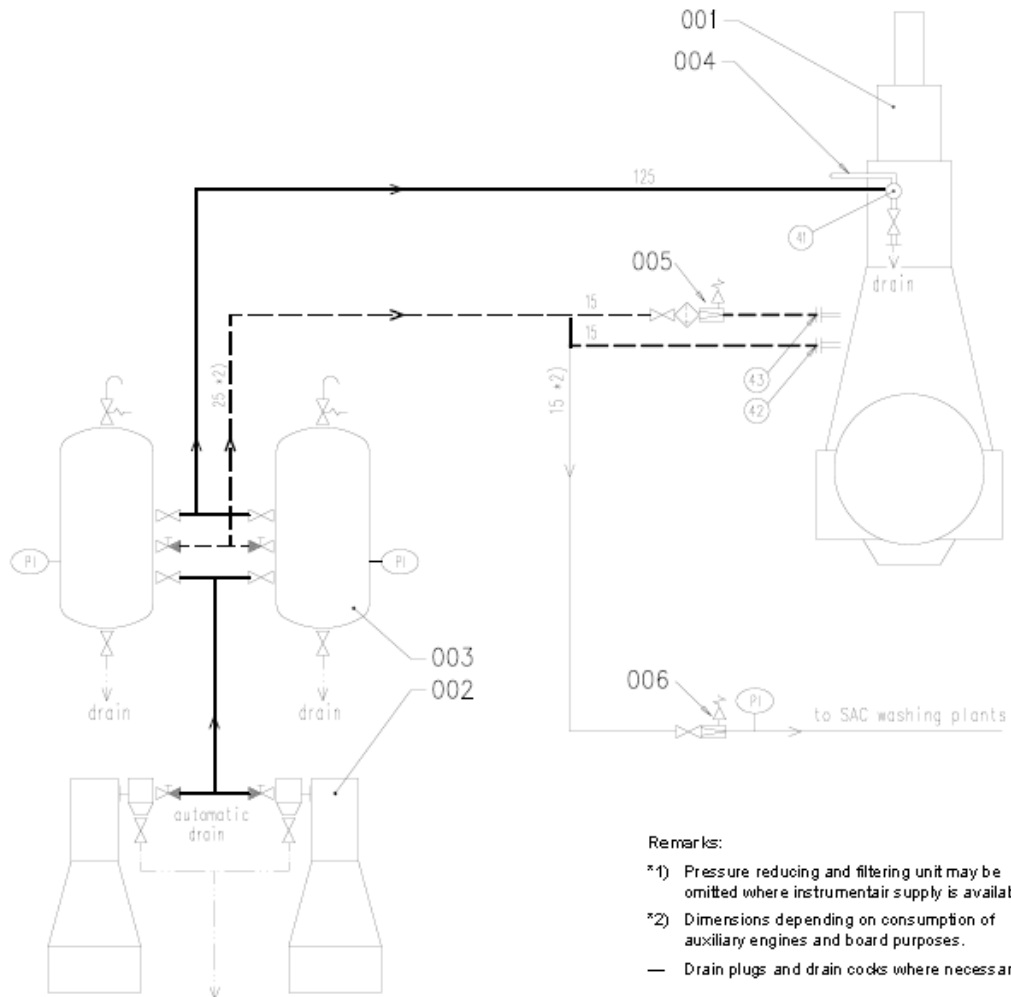


Fig. F30 Starting and control air system



### Motores auxiliares

Para los motores auxiliares, el volumen de aire de arranque se calcula mediante la expresión:

$$V_R = \frac{P_E \cdot V_E \cdot n}{P_{Rmax} - P_{Rmin}}$$

donde  $P_E$  es la presión barométrica normal, 0.1 MPa;  $V_E$  = consumo de aire por arrancada, según fabricante 0.4 m<sup>3</sup>;  $n$  = número de arrancadas requerido para ambos motores, 12;  $P_{Rmax}$  = máxima

presión de aire de arranque, 3 MPa;  $P_{Rmin}$  = mínima presión de aire de arranque, 1.8 MPa.

$$V_R = \frac{P_E \cdot V_E \cdot n}{P_{Rmas} - P_{Rmin}} = \frac{0.1 \cdot 0.4 \cdot 12}{3 - 1.8} = 0.4 \text{ m}^3$$

Se dispondrá de una botella de 500 litros de aire comprimido a 30 bares para el arranque de emergencia de los motores auxiliares, alimentada por el compresor de emergencia, y alternativamente desde las botellas principales.

#### **Motocompresor de emergencia de aire de arranque**

Accionado por motor diesel y arranque manual, con presión de salida de 30 bares y capacidad de descarga 30 m<sup>3</sup>/h, que permitirá llenar la botella en 30 minutos.

#### **5.4.- SERVICIO DE REFRIGERACIÓN**

Se utilizará un sistema de refrigeración centralizado compuesto que consta de dos circuitos cerrados de agua dulce tratada, uno de alta temperatura para refrigeración de camisas del motor principal, y otro de baja temperatura que constituye el circuito de enfriamiento centralizado. El agua dulce se refrigerará mediante un tercer circuito abierto de agua salada.

El sistema consta de un intercambiador de calor central refrigerado por agua de mar, que refrigera el agua dulce de enfriamiento que pasa a través del resto de intercambiadores de calor del circuito de agua dulce.

El sistema funciona de la siguiente manera: mediante las bombas de aspiración de agua salada se aspira agua de mar de las tomas de mar, y se envía al enfriador central, donde refrigera el agua dulce de refrigeración del circuito de agua dulce de baja temperatura, y descarga el agua de mar por el costado. El agua dulce refrigerada, circula por los intercambiadores de calor, impulsada por las bombas de agua dulce del circuito centralizado, refrigerando el aceite lubricante, el agua de las camisas del motor principal (circuito de agua dulce de alta temperatura), el aire de barrido de motor principal, los compresores de aire, el condensador de vapor de la caldereta de gases de escape, el refrigerador de la gambusa, el condensador del aire acondicionado y las chumaceras. La

temperatura del agua dulce se controlará con una válvula de 3 vías, que regulará el paso del flujo que se enfría en cada momento.

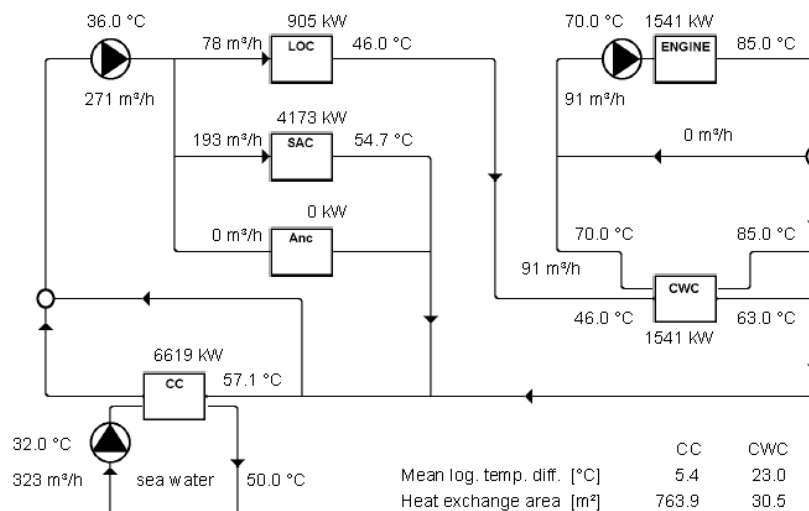
El agua del circuito independiente de **agua dulce de alta temperatura** para la refrigeración de las camisas de los motores principales sale a 85°C, pasa a través del generador de agua dulce, va al enfriador de agua de camisas y entra de nuevo al motor a unos 70°C. Una válvula de tres vías controla la temperatura de entrada regulando el flujo que pasa por el enfriador. A la entrada del motor se dispone en by-pass, una pequeña bomba centrífuga y un precalentador de agua para que el agua de refrigeración tenga una temperatura mínima de 50°C en el momento del arranque. Dispondrá, según fabricante, de 2 electrobombas centrífugas de 91 m<sup>3</sup>/h a 3 bares, accionadas por motor eléctrico, de un tanque de expansión situado a más de 3.5 m por encima del punto más alto del motor y de un tanque de desaireación para evitar acumulación de gases en el agua. La potencia en el eje de las bombas es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.67} \cdot 3 \cdot 91 \cdot \frac{1}{36} = 11.32 \text{ kW}$$

La pequeña bomba para calentar el agua para el arranque tendrá un caudal de 10 m<sup>3</sup>/h (aprox. 10% de la principal), con presión de descarga 1 bar. La potencia en el eje de las bombas son:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.50} \cdot 1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{36} = 0.56 \text{ kW}$$

Según fabricante, la potencia disipada y las temperaturas en el circuito del motor son:

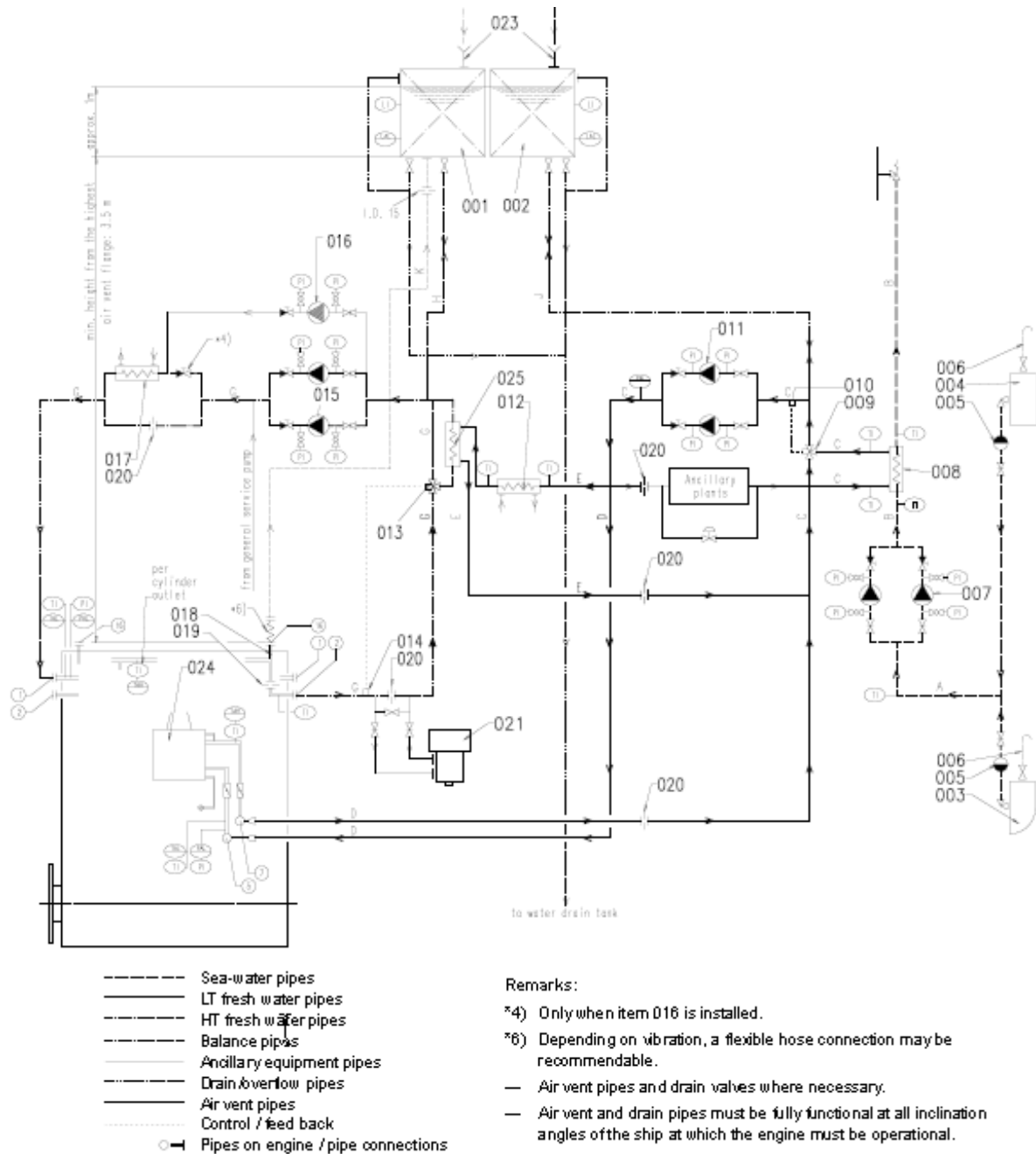


El sistema de **agua dulce de baja temperatura** refrigera el resto de elementos mencionados, incluidos los de los motores principales. Este circuito utiliza también el tanque de expansión del de alta temperatura para reponer pérdidas de agua. Dispondrá, según fabricante, de 2 electrobombas centrífugas de 271 m<sup>3</sup>/h a 2.7 bar, con temperatura de entrada 36°C que se controlará mediante válvula de 3 vías que regulará el flujo que pasa por el enfriador centralizado. En los auxiliares se refrigera el aceite y las camisas de los motores, y por otro lado el aire de aspiración. La temperatura del agua que hay que mantener a la salida de los auxiliares es de 80°C y se regula mediante una válvula de 3 vías. Para tener en cuenta el caudal de agua dulce para los motores auxiliares, la potencia de la bomba requerida es la suma de los caudales necesarios para refrigerar el motor principal y los 3 auxiliares, es decir 271 + 3 \* 33 = 370 m<sup>3</sup>/h. Para adaptar el circuito a todas las circunstancias que hay, como en navegación y en puerto, se instalarán 3 bombas de agua dulce, cada una con una potencia del 60% del total, es decir, 222 m<sup>3</sup>/h. En navegación habrá siempre 2 en funcionamiento y una de reserva. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.7} \cdot 2.7 \cdot 222 \cdot \frac{1}{36} = 23.79 \text{ kW}$$

El esquema del circuito de refrigeración del motor diseñado por el fabricante es el siguiente:

001 Cooling water expansion tank for HT circuit, see figure F6	013 Automatic temperature control valve for HT circuit
002 Cooling water expansion tank for LT circuit, see figure F7	014 Temperature sensor of regulating system, constant temp. at engine outlet
003 Low sea chest *1)	015 Cylinder cooling water pump for HT circuit
004 High sea chest	016 Pre-heating circulating pump (optional), capacity 10% from pump 014 *7)
005 Sea-water strainer	017 Heater for main engine (HT circuit)
006 Air vent (air vent pipe or equal venting system acc. to shipyard's design)	018 Air vent pipe (piping on engine)
007 Sea-water circulating pump	019 Throttling disc (adjustable, on engine, at free end or at driving end)
008 Central sea-water cooler	020 Throttling disc *2)
009 Automatic temperature control valve for LT circuit	021 Fresh water generator
010 Temperature sensor of regulating system, min. temp. of SAC inlet: 25 °C	023 Filling pipe/ inlet chemical treatment *3)
011 Fresh water pump for LT circuit	024 Scavenge air cooler
012 Lubricating oil cooler	025 Cylinder cooling water cooler
	Remarks:
① Cylinder cooling water inlet (at free end or at driving end)	*1) If requested, two low sea chests are applicable.
② Cylinder cooling water outlet (at free end or at driving end)	*2) When using a valve, lock in proper position to avoid mis-handling.
⑤ Scavenge air cooler, cooling water inlet *5)	*3) Other designs like hinged covers, etc. are also possible.
⑦ Scavenge air cooler, cooling water outlet and air vent *5)	*5) The inlet and outlet pipes to SAC have to be designed to allow for engine thermal expansion, or expansion parts have to be fitted.
⑬ Cylinder cooling water air vent (at free end or at driving end)	*7) For guidance only, final layout according to actual engine pre-heating requirements.



Se instalará una bomba de agua dulce de baja temperatura para la situación en puerto, centrífuga, accionada por motor eléctrico de 66 m<sup>3</sup>/h de caudal (para funcionamiento de 2 auxiliares en puerto), 2.7 bares. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.65} \cdot 2.7 \cdot 66 \cdot \frac{1}{36} = 7.62 \text{ kW}$$

El circuito abierto de agua salada del motor principal dispone de dos bombas centrífugas

(una de respeto) de 323 m<sup>3</sup>/h a 2.2 bares, para el motor principal. Como en el circuito de agua salada se introduce la refrigeración del agua dulce de los motores auxiliares, la potencia de la bomba requerida es la suma de los caudales necesarios para refrigerar el motor principal y los 3 auxiliares, es decir 323 + 3 \* 40 = 443 m<sup>3</sup>/h. Para adaptarse el circuito a todas las circunstancias que puede haber en una navegación, al variar la temperatura del agua de mar, y por tanto variar el salto térmico, se instalarán 3 bombas de agua salada, cada una con una potencia del 60% del total, es decir, 266 m<sup>3</sup>/h. En navegación habrá siempre 2 en funcionamiento y una de reserva. La potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.72} \cdot 2.2 \cdot 266 \cdot \frac{1.026}{36} = 23.16 \text{ kW}$$

SERVICIO DE REFRIGERACION						
Bomba/Equipo	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (bar)	$\eta_H$	$\eta_E$	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Bomba agua refrig. alta Tª M.P.	2	91	3	0.67	0.86	13.16
Bomba agua arranque alta Tª M.P.	1	10	1	0.50	0.74	0.76
Bomba agua refrig. baja Tª M.P.	3	222	2.7	0.70	0.86	27.66
Bomb. ag. refri. baja Tª aux. puerto	1	66	2.7	0.62	0.83	9.18
Agua salada refrigeración ppal.	3	266	2.2	0.72	0.86	26.93

#### Enfriador de aceite lubricante del motor principal

Según datos del fabricante, las características para el cálculo del enfriador son:

- Calor a disipar: 905 kW
- Caudal de aceite: 13 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura de salida del aceite: 46°C
- Caudal de agua dulce de enfriamiento: 81 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura de entrada del agua dulce: 36°C

#### Enfriador de aire de barrido del motor principal

- Calor a disipar: 4173 kW
- Flujo de aire: 76265 kg/h
- Caudal de agua dulce de enfriamiento: 193 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura de entrada del agua dulce: 36°C

#### Enfriador de agua de camisas del motor principal

- Calor a disipar: 1541 kW
- Caudal de agua de camisas: 91 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura de salida del agua: 70°C
- Caudal de agua dulce de enfriamiento: 78 m<sup>3</sup>/h
- Temperatura de entrada del agua dulce: 46°C

#### **Enfriador de agua de camisas de los motores auxiliares**

- Calor a disipar: 180 kW

#### **Enfriador de aceite lubricante de los motores auxiliares**

- Calor a disipar: 130 kW

#### **Enfriador de aire de barrido de los motores auxiliares**

- Calor a disipar: 270 kW

#### **Enfriador central**

El calor a disipar en el enfriador central se estima sumando los correspondientes a los enfriadores anteriores, teniendo en cuenta que los 3 generadores están funcionando, es decir, 905 + 4173 + 1541 + 3 \* (180 + 130 + 270) = 8359 kW. Esta cifra se aumentará un 15% para tener en cuenta que este enfriador tiene que refrigerar otros elementos como el condensador de vapor, del equipo frigorífico de la gambuza, condensador aire acondicionado y enfriadores de los compresores. Por tanto, las características en el enfriador central son:

- Calor a disipar: 8359 \* 1.15 = 9612.85 kW = 8271088 Kcal/h
- Se instalarán 2 unidades en paralelo de 5000 kW, de placas.
- Caudal de agua salada (2 bombas a la vez) = 2 \* 266 = 532 m<sup>3</sup>/h (gasto = 532 \* 1026 Kg/h)
- Temperatura de agua dulce a la salida: 36°C
- Temperatura del agua salada a la entrada: 32°C
- Calor específico del agua salada: 0.94 Kcal/(kg\*°C)

$$T_{\text{salida agua salada}} = 32 + \frac{8271088}{532 * 1026 * 0.94} = 48.12^{\circ}\text{C}$$

## **5. 5.- SERVICIO DE VAPOR INSTALADO**

Las necesidades de calefacción en el buque tanto para el combustible pesado como para los espacios de a bordo requieren la instalación de un sistema de vapor. El vapor se necesita tanto en navegación como en puerto. En este último caso hay que calentar el fuel para los periodos previos al arranque del motor. Se instará una caldera mixta de gases de escape del motor principal, para aprovechar el calor residual de los mismos, y que pueda satisfacer la demanda de vapor en puerto (motor parado) y complementar las necesidades de vapor en navegación.

La presión de servicio será de  $6.5 \text{ kg/cm}^2$ , ya que presiones mayores encarecen la instalación, y presiones menores podrían provocar una contaminación del circuito con fuel, en el caso de una picadura en un tubo de los serpentines de calefacción.

La lista de consumidores de vapor a bordo es:

- Calefacción de tanques de fuel
- Calefacción tuberías de alimentación de fuel al motor principal
- Calentadores de combustible del circuito de fuel
- Calentador de purificadoras de aceite
- Calentador de purificadoras de diesel
- Calentador de aceite del servicio de lubricación
- Calefacción de tanques de lodos, y reboses
- Unidades de aire acondicionado
- Calentador de agua dulce sanitaria

### **5.5.1.- CALEFACCIÓN DE TANQUES**

Las necesidades de calor que hay que aportar a un tanque tiene que calcularse teniendo en cuenta el calor necesario para elevar la temperatura del fluido desde su valor inicial hasta el valor requerido, y también el calor de mantenimiento de esa temperatura en el tanque, que hay que aportar continuamente para compensar las pérdidas de calor.



El calor necesario para elevar la temperatura del combustible es:

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal}$$

donde V es el volumen el tanque en m<sup>3</sup>,  $\rho$  es el peso específico del combustible en kg/m<sup>3</sup>, c es el calor específico del combustible en Kcal/(kg \* °C), T<sub>f</sub> y T<sub>i</sub> son las temperaturas final e inicial del combustible.

Como el calor hay que aportarlo en un tiempo t determinado, y suponiendo que solo se aprovecha el calor de condensación del vapor de agua, la cantidad de vapor a aportar es:

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h}$$

donde Q<sub>v</sub> es la cantidad de kg de vapor por hora, r es el calor latente de vaporización del vapor de agua saturado seco a 6.5 kg/cm<sup>2</sup>, que vale 492,4 Kcal/kg. La fórmula de calentamiento de tanques sirve para calcular el vapor necesario en los calentadores, sustituyendo el volumen por el caudal en m<sup>3</sup>/h, por lo que Q vendrá directamente en Kcal/h.

Las pérdidas de calor en tanques se producen a través de los límites que los delimitan. Por tanto, hay que tener en cuenta los espacios exteriores al tanque y los límites del mismo que darán a espacios diferentes. La fórmula a emplear es:

$$Q = \sum K_i * S_i * (T_m - T_{e_i})$$

donde K<sub>i</sub> es el coeficiente de transmisión de calor de cada cerramiento en Kcal/(m<sup>2</sup> \* °C \* h), S<sub>i</sub> es la superficie en m<sup>2</sup> de cada uno de los límites del tanque, T<sub>e<sub>i</sub></sub> es la temperatura en el exterior de cada límite, y T<sub>m</sub> es (temperatura final tanque + temperatura inicial tanque)/2 cuando se calculan las pérdidas durante el calentamiento y la temperatura del fluido en el tanque cuando se calculan pérdidas durante el mantenimiento.

Los valores de K<sub>i</sub> y T<sub>e<sub>i</sub></sub> a utilizar son:

Espacio de contacto	K (Kcal/kg * °C)	T °C
Habilitación	5	15
Carga	5	10
Cámara máquinas	4	20
Cofferdam	5	10
Exterior	5	0
Tanque lastre	5	5
Mar	8	5

Los calores específicos en Kcal / (kg \* °C) son:

Fuel oil	0.45
Diesel oil	0.45
Aceite	0.45
Lodos	0.6
Aguas aceit.	0.5
Agua mar	0.96
Agua dulce	1.0
Aire	0.24
Gases escape	0.25

### 5.5.2.- CONSUMO DE VAPOR DE CALEFACCIÓN DE TANQUES

Todos los tanques almacén de fuel oil llevarán serpentines de calefacción para elevar la temperatura hasta los 38°C, que es la temperatura mínima para poder bombearlo al tanque de sedimentación. Supondremos una temperatura inicial del fuel de 5°C. El calor transmitido se calcula en un tiempo de calentamiento de 24 horas, y para los de sedimentación y servicio diario en 12 horas. Las superficies de calentamiento de los serpentines en cada tanque, se basa en los siguientes coeficientes:

- Tanques almacén: 0.04 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de volumen de tanque
- Tanque de sedimentación: 0.08 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de volumen de tanque
- Tanques de servicio diario: 0.08 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de volumen de tanque

**Tanques almacén de fuel oil TF1 – B5Br y TF1 – B5Er**

Volumen: 117.3 m<sup>3</sup>

Densidad: 944.3 kg/m<sup>3</sup>

Calor específico: 0.45 Kcal/(kg \* °C)

Temperatura inicial: 5°C

Temperatura final: 38 °C

El calor necesario para elevar la temperatura de 5 °C a 38 °C es:

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 117.3 * 944.3 * 0.45 * (38 - 5) = 1644880.89 \text{ Kcal}$$

Para un tiempo de calentamiento de 24 horas, el consumo de vapor es:

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{1644880.89}{494.2 * 24} = 132.68 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Cofferdam	10	42.02	11.5	5	2416.15
Popa	Tanque fuel	5	37.68	16.5	5	3108.60
Babor	Cofferdam	10	28.55	11.5	5	1641.63
Estribor	Tanque fuel	5	24.60	16.5	5	2029.50
Cubierta	Carga	10	19.18	11.5	5	1102.85
Fondo	Cofferdam	10	4.92	11.5	5	282.90
TOTAL						10581.63

El consumo de vapor para compensar las pérdidas es:

$$Q_p = \frac{10581.63}{494.2} = 21.41 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para cada uno de estos tanques es 132.68 + 21.41 = 154.09 kg/h.

Análogamente se calcula para los demás tanques:

**Tanque almacén de fuel oil TF1 – B5C**

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 195.275 * 944.3 * 0.45 * (38 - 5) = 2738313.01 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{2738313.01}{494.2 * 24} = 230.87 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Cofferdam	10	66.42	11.5	5	3819.15
Popa	Cám. Máq.	20	66.42	1.5	4	398.52
Babor	Tanque fuel	5	24.60	16.5	5	2029.50
Estribor	Tanque fuel	5	24.60	16.5	5	2029.50
Cubierta	Carga	10	24.30	11.5	5	1397.25
Fondo	Cofferdam	10	24.30	11.5	5	1397.25
TOTAL						11071.17

$$Q_p = \frac{11071.17}{494.2} = 22.40 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para este tanque es 230.87 + 22.40 = 253.27 kg/h.

**Tanques almacén de fuel oil TF2 – CMBR y TF2 – CMEr**

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 102.933 * 944.3 * 0.45 * (38 - 5) = 1443414.53 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{1443414.53}{494.2 * 24} = 121.70 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Tanque fuel	5	30.94	16.5	5	2552.55
Popa	Cám. Máq.	20	24.93	1.5	4	149.58
Babor	Cofferdam	5	35.79	11.5	5	2057.93
Estribor	Cám. Máq.	20	30	1.5	4	180
Cubierta	Cám. Máq.	20	20.31	1.5	4	121.86

Fondo	Tanq. diesel	5	1.88	16.5	5	155.10
					TOTAL	5217.02

$$Q_p = \frac{5217.02}{494.2} = 10.56 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para estos tanques es 121.70 + 10.56 = 132.26 kg/h.

#### Tanque almacén de fuel oil TF3 – CMBPr

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 281.545 * 944.3 * 0.45 * (38 - 5) = 3948064.71 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{3948064.71}{494.2 * 24} = 332.87 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Tanque fuel	5	12.97	16.5	5	1070.03
Popa	Cám. Máq.	20	6.47	1.5	4	38.82
Babor	Cofferdam	10	50.36	11.5	5	2895.70
Estribor	Cám. Máq.	20	45.90	1.5	4	275.40
Cubierta	Habilitación	15	47.12	6.5	5	1531.40
Fondo	Cám.Máq.	20	30.24	1.5	4	1814.40
					TOTAL	7625.75

$$Q_p = \frac{7625.75}{494.2} = 15.43 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para estos tanques es 332.87 + 15.43 = 348.30 kg/h.

#### Tanque almacén de fuel oil TF3 – CMEPr

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 135.398 * 944.3 * 0.45 * (38 - 5) = 1898666.52 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{1898666.52}{494.2 * 24} = 160.08 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Cofferdam	10	15.10	11.5	5	868.25
Popa	Cám. Máq.	20	12.00	1.5	4	72.00
Babor	Cám. Máq.	20	45.90	1.5	4	275.40
Estribor	Cofferdam	10	47.19	11.5	5	2713.43
Cubierta	Habilitación	15	57.42	6.5	5	1865.15
Fondo	Cám.Máq.	20	50.21	1.5	4	301.26
TOTAL						6095.49

$$Q_p = \frac{6095.49}{494.2} = 12.33 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para estos tanques es 160.08 + 12.33 = 172.41 kg/h.

#### Tanques almacén de fuel oil TF4 – CMBPp y TF4 – CMEPp

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 105.831 * 944.3 * 0.45 * (38 - 5) = 1484052.77 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{1484052.77}{494.2 * 24} = 125.12 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Cám. Máq.	20	18.66	1.5	4	111.96
Popa	Cám. Máq.	20	9.60	1.5	4	57.6
Babor	Cofferdam	10	46.27	11.5	5	2660.53
Estribor	Cám. Máq.	20	29.25	1.5	4	175.50
Cubierta	Cám. Máq.	20	43.44	1.5	4	260.64
Fondo	Cám.Máq.	20	33.95	1.5	4	203.70
TOTAL						3469.93

$$Q_p = \frac{3469.93}{494.2} = 7.02 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para estos tanques es 125.12 + 7.02 = 132.14 kg/h.

### Tanque de sedimentación de fuel oil TFSE – CMBR

En el tanque de sedimentación se eleva la temperatura del fuel de 38°C a 80°C para favorecer la sedimentación de los residuos, y el tiempo de calentamiento es de 12 horas.

$$Q = V * \rho * c * (T_f - T_i) \text{ Kcal} = 80.949 * 944.3 * 0.45 * (80 - 38) = 1444718.66 \text{ Kcal}$$

$$Q_v = \frac{Q}{r * t} \text{ kg/h} = \frac{1444718.66}{94.2 * 12} = 243.61 \text{ Kg/h}$$

Las pérdidas de calor durante el calentamiento son:

Lado	Exterior	T <sub>Ext.</sub> °C	Área m <sup>2</sup>	T <sub>m</sub> - T <sub>Ext.</sub> °C	K Kcal/(h*m <sup>2</sup> *°C)	Pérdidas Kcal/h
Proa	Tanque fuel	5	14.44	16.5	5	1191.30
Popa	Tanque fuel	5	12.97	16.5	5	1070.03
Babor	Cofferdam	10	19.82	11.5	5	2660.53
Estribor	Cám. Máq.	20	20.40	1.5	4	122.40
Cubierta	Cám. Máq.	20	24.14	1.5	4	144.84
Fondo	Cám.Máq.	20	20.94	1.5	4	125.64
TOTAL						5314.74

$$Q_p = \frac{5314.74}{494.2} = 10.75 \text{ Kg/h}$$

El consumo total de vapor para estos tanques es 243.61 + 10.75 = 254.36 kg/h.

### Tanques de servicio diario de fuel oil TFSDPr – CMBR y TFSDPp – CMBR

El fuel oil va desde el tanque sedimentación a los tanques de servicio diario, pasando previamente por precalentadores de combustible, que elevan su temperatura de 80 °C a 100 °C, y por las purificadoras, y llega a los tanques con esta temperatura. En los tanques de servicio diario no se calienta el combustible, sino que se mantiene a la temperatura de 100 °C, para lo cual se aíslan.

### Calentadores de combustible fuel oil a las purificadoras

El fuel oil sale del tanque de sedimentación hacia las purificadoras a 80°C, y hay que

calentarlo antes de que entre en las mismas hasta los 100°C. El caudal que entra a las purificadoras es el de las bombas de suministro, 2.5 m<sup>3</sup>/h, suficiente para alimentar al motor principal y 2 generadores. El consumo de vapor es:

$$Q_v = \frac{2.5 * 938.5 * 0.45 * (100 - 85)}{494.2} = 32.05 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Calentadores de combustible de motores

El calentador de combustible del circuito de entrada a los motores tiene que calentar el flujo de las bombas, de 7 m<sup>3</sup>/h, de 100°C a 150°C. La energía que debe aportar el calentador es:

$$Q = C * \rho * c * (T_f - T_i)$$

donde C es el caudal de alimentación a los motores en m<sup>3</sup>/h,  $\rho$  es la densidad del combustible en kg/m<sup>3</sup> a la temperatura que lleva a la entrada al motor, c es el calor específico del combustible en Kcal/(kg\*°C), y T<sub>f</sub> y T<sub>i</sub> son las temperaturas final e inicial del combustible:

$$Q = 7 * 900 * 0.45 * (150 - 100) = 141750 \text{ Kcal}$$

El gasto de vapor es:

$$Q_v = \frac{141750}{494.2} = 286.83 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

### Calentadores de las purificadoras de aceite

La temperatura óptima de purificación del aceite es de 90 °C. Como a la salida del motor está a unos 58°C, y el caudal de la purificadora es de 1.4 m<sup>3</sup>/h, según fabricante, el gasto de vapor para elevar su temperatura es:

$$Q_v = \frac{1.4 * 920 * 0.45 * (90 - 58)}{494.2} = 37.53 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Calentadores de combustible diesel a las purificadoras

El diesel oil sale del tanque de sedimentación hacia la purificadora a 10°C, y hay que



calentarlo antes de que entre en las mismas hasta los 40°C. El caudal que entra a la purificadora es el de las bomba de suministro, 1.5 m<sup>3</sup>/h. El consumo de vapor es:

$$Q_v = \frac{1.5 * 850 * 0.45 * (40 - 10)}{494.2} = 34.83 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

#### **Calefacción tanque de reboses**

La temperatura inicial de este tanque es de unos 5°C, al estar en el fondo del buque y hay que calentar hasta la temperatura de bombeo, 50 °C, en 4 horas. Como el volumen del tanque es de 12.262 m<sup>3</sup>, no se considerarán las pérdidas al ser de pequeñas dimensiones. El gasto de vapor es:

$$Q_v = \frac{12.262 * 944.3 * 0.45 * (50 - 5)}{494.2 * 4} = 118.61 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

#### **Calefacción tanque de lodos**

Este tanque almacena lodos, residuos de aceite, combustible, etc. La temperatura inicial es de unos 15 °C y la temperatura final de 50 °C, que es la temperatura de bombeo, la cual hay que conseguir en 2 horas. Como el volumen del tanque es de 18.792 m<sup>3</sup>, el gasto de vapor es:

$$Q_v = \frac{18.792 * 944.3 * 0.45 * (50 - 15)}{494.2 * 2} = 282.77 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

#### **Calefacción tanque de aguas aceitosas**

El contenido del tanque de aguas aceitosas es de menor viscosidad que el combustible, ya que son residuos de separador de sentinas, por lo que se elevará la temperatura algo menos, a 40 °C, en 4 horas. La temperatura inicial es de 15 °C. Como el volumen del tanque es de 18.892 m<sup>3</sup>, el gasto de vapor es:

$$Q_v = \frac{18.792 * 944.3 * 0.45 * (40 - 15)}{494.2 * 4} = 100.99 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

#### **Pre calentador de agua dulce del motor propulsor**

El agua dulce de refrigeración del motor tiene que entrar a 50 °C antes de su puesta en marcha. Según el sistema de refrigeración, el caudal de agua es de 10 m<sup>3</sup> y temperatura 15 °C, con lo que la necesidad de vapor es:

$$Q = \frac{10 * 1000 * 1 * (50 - 15)}{494.2} = 708.22 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

### Vapor necesario para el sistema de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado requiere calentar el aire mediante vapor, de modo que según diseño, sea capaz de elevar la temperatura desde -5 °C a 22 °C. El caudal de vapor necesario se define por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{N * C * \delta * c * (T_e - T_s)}{r} \text{ (kg/h)}$$

donde N es el número de tripulantes, que en este buque es de 28, C es el caudal de aire a renovar en m<sup>3</sup>/(hora\*tripulante),  $\delta$  es el peso específico del aire 1.29 kg/m<sup>3</sup>, c es el calor específico del aire 0.24 Kcal/(kg\* °C),  $T_e - T_i = 22 - (-5) = 27$  °C, r es el calor latente de vaporización en Kcal/kg, que en este caso es de 510 Kcal/kg, que es el valor que corresponde al del vapor a 3.5 kg/cm<sup>2</sup> utilizado en este servicio. El valor de C depende del tipo de local, por lo que utilizaremos un valor medio de 40 m<sup>3</sup>/(hora\*tripulante). La demanda de vapor es:

$$Q = \frac{28 * 40 * 1.29 * 0.24 * 27}{510} = 18.36 \text{ (kg/h)}$$

### Calentador sanitario de agua dulce

Para calcular el gasto de vapor necesario, se necesita saber el caudal de agua que hay que calentar. En nuestro buque, teniendo en cuenta la disposición general de habilitación, y los diferentes espacios de máquinas, se estima que el número de aparatos que llevará será:

Aparato	Nº	Caudal (l/m)	Coef. Sim. fria	Coef. Sim. Cal.	Caudal frio	Caudal cal.
Duchas	24	6	0.3	0.25	43.2	36
Lavabos	28	4	0.3	0.20	33.6	22.4
Fregaderos	6	10	0.25	0.15	15	9

Fuentes frías	6	4	0.25	0	6	0
Lavapiés	2	4	0.66	0.66	5.28	5.28
				TOTAL	103.08	72.68

Para obtener agua caliente, la bomba necesita impulsar un caudal  $Q_{\text{Agua caliente}} = 72.7 * 60 = 4362$  l/h. Necesitamos hacer un balance para saber que parte del caudal de 4362 l/h que está a 15 °C, ha de pasar por el calentador para elevar su temperatura a 55 °C, y que mezclado con el resto del caudal que queda a 15 °C, de una temperatura de salida de agua caliente a 35 °C. Se cumple que:

$$Q_{\text{Total}} = 4362 \text{ l/h} ; Q_{\text{Calentador}} + Q_{\text{resto}} = Q_{\text{Total}} ; 55 * Q_{\text{Calentador}} + 15 * Q_{\text{resto}} = 35 * Q_{\text{Total}}$$

$$Q_{\text{calentador}} = 4362 - Q_{\text{resto}}$$

$$55 * Q_{\text{calentador}} + 15 * Q_{\text{resto}} = 35 * 4362 = 152670 \Rightarrow 55 * (4362 - Q_{\text{resto}}) + 15 * Q_{\text{resto}}$$

$$239910 - (55 - 15) * Q_{\text{resto}} = 152670 \Rightarrow Q_{\text{resto}} = \frac{239910 - 152670}{40} = 2181 \text{ l/h}$$

El gasto de vapor necesario para calentar  $Q_{\text{Calentador}} = 4362 - 2181 = 2181$  l/h desde 15 °C a 55°C en el calentador sanitario es:

$$Q = \frac{C * \delta * c * (T_1 - T_2)}{r}$$

donde C es el caudal que pasa por el calentador en l/h,  $\delta$  es el peso específico del agua 1 kg/l, c es el calor específico del agua 1 Kcal/(kg\* °C),  $T_1$  es la temperatura de entrada de agua en el calentador, 15 °C,  $T_2$  es la temperatura de salida del agua del calentador, 55 °C, r es el calor latente de vaporización del vapor a 3.5 kg/cm<sup>3</sup>, que vale 510 Kcal//kg.

$$Q = \frac{2181 * 1 * 1 * (55 - 15)}{510} = 171.06 \text{ kg/h}$$

## 6.- BALANCE TÉRMICO

Una vez conocidos los consumidores de vapor y la cantidad que requieren, se puede realizar

el balance de vapor teniendo en cuenta que los consumidores no requieren vapor al mismo tiempo, por lo que se ven afectado por un factor de simultaneidad F.S.. En este buque se requiere el estudio del balance en dos situaciones, en navegación normal y en puerto.

Consumidor	Consumo Kg/h	F.S. PUERTO	F.S. NAVEGACIÓN	PUERTO Kg/h	NAVEGACIÓN Kg/h
TF1 – B5Br	154.09	0.8	0.8	123.272	123.272
TF1 – B5Er	154.09	0.8	0.8	123.272	123.272
TF1 – B5C	253.27	1	0.8	253.27	202.616
TF2 – CMBR	132.26	0.8	0.8	105.808	105.808
TF2 – CMEr	132.26	0.8	0.8	105.808	105.808
TF3 – CMBPr	348.30	0.8	0.8	278.64	278.64
TF3 – CMEPr	172.41	0.8	0.8	137.928	137.928
TF4 – CMBPp	132.14	0.8	0.8	105.712	105.712
TF4 – CMBPp	132.14	0.8	0.8	105.712	105.712
TFSE – CMBR	254.36	0.5	0.8	127.18	203.488
Calent. fuel purificadora	32.05	0	1	0	32.05
Calent. Fuel motores	286.83	0	1	0	286.83
Calent. Aceite purificad.	37.53	0.2	0.5	7.506	18.765
Calent. Diesel purificad.	34.83	0.2	1	6.966	34.83
Tanque reboses	118.61	0	0.5	0	59.305
Tanque lodos	282.77	0	0.5	0	141.385
Tanque aguas aceitosas	100.99	0	0.5	0	50.495
Precal. Agua dulce motor	708.22	0.5	0	354.11	0
Aire acondicionado	18.36	0.7	0.75	12.852	13.77
Calentador agua dulce	171.06	0.3	0.6	51.318	102.636
TOTAL				1899.354	2232.322

## 7.- ELECCIÓN DE LA CALDERA DE GASES DE ESCAPE

El motor principal produce una cantidad de gases de escape de 75763 kg/h, según fabricante, y la temperatura de entrada a la caldereta es de 301.7 °C. Suponiendo que la temperatura de los gases de exhaustación baja 70 °C a la salida de la caldera, y que el calor específico es de 0.254 Kcal/(kg \* °C), el calor transmitido por los gases de escape es aproximadamente de:

$$75763 * 0.254 * 70 = 1347066 \text{ Kcal/h}$$

Si el agua de alimentación de la caldera entra a 20 °C, el calor que es preciso absorber de los gases para transformarlo en vapor saturado seco a una presión de 6.5 kg/cm<sup>2</sup>, y por lo tanto a una temperatura de 161 °C es de: calor del líquido + calor de vaporización = 141 + 496 = 637 Kcal/kg.

Suponiendo unas pérdidas de calor en la caldera por radiación y convección del 10%, el calor realmente transmitido al agua será 1347066 \* 0.9 = 1212359.4 Kcal/Kg. La producción de vapor es 1212359.4 / 637 = 1903.23 Kg/h. Por tanto, disponemos de una caldera de gases de exhaustación de 1903.23 kg/h de vapor saturado seco, a una presión de 6.5 kg/cm<sup>2</sup>, con temperatura de entrada del agua a 20 °C. Como se necesita alrededor de 2233 kg/h de vapor en navegación, necesitamos una caldera mixta que suplemente el vapor que falta quemando fuel oil.

**7RTA48T-D**

Standard Tuning

Project:

**10185.0 kW**    100.0% R1  
**127.0 rpm**    100.0% R1

Yard / Plant:

Owner:

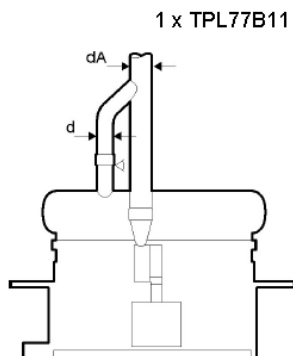
Created: 2014-01-11

IMO Tier II compliant

Printed: 2014-01-11

### Exhaust Gas System

Design Conditions



#### Exhaust gas

Mass flow	75763 kg/h
Temperature after TC	301.7 °C
Density	0.623 kg/m <sup>3</sup>
Backpressure	300 mmWG

Para atender las necesidades de vapor en puerto, la caldera debe producir, quemando fuel oil, una cantidad de vapor de 1899.35 Kg/h de vapor saturado seco a una presión de 6.5 kg/cm<sup>2</sup>, según balance. Se instalará una caldera capaz de generar 2000 kg/h para cubrir las necesidades de puerto y complementar en navegación.

El equipo de quemadores será totalmente automático, de aspiración forzada, y con regulación de llama apropiado para quemar fuel oil pesado. Con esta caldera mixta se atiende a las necesidades de puerto y complementa hasta las necesidades en navegación utilizando los mecheros.

### **Bomba de alimentación de agua de la caldereta**

La bomba de alimentación aspirará del tanque de alimentación de agua destilada del doble fondo, por lo que la presión será suficiente para poder elevar el agua hasta la parte superior de la chimenea, donde se encuentra la caldera. Se recomienda un caudal 2 veces la producción de vapor para evitar que la caldera se quede sin agua. Como además de vencer la altura, la presión final del agua tiene que ser de 6.5 kg/cm<sup>2</sup>, la bomba tendrá una presión de 100 m.c.a. = 100/10.2 bares = 9.80 bares. Se instalarán 2 bombas (una de reserva) centrífugas de 5 m<sup>3</sup>/h, accionada eléctricamente, cuya potencia en el eje es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.5} \cdot 9.80 \cdot 5 \cdot \frac{1}{36} = 2.72 \text{ kW}$$

Se instalará un tanque de agua de alimentación de la caldera de 1000 litros y un tanque de observación de 100 litros. El agua destilada se almacena en un tanque de doble fondo de capacidad 23.87 m<sup>3</sup>. Se instalará un tanque hidróforo de 500 litros de agua destilada para alimentación de máquinas auxiliares.

### **Tanque de servicio de fuel para caldera**

La caldera debe dar 2000 kg/h de vapor. El consumo de fuel oil por hora es:

$$Q = \frac{2000 * 637}{0.9 * 10296} = 137.48 \text{ Kg/h}$$

donde 637 Kcal/kg es el salto entálpico para producir vapor saturado, 0.9 es el rendimiento aproximado de la caldera y 10296 Kcal/Kg es el poder calorífico del fuel. El tanque tendrá que tener una capacidad equivalente a 24 horas de funcionamiento, por lo que su capacidad mínima es de: 24 \* 137.48 = 3299.52 kg de fuel oil. Se instalará un tanque de 5 m<sup>3</sup> de capacidad, que se llenará desde el circuito de fuel del motor. Además, se instalará un tanque de diesel para arranque de la caldera, cuya capacidad es de 2 m<sup>3</sup>.

## 8.- SISTEMA DE EXHAUSTACIÓN DE GASES

Se estima el diámetro de los conductos de exhaustación de gases del motor principal para condiciones tropicales de diseño como recomienda el fabricante, y una velocidad recomendada de los gases en los conductos de 40 m/s. Como se ha visto en el apartado anterior, el gasto másico de gas es de 75763 kg/h según fabricante, y la temperatura de los mismos es de 301.7 °C. La densidad de los gases es de 0.623 kg/m<sup>3</sup>. El caudal de gases de escape es:

$$Q_e = \frac{G}{\rho_{\text{gas}}} = \frac{75763}{0.623} = 121610 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El diámetro de los conductos es:

$$Q_e = \frac{\pi * D^2}{4} * v \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * Q_e}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * \frac{121610}{3600}}{\pi * 40}} = 1.0369 \text{ m} \approx 1037 \text{ mm}$$

La contrapresión que los gases tienen que vencer es la debida a las pérdidas de carga en tramos rectos, más las pérdidas de carga en los accesorios, más la presión dinámica del fluido, menos el valor del tiro natural (o efecto chimenea al ponerse en contacto dos fluidos de diferente peso específico). Esta contrapresión no debe exceder de 30 mbar = 300 mm.c.a.

Las pérdidas de carga se estimarán mediante la fórmula:

$$\Delta p = L_{te} * \gamma_e * \frac{Q_e^2}{187 * d^5} \text{ pies de agua}$$

donde  $L_{te}$  es la longitud de los conductos y la equivalente a los accesorios en pies,  $\gamma_e$  es el peso específico del gas en libras/pies cúbicos,  $Q_e$  es el caudal de gases de escape en ft<sup>3</sup>/min y  $d$  es el diámetro del conducto en pulgadas. La tubería mide aproximadamente 27 m = 88.58 pies. Como hay 4 codos, 2 a 45° y 2 a 90°, la longitud equivalente es  $(2 * 0.033 + 2 * 0.015) * (1037/304.8) = 0.33$  pies. La longitud equivalente total es  $88.58 + 0.33 = 88.91$  pies:

$$\Delta p = 88.91 * (0.623 * 0.06243) * \frac{(121610/1.7)^2}{187 * (1037/25.4)^5} = 0.8343 \text{ pies de agua} =$$
$$= 0.8343 * 304.8 \text{ mm.c.a.} = 254.3 \text{ mm.c.a..}$$

La presión dinámica es:

$$\Delta p = \frac{1}{2} * \frac{\gamma_e}{g} * v^2 = \frac{1}{2} * \frac{0.623}{9.81} * 40^2 = 50.50 \text{ mm.c.a}$$

El tiro natural es:

$$\Delta p = h * (\gamma_{atm} - \gamma_e)$$

donde h es la altura entre la parte alta del conducto y la salida de los gases del motor, en m,  $\gamma_{atm}$  es el peso específico del aire exterior en  $\text{kg/m}^3$ , y  $\gamma_e$  es el peso específico de los gases de exhaustación en  $\text{kg/m}^3$ . Por tanto:

$$\Delta p = 21 * (1.23 - 0.623) = 12.75 \text{ mm.c.a.}$$

La contrapresión total es:  $254.3 + 50.50 - 12.75 = 293 \text{ mm.c.a.} < 300 \text{ mm.c.a}$

## **9.- SERVICIO DE VENTILACION DE CÁMARA DE MÁQUINAS**

En el caso de la cámara de máquinas, la ventilación tiene 2 funciones fundamentales:

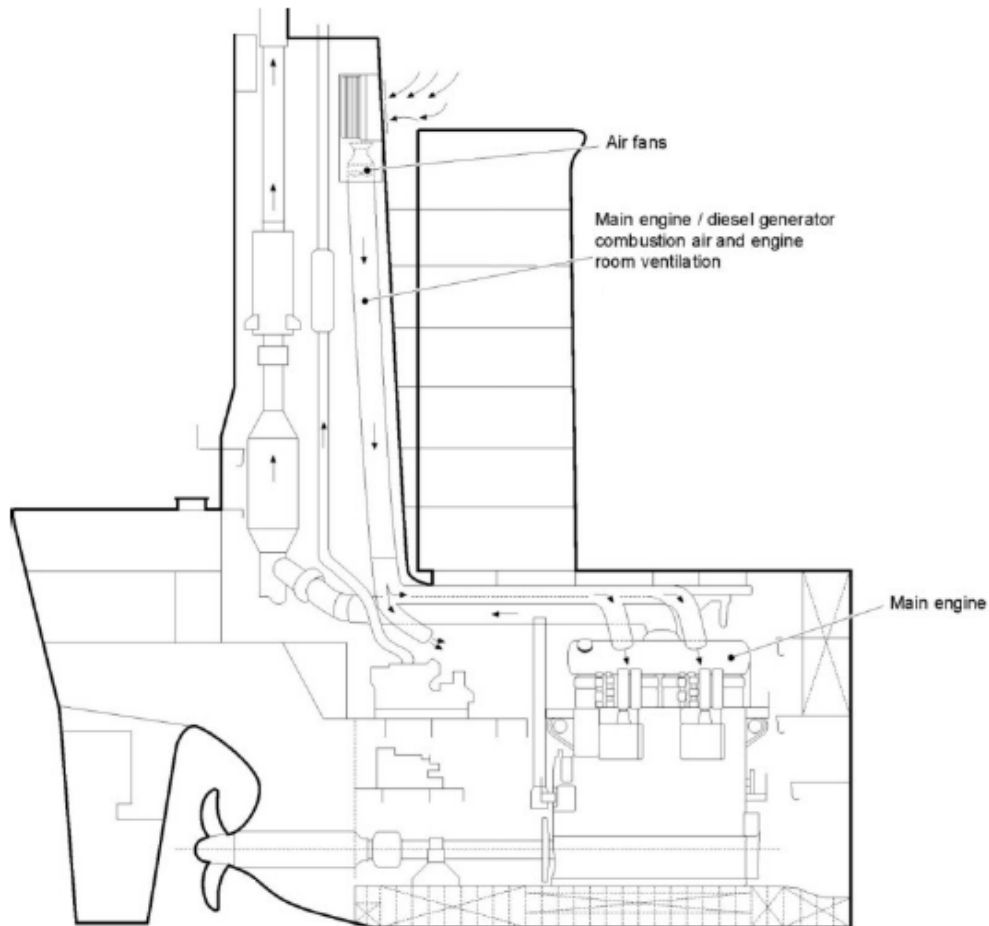
- Disipación del calor transmitido por radiación y convección de motores, calderas y otros equipos, para conseguir unas condiciones adecuadas de trabajo.
- Suministro del aire necesario para la combustión de los motores.

El sistema de ventilación suministrará aire mediante un sistema de impulsión para consumo de motores y para renovar el aire de las zonas de cámara de máquinas, distribuyéndolo hacia áreas de trabajo, a la zona de motores auxiliares, y por último a la zona de tratamiento de combustible

Por otro lado, tendrá un sistema de extracción del aire para extraer el calor generado y el



aire viciado, aspirando de las zonas superiores de la cámara de máquinas. La distribución y extracción del aire será de tal forma que se elimine en lo posible los focos de calor.



Combustion air required	Power / Heat kW	Air flow m <sup>3</sup> /h
Main engine	10185	67671
Auxiliary engines	1777	11337
Boiler	5000	7661
<b>Ventilation air required</b>		
Radiated heat	593	
Ventilator	333	203841

Based on : air outdoor temperature : 35°C  
delivery head of the ventilation air blower : 30 mbar

El gasto de aire de combustión requerido por el motor principal es de 67671 m<sup>3</sup>/h, según fabricante. El gasto de aire de combustión para los motores auxiliares es de 11337 m<sup>3</sup>/h y para una caldera lo estima en 7661 m<sup>3</sup>/h. El calor radiado es, según fabricante 926 kW. El flujo total de aire

requerido o caudal de impulsión, es de 203841 m<sup>3</sup>/h, por lo que el flujo de aire de extracción es la diferencia con el consumo de motores y caldera, es decir,  $203841 - (67671 + 11337 + 7661) = 117172$  m<sup>3</sup>/h.

El volumen total de la cámara de máquinas es de 6307.68 m<sup>3</sup>, según cuadernillo de cálculos de arquitectura naval. Teniendo en cuenta una permeabilidad de la cámara de máquinas de 85%, el volumen será  $6307.68 * 0.85 = 5361.6$  m<sup>3</sup>. Si añadimos el volumen por encima de la cubierta de toldilla  $550 * 0.85 = 467.5$  m<sup>3</sup>, el volumen total es aproximadamente de 5829.1 m<sup>3</sup>. El número de renovaciones será de  $117172/5829,1 = 20$ .

Se dispondrán 4 ventiladores de 51000 m<sup>3</sup>/h para admisión de aire (2 de ellos axiales y reversibles) de 50 mm.c.a., y 2 ventiladores de extracción de caudal 117172/2 aproximadamente. Serán de 59000 m<sup>3</sup>/h, de 50 mm.c.a. Los ventiladores se colocarán en el interior del guardacalor popr encima de la cubierta de toldilla. Las aspiraciones y exhaustaciones de aire de los ventiladores, se harán a través de aberturas adecuadas, proyectadas de manera que se evite la entrada de gases de escape en la Cámara y provistas de válvulas o tapas cortafuegos.

En la chimenea se colocarán dos rejillas para ventilación natural, situadas en ambos costados, provistas de tapa cortafuegos.

Se instalará un sistema de extracción independiente para el local de los purificadores de características adecuadas. Se instalará un extractor centrífugo en el local de purificadoras de 5000 m<sup>3</sup>/h a 50 mm.c.a. de 1.4 kw de potencia.

SERVICIO DE VENTILACION CAMARA DE MAQUINAS						
Ventiladores	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (mm c.a.)	η <sub>H</sub>	η <sub>E</sub>	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Zona MMPP admisión	4	51000	50	0.5	0.84	17.5
Zona MMPP exhaustación	2	59000	50	0.5	0.84	21.2
Zona purificadoras exhaustación	1	5000	50	0.5	0.84	1.4

#### **Aire acondicionado en cámara de control de cámara de máquinas**

Se instalarán dos unidades de acondicionamiento de aire en la cámara de control, para

mantener una temperatura de 27 °C y 65% de humedad relativa en el interior de la misma, para una temperatura exterior en cámara de máquinas de 45 °C y una temperatura exterior de 40 °C y humedad 70%. Se recirculará un 70% del caudal, suministrando 20 renovaciones por hora. Como el volumen de la cámara de control es de 113 m<sup>3</sup>, el caudal de aire será  $20 * 113 = 2260 \text{ m}^3/\text{h}$ . De catálogos de equipos de aire acondicionado marinos, se estima la potencia del equipo, teniendo en cuenta el consumo del compresor y del ventilador, en 3.5 kW, para un ventilador de 2300 m<sup>3</sup>/h.

### **Ventilación del generador de emergencia**

Estará constituido por un extractor axial de características adecuadas, de 1.1 kW de potencia, montado dicho extractor sobre un manguerote con su válvula cortafuego y de una entrada de aire mediante una rejilla contra agua colocada sobre mamparo.

### **OTROS EQUIPOS EN ESPACIOS DE MAQUINAS:**

Equipo	Nº	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Incinerador	1	35
Panel de 440 V del taller	1	22
Aire acondicionado del taller	1	8
Ventilador local servo	1	1.5
Separadora de aguas aceitosas	1	5

## **10.- DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS**

La disposición de equipos en cámara de máquinas se realiza teniendo en cuenta que en el fondo se situarán aquellas bombas que puedan tener problemas de cebado, y en general se situarán los equipos de forma que los trazados de tuberías sean lo más cortos posible y posición más baja del centro de gravedad.

La disposición de equipos y su identificación se muestran en el plano del anexo. Los tanques de combustible se disponen en las zonas próximas a los motores. En el doble fondo de la cámara de máquinas se dispondrán los tanques de derrames y de reboses. El tanque de lodos está cerca de las purificadoras para que el recorrido de las tuberías sea más corto. Los tanques de combustible con

más de 30 m<sup>3</sup> irán aislado del casco mediante cofferdams.

Los tanques de aceite de servicio y de aceite sucio del motor principal se situarán inmediatamente bajo el motor, disponiendo el tanque de aceite sucio para proceder a la limpieza y renovación del aceite. Los motores auxiliares serán de cárter húmedo. El tanque de aguas aceitosas también irá instalado en el doble fondo de la cámara de máquinas.

Sobre el doble fondo de la Cámara de máquinas y a una altura de 3.70 m, se ha dispuesto un piso de plancha estriada con gran poder de rozamiento. Este piso está ligeramente por encima de la altura del eje propulsor, cubrirá aquellas zonas requeridas para paso y mantenimiento de las diferentes máquinas e instalaciones, y contorneará las mismas formando aberturas rectangulares. Se dejarán sin cubrir las zonas de manejo de válvulas, equipos, etc. Los espacios para tuberías irán bajo los techos alrededor de los motores principales para agrupar las mismas, como es habitual en los buques.

La consola de control de la propulsión irá en la cámara de control de máquinas, que se ha situado a proa y a estribor de la misma, sobre la cubierta principal, con acceso directo a la cámara a través de una antecámara, y con visibilidad directa a través de una amplia ventana de doble cristal. El cuadro eléctrico principal irá situado en la cámara de control, y se dispondrán otros cuadros secundarios en el interior de la cámara de máquinas. La cámara de control dispondrá el adecuado aislamiento térmico y acústico y de dos unidades autónomas de aire acondicionado, adecuadas para mantener una temperatura de trabajo óptimas. La planta de aire acondicionado se ha dispuesto también a estribor en la cámara de máquinas, a la altura de la cubierta principal, en un local independiente.

El guardacalor se ha dispuesto de modo que la tubería de exhaustación resulte lo más corta y directa, alojando en él la caldereta y algunos de los tanques auxiliares. Tiene las dimensiones necesarias por si fuera necesario desmontar el bloque del motor y sacarlo fuera de la cámara de máquinas.

Se ha dispuesto un puente grúa con polipasto eléctrico para desmontaje y reconocimiento de culatas, pistones y otros elementos del motor principal, con capacidad de 4000 kg. El gancho tendrá dos velocidades de elevación, 5 m/min y 1.5 m/min. El control se efectuará desde una botonera suspendida desde la grúa y accesible desde la plataforma a nivel de las culatas del motor. Los movimientos longitudinales y transversales del puente grúa se efectuarán con cremallera. En los extremos de las vigas se dispondrán topes y un sistema de trincado mecánico. Considerando la velocidad de 4 m/min, un rendimiento mecánico del 80% y eléctrico del 83%, la potencia de este equipo es de:

$$P = \frac{4 * 10 * 5}{60 * 0.8 * 0.83} = 5.02 \text{ kW}$$

Se ha dispuesto en la zona de menos manga, a popa de la cámara de máquinas, la colocación de los tres generadores eléctricos, a la altura de la cubierta de entrepuente, solución bastante frecuente en los buques. Sobre los generadores se dispondrá de otro pequeño puente grúa, para desmontaje y reconocimiento de culatas, pistones y otros elementos de los mismos. Será de 1500 kg y se estima su potencia en 1.5 kW.

La planta de tratamiento de aguas residuales se ha situado a popa de la cámara de máquinas, a la altura de la plataforma intermedia, con acceso mediante una pequeña escala. En esta plataforma se apoyan dos pequeños tanques de lastre y dos tanques de fuel.

Tanto la maquinaria auxiliar de la propulsión, como los servicios del casco, se han distribuido agrupándolas en los posible por servicios afines, de modo que se obtengan tuberías e interconexiones cortas, al mismo tiempo que facilita la instalación de pianos de válvulas para facilitar su manejo. Se ha previsto la colocación de las bombas de gran caudal en posición vertical por la ventaja de su menor empacho, y para poder montar sus polines sobre la cubierta del doble fondo, quedando parcialmente bajo los techos de la cámara, de modo que las conexiones de las tuberías queden bajo el plan de máquinas, con los volantes de accionamiento sobre el mismo.

Se han previsto espacios para desmontaje en aquellas zonas que se necesite para inspección

y limpieza, como calentadores, enfriadores de agua y aceite, y otros.

Los tanques de sedimentación y de servicio diario de fuel y diesel, así como los de almacén de aceite, se han colocado en las cubiertas de entrepuente, principal y toldilla, de modo que asegure el cebado de las bombas de las purificadoras que se han colocado en un local independiente a la altura de la cubierta de entrepuente.

Se ha previsto un taller y un pañol de máquinas, que se han colocado a babor a la altura de la cubierta de entrepuente.

El piso de máquinas sobre los techos será de chapa de acero estampada para evitar resbalamientos. Se dispondrá registros de fácil acceso para acceso, maniobra e inspección de los accesorios de los servicios que lo requieran.

En la plataforma intermedia, en la cubierta de entrepuente y en la principal, así como en la subida al guardacalor, se han dispuesto candeleros y pasamanos en las zonas de paso y de huecos, para seguridad de la tripulación.

Para el acceso a la cámara de máquinas se han dispuesto escalas por el interior en la banda de estribor, desde el fondo hasta la cubierta principal. Un acceso desde el puente a la cubierta principal en cámara de máquinas, por el interior de la habitación. Por el exterior y a proa, un acceso directo desde cubierta principal, a través de la cámara de control. Por popa, desde la toldilla a la cubierta principal con acceso por el guardacalor. Por proa, se podrá acceder desde el nivel de cubierta principal a cubierta de entrepuente, y a la plataforma del motor, y de ésta al piso de máquinas. Las escalas tendrán aproximadamente 600 mm de anchura, son inclinadas, de acero, con peldaños de plancha estriada y pasamanos de protección de redondo de 20/25 mm de diámetro. Las escalas y plataformas serán desmontables para permitir el desmontaje de la maquinaria.

Se han dispuesto dos salidas de emergencia para salir al exterior, mediante escalas protegidas por troncos metálicos, una estará a proa estribor, con salida desde el fondo hasta la

cubierta principal, con una entrada también desde el entrepuente, y la otra estará a popa, con salida desde el pasillo que va al servomotor, hasta el pasillo del guardacalor en la cubierta principal, desde donde se puede salir al exterior por la cubierta de toldilla.

### **Listado de equipos en cámara de máquinas**

El listado de equipos se obtiene a partir de los apartados anteriores, donde se han obtenido las bombas y equipos necesarios del buque servicio a servicio. Se han enumerado para su identificación en el plano de disposición general.

Nº identif.	Cantidad	Descripción
1	1	Motor principal
2	2	Bomba de aceite motor principal
3	2	Bomba de aceite eje de levas
4	1	Filtro de aceite principal
5	1	Enfriador de aceite motor principal
6	3	Bomba de agua dulce refrigeración baja temperatura
7	2	Bomba de agua dulce refrigeración alta temperatura
8	1	Enfriador agua dulce refrigeración cilindros
9	1	Pre calentador agua refrigeración cilindros
10	1	Bomba agua dulce refrigeración de puerto
11	1	Bomba agua dulce arranque alta temperatura
12	2	Bomba principal de agua salada
13	1	Electrocompresor de aire de arranque
14	2	Motocompresor de aire de arranque
15	2	Botella de aire de arranque principal
16	1	Botella de aire de arranque auxiliares
17	2	Bomba alimentación (booster) de fuel oil
18	2	Calentador de fuel oil
19	1	Bomba de trasiego de fuel oil
20	1	Bomba de trasiego de diesel oil
21	2	Purificadora de fuel oil
22	2	Calentador de purificadora de fuel oil
23	1	Separadora de diesel oil
24	2	Separadoras de aceite motor principal

25	2	Calentador separadora de aceite
26	3	Generador eléctrico
27	1	Enfriador de aceite motores auxiliares
28	1	Separadora de aceite motores auxiliares
29	3	Silenciador del generador
30	1	Caldera mixta de exhaustación
31	2	Bomba de alimentación caldera
32	1	Generador de agua dulce
33	1	Bomba circulación evaporador
34	1	Bomba alimentación eyectores evaporador
35	1	Bomba extracción agua destilada evaporador
36	2	Bomba contraincendios
97	1	Bombas de sentinas alternativa
38	1	Separador de sentinas
39	1	Bomba de lastre principal
40	1	Bomba de achique y lastre
41	1	Bomba de lodos
42	2	Bomba sanitaria de agua dulce
43	1	Tanque hidróforo de agua dulce
44	2	Bomba alimentación agua destilada
45	1	Tanque hidróforo de agua destilada
46	1	Bomba circulación agua caliente
47	1	Tanque calentador de agua
48	1	Tanque compensación motor principal
49	3	Tanque compensación generadores
50	1	Tanque servicio aceite de levas
51	1	Tanque aceite de bocina
52	1	Tanque agua alimentación caldera
53	4	Ventilador impulsión
54	2	Ventilador exhaustación
55	1	Planta de tratamiento de aguas residuales
56	1	Bomba C.I. de emergencia diesel
57	1	Bomba de sentinas y lastre
58	1	Bomba de circulación condensador aire acondicionado
59	1	Tanque de observación
60	1	Tanque fuel oil caldera
61	1	Tanque diesel oil caldera



## 11.- POLIN DEL MOTOR PROPULSOR

El fabricante del motor Wartsila nos da la disposición del polín del motor y el escantillonado de las planchas del mismo, el los pasadores, pernos y tuercas, y la disposición del doble fondo bajo el motor. También da el esquema de los orificios a realizar en la plancha superior de apoyo del motor en el polín y la disposición de las cuñas o calzos necesarios.

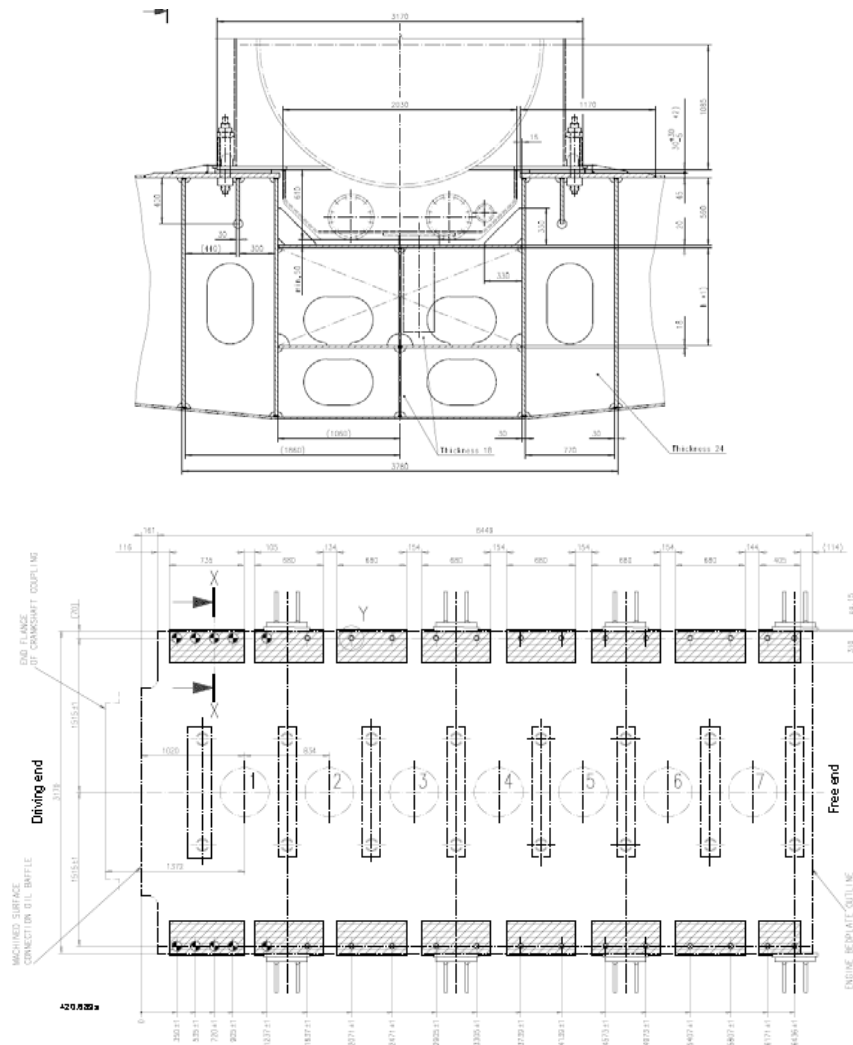
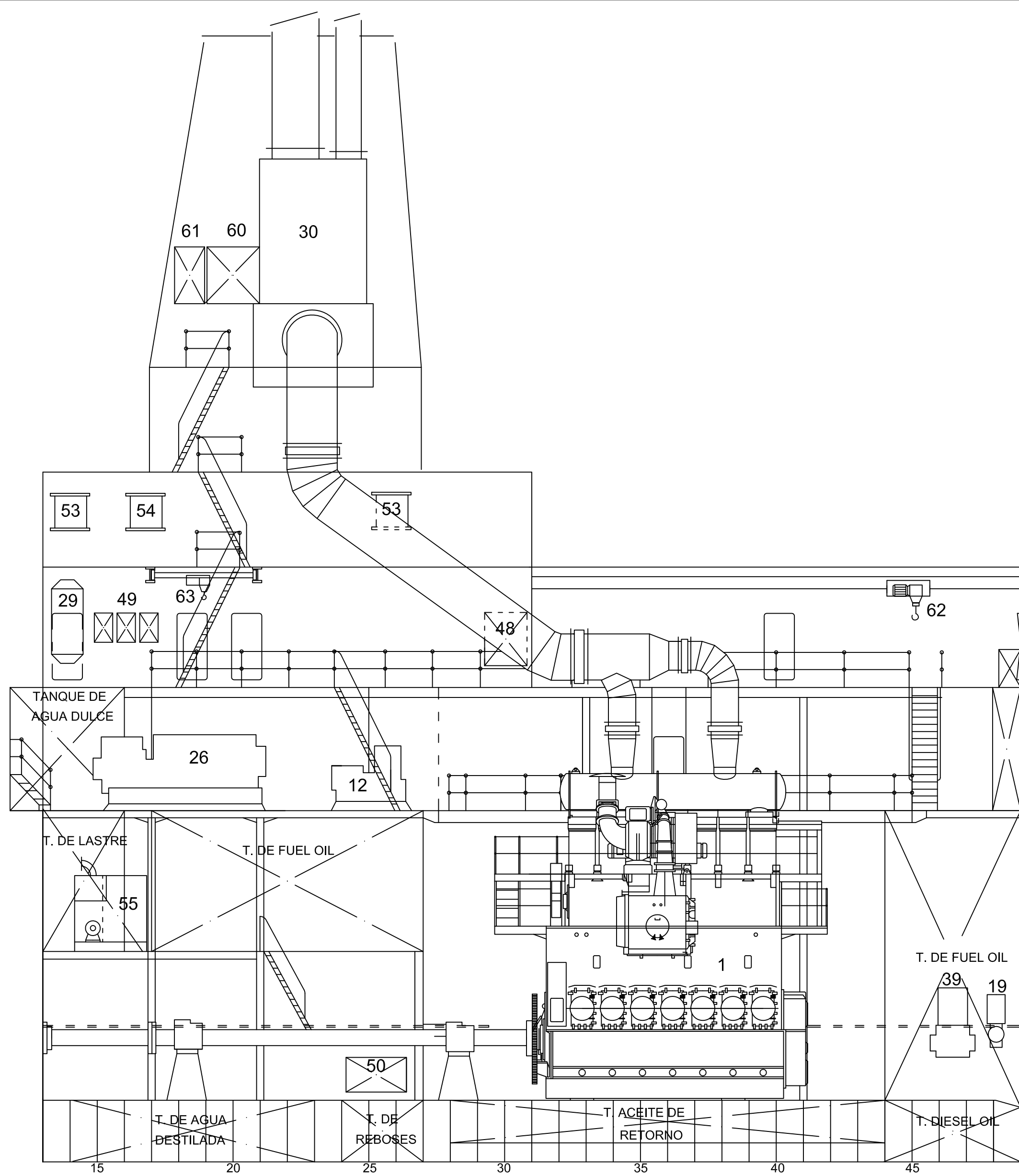


Fig. H36 7RTA48T-D chocking and drilling plan for engine seating with epoxy resin chocks

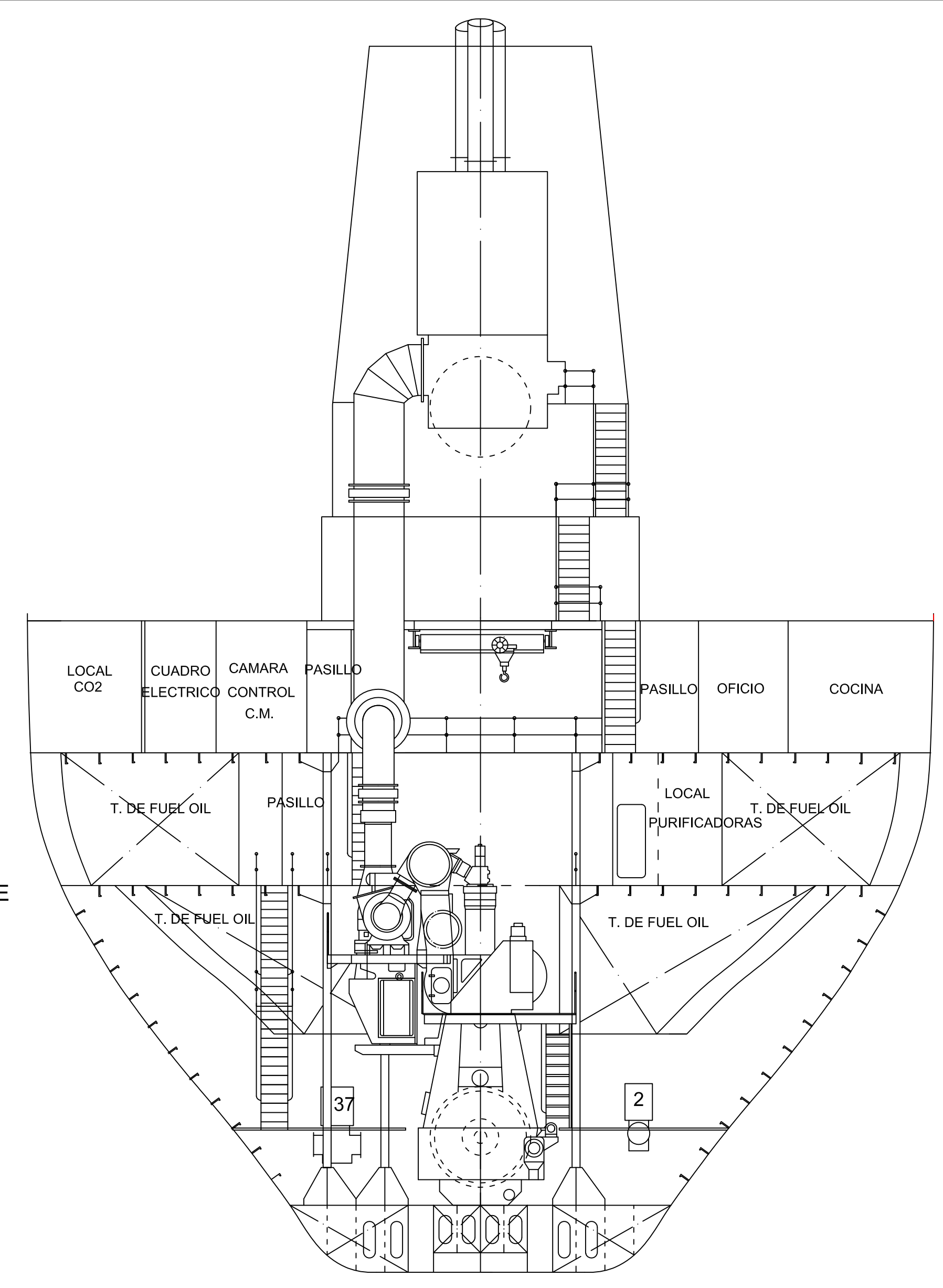
## BIBLIOGRAFIA

- Apuntes asignatura Diseño de Cámara de Máquinas. ETSINO
- Marine Installation Manual. Motor Wartsila RTA48T-D. [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)

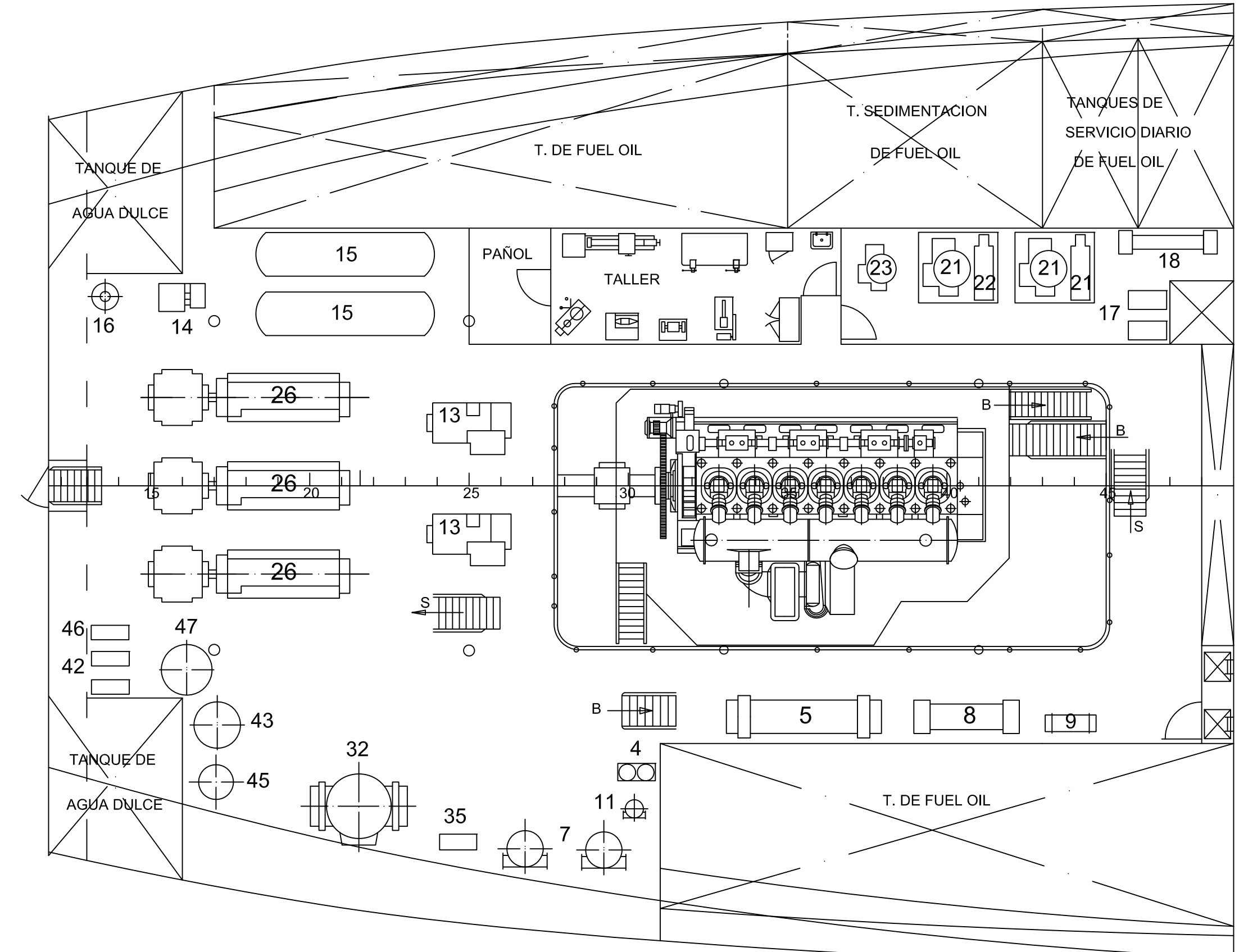
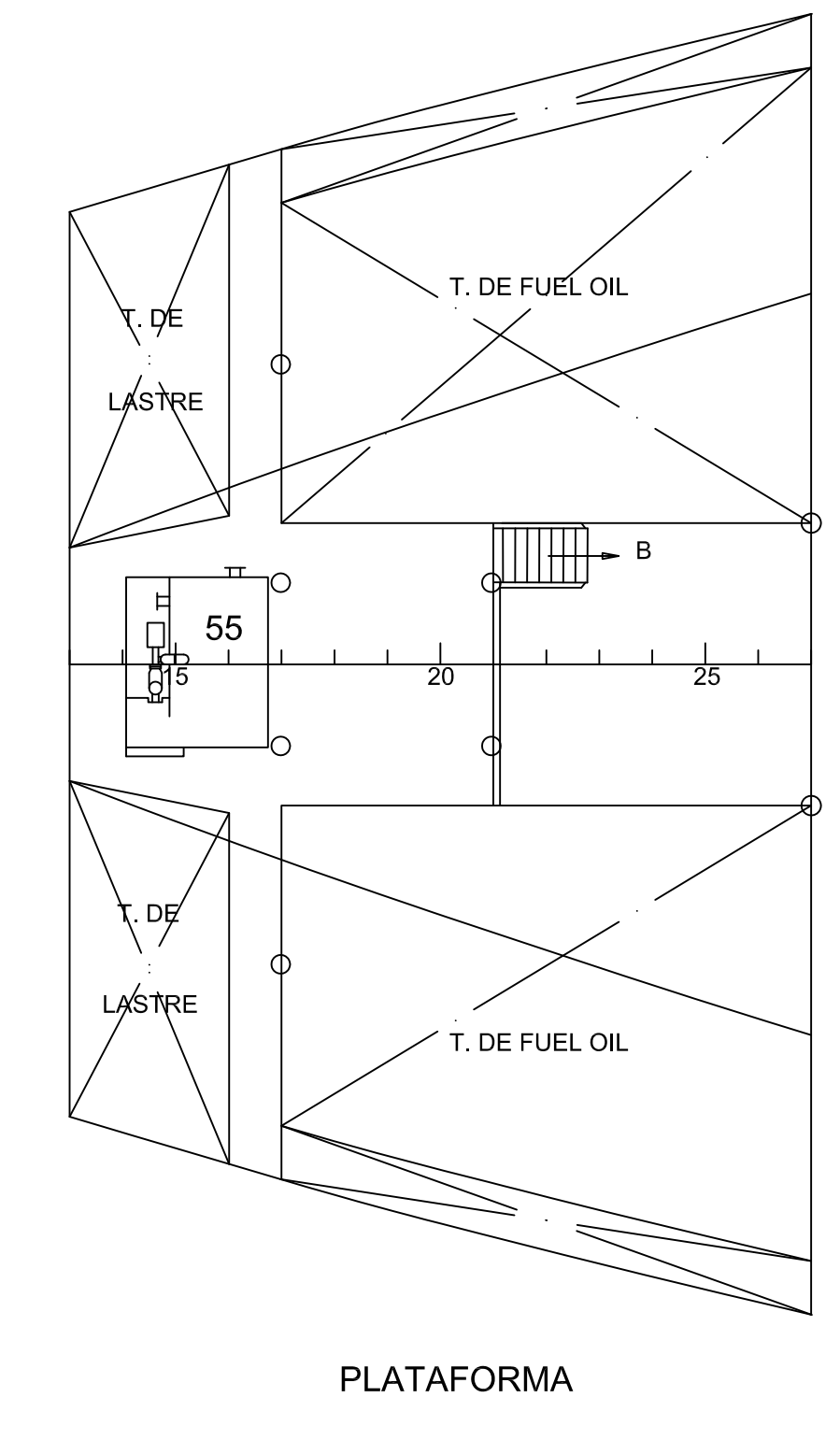
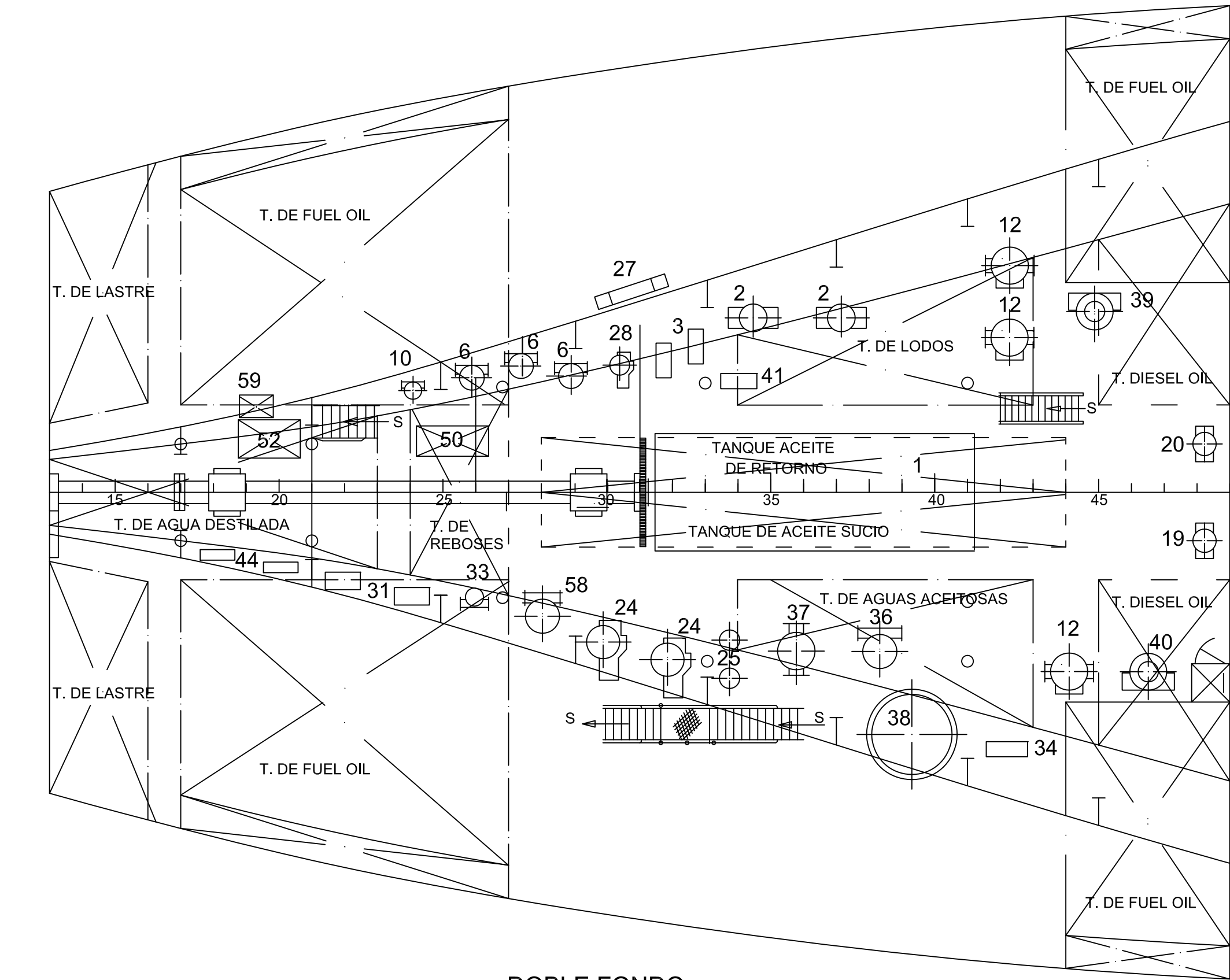
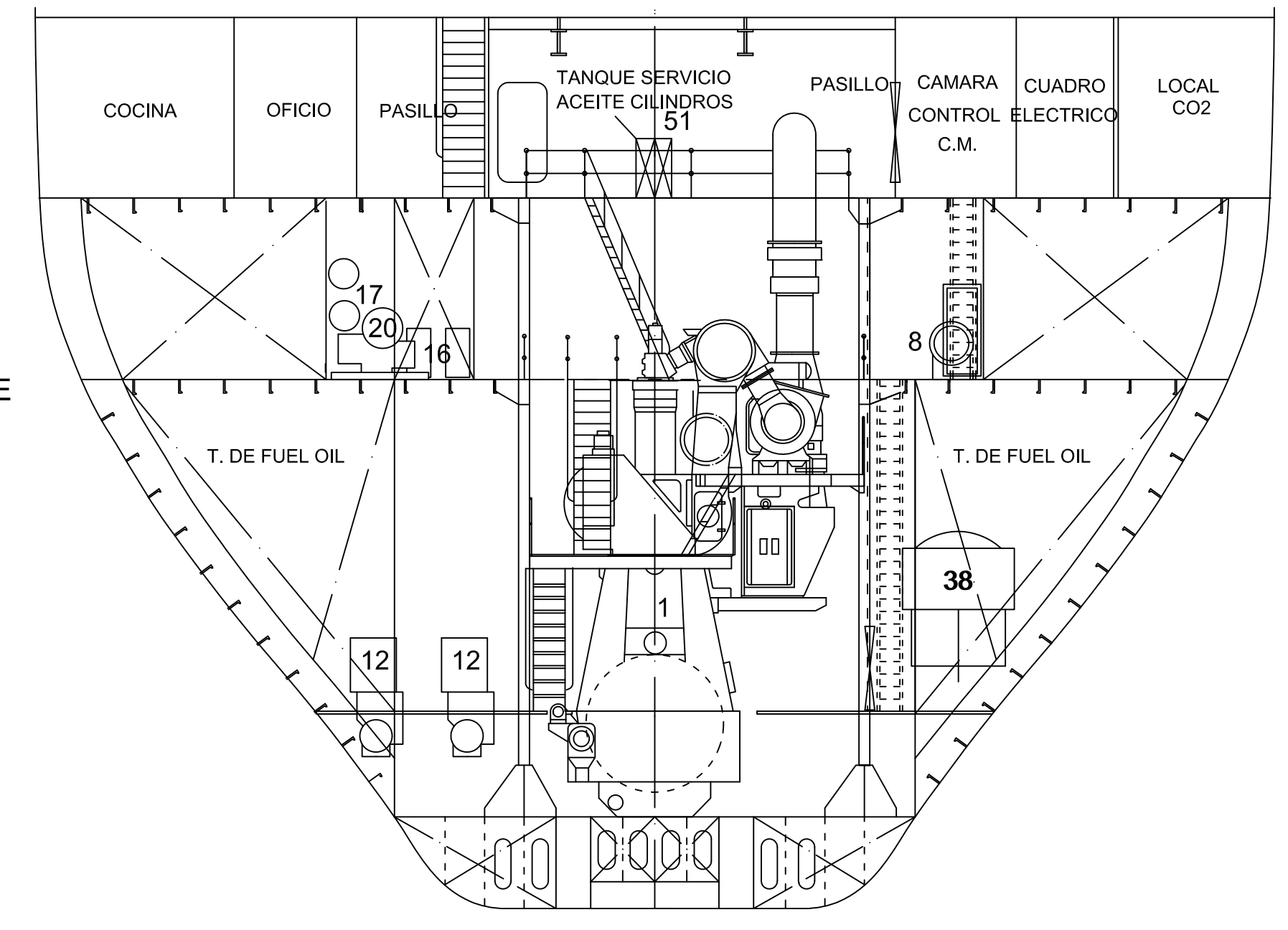




CUBIERTA TOLDILLA  
 CUBIERTA PRINCIPAL  
 CUBIERTA ENTREPUENTE  
 PLATAFORMA  
 DOBLE FONDO



CUBIERTA TOLDILLA  
 CUBIERTA PRINCIPAL  
 CUBIERTA ENTREPUENTE  
 PLATAFORMA  
 DOBLE FONDO



63	APAREJO DESMONTAJE GENERADORES	1		1.5 Kw
62	APAREJO DESMONTAJE MOTOR PRINCIPAL	1	4000 kg	5.02 kW
61	TANQUE DIESEL OIL CALDERA	1	2000 litros	

60	TANQUE FUEL OIL CALDERA	1	5000 litros	
59	TANQUE DE OBSERVACION	1	100 litros	
58	BOMBA CIRCUL. CONDENSADOR A/A	1	80 m <sup>3</sup> /h 2.45 bar	6.70 kW
57	BOMBA DE SENTINAS Y LASTRE (Cámara b. proa)	1	250 m <sup>3</sup> /h 3 bar	35.10 kW
56	BOMBA C.I. DE EMERGENCIA (Cámara b. proa)	1	80 m <sup>3</sup> /h 8 bar	31.66 kW
55	PLANTA TRATAMIENTO AGUAS RESID.	1	300 litros por persona y día	5 kW
54	VENTILADOR EXHAUSTACION	2	59000 m <sup>3</sup> /h 50 mm.c.a.	21.2 kW
53	VENTILADOR IMPULSION	4	50000 m <sup>3</sup> /h 50 mm.c.a.	17.5 kW
52	TANQUE AGUA ALIMENT. CALDERA	1	1000 litros	
51	TANQUE ACEITE BOCINA	1	100 litros	
50	TANQUE SERVICIO ACEITE DE LEVAS	1	1000 litros	
49	TANQUE COMPENSACION GENERADORES	3	500 litros	
48	TANQUE COMPENSACION M.P.	1	2000 litros	
47	TANQUE CALENTADOR DE AGUA	1	1200 litros	
46	BOMBA CIRCUL. AGUA CALIENTE	1	2 m <sup>3</sup> /h 2 bar	0.40 kW
45	TANQUE HIDROFORO AGUA DEST.	1	500 litros	
44	BOMBA ALIMENTACIÓN AGUA DESTILADA	2	2 m <sup>3</sup> /h 4 bar	0.76 kW
43	TANQUE HIDROFORO DE AGUA DULCE	1	1000 litros	
42	BOMBA SANITARIA DE AGUA DULCE	2	7 m <sup>3</sup> /h 4.5 bar	2.33 kW
41	BOMBA DE LODOS	1	10 m <sup>3</sup> /h 4 bar	3.21 kW
40	BOMBA DE ACHIQUE Y LASTRE	1	250 m <sup>3</sup> /h 3 bar	35.10 kW
39	BOMBA DE LASTRE PRINCIPAL	1	500 m <sup>3</sup> /h 3 bar	64.77 kW
38	SEPARADOR DE SENTINAS	1	3 m <sup>3</sup> /h	3 kW
37	BOMBA DE SENTINAS ALTERNATIVA	1	125 m <sup>3</sup> /h 3 bar	25.20 kW
36	BOMBA CONTRAINCENDIOS (1 en cámara b. pr)	2	90 m <sup>3</sup> /h 8 bar	35.61 kW
35	BOMBA EXTRACCION AGUA DEST. EVAP.	1	1 m <sup>3</sup> /h 2 bar	0.50 kW
34	BOMBA ALIMENTACION EYECT. EVAP.	1	20 m <sup>3</sup> /h 4 bar	4.10 kW
33	BOMBA CIRCULACION EVAPORADOR	1	40 m <sup>3</sup> /h 2.5 bar	6 kW
32	GENERADOR DE AGUA DULCE	1	10 T / día	
31	BOMBA ALIMENTACION CALDERA	2	5 m <sup>3</sup> /h 9.8 bar	2.72 kW
30	CALDERA MIXTA DE EXHAUSTACION	1	2000 kg/h 6.5 kg/cm <sup>2</sup>	
29	SILENCIADOR DEL GENERADOR	3		
28	SEPARADORA DE ACEITE MM. AA.	1	310 l / h	0.75 kW
27	ENFRIADOR DE ACEITE MM.AA.	1		
26	GENERADOR ELECTRICO	3	WARTSILA AUXPACK 4L20	
25	CALENTADOR SEPARADORA DE ACEITE	2		
24	SEPARADORAS DE ACEITE M.P.	2	1500 l / h	2.7 kW
23	SEPARADORA DE DIESEL OIL	1	1500 l / h	17.50 kW
22	CALENTADOR PURIFICADORA DE FUEL OIL	2		
21	PURIFICADORA DE FUEL OIL	2	2200 l / h	20.5 kW
20	BOMBA DE TRASIEGO DE DIESEL OIL	1	40 m <sup>3</sup> /h 5 bar	11.08 kW
19	BOMBA DE TRASIEGO DE FUEL OIL	1	40 m <sup>3</sup> /h 5 bar	13.41 kW
18	CALENTADOR DE FUEL OIL	2		
17	BOMBA BOOSTER DE FUEL OIL	2	7 m <sup>3</sup> /h 10.5 bar	5.35 kW
16	BOTELLA AIRE ARRANQUE AUXILIARES	1	500 litros	30 bar
15	BOTELLA AIRE ARRANQUE PRINCIPAL	2	3.5 m <sup>3</sup> /h	30 bar
14	MOTOCOMPRESOR AIRE DE ARRANQUE	1	30 m <sup>3</sup> /h	30 bar
13	ELECTROCOMPRESOR AIRE DE ARRANQUE	2	105 m <sup>3</sup> /h 30 bar	23 kW
12	BOMBA PRINCIPAL DE AGUA SALADA	3	266 m <sup>3</sup> /h 2.2 bar	26.93 kW
11	BOMBA AGUA DULCE ARRANQUE ALTA TEMP.	1	10 m <sup>3</sup> /h 3 bar	13.16 kW
10	BOMBA AGUA DULCE REFRIG. PUERTO	1	66 m <sup>3</sup> /h 3 bar	9.18 kW
9	PRECALENTADOR AGUA REFRIG. CILINDROS	1		
8	ENFRIADOR AGUA DULCE REFRIG. CILINDROS	1		
7	BOMBA AGUA DULCE REFRIG. ALTA TEMP.	2	91 m <sup>3</sup> /h 3 bar	13.16 kW
6	BOMBA AGUA DULCE REFRIG. BAJA TEMP.	3	222 m <sup>3</sup> /h 2.7 bar	27.7 kW
5	ENFRIADOR DE ACEITE MOTOR PRINCIPAL	1		
4	FILTRO DE ACEITE PRINCIPAL	1		
3	BOMBA ACEITE EJE DE LEVAS	2	25 m <sup>3</sup> /h 7.5 bar	12.5 kW
2	BOMBA ACEITE MOTOR PRINCIPAL	2	135 m <sup>3</sup> /h 6.1 bar	34.4 kW
1	MOTOR PRINCIPAL	1	WARTSILA RTA 48T R1 7L	

N°	DENOMINACION	CANT.	OBSERVACIONES
E. T. S. INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA			PROYECTO FIN DE CARRERA
BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM			
<b>DISPOSICIÓN GENERAL CAMARA DE MAQUINAS</b>			
ESCALA: 1 : 100	Alumno: ALFONSO MARTINEZ ESCONDRILLAS	FECHA: 2014	

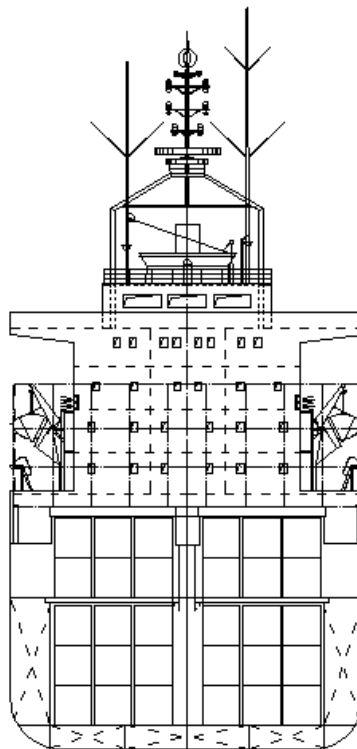




UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 8

### EQUIPO Y SERVICIOS

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 8**

**EQUIPO Y SERVICIOS**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

ÍNDICE	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE	3
2.1.- Numeral de equipo	3
2.2.- Anclas, cadenas y caja de cadenas	3
2.3.- Molinete de ancla y escobén	4
2.4.- Equipo de amarre y remolque	6
3.- Escalas	8
4.- Equipo de salvamento	9
5.- Equipo de carga y descarga	10
6.- Servicio de achique, lastre y contraincendios	12
6.1.- Servicio de achique	12
6.2.- Servicio de lastre	17
6.3.- Servicio de baldeo y contraincendios	19
7.- Servicio de extinción de incendios	20
8.- Servicio de agua dulce y potable	22
9.- Servicio de imbornales y descargas sanitarias	26
10.- Atmosféricos y sondas	28
11.- Servicio de fonda y hotel	28
11.1.- Planta frigorífica para la gambuza	28
11.2.- Equipos de cocina y electrodomésticos	30
11.3.- Equipo de lavandería	31
11.4.- Relojes fijos	32
12.- Servicio de aire acondicionado	32
13.- Servicio de ventilación de bodegas y locales de servicio	38
14.- Equipos de navegación, comunicaciones y automatización	41
14.1.- Equipos de navegación	41
14.2.- Equipos de comunicaciones	43
14.3.- Equipos de control y automatización	47
15.- Alumbrado	49
15.1.- Luces de navegación	49
15.2.- Alumbrado exterior	50
15.3.- Alumbrado interior	51
16.- Taller de máquinas y electricidad	52

## **1.- INTRODUCCIÓN**

En este cuadernillo se realiza el estudio de los equipos y servicios que lleva el buque y no han sido descritos en el cuadernillo de cámara de máquinas. Son los siguientes:

- Equipo de fondeo, amarre y remolque
- Equipo de salvamento
- Servicio de achique, lastre y contra incendios.
- Equipo de extinción de incendios
- Servicios sanitarios
- Servicio de fonda y hotel
- Servicio de aire acondicionado
- Equipo de navegación y comunicaciones
- Alumbrado
- Equipo de carga y descarga

## **2.- EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE**

### **2.1.- NUMERAL DE EQUIPO**

El numeral de equipo viene dado por la fórmula:

$$N = \Delta^{2/3} + 2 * B * H + 0.1 * A$$

donde  $\Delta$  es el desplazamiento al francobordo de verano, H es la altura efectiva entre la flotación de carga de verano y el techo de la caseta más elevada, de manga superior a B/4, B es la manga del buque y A es el área de la superficie lateral del casco y casetas por encima de la flotación de carga de verano, comprendida entre la eslora entre perpendiculares, en m<sup>2</sup>. El área A, según plano de AutoCad vale 882.45 m<sup>2</sup>. Por tanto:

$$N = \Delta^{2/3} + 2 * B * H + 0.1 * A = 25259^{2/3} + 2 * 22.8 * 20.14 + 0.1 * 882.45 = 1867.51$$

### **2.2.- ANCLAS, CADENAS Y CAJA DE CADENAS**

Como el numeral cae entre 1790 y 1930, según la tabla correspondiente, el buque debe

llevar 3 anclas, una a babor, otra a estribor y una de respeto, de peso 5610 kg cada una. El ancla de respeto irá estibada en la cubierta de castillo y las anclas serán de tipo Hall. Llevará también un ancla de espía de 1870 kg.

La cadena será de eslabón con conrete de acero calidad Q3, de diámetro 58 mm y longitud 577.5 m, que corresponde a un número de largos de 21 (1 largo = 27.5 m), por lo que llevará 11 largos en una banda y 10 en la otra. Los largos de cadena irán unidos mediante eslabones tipo kenter con pasadores de acero inoxidable. La carga de prueba de la cadena de eslabones de 58 mm y calidad Q3 es de 185350 kg, y la carga de rotura es de 264800 kg. El peso por largo con eslabón kenter es de 2005 kg, por lo que el peso total de la cadena es de  $21 * 2005 = 42105$  kg.

Las cadenas irán estibadas a bordo en su correspondiente caja de cadenas. La caja de cadenas va debajo de los molinetes, a proa del mamparo del pique de proa y dividida en dos para estibar los largos correspondientes a cada ancla. El volumen de cada una de las dos zonas de la caja es de:

$$V = 0.082 * d^2 * \frac{L_{cadena}}{10000} = 0.082 * 58^2 * \frac{11 * 27.5}{10000} = 8.34 \text{ m}^3$$

El volumen total será de  $8.34 * 2 = 16.7 \text{ m}^3$ . A este volumen hay que añadirle el espacio inferior para drenaje y el espacio superior de huelgo para acceso a la caja. Por tanto, a la altura de la caja obtenida de la necesaria para estibar la cadena, hay que sumarle 0.4 m por abajo y 1.2 m por arriba. Como la longitud mínima de la caja tiene que ser  $30 * d = 30 * 58 = 1740$  mm, elegimos 4 claras de cuaderna, 2.4 m de largo. La anchura se fija en 2.5 m, por lo que el alto de la caja es de:

$$\frac{8.34}{2.4 * 2.5} + 1.2 + 0.4 \approx 3 \text{ m}$$

El volumen total de cada una de las dos zonas de la caja es de  $2.4 * 2.5 * 3 = 18 \text{ m}^3$ .

### **2.3.- MOLINETE DE ANCLAS Y ESCOBÉN**

Para efectuar las maniobras de fondeo y amarre del buque, se instalarán dos molinetes con chigres de amarre, de accionamiento electro hidráulico. Cada molinete dispondrá de un barbotén

para manejo de la cadena del ancla, de un tambor de tensión constante para manejar cables a una tensión y velocidad iguales a la de los chigres de amarre, 19 t y 15 m/min. Llevará, además, un cabirón en el extremo y un embrague y freno.

La potencia para levar el ancla, en CV, viene dada por la expresión:

$$P = \frac{0.87 * (P_C + P_a) * V * f}{60 * 75 * \eta_r}$$

donde:

- $P_C$  es el peso de 3 ó 4 largos de cadenas de 27.5 m de longitud cada uno, y tomaremos  $4 * 2005 = 8020$  kg
- $P_a$  es el peso del ancla
- $f$  es el coeficiente de rozamiento del estopor y escobén, que se toma igual a 2
- $V$  es la velocidad de izado, entre 9 y 12 m/min, y se tomará 12 m/min
- $\eta_r$  es el rendimiento mecánico del molinete que se toma igual a 0.6

$$P = \frac{0.87 * (8020 + 5610) * 12 * 2}{60 * 75 * 0.6} = 105.5 \text{ CV}$$

Si estimamos un rendimiento del motor eléctrico que los acciona, de 0.85, la potencia en kW es de  $105.5 * 0.736 / 0.85 = 91.35$  kW cada uno.

Para separar el ancla del fondo hay que tirar de la misma, por lo que el molinete lo hará para una velocidad más pequeña, de modo que aproveche al máximo su potencia. Si suponemos que el despegue del ancla se puede conseguir con un esfuerzo equivalente de tres veces el peso del ancla (está entre 2.5 y 4 veces), la potencia es de:

$$P = \frac{0.87 * (P_C + P_a) + 3 * P_a}{60 * 75 * r} * V_1 * f$$

donde  $V_1$  es la velocidad del ancla al separarse del fondo. Para la potencia calculada, esta velocidad es de:

$$P = \frac{0.87 * (8020 + 5610) + 3 * 5610}{60 * 75 * 0.6} * V_1 * 2 = 21.25 * V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{105.5}{21.25} = 4.96 \text{ m/s}$$



Es conveniente comprobar que el molinete es capaz de levantar los 11 largos de cadena y el ancla, por si debido a una avería, el ancla y toda la cadena quedaran colgando. De esta forma el buque no se vería obligado a navegar con el ancla y cadena colgando. La potencia necesaria para esto es:

$$P = \frac{0.87 * (11 * 2005 + 5610)}{60 * 75 * 0.6} * 4.96 * 2 = 88.43 \text{ CV}$$

Como la potencia de los molinetes es de 105.5 CV, si puede llevar el ancla y los 11 largos de cadena.

Los dos molinetes se emplearán también para las faenas de amarre en proa y las del paso del canal de San Lorenzo.

La potencia del chigre de espía se calcula teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El chigre se emplea para el izado y arriado del ancla de popa (de espía) a su paso por el canal de San Lorenzo.
- El reglamento del citado canal permite utilizar el ancla de respeto del buque siempre que el chigre tenga una potencia no menor del 60% de la requerida para el molinete de proa.

Por tanto, la potencia del chigre de espía es de  $P = 0.6 * 105.5 = 63.3 \text{ CV}$  .

Cada ancla dispondrá de un escobén para su estiba en navegación y la cadena se retendrá mediante un estopor de rodillos. El diámetro mínimo del interior de la bocina del escobén se calcula mediante la expresión, en función del diámetro del eslabón de cadena:

$$D = [(100 - d) * 0.03867 + 7.5] * d = [(100 - 58) * 0.03867 + 7.5] * 58 = 529.2 \text{ mm}$$

#### **2.4.- EQUIPO DE AMARRE Y REMOLQUE**

Los cabos de amarre que debe llevar el buque, según tabla, son:

- Cable de remolque: longitud 220 m y 1100 kN de carga de rotura
- Amarras: 5 amarras de 190 m de longitud y 375 kN de carga de rotura

El buque tendrá 3 chigres de amarre en popa, de accionamiento electrohidráulico, uno de ellos llevará un tambor desembragable para la maniobra del cable y ancla para el paso del Canal de San Lorenzo (chigre de espía ya calculado). Los otros dos se calculan para una carga que sea la mitad de la carga de rotura de las amarras  $375/2 = 187.5$  kN, es decir,  $187.5 / 9.81 = 19$  t de capacidad a 15 m/min, provistos de tambor desembragable con freno de tensión constante y un cabirón. La potencia útil de cada uno de estos dos chigres, teniendo en cuenta un rendimiento mecánico del 60%, y un rendimiento eléctrico del motor del 85%, es:

$$P = \frac{19 * 9.8 * 15}{60 * 0.6 * 0.85} \approx 91 \text{ kW}$$

Llevará un cable de acero para la maniobra del ancla de popa de 190 metros de longitud y 605 KN de rotura.

Todas las amarras y cables irán adjudados y estibados en sus respectivos carreteles en las zonas de maniobra.

Se han dispuesto los siguientes elementos de amarre en las zonas que muestran los planos de disposición general:

#### Bitas

- 6 Bitas en la cubierta del Castillo, 2 para remolque y 4 para amarre
- 4 bitas en cubierta principal
- 4 bitas en cubierta de toldilla

#### Alabantes de rodillos

- 2 de tres rodillos en cubierta de castillo
- 2 de tres rodillos en cubierta de toldilla

Guías de retorno verticales para cambios de dirección de los cables de amarre y de maniobra

- 10 en la cubierta del Castillo
- 10 en la cubierta del Toldilla

Escobenes de costado para amarre a monoboya

- 4 escobenes sobre la amurada de la cubierta principal, 2 en proa y 2 en popa.

Guías para la navegación por el canal de Panamá

- 4 guías panamá simples, 2 en proa y 2 en popa
- 4 guías panamá dobles, 3 en proa y 1 en popa

Guías para la navegación por el canal de San Lorenzo

- 4 guías de rodillo dobles, 2 en proa y 2 en popa

A popa del Castillo y para el paso del Canal de San Lorenzo, se han instalado dos tangones, uno por banda, de 9 m de longitud, con el aparejo necesario que exige el Reglamento de dicho Canal.

Asimismo, a proa lleva un pescante de 500 kg con torrotito para el soportado del proyector para el paso por el canal de Suez, y maniobrable a mano.

En el Castillo, y para dar servicio al Pañol del contramaestre, se ha dispuesto un pescante para 500 kg maniobrado por un motor eléctrico de 1.5 CV aproximadamente.

### **3.- ESCALAS**

Las escalas interiores y exteriores de la habitación serán inclinadas y de unos 800 mm de anchura, de construcción metálica y con pasamanos de madera. En las zonas de pasillos interiores de la habitación se dispondrán pasamanos de seguridad contra balances. Las interiores de las bodegas y las de acceso a pañoles serán de tipo vertical, de acero y de construcción soldada. Se colocarán pisaderas de acero estriado soldadas a cubierta, al pie de las escalas metálicas exteriores y en las entradas a la superestructura.

### **Escalas reales y chigres**

Se han previsto dos escalas reales, una por banda, de un solo tramo, con plataforma superior e inferior giratoria y articulada respectivamente.

La longitud será de 14 m, suficiente para alcanzar desde la cubierta de Toldilla a la flotación en la condición mínima de lastre, con inclinación adecuada.

Las escalas se estibarán en los nichos de la amurada, fijándose al costado la escala en posición de trabajo mediante un soporte adecuado abatible apoyado en el costado, y en la posición de estiba mediante aparejos convenientes.

Se dispondrán 2 chigres, uno a cada banda, para la maniobra de las escalas reales, de potencia eléctrica 2 kW.

### **Escalas portátiles**

Se han previsto en las zonas de acceso a los botes salvavidas, dos escalas de gato reglamentarias, una por banda. Asimismo, se suministrará una escala para el práctico.

## **4.- EQUIPO DE SALVAMENTO**

De acuerdo con el reglamento SOLAS se ha provisto al buque de dos botes salvavidas cerrados, propulsados a motor, uno por banda, tal como se indica en el plano de Disposición General, uno de ellos de rescate. Los botes irán propulsados por motor diesel y darán una velocidad mínima de 4 nudos durante 24 horas. Su capacidad no será inferior a 35 personas. Serán de fibra de vidrio reforzado e irán equipados de acuerdo con el reglamento, disponiendo de fundas de lona de protección sobre soportes de madera. Llevarán grabado el nombre del buque. Se dispondrá una plataforma de embarque a los botes con escala de acceso, al nivel de su estiba para poder embarcar.

Como debe llevar balsas salvavidas con capacidad conjunta en cada banda para el 100% de las personas a bordo, se han previsto 4 balsas salvavidas autoinflables de 16 plazas cada una. Irán

estibadas en contenedores de fibra y sobre rampa de lanzamiento, dos a cada banda, y estarán equipadas según reglamento.

Chalecos salvavidas para cada uno de los tripulantes, más un 50% de respeto. Un mínimo de 12 aros salvavidas.

Se colocará por encima de la cubierta principal y en una zona alejada del guardacalor, una batería de acumuladores con capacidad para alimentar 3 horas el alumbrado de emergencia.

### **Chigres para las embarcaciones de supervivencia**

Se han dispuesto dos pescantes de gravedad para los botes salvavidas. Se instalarán dos chigres accionados por un motor eléctrico, uno por embarcación de supervivencia, para su izado. El cálculo de la potencia se hace suponiendo un peso de la embarcación de 2200 kg, llevando toda la tripulación con un peso medio de 80 kg por persona más un 20% para víveres, salvavidas y otros elementos.

La fuerza de tracción es:

$$(2200 + 28 * 80) * 1.2 = 5328 \text{ kg}$$

Considerando una velocidad de izado de 8 m/min, un rendimiento mecánico de 0.6 y un rendimiento eléctrico de 0.85, la potencia es:

$$P = \frac{5328 * 9.8 * 8}{60 * 0.6 * 0.85} * 10^{-3} = 12.7 \text{ kW}$$

Se suministrarán patines de deslizamiento para el arriado de los botes con el buque escorado.

## **5.- EQUIPO DE CARGA Y DESCARGA**

El buque estará equipado con dos grúas electrohidráulicas y una pluma. Dispondrá de una

grúa de 25 t y radio de acción 29 m, entre las bodegas 2 y 3, otra grúa doble de 2 x 25 t entre las bodegas 4 y 5, y una pluma de hasta 150 t entre las bodegas 3 y 4.

La potencia necesaria para izar la carga es:

$$P = \frac{F * v}{\eta} = \frac{m * g * v}{\eta}$$

donde m es la masa que puede levantar la grúa, v es la velocidad de izado en m/s, en este caso de 19 m/min ó 0,317 m/s. El rendimiento  $\eta$  de la grúa será de 0.5 el mecánico y 0.8 el eléctrico. Por tanto, la potencia demanda por las grúas es:

Grúa entre bodegas 2 y 3 :  $P = \frac{25 * 9.81 * 0.317}{0.5 * 0.8} = 194 \text{ kW}$

Grúa entre bodegas 4 y 5:  $P = \frac{2 * 25 * 9.81 * 0.317}{0.5 * 0.8} = 389 \text{ kW}$

La pluma de 150 t de carga, entre las bodegas 2 y 3 llevará dos plumas de 25 toneladas para carga general y contenedores de 20 pies, y la pluma de 150 t, siendo sus características las siguientes:

- Cargas pesadas: máximo 150 t con longitud de la pluma de 24 m y potencia de 3 chigres de 80 kW cada uno (240 kW), para realizar un ciclo de carga en 19 minutos.
- Cargas ligeras: 2 plumas de 25 m de y 25 t de capacidad de elevación, velocidad de 19 m/min y 6 chigres de 65 kW cada uno.

$$P = 2 * \frac{25 * 9.81 * 0.317}{0.5 * 0.8} = 389 \text{ kW}$$

El funcionamiento es el siguiente:

- El accionamiento de la pluma de 150 toneladas para cargas pesadas, es independiente del accionamiento de las plumas semiligeras, y precisa de tres maquinillas instaladas, una

para la maniobra del amante de carga y dos para la maniobra del amantillo y giro respectivamente.

- Las dos plumas semiligeras pueden trabajar simultáneamente pero independientes, por tanto su trabajo es a penol por estar en distinta bodega, precisando cada una para su maniobra de izado y giro de tres maquinillas instaladas.
- En ningún caso podrá trabajar la pluma de 150 toneladas juntamente con alguna de las plumas semiligeras.

Como no es posible que trabajen simultáneamente las plumas de 25 t con la de 150 t, para el balance eléctrico se tomará 240 kW como caso más desfavorable. Igualmente, supondremos que en la peor situación habrá dos grúas levantando carga simultáneamente.

El conjunto del mástil tipo Stüelcken, dispone de los medios necesarios para la estiba de los puntales durante la navegación, sin tener necesidad de apoyo sobre cubierta.

La grúa de proa se estibará en posición horizontal hacia proa y se apoya sobre un soporte que se instalará en la cubierta Castillo, fuera de la zona de escotilla de carga.

La grúa doble se estibará hacia popa y se apoya sobre un soporte común que se instalará en crujía fuera de las zonas de escotillas de carga y de la estiba de paneles.

## **6.- SERVICIO DE ACHIQUE, LASTRE Y CONTRAINCENDIOS**

### **6.1.- SERVICIO DE ACHIQUE**

El servicio de achique se proyectará para que se pueda achicar cualquier local estanco cuando el buque esté con asiento normal y adrizado o con escora inferior a 5°. El reglamento DNV dispone en la parte 4, Capítulo 6, Sección 4, los requisitos necesarios para el cálculo y diseño de este servicio. El sistema principal de sentinas tendrá aspiración de todos los pozos de sentina en cámara de máquinas, cofferdams, bodegas y caja de cadenas. Los pozos tendrán una capacidad de al menos

0.15 m<sup>3</sup> cada uno. Se pueden aceptar pozos de menor capacidad en compartimentos más pequeños. Los pozos de bodegas dispondrán de filtros metálicos en el extremo de la aspiración, con un diámetro de los orificios de unos 10 mm. La aspiración dispondrá de un válvula de no retorno.

Se colocará una aspiración de achique a cada banda de cada bodega de carga. Las tuberías de aspiración son ramales del servicio que están conectadas al colector de sentinas dispuesto a lo largo de la zona central del doble fondo, mediante válvulas de mariposa de accionamiento neumático a distancia. Se instalarán dos válvulas de retención entre los sistemas de agua salada de lastre y las aspiraciones de achique en compartimentos para prevenir la entrada no intencionada de agua.

En cuanto al cálculo de los diámetros de tuberías se emplean las fórmulas expresadas en el reglamento.

El diámetro interior del colector principal no será inferior al calculado mediante la siguiente fórmula, aproximado a 5 mm:

$$d_H = 1.68 \cdot \sqrt{(B + H) \cdot L} + 25 = 1.68 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 156} + 25 \approx 155 \text{ mm}$$

Como las tuberías de achique pasarán a través de tanques de lastre, según reglamento, el espesor para este diámetro debe ser de 8.8 mm. Para este espesor, el diámetro comercial a elegir es de 177.8 mm, y tiene un diámetro interior es  $177.8 - 2 \cdot 8.8 = 160.2 \text{ mm} > 155 \text{ mm}$ .

El diámetro interior de los ramales de aspiración de sentinas se calcula mediante la expresión:

$$d_1 = 2.15 \cdot \sqrt{(B + H) \cdot l} + 25 \text{ mm}$$

donde  $l$  es la eslora del compartimento. La eslora de las bodegas 1 a 5 es, respectivamente, 15 m, 18.75 m, 28.5 m, 28.5 m y 21 m. Por tanto, los diámetros de los ramales son:

- Bodega 1:  $d_1 = 2.15 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 15} + 25 \approx 75 \text{ mm}$
- Bodega 2:  $d_2 = 2.15 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 18.75} + 25 \approx 81 \text{ mm}$
- Bodega 3:  $d_3 = 2.15 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 28.5} + 25 \approx 94 \text{ mm}$



- Bodega 4:  $d_4 = 2.15 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 28.5} + 25 \approx 94 \text{ mm}$
- Bodega 5:  $d_5 = 2.15 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 21} + 25 \approx 84 \text{ mm}$

El achique del local del servomotor se realiza por medio de una tubería con válvula automática en el extremo, que descarga en el pozo de sentinas de la cámara de máquinas. El diámetro interior de la tubería de descarga es de 38 mm.

El achique a proa del mamparo del pique de proa se realiza por medio de una bomba de fangos, que será la que achique la caja de cadenas. El diámetro interior de las tuberías de aspiración da los piques de proa y popa no será menor de 63 mm.

### **Achique de Cámara de Máquinas**

Las sentinas de cámara de máquinas deben achicarse cada 4 horas, o menos si fuera necesario, para evitar que el líquido pase a los tanques a través de poros o juntas en mal estado, y pueda contaminar el aceite u otro fluido del doble fondo. Debería ser posible achicar cualquier cantidad de agua que entre a la cámara de máquinas por medio de al menos dos aspiraciones de sentina, cuando el barco esté sin asiento, y esté adrizado, o con una escora de no más de 5°. Una de estas aspiraciones serán ramales de aspiración conectados al colector principal, y otras serán aspiraciones directas de sentinas, es decir, aspiraciones que irán directamente a una bomba de accionamiento independiente.

Se colocarán al menos tres ramales de aspiración de sentinas unidos al colector principal. Las aspiraciones se dispondrán a proa y a popa a ambos lados de la cámara de máquinas, dos a proa y una a popa, debido a la forma trapezoidal de la cámara de máquinas.

Se colocarán, además, aspiraciones directas de sentina directamente a las bombas de achique desde cada costado de la cámara de máquinas, sin pasar por el colector principal. De esta forma, si el colector principal está fuera de servicio, se podrá seguir achicando la cámara de máquinas.

Si se coloca una aspiración de emergencia a una bomba autocebante, la aspiración directa de

sentinas se puede omitir en el lado donde se coloque la aspiración de emergencia.

El espesor de los ramales de las tuberías en cámara de máquinas será:

$$d_{CM} = 2.15 \cdot \sqrt{(B + H) \cdot l} + 25 = 2.15 \cdot \sqrt{(22.8 + 13.1) \cdot 27} + 25 \approx 92 \text{ mm}$$

Las aspiraciones directas de sentina tendrán un diámetro interior no menor de  $1.4 d_{CM}$ , pero no será mayor que el diámetro del colector. Las aspiraciones directas en cámara de máquinas tendrán un diámetro de:

$$d_{asp.directa} = 1.4 \cdot d_1 = 1.4 \cdot 92 = 129 \text{ mm}$$

En la aspiración de emergencia el diámetro será igual al de la aspiración de las bombas, pero no será superior a 400 mm.

Los pozos de aspiración de cámara de máquinas serán cajas de fango. No se utilizarán filtros metálicos en el extremo inferior de estas tuberías o en las aspiraciones directas y de emergencia.

### Número de bombas

Se proveerán al menos dos bombas de achique accionadas de forma independiente. Una de las bombas de sentina puede ser un eyector, si hay una bomba independiente que suministre agua suficiente para el funcionamiento del eyector. Cada bomba de achique será capaz de dar una velocidad del fluido de 2 m/s en el colector principal. La capacidad de la bomba Q, en m<sup>3</sup>/hora, se determina a partir de la fórmula:

$$Q = \frac{5.75 \cdot d^2}{10^3} = \frac{5.75 \cdot 160.2^2}{10^3} \approx 147.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las bombas de sentinas son de tipo centrífugo con sistema de autocebado incorporado. Como son bombas a las que se les exige un caudal importante a una presión reducida, y la cantidad de agua es pequeña, se suelen descebar. Por tanto, se suele instalar además, una bomba alternativa de menor capacidad, ya que ésta no se desceba. Las bombas de sentina se disponen de forma que

cualquiera de ellas pueda funcionar mientras se hace el mantenimiento de la otra. Se situarán lo más abajo posible en el buque, es decir, en el fondo de la cámara de máquinas. La presión que deben dar las bombas debe ser suficiente para elevar el agua desde las zonas más bajas del buque hasta el exterior, además de vencer las pérdidas de carga.

Teniendo en cuenta cierto margen y para minimizar el número de bombas que llevará el buque para los servicios de achique y lastre, se elegirán 1 electrobomba centrífuga, autocebada, de 250 m<sup>3</sup>/h a 3 bar, que será también bomba de lastre, y una electrobomba alternativa de pistones, vertical, de capacidad 125 m<sup>3</sup>/h a 3 bar. El reglamento indica que cuando una de las bombas tiene una capacidad inferior a la requerida, la otra puede suplir la deficiencia siempre y cuando la capacidad de la más pequeña no sea menor que un tercio de la capacidad en conjunto de ambas. Por tanto, con las bombas elegidas se cumple el requisito,  $125 = 1/3 * (250 + 125)$ . La potencia en el eje de las bombas es:

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.70} \cdot 3 \cdot 250 \cdot \frac{1.026}{36} = 30.53 \text{ kW}$$

$$P_E = \frac{1}{\eta_H} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.5} \cdot 3 \cdot 125 \cdot \frac{1.026}{36} = 21.4 \text{ kW}$$

SERVICIO DE SENTINAS						
Bomba/Equipo	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (bar)	η <sub>H</sub>	η <sub>E</sub>	P <sub>absorbida unitaria</sub> kW
Bomba achique sentinas y lastre	1	250	3	0.70	0.87	35.1
Bomba alternativa de sentinas	1	125	3	0.5	0.85	25.2

#### Equipo separador de aguas aceitosas

Según el arqueo del buque y de acuerdo con el reglamento, la capacidad del separador de aguas aceitosas es de 3 m<sup>3</sup>/h, capaz de producir un efluente con un contenido de residuo de menos de 15 ppm, para procesar las descargas contaminadas. El separador irá alimentado por una bomba alternativa de 0.55 kW de potencia. El separador puede ser de la marca YMC-3, con una potencia de 3 kW.

## 6.2.- SERVICIO DE LASTRE

Para el llenado y achique de los tanques de lastre se requiere un sistema de capacidad adecuada para conseguir una distribución de pesos adecuada en todo momento. Los tanques dispondrán de las correspondientes tuberías de aireación, para la entrada y salida de aire durante las operaciones de llenado y achique, y de tuberías de rebose, situadas en la parte superior de los mismos.

En los compartimentos de lastre la situación de los pozos será tal, que la aspiración de agua de mar para trasiego se pueda realizar convenientemente durante el funcionamiento normal del buque, normalmente a popa del tanque y en la parte inferior del mismo, para aprovechar el asiento positivo del barco. El servicio de lastre es bastante similar al de sentinas, desde el punto de vista de las condiciones que deben reunir las bombas. Esta similitud hace que en la mayoría de los casos se empleen bombas comunes para ambos servicios, aunque los servicios de achique y lastre serán independientes. Como las bombas centrífugas autocebadas se pueden descebar cuando los tanques estén casi vacíos, ya que aspiran aire, se instalará en el sistema una bomba alternativa de menor caudal.

El volumen máximo de lastre lo lleva el buque en la condición de carga en lastre con el 10% de consumos y es de 7826 m<sup>3</sup>. Las bombas han de ser capaces de deslastrar el barco como máximo, en el mismo número de horas empleadas en cargar el buque, pues de no ser así, habría que suspender la carga momentáneamente para que el buque no sumerja la marca de francobordo, con la consiguiente pérdida de tiempo en puerto. El tiempo de carga de este buque difiere según el tipo de la misma. Si se estima que el buque puede cargar 25 contenedores a la hora con las grúas y 20 con las plumas y actúan 2 plumas y una grúa a la vez, la carga de los 574 contenedores requeriría algo menos de 9 horas (574/(20+20+25)). Si las bombas centrífugas deslastrarán el 95% del lastre (el otro 5% lo hará una bomba alternativa), y fijamos un tiempo de deslastrado de 8 horas, se necesitará una capacidad de bombas centrífugas de:

$$Q = \frac{0.95 * 7826}{8} = 929.34 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se eligen las siguientes bombas de lastre:

- Bomba principal de lastre centrífuga, vertical, autocebada, de 500 m<sup>3</sup>/h, 3 bar de presión, rendimiento hidráulico 0,75 y eléctrico 0.88, cuya potencia es:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.75 * 0.88} \cdot 3 \cdot 500 \cdot \frac{1.026}{36} = 64.77 \text{ kW}$$

- Bomba de lastre y achique de sentinas de proa, centrífuga, vertical, autocebada, de 250 m<sup>3</sup>/h, 3 bar de presión, rendimiento hidráulico 0,70 y eléctrico 0.87, utilizada también en el servicio de achique, de 35.10 kW.
- Bomba de lastre y servicios generales, centrífuga, vertical, autocebada, de 250 m<sup>3</sup>/h, 3 bar de presión, cuya potencia es como la de la anterior.

Con estas tres bombas se tiene cubiertos los caudales de lastre y achique. La electrobomba alternativa debe deslastrar el 5% del volumen de lastre en el mismo tiempo que las bombas principales de lastre, por lo que su caudal mínimo es de:

$$Q = \frac{0.05 * 7826}{8} = 48.9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Como la bomba alternativa de sentinas tiene un caudal de 125 m<sup>3</sup>/h, se puede utilizar también para el deslastrado final.

De acuerdo con las Reglas, el ramal del pique de proa irá provisto de una válvula accionada manualmente a distancia desde la cubierta.

SERVICIO DE LASTRE						
Bomba/Equipo	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (bar)	η <sub>H</sub>	η <sub>E</sub>	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Bombas de lastre	1	500	3	0.75	0.88	64.77
Bomba de lastre y achique	1	250	3	0.70	0.87	35.10
Bomba de lastre y servicios generales	1	250	3	0.70	0.87	35.10

### **6.3.- SERVICIO DE BALDEO Y CONTRAINCENDIOS:**

Se instalará en el buque un servicio de agua salada contraincendios y de baldeo para limpieza de cubiertas. El sistema contará con un colector principal desde donde salen los ramales a cubierta, cámara de máquinas y habitación, que alimentan a las bocas de salida correspondientes, provistos de válvulas de conexión para mangueras. Dispondrá de una conexión internacional para toma de agua del exterior. En el interior de cada escobén se instalará una conexión a la mencionada línea de contraincendios, para el lavado de las cadenas de anclas. El servicio de contraincendios y baldeo se alimentará con las bombas de contraincendios y de la bomba de contraincendios de emergencia. Estas aspirarán de una toma de mar, y la de emergencia de una toma independiente.

El diámetro del colector, no es necesario que exceda de 125 mm, y viene dado por la expresión:

$$D = \frac{L_{PP}}{1.2} + 25 \text{ mm} = \frac{156}{1.2} + 25 = 155 \text{ mm}$$

Por tanto, el diámetro interior del colector es de 125 mm. El diámetro exterior, según los catálogos comerciales es de 139.7 mm y el espesor es de 4 mm. La presión de servicio es de unos 7 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo con el reglamento SOLAS, en los buques de carga no es necesario que la capacidad total de las bombas contraincendios, excluida la de emergencia, exceda de 180 m<sup>3</sup>/h. Además, especifica que cada una de las bombas tendrá una capacidad no inferior al 80% de la capacidad total exigida, dividida por el número de bombas, que es 2, por lo que cada bomba debe tener una capacidad superior a 72 m<sup>3</sup>/h.

Según SOLAS, habrá al menos dos bombas de accionamiento independiente, y como el arqueo es superior a 2000 GT, habrá una bomba de emergencia de accionamiento eléctrico, alimentada por el cuadro de emergencia.

Por otro lado la capacidad de las bombas, que no tiene que exceder de 180 m<sup>3</sup>/h, tiene que

ser de 4/3 la capacidad de las de achique, en este caso  $4/3 * (250 + 125)/2 = 250 \text{ m}^3/\text{h} > 180 \text{ m}^3/\text{h}$ . Se instalarán 2 bombas de igual capacidad, y otra de emergencia de capacidad no inferior al 40% de la capacidad total de las bombas contraincendios, es decir  $0.4 * 180 = 72 \text{ m}^3/\text{h}$ . Las características de las bombas CI son: electrobomba centrífuga, vertical, autocebada, de  $90 \text{ m}^3/\text{h}$  de capacidad, a 8 bar, de potencia:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.67 * 0.86} \cdot 8 \cdot 90 \cdot \frac{1.026}{36} = 35.61 \text{ kW}$$

La electrobomba de emergencia será centrífuga, autocebada, de  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  de capacidad, a 8 bar, irá situada en la cámara de bombas de proa, y tendrá una potencia de:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.67 * 0.86} \cdot 8 \cdot 80 \cdot \frac{1.026}{36} = 31.66 \text{ kW}$$

SERVICIO DE BALDEO Y CONTRAINCENDIOS						
Bomba/Equipo	Nº	m <sup>3</sup> /h	P (bar)	η <sub>H</sub>	η <sub>E</sub>	P <sub>absorbida</sub> unitaria kW
Bombas contraincendios	2	90	8	0.67	0.86	35.61
Bomba emergencia CI	1	80	8	0.67	0,86	31.66

## 7.- SERVICIO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Se instalará un servicio fijo de extinción de incendios por CO<sub>2</sub> para la cámara de máquinas. Según el SOLAS, la cantidad de CO<sub>2</sub> disponible será suficiente para dar un volumen de gas que será igual al mayor de los siguientes:

- El 40% del volumen del mayor espacio de máquinas protegido. El volumen de cámara de máquinas sin el guardacalor es de  $6307.68 \text{ m}^3$ . Si excluimos los espacios ocupados por tanques,  $1125.21 \text{ m}^3$  y maquinaria (supondremos permeabilidad alta de 85%), se estima que el volumen libre es de  $(6307.68 - 1125.21) * 0.85 = 4405 \text{ m}^3$ , luego el 40% es  $4405 * 0.4 = 1762 \text{ m}^3$ .
- El 35% del mayor espacio de máquinas protegido incluyendo el guardacalor, cuyo volumen estimado es de  $467.5 \text{ m}^3$ . El 35% del volumen total es de  $0.35 * (4405 + 467.5) = 1705.38 \text{ m}^3$ .

Por tanto, el volumen de gas será de 1762 m<sup>3</sup>. Si el volumen específico del CO<sub>2</sub> es 0.56 m<sup>3</sup>/kg, según reglamentación, y el peso de cada botella es de 45 kg, el número de botellas de la instalación es de:

$$\text{N}^\circ \text{ botellas} = \frac{\text{Volumen máquinas}}{P_{\text{botella}}} = \frac{1762}{\frac{v_{\text{CO}_2}}{45}} = \frac{1762}{0.56} \approx 70$$

Las 70 botellas de CO<sub>2</sub> irán estibadas en el local de CO<sub>2</sub> situado en la cubierta principal, dentro de la zona de cámara de máquinas a estribor, junto a la cámara de control de la propulsión. Es un local independiente de los espacios protegidos, estanco al gas, y con acceso desde cubierta principal. El sistema de distribución de la descarga en cámara de máquinas será en tres anillos con las bocas de descargas necesarias. Un anillo irá a la altura del doble fondo, otro a la altura del entrepuente y otro a la altura de la cubierta principal. Se dispondrán salidas en el interior del compartimento de las purificadoras y una salida próxima al quemador de la caldera.

Se instalará un sistema de alarma de CO<sub>2</sub> en cámara de máquinas. El disparo de la alarma conllevará la parada de los ventiladores de cámara de máquinas. Además, se instalará un sistema automático de rociadores, alarma y detección de incendios en la habitación.

Se dispondrán por todo el buque y de acuerdo con las exigencias del Reglamento SOLAS, todas las mangueras, extintores, cajas de arena, hachas, etc., necesarias. El pañol donde vayan las pinturas llevará un sistema de botellas independientes.

Se colocará en la habitación un sistema fijo de detección y alarma de incendios, como exige SOLAS. Para la extinción de incendios de la habitación se colocarán sprinklers. Empezarán a funcionar cuando se alcancen temperaturas entre 68°C y 79°C, salvo en espacios habitualmente muy calientes, como lavandería o zonas de secado, que tendrán una temperatura 30°C por encima de la anterior. Su capacidad no será menor de 5 litros por metro cuadrado y por minuto, y deberá cubrir un área mínima de 280 m<sup>2</sup>, zonas de pasillos hacia vías de evacuación y locales de cocina, lavandería, y hospital-enfermería. La capacidad que se obtiene es de 1400 l/min, pero el tanque presurizado de



agua dulce debe tener capacidad para al menos 2 minutos, por lo tanto serán 2800 litros. Pasados dos minutos, entrará en el sistema agua salada impulsada por la bomba del sistema contra incendios de 90 m<sup>3</sup>/h de caudal.

#### **8.- SERVICIO DE AGUA DULCE Y POTABLE**

El servicio de agua dulce y potable alimenta el agua de calderas y maquinaria principal, alimenta a los servicios sanitarios, y también al servicio de agua potable. Las bombas de agua dulce aspiran de los tanques de almacén de agua dulce y descargan a un tanque hidróforo a través de válvulas de retención de cierre. El tanque hidróforo suministrará agua a los siguientes servicios:

- Tanque calentador de agua dulce
- Suministro de agua a cocina, gambuza, oficinas, fuentes frías, lavandería.
- Suministro de agua fría a duchas y lavabos.
- Suministro de agua para baldeo de cocina y aseos, y para fluxómetro de inodoros.

El servicio dispondrá de un generador de agua dulce que se obtendrá por evaporación del agua salada del mar, aprovechando el calor del agua de refrigeración de las camisas del motor. El agua producida por el generador irá a los tanques almacén de agua dulce. Estos tanques dispondrán de una conexión en cubierta para poder llenarlos desde puerto.

El agua dulce obtenida por evaporación del agua salada a una temperatura de unos 45°C posee gérmenes y tiene un pH ácido, por lo que hay que potabilizarla en el circuito de agua potable, disminuyendo su acidez, agregándole sales minerales necesarias y eliminando los gérmenes nocivos. Los dos primeros objetivos se cumplen con un equipo neutralizador-mineralizador y el tercero regulando al cantidad de cloro o mediante un sistema de rayos ultravioleta.

El servicio de agua caliente suministrará agua a duchas, lavabos, piletas de cocina, oficinas, lavandería. La bomba del circuito pasa el agua por el calentador de vapor, tal como se vio en el cuadernillo de cámara de máquinas al calcular el balance de vapor.

La aportación del calor necesario del agua de refrigeración de camisas del motor no debe exceder del 40% para evitar que en caso de avería del generador, el choque térmico sea muy grande. Para que la evaporación se realice a 45 °C se necesita un vacío del 90% en el interior del generador, que se consigue mediante un eyector con agua salada. La bomba de extracción del agua obtenida va incorporada en el generador. Si la salinidad medida con un salinómetro es superior a 4 partes por millón, la bomba descarga a la sentina.

Para dimensionar el generador es necesario conocer la cantidad de agua dulce necesaria diariamente, y comprobar que con menos del 40% del calor del agua de refrigeración de las camisas del motor, se puede obtener. La estimación del consumo diario por persona es de 15 litros, por lo que para 28 tripulantes será de  $28 * 150 = 4200$  litros. Por otro lado, hay que tener en cuenta las pérdidas del circuito de vapor de la caldera auxiliar, y en los circuitos de refrigeración. Si estimamos el consumo de agua dulce como el doble del requerido por la tripulación, se instalará un generador evaporador de 10 t/día.

El calor disponible en el punto de optimización del motor funcionado a su régimen viene dado por la expresión:

$$Q = Q_L * q\% / 100 \text{ kW}$$

donde  $Q_L$  es el calor disipado en el enfriador de agua dulce de camisas cuando el motor se encuentra funcionado a la potencia máxima nominal, que es de 1541 kW, según fabricante del motor. El valor de  $q\%$  es:

$$q\% = \exp[0.0811 * \text{LN}(n\%) + 0.8072 * \text{LN}(p\%) + 1.2614]$$

donde  $N\%$  y  $P\%$  son las revoluciones y potencia del punto de optimización, dadas en tanto por ciento, de las nominales del motor. Si  $N\% = 96.5$  y  $P\% = 90\%$ ,  $q\% = 92.12\%$ . Por tanto:

$$Q = 1541 * 92.12 / 100 = 1419.57 \text{ kW}$$

Si se utiliza un generador de agua dulce del tipo evaporador por vacío de simple efecto, la

producción de agua se puede estimar en 0.03 t/día por kW disponible. Por tanto, la máxima cantidad de agua dulce que se puede producir con este calor es:

$$M = 0.03 * 1419.57 = 42.58 \text{ t/día}$$

que con el 40% como máximo será  $0.4 * 42.58 = 17 \text{ t/día}$ , suficiente para generar 10 t/día de agua dulce.

Se instalará un evaporador de 10 t/día, que utiliza el 23% del calor disipado por el agua de refrigeración de las camisas. Para el evector del evaporador se instalará una electrobomba autocebada de 20 m<sup>3</sup>/h a 4 bar, con una potencia de 4.1 kW.

### **Bombas del servicio y tanque hidróforo**

El tanque hidróforo es un depósito cilíndrico dotado de una purga en la parte alta, para permitir la entrada de aire la primera vez, y otra en la parte inferior para extraer los sedimentos. En el depósito se mantiene una cámara de aire a presión, que impulsa el agua hacia los servicios cuando no actúa la bomba, por tanto, debe estar a una presión suficiente para que el agua llegue al servicio más alejado, o que mayor pérdida de carga tenga. La bomba que llena el tanque hidróforo debe dar una presión superior en 0.1 a 0.2 kg/cm<sup>2</sup> a la existente en el tanque en el momento de máxima compresión del aire. La bomba arrancará intermitentemente por medio de un presostato accionado por la presión del aire.

Al calcular el consumo de vapor para calentar agua caliente, en el cuadernillo de cámara de máquinas, se realizó una estimación del consumo de agua fría, aplicando los coeficientes de simultaneidad al número de duchas, lavapiés, fregaderos, lavabos, fuentes frías, siendo el consumo simultáneo estimado de 103.08 l/min, es decir,  $103.08 * 60 = 6184.80 \text{ l/h}$ , que puede considerarse el caudal máximo requerido.

La presión diferencial de la bomba debe ser capaz de elevar el agua desde el tanque almacén situado a 10.75 m sobre la línea base, al aseo más alto situado en la habitación, a 29.5 m sobre la línea base. La presión diferencial que debe tener la bomba será la diferencia entre la presión de

entrada y la presión de salida, que es independiente de la altura a la que esté el tanque hidróforo.

$$P = d + f + e - a$$

donde:

- d = altura sobre línea base de la salida del servicio más alto
- f = pérdida de carga por la tubería, más un incremento para que el agua salga con presión (5 m.c.a.)
- e = diferencia entre la presión de parada y de arranque (15 a 20 m.c.a.)
- a = altura sobre la quilla del tanque almacén de agua dulce

$$P = d + f + e - a = 29.5 + 5 + 20 - 10.75 = 43.75 \text{ m.c.a.}$$

Por tanto, se instalarán dos bombas centrífugas autoaspirantes, una de respeto, de 7 m<sup>3</sup>/h, presión 4.5 bar.

La potencia es:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.5 * 0.75} \cdot 4.5 \cdot 7 \cdot \frac{1}{36} = 2.33 \text{ kW}$$

Suponiendo un número máximo de 10 arrancadas de la bomba en una hora, debido a que según se va consumiendo agua del tanque hidróforo hay que rellenarlo, el volumen del tanque, incluyendo la zona de decantación es de:

$$V = \frac{d + f - c + e + 10}{g * e * 2} * \frac{1.1}{2} * m * 0.36 \text{ m}^3$$

donde:

- c = altura sobre la quilla del tanque hidróforo
- g = número máximo de arranques de la bomba
- m = número de tripulantes del buque

$$V = \frac{29.5 + 5 - 2 + 20 + 10}{10 * 20 * 2} * 28 * \frac{1.1}{2} * 0.36 = 0.866 \text{ m}^3$$

El servicio de agua dulce dispondrá de un tanque hidróforo de 500 litros para agua destilada, que alimentará también a los retretes de los aseos. Para agua potable dispondrá un tanque hidróforo de 1000 litros, alimentado por el sistema de agua dulce a través de un sistema potabilizador.

Para almacenar la producción de agua dulce se dispone de dos tanques almacén de 62 m<sup>3</sup> cada uno, que deben satisfacer las necesidades de agua dulce de la tripulación en caso de avería del generador durante el periodo de navegación. Si suponemos un consumo de 150 litros por persona y día, un periodo de navegación, que para una autonomía de 12000 millas a 18 nudos es de 28 días, da una necesidad de 150 \* 28 \* 28 = 117600 litros, es decir, 117.6 m<sup>3</sup> < 63 \* 2 = 126 m<sup>3</sup>, luego se dispone de agua suficiente. Además el buque dispone para la maquinaria de un tanque almacén de agua destilada de 23.87 m<sup>3</sup>, que alimenta al hidróforo de agua destilada mediante una bomba de 2 m<sup>3</sup>/h, 4 bar, con una potencia de:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.45 * 0.65} \cdot 4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{36} = 0.76 \text{ kW}$$

Para el agua caliente dispondremos de un tanque almacén de 1200 litros para calentar el agua. El sistema tendrá una bomba centrífuga de alimentación, de 2 m<sup>3</sup>/h a 4.5 bar, con una potencia de:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} \cdot P \cdot Q \cdot \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.45 * 0.65} \cdot 4.5 \cdot 2 \cdot \frac{1}{36} = 0.85 \text{ kW}$$

Dispondrán de agua dulce sanitaria caliente, todas las duchas y lavabos, lavandería y cocina. El suministro de agua caliente se hará por medio de un circuito cerrado, en el cual la bomba del sistema hará circular el agua dulce caliente sanitaria a través del tanque calentador, para poder disponer de agua caliente en cualquier momento.

#### **9.- SERVICIO DE IMBORNALES Y DESCARGAS SANITARIAS:**

Para la descarga de los retretes se dispondrá de dos colectores principales situados uno a cada banda del buque. Asimismo, se dispondrá de otros dos colectores independientes para recoger las descargas de duchas, baños, lavabos e imbornales interiores de alojamientos. Las descargas de la cocina y la enfermería serán independientes.

Se montarán imbornales interiores en aseos, cocina, oficinas, pasillos, enfermería, lavandería, local de la planta de aire acondicionado, gambuza seca, gambuza refrigerada y en cualquier otro espacio húmedo que lo necesite.

Se dispondrán imbornales en todas las cubiertas exteriores de la superestructura, descargando los de cada cubierta en la cubierta inmediatamente inferior siempre que sea posible. Los de la cubierta principal descargarán al mar.

La descarga al exterior de los retretes y aguas grises se realizará por medio de una instalación de tratamiento de aguas residuales con capacidad para unas 34 personas.

Los diámetros de las tuberías de descarga serán los siguientes:

- Colector, lavabos y duchas . . . . . 4"
- Colector aguas fecales . . . . . 5"
- Descarga retretes . . . . . 4"
- Descarga duchas . . . . . 2"
- Descarga lavabos . . . . . 1 ½"
- Descarga oficinas . . . . . 1 ½"
- Descarga de fregaderos . . . . . 2"

Se dispondrá de una planta de tratamiento de aguas residuales para el 100% de las personas a bordo. Se estima que se generan 10 l/persona y día de aguas negras y 80 l/persona y día de aguas grises. Se instalará una planta de Facet Ibérica con capacidad de 300 l/persona y día, suficiente margen, y con una potencia de 5 kW. La planta estará integrada por un bloque compacto sobre polín, conteniendo las zonas de oxidación, clarificación, etc, con sus correspondientes registros, compresores rotativos de 20 m<sup>3</sup>/h, grupo motobomba de agua de 2 m<sup>3</sup>/h y 8 m.c.a., bombas dosificadoras de 5 l/h, cuba de preparación y dosificación de cloro, de 50 l de capacidad, y un cuadro de control. Se dispondrá de un tanque séptico de 15 m<sup>3</sup> en cámara de máquinas, para poder almacenar las aguas residuales en puerto o en zonas de navegación donde esté prohibido el vertido. Se instalará un incinerador para quemar residuos sólidos en el local de tratamiento de basuras.

## **10.- ATMOSFÉRICOS Y SONDAS**

Se instalarán tubos atmosféricos en todos los tanques y compartimientos que lleven dispositivos de llenado, bombeo o drenaje. Los de los tanques del doble fondo se dispondrán cerca de un refuerzo vertical del correspondiente mamparo, o de una bulárcama del costado.

Los tanques de combustible de la cámara de máquinas se desairearán a través de sus tubos de rebose que, en general, irán conectados a dos colectores de desaireación provistos de un tubo de aireación que se llevará hasta el exterior.

Llevarán en general un tubo de sonda, los cofferdams y tanques que lo necesiten. Los tubos se montarán lo más rectos posibles, desde la parte más baja del tanque hasta un lugar accesible. Se colocará una plancha gruesa de acero, de golpeo, debajo de cada tubo de sonda. Los tubos de sonda en la zona de bodegas, irán situados cerca de los refuerzos verticales de los mamparos o de una bulárcama de costado.

## **11.- SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL**

### **11.1.- PLANTA FRIGORÍFICA PARA LA GAMBUZA**

Se instalará un equipo completo frigorífico para la gambuza refrigerada. El equipo será del tipo de expansión directa, con baterías difusoras de aire frío montadas en el interior de las cámaras.

Los volúmenes de las cámaras se calcularán sin contar el volumen del aislamiento. Las temperaturas que se deberán mantener y volúmenes en el interior de las mismas, serán las siguientes:

- Cámara de carnes y pescado . . . . .	- 18 °C	35.5 m <sup>3</sup>
- Cámara de verduras y frutas . . . . .	4 °C	34.5 m <sup>3</sup>
- Antecámara . . . . .		9.4 m <sup>3</sup>

El equipo incluirá dos grupos condensadores y electrocompresores de 13 C.V. cada uno, con

sus correspondientes accesorios, uno queda de reserva cuando alcanza la temperatura de funcionamiento en 48 horas. Los compresores serán automáticos, de tipo marino, cada unidad compresor/motor eléctrico se montará en un polín común. Llevará dos electrobombas de circulación de agua salada para el condensador, centrífugas horizontales, una de respeto.

Cada grupo deberá ser capaz de mantener las temperaturas especificadas trabajando 18 horas diarias como máximo, con agua de mar a 32 °C de temperatura y con una temperatura ambiente de 40 °C.

Los condensadores serán horizontales, de tipo de envuelta y tubos, y deberán mantenerse siempre llenos de agua. Los condensadores estarán provistos con sus correspondientes mirillas de cristal para líquido.

Las baterías difusoras serán del tipo de serpentines aleteados de gran superficie de refrigeración, e irán provistos de electroventiladores y bandejas de goteo bajo los mismos. La descongelación se efectuará con gas refrigerante caliente invirtiendo el ciclo de refrigeración o mediante calentadores eléctricos.

La refrigeración de condensadores se realizará con una electrobomba de las siguientes características: 4 m<sup>3</sup>/h, presión de descarga 3 kg/cm<sup>2</sup>, y potencia 1 C.V.

La instalación se dispondrá da tal forma que las temperaturas en cada cámara puedan ser controladas de forma que cuando sea fijada una determinada temperatura en cualquier cámara, ésta será mantenida por regulación automática de la cantidad de refrigerante que pase por los serpentines de las baterías difusoras mediante válvulas de expansión termostáticas y solenoides.

Los compresores funcionarán automáticamente en los límites prefijados para la presión interior de los serpentines evaporadores de dichas baterías difusoras. Los recipientes de refrigerante tendrán una capacidad adecuada para permitir la purga en todo el sistema, para fines de reparación de cualquier parte del mismo.



En la gambuza frigorífica se dispondrá un interruptor o pulsador luminoso que accione una alarma óptica y acústica de seguridad colocada en la cocina. El sistema se alimentará del cuadro de emergencia.

### **Aislamientos en la gambuza refrigerada**

Dentro de la gambuza refrigerada se dispondrán mamparos divisorios con aislamiento adecuado para separar las cámaras según muestra el plano de disposición general. El coeficiente de conductividad medio será de 0,45 Kcal/m<sup>2</sup> °C h.

Los techos, mamparos exteriores y divisorios dentro de la gambuza refrigerada, se aislarán con material aislante de espesor requerido para mantener las temperaturas especificadas en cada cámara, protegidos de una barrera antivapor y forrada con plancha de aluminio anodizado de 2 mm de espesor.

Los pisos serán aislados con poliuretano expandido, protegido de un pavimento de cemento y baldosa cerámica antideslizante. Se dispondrá una canalización con imbornales para desagüe.

Las Puertas se aislarán por el mismo sistema e irán provistas con frisas de goma y herrajes necesarios. Llevarán un dispositivo para poder abrirlas desde el interior de la cámara.

Dentro de la cámara de carnes y pescado se dispondrán sistemas de perfiles de sujeción con sus correspondientes ganchos de acero inoxidable, además de estanterías metálicas, perchas y barras adecuadas. Las restantes cámaras llevarán estanterías metálicas inoxidables.

Para el manejo de provisiones se instalara un pescante de 750 kg sobre la escotilla exterior de acceso a la gambuza, en la toldilla, maniobrado con un motor eléctrico de 2 CV aproximadamente.

## **11.2.- EQUIPOS DE COCINA Y ELECTRODOMÉSTICOS**

### **Cocina**

- Cocina eléctrica de 20 kW con dos hornos
- Máquina universal de cocina

- Freidora eléctrica de 15 litros cada una y consumo de 3 kW.
- Peladora de patatas de 6 kg de capacidad , con un consumo de 0.6 kW
- Marmita eléctrica de 14 litros de capacidad y 12 kW de potencia
- Fabricador de cubitos de hielo
- Frigorífica de 1000 litros
- Bancos de trabajo
- Horno para pan de 5 kW
- Amasadora de 20 litros con un consumo de 1 kW
- Artesa
- Un lavaplatos
- Una cortadora de fiambres
- Una cafetera eléctrica
- Un molinillo eléctrico

### **Oficios de oficiales y tripulación**

En cada uno de ellos se instalará:

- Aparador de madera con piletta doble
- Armario
- Frigorífico de 250 litros de capacidad
- Calienta-platos al baño maría
- Tostador de pan
- Cafetera
- Microondas

En los camarotes del Capitán y Jefe de máquinas se instalará un frigorífico de 80 litros de capacidad.

### **Fuentes frías**

Alimentadas por el servicio de agua potable se han previsto cinco fuentes frías repartidas por las distintas cubiertas de Acomodación y Cámara de máquinas.

### **11.3.- EQUIPO DE LAVANDERÍA**

- Lavadora industrial de 12 kg de capacidad

- Dos lavadoras centrifugadoras de 7 kg de capacidad cada una
- Dos secadoras de 5 kg de capacidad cada una
- Fregadero
- Tablero de plancha
- Planchadora
- Mesa
- Armarios

#### **11.4.- RELOJES FIJOS**

Se instalarán relojes marinos de tipo eléctrico, de los cuales uno será maestro y los otros esclavos, distribuidos de la siguiente manera:

- Puente de gobierno con indicador de cambio de guardia
- Despacho del capitán
- Despacho del jefe de máquinas
- Comedor de oficiales
- Comedor de tripulación
- Cocina
- Cámara de control de cámara de máquinas
- Derrota

#### **12.- SERVICIO DE AIRE ACONDICIONADO**

Todos los alojamientos de tripulación, oficinas, comedores, salones, puente de gobierno, derrota y local de radio, irán con aire acondicionado. El local de la enfermería irá provisto de un acondicionador independiente.

El equipo de aire acondicionado consistirá en una unidad central, la cual llevará incorporada un sistema de serpentines de enfriamiento por expansión directa y otro sistema de elementos de calefacción a vapor, cuyo consumo ha sido calculado en el balance de vapor en el cuadernillo de cámara de máquinas. La planta frigorífica del equipo de aire acondicionado dispondrá de un grupo electrocompresor y un condensador.

El sistema se proyecta para trabajar en las siguientes condiciones:

<u>En verano</u>	<u>Temperatura</u>	<u>Humedad relativa</u>
Exterior	35 °C	70%
Interior	22 °C	50%
<u>En invierno</u>		
Exterior	- 10 °C	40%
Interior	20 °C	50%

El sistema tendrá una recirculación del aire acondicionado, de tal forma, que tanto en la condición de enfriamiento, como la de calentamiento, el aire exterior suministrado sea un 33.33 % del total circulado.

Los locales tendrán una renovación de aire nuevo, que en ningún caso será menor a 25 m<sup>3</sup>/h por persona.

El sistema de aire acondicionado será de alta presión con control de temperatura y humedad centralizado. El control local de cada espacio se hará reduciendo la cantidad de aire que entra en cada compartimiento.

La refrigeración del condensador se realizará con una electrobomba de refrigeración de capacidad adecuada o mediante el sistema de contraincendios del buque

Los conductos de distribución del sistema de aire acondicionado se aislarán adecuadamente a fin de evitar condensaciones.

La distribución del aire en cada espacio se hará a través de difusores de techo regulables y la exhaustación mediante rejillas también regulables colocadas sobre las puertas o mamparos.

El local de aire acondicionado está situado a Er en la cubierta principal y con acceso por la cámara de máquinas, según se ve en el plano de disposición general.

Para el cálculo del aire acondicionado se establecen las condiciones de temperatura de los locales de alrededor:

LOCAL	Tª
Habilitación	22
Cámara de máquinas	45
Guardacalor	60
Exterior	35

El calor que se produce en los locales proviene de cuatro focos:

- Calor de transmisión
- Calor de las luces
- Calor sensible de las personas
- Calor latente de las personas

### Calor de transmisión

Viene definido por:

$$Q_{TR} = K * A * (T_e - T_i)$$

donde K es el coeficiente de convección de transferencia de calor, A es el área de las superficies que rodean el local, Te es la temperatura exterior al local y T es la temperatura interior del local.

Se realiza un estudio del calor transmitido en la habitación, cubierta por cubierta.

Cubierta principal:

En esta cubierta se suministrará aire acondicionado solo a los comedores y salas de estar. En el resto de niveles de superestructura hasta el puente, el aire acondicionado será para todos los locales. En este barco el guardacalor va a popa de la superestructura.

Límite de locales	Área m <sup>2</sup>	K	Te	Ti	Q <sub>TR</sub> (Kcal/h)
Mamparo de popa	22.45	0.465	35	22	135.71
Costado babor	72.95	0.465	35	22	440.98
Costado estribor (a guardacalor)	71.45	0.465	60	22	1262.52
Mamparo de proa	27.70	0.465	35	22	167.45
Techo	134.50	0.465	22	22	0.00
Suelo (a C.M.)	130.90	0.454	45	22	1366.86
					3373.52

Cubierta de toldilla:

Límite de locales	Área m <sup>2</sup>	K	Te	Ti	Q <sub>TR</sub> (Kcal/h)
Mamparo de popa	41.44	0.465	35	22	250.50
Costados	2*33.60	0.465	35	22	406.22
Mamparo de proa	41.44	0.465	35	22	250.50
Techo	177.6	0.465	22	22	0.00
Suelo (a C.M.)	177.6	0.454	45	22	1854.50
					2761.73

Cubierta botes:

Límite de locales	Área m <sup>2</sup>	K	Te	Ti	Q <sub>TR</sub> (Kcal/h)
Mamparo de popa	41.44	0.465	35	22	250.50
Costados	2*33.60	0.465	35	22	406.22
Mamparo de proa	41.44	0.465	35	22	250.50
Techo	177.6	0.465	22	22	0.00
Suelo	177.6	0.454	22	22	0.00
					907.23

Cubierta de Oficiales

Límite de locales	Área m <sup>2</sup>	K	Te	Ti	Q <sub>TR</sub> (Kcal/h)
Mamparo de popa	41.44	0.465	35	22	250.50
Costados	2*33.60	0.465	35	22	406.22
Mamparo de proa	41.44	0.465	35	22	250.50
Techo	177.6	0.465	22	22	0.00
Suelo	177.6	0.454	22	22	0.00
					907.23

Cubierta bajo Puente

Límite de locales	Área m <sup>2</sup>	K	Te	Ti	Q <sub>TR</sub> (Kcal/h)
Mamparo de popa	41.44	0.465	35	22	250.50
Costados	2*33.60	0.465	35	22	406.22
Mamparo de proa	41.44	0.465	35	22	250.50
Techo	177.6	0.465	22	22	0.00
Suelo	177.6	0.454	22	22	0.00
					907.23

Cubierta Puentes:

Límite de locales	Área m <sup>2</sup>	K	Te	Ti	Q <sub>TR</sub> (Kcal/h)
Mamparo de popa	25.76	0.465	35	22	155.72
Costados	2*30.24	0.465	35	22	365.60
Mamparo de proa	29.54	0.465	35	22	178.57
Techo	99.00	0.465	35	22	598.46
Suelo	99.00	0.454	22	22	0.00
					1298.35

### Calor de las luces

Se estima que en cada compartimento hay una potencia de 0.2 kW, 12 kW en total, con una eficiencia del 85% (bajo consumo), es decir, 15% de pérdidas por calor:

$$Q_{\text{Luces}} = \text{Pot} * 860 = 12 * 0.15 * 860 = 1548 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

### Calor de las personas:

Se estima que una persona está en reposo en el camarote. Si suponemos a 20 personas a la vez en los camarotes, los calores sensible y latente son:

$$Q_S = N * Q_{\text{SECO}} = 20 * 75 = 1500 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad ; \quad Q_L = N * Q_{\text{HUMEDO}} = 20 * 25 = 500 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

En el comedor se estiman 15 personas realizando un trabajo ligero:

$$Q_S = N * Q_{\text{SECO}} = 15 * 100 = 1500 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad ; \quad Q_L = N * Q_{\text{HUMEDO}} = 15 * 125 = 1875 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

En la cocina se estiman 3 personas realizando un trabajo pesado:

$$Q_S = N * Q_{\text{SECO}} = 3 * 125 = 375 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad ; \quad Q_L = N * Q_{\text{HUMEDO}} = 3 * 200 = 600 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Luego el calor total y el calor sensible total son:

$$Q_T = 18053.30 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad ; \quad Q_{ST} = 15078.30 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

La pendiente térmica es:

$$R = \frac{Q_{ST}}{Q_T} = \frac{15078.3}{18053.3} = 0.835$$

Para calcular el peso de aire seco, se entra en el diagrama psicométrico para obtener las entalpías del aire a la entrada al compartimento y la entalpía existente en el aire interior del local. La entalpía del aire en el interior del compartimento a 22°C y 50% de humedad es  $J_i = 10.4$  Kcal/Kg de aire seco. Para calcular la entalpía del aire a la entrada al compartimento calculamos primero la temperatura del aire de la mezcla que entra al serpentín de enfriamiento. Si el aire exterior a 35°C y 70% de humedad representa un 33.33% de la mezcla, con el 66.67% del aire recirculado con una temperatura de 23°C (consideramos que gana un grado respecto a la temperatura del local), la temperatura  $T_M$  de la mezcla de aire que entra al serpentín es de:

$$T_M = \frac{1}{3} * 35 + \frac{2}{3} * 23 = 27^\circ \text{C}$$

La entalpía del aire de la mezcla, según diagrama psicométrico es  $J_M = 15.1$  Kcal/kg aire seco. Entre la salida del serpentín, punto  $s'$  (saturado), y la entrada al local, punto  $s$ , suponemos que el aire aumenta en 1°C su temperatura. Si desde el punto  $i$  que representa las condiciones del aire interior llevamos una paralela a la pendiente térmica, se obtiene un valor de la temperatura en  $S'$  de  $T_{S'} = 9.1^\circ\text{C}$ , es decir, la temperatura de entrada al local será de  $T_S = 10.1^\circ\text{C}$ . Por tanto, representando el punto en el diagrama psicométrico, la entalpía del aire a la entrada al local es de  $J_S = 6.7$  Kcal/kg de aire seco. Luego el peso de aire húmedo en  $S$  es:

$$P_{AS} = \frac{Q_T}{J_i - J_S} = \frac{18053.3}{10.4 - 6.7} = 4879.27 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

El caudal de aire que mueve el ventilador a la salida del mismo, punto  $S'$  es, obteniendo el volumen específico del diagrama psicométrico:

$$V_{S'} = P_{AS} * V_{\text{específico}} = 4879.27 * 0.8085 = 3944.9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para calcular la potencia frigorífica hay que calcular el peso del aire en el punto  $m$  de la mezcla, que es el peso de aire seco más el peso de agua que adquiere por humedad en ese punto:



$$P_{AM} = P_{AS} + P_{\text{Aire seco en S}} * (x_M - x_{S'})$$

$$P_{AS} = P_{\text{Aire seco en S}} * (1 + x_S) \Rightarrow P_{\text{Aire seco en S}} = \frac{4879.27}{1 + 0.0073} = 4843.91 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{hora}}$$

$$P_{AM} = 4879.27 + 4843.91 * \frac{(14 - 7.3)}{1000} = 4911.72 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Por tanto, la potencia frigorífica es:

$$P = P_{AM} * (J_M - J_{S'}) = 4911.72 * (15.1 - 6.7) = 41258.45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \Rightarrow P = \frac{41258.45}{860 * 0.735} = 65.27 \text{ CV}$$

El sistema constará de los siguientes elementos:

- Electrocompresor de 72 CV (10% de margen)
- Condensador
- Sistema de serpentines de enfriamiento por expansión directa de gas refrigerante
- Sistema de calefacción a vapor
- Electrobomba centrífuga de circulación de agua salada del condensador situada en la cámara de máquinas y de características, 50 m<sup>3</sup>/h, altura manométrica 25 m.c.a. (2.45 bar) y potencia eléctrica:

$$P = \frac{1}{\eta_H * \eta_E} * P * Q * \frac{\rho}{36} = \frac{1}{0.65 * 0.8} * 50 * 2.45 * \frac{1.025}{36} = 6.7 \text{ kW}$$

### **13.- SERVICIO DE VENTILACION DE BODEGAS Y LOCALES DE SERVICIO**

#### **Bodegas**

Las bodegas estarán provistas de ventilación mecánica para diez extracciones por hora del volumen de las bodegas. Los ventiladores irán montados en manguerotes con cabeza de hongo y provisto de cierre estanco. Se dispondrán conductos de ventilación por el interior de las bodegas de carga, para distribución del aire. Los ventiladores serán axiales y reversibles debiendo dar en la condición de reversible al menos el 50 % del flujo total. Por tanto las necesidades de ventilación de las bodegas son:

- Bodega 1: 2194.58 m<sup>3</sup> → Capacidad ventiladores = 21946 m<sup>3</sup>/h

Se instalarán 2 ventiladores helicoidales de impulsión de 11000 m<sup>3</sup>/h, 50 mm.c.a., potencia 2.95 kW, y 2 ventiladores helicoidales de extracción de 11000 m<sup>3</sup>/h, 58 mm.c.a., potencia 3.05 kW.

- Bodega 2: 3913.17 m<sup>3</sup> → Capacidad ventiladores = 39132 m<sup>3</sup>/h

Se instalarán 2 ventiladores helicoidales de impulsión de 19600 m<sup>3</sup>/h, 60 mm.c.a., potencia 4.85 kW, y 2 ventiladores helicoidales de extracción de 19600 m<sup>3</sup>/h, 68 mm.c.a., potencia 5 kW.

- Bodega 3: 6757.46 m<sup>3</sup> → Capacidad ventiladores = 67575 m<sup>3</sup>/h

Se instalarán 2 ventiladores helicoidales de impulsión de 33800 m<sup>3</sup>/h, 60 mm.c.a., potencia 8.35 kW, y 2 ventiladores helicoidales de extracción de 33800 m<sup>3</sup>/h, 68 mm.c.a., potencia 8.60 kW.

- Bodega 4: 6677.22 m<sup>3</sup> → Capacidad ventiladores = 66772 m<sup>3</sup>/h

Se instalarán 2 ventiladores helicoidales de impulsión de 33800 m<sup>3</sup>/h, 60 mm.c.a., potencia 8.35 kW, y 2 ventiladores helicoidales de extracción de 33800 m<sup>3</sup>/h, 68 mm.c.a., potencia 8.60 kW.

- Bodega 5: 4570.99 m<sup>3</sup> → Capacidad ventiladores = 45710 m<sup>3</sup>/h

Se instalarán 2 ventiladores helicoidales de impulsión de 23900 m<sup>3</sup>/h, 60 mm.c.a., potencia 5.90 kW, y 2 ventiladores helicoidales de extracción de 23900 m<sup>3</sup>/h, 68 mm.c.a., potencia 6.10 kW.

Bodega Nº	Nº vent.	Tipo	Función	Caudal m <sup>3</sup> /h	Presión mm.c.a.	Potencia kW	Potencia total
1	2	Axial	Impulsor	11000	50	2.95	12
	2	Axial	Extractor	11000	58	3.05	
2	2	Axial	Impulsor	19600	60	4.85	19.7
	2	Axial	Extractor	19600	68	5.00	

3	2	Axial	Impulsor	33800	60	8.35	33.9
	2	Axial	Extractor	33800	68	8.60	
4	2	Axial	Impulsor	33800	60	8.35	33.9
	2	Axial	Extractor	33800	68	8.60	
5	2	Axial	Impulsor	23900	60	5.90	24
	2	Axial	Extractor	23900	68	6.10	

Potencia total de los ventiladores = 123.5 kW

### Locales de servicio

Se instalará un sistema de ventilación natural y forzada por electroventiladores impulsores, y extractores de capacidad adecuada para las renovaciones horarias que a continuación se indican:

	Renovaciones / hora Suministro	Renovaciones / hora extracción
- Cocina	40	60
- Oficios	10	20
- Gambuza	15	20
- Aseos privados	---	15
- Aseos generales	---	20
- Local servomotor	---	5
- Local planta A/A°	60	Natural
- Local CO <sub>2</sub>	---	10
- Local baterías	---	10
- Lavandería	10	20
- Pañoles	Natural	Natural

Las aspiraciones y descargas de los ventiladores, serán a través de aberturas en mamparos provistas de rejillas contra agua con tapa. La exhaustación de aire de la cocina se hará a través de una campana de humos con filtro antigrasa situada encima de la cocina. El aire será distribuido y dirigido por medio de conductos y rejillas.

Local	Nº vent.	Función	Tipo	Caudal m <sup>3</sup> /h	Presión mm.c.a.	Potencia kW
Aseos	1	Exhaustación	Centrífugo	4750	125	2.75

Cocina, Oficios	1	Exhaustación	Axial	3750	30	1.25
Maquinaria A/Aº	1	Impulsión	Centrífugo	12400	240	20.4
Local CO <sub>2</sub>	1	Exhaustación	Axial	400	15	0.1
Local baterías	1	Exhaustación	Axial	300	15	0.1
Cocina, Gambuza Lavandería Oficios	1	Impulsión	Axial	5000	72	2
Aseo hospital	1	Exhaustación	Axial	300	15	0.1
Gambuza, Lavandería Servomotor	1	Exhaustación	Axial	3700	38	1.25
Hospital	1	Impulsión	Centrífugo	1350	5	0.3
Cámara Control	2	Impulsión	Centrífugo	3000	20	2

Potencia total = 30.25 kW

#### **Local generador de emergencia**

Este local está situado a Br, junto al guardacalor, en la cubierta de toldilla. Se ha previsto que lleve un extractor axial de las siguientes características:

- Caudal de aire = 5000 m<sup>3</sup>/h
- Presión total = 35 mm.c.a.
- Potencia absorbida = 1.1 kW

### **14.- EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y AUTOMATIZACIÓN**

#### **14.1.- EQUIPOS DE NAVEGACIÓN**

##### **Giroscópica y piloto automático**

Se colocará en el puente una giroscópica magistral de tipo compacto, con conexión al giropiloto y con los siguientes repetidores:

- 1 repetidor de rumbo para la derrota
- 2 repetidores, uno en cada alerón del puente

Se completará el equipo con un mecanismo de gobierno con control eléctrico y un piloto automático conectado a la giroscópica. El piloto automático se colocará sobre el pedestal de gobierno.

### **Aguja magnética**

En el techo del puente se instalará un compás magnético de tipo líquido, montado sobre bitácora y con lectura de rumbo mediante tubo periscópico al puente.

### **Radar, sondador y radiogoniómetro**

Se han previsto dos equipos de radar marino completo en el puente, con todos sus accesorios de movimiento relativo, instalado en la plataforma del mástil de luces del Puente de Gobierno. Cada equipo trabajará en una banda, cubriendo las bandas S y X. Se instalará un sistema ARPA anticolidión conectado al radar.

Se instalará un equipo de ecosonda ultrasonoro con el indicador principal en el local de Derrota y un indicador en la consola de navegación con alarma de fondo.

Se montará un equipo radiogoniómetro, cuyo receptor irá instalado en el local de Derrota.

### **Indicador de ángulo de timón**

Se instalará un equipo indicador de ángulo de timón de tipo síncrono y alimentado eléctricamente. El transmisor será accionado mecánicamente por la caña del timón en el compartimento del servomotor. El indicador irá instalado en el techo del puente con un repetidor en el puente y otro en local del servomotor, marcando la posición angular del timón en grados individuales hasta 35° a Br y Er y siguiendo la dirección del timón.

### **Indicador de rpm del motor principal y línea de ejes**

Será de un tipo capaz de soportar la humedad y las vibraciones. Constará de un sistema mecánico como integrador de revoluciones y un sistema eléctrico para indicar rpm instantáneas. El

transmisor será de tipo magneto con contador mecánico, accionado desde una rueda de engranajes.

Se instalarán dos indicadores, uno en la Cámara de Control de la Propulsión, y otro montado en la consola del Puente de Gobierno, con iluminación controlable.

### **Sirena**

En el palo del puente llevará una sirena de aire o bocina de niebla, controlada mediante conmutadores de control y contactor temporizado, con accionadores en el Puente y alerones para accionar manualmente la sirena. El contactor será accionado a motor y dispuesto para señales como exigen los Reglamentos.

### **Otros equipos de navegación**

Se dispondrán también los siguientes aparatos:

- Mesa de cartas
- Sistema de cartas electrónico
- Receptor GPS
- Un sextante
- Un cronómetro y un megáfono
- Un gong
- Un barómetro y un barógrafo
- Dos termómetros para medir la temperatura del aire exterior y la del agua del mar
- Un anemómetro
- Un psicrómetro
- Campanas de alarma de acuerdo con el reglamento SOLAS
- Dos binoculares para visión diurna y dos para visión nocturna
- Una corredera doppler con indicador de velocidad en el puente y cámara de control de la propulsión y un totalizador en el local de derrota
- Una caja negra con sistema de registro de datos

## **14.2.- EQUIPOS DE COMUNICACIONES**

Según la normativa IMO, dispondrá de una consola de quipos adecuada al sistema mundial

de seguridad y salvamento marítimo, "Global Maritime Distress and Safety System" GMDSS. El objetivo es que en caso de emergencia, el buque pueda enviar un mensaje de socorro a tierra, por más de un medio. El sistema GMDSS establece que el armador disponga de equipos duplicados de comunicaciones de seguridad y que disponga de una persona o equipo de mantenimiento a bordo o en tierra que permita reparar estos equipos. Otra condición que tienen que tener estos equipos es que tengan un suministro de energía independiente del resto del buque, por lo que dispondrán de baterías de capacidad adecuada al consumo de las consolas.

Los equipos que debe llevar la consola son:

- Un equipo de comunicación vía satélite (Standard A).
- Un transmisor de radio principal y otro de emergencia.
- Un receptor de radio principal y otro de emergencia, con capacidad de recepción de señales de radio, télex y facsímil para cartas meteorológicas.
- Una auto alarma radiotelefónica UHF / FM.
- Dos radiobalizas de emergencia (EPIRBS).
- Un sistema Navtex.
- Dos radioteléfonos VHF con DSC.
- Tres radioteléfonos VHF portátiles.
- Dos transpondedores radar (SART)

### **Telégrafo de órdenes a máquinas**

En el puente irá instalado un telégrafo eléctrico de órdenes a máquinas de tipo síncrono y dial de posiciones. El transmisor será de doble cara, con respuesta y timbre de llamada. El indicador será de una cara para montaje en mamparo, con respuesta y timbre. Otro indicador se instalará en la consola del Control de la Propulsión. El timbre de alarma del indicador sonará constantemente hasta que se acuse recibo de la orden. Llevará una alarma acústica y óptica por falta de alimentación eléctrica en el puente.

### **Equipo telefónico**

Se instalará una red general de teléfonos mediante equipos autoexcitados con magneto de llamada incorporada, y con circuitos comunes de conversación y llamada selectiva entre todas las estaciones. Comunicará entre otros, el puente con cámara de máquinas, despacho del Capitán, local del servo, central eléctrica de emergencia y camarote de Jefe de máquinas. La instalación cubrirá todos los locales que lo necesiten.

Se instalará una comunicación independiente entre el Puente y la estación de Radio. Los teléfonos que van situados en el Puente irán empotrados en la consola de mando y el de la estación de Radio será de tipo mamparo.

Se instalará un equipo de interfonos adecuado para las maniobras del buque, que ponga en comunicación el Puente con los extremos de proa y popa. Asimismo, dispondrán de equipo de comunicaciones UHF del tipo "walkie-talkie" para la comunicación con las diferentes áreas de cubierta.

### **Sistema de órdenes generales**

En la consola del Puente se instalará la estación de control central provista de interruptores independientes para hacer llamadas desde el Puente de Gobierno a las estaciones de maniobra de proa y popa. Dispondrá de enchufes estancos en los alerones del puente para la conexión de un micro. El sistema dispondrá de altavoces distribuidos exterior e interiormente.

### **Tubería acústica**

Una instalación de tubos acústicos comunicará el Puente de Gobierno con el techo de dicho puente, e irá situada junto a la aguja magistral.

### **Sistema de alarma general**

Para el control de la alarma general, se instalará un pulsador que pueda bloquearse en la



posición "Conectado", gobernando los timbres situados en pasillos de alojamientos, zonas de trabajo, local del servomotor y espacios de máquinas. Irá situado en la consola del Puente de Gobierno.

En el interruptor de control se marcará en rojo la inscripción "Alarma General".

En los compartimientos de la gambuza frigorífica se instalará un pulsador estanco que accione una alarma óptica y acústica colocada en la cocina.

### **Timbres de llamada a fonda**

Se instalarán un sistema completo de pulsadores y timbres de los oficios con cuadro indicador y de llamada. Se dispondrán pulsadores de llamada en los camarotes del Capitán, Jefe de máquinas, Oficiales, Comedores y Salones de Recreo.

### **Antenas para radiodifusión y TV**

Se instalará una estación de radio completa con todos los equipos exigidos por la legislación vigente, emplazados y alimentados de acuerdo con la misma. Dichos equipos serán los siguientes:

- Transmisor principal
- Transmisor de reserva
- Receptor principal
- Receptor de reserva
- Manipulador automático de alarma
- Autoalarma
- Radioteléfono VHF
- Dos antenas transmisoras principales, una de respeto
- Una antena principal receptora para telegrafía y autoalarma
- Antena de VHF
- Antenas de látigo

Se instalará en cada camarote y salón tomas para radio y televisión.

### **Sistema AIS**

El buque dispondrá, según IMO, del sistema AIS, que permite avisar y conocer la posición e identificación a otros buques y estaciones terrestres, para evitar colisiones.

### **Equipo portátil para botes**

Se instalará un equipo transmisor receptor portátil para los botes salvavidas. Será totalmente de acuerdo con las exigencias de los Reglamentos. Este equipo estará protegido por una cubierta estanca a prueba de choques y será capaz de flotar. Será alimentado por un generador incorporado movido a mano y podrá emitir las señales de socorro por medio de un dispositivo de clave.

### **14.3.- EQUIPOS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

El buque podrá llevar cámara desatendida, para lo cual dispondrá de los sensores y alarmas que el reglamento requiere. En la cámara de control de cámara de máquinas se colocará el cuadro eléctrico principal y la consola de control que incluirá lo siguiente:

- Panel para control remoto del motor y sistema de transferencia de control de cámara máquinas al puente y viceversa.
- Indicadores de los valores importantes, como velocidad y sentido de giro del eje.
- Sistema de alarma centralizado, visual y sonora.

Se instalarán los siguientes controles automáticos:

- Control de temperatura de aceite del motor.
- Control de temperatura de agua dulce de refrigeración de cilindros del motor.
- Control de temperatura del agua dulce de refrigeración de pistones del motor.
- Control de viscosidad del combustible del motor.
- Desludado automático de purificadoras de fuel y aceite del motor.

- Control de filtros de fuel y aceite del motor.
- Sistema de detección de niebla en el aceite del cárter del motor.
- Control de temperatura de aceite de los motores auxiliares.
- Control de temperatura de agua dulce de refrigeración de los motores auxiliares.
- Control de temperatura de los calentadores de las purificadoras de combustible y aceite.
- Control de agua de alimentación a la caldera.
- Control del quemador de la caldera.
- Control de descarga de exceso de vapor.
- Control de temperatura del calentador de agua dulce.
- Arranque y parada automáticos de los compresores principales de aire de arranque de relleno de botellas.
- Sistema de prelubricación automática de los motores auxiliares.
- Cuadro de control para mando remoto y señalización hidráulica de las válvulas de lastre y sentina, así como las válvulas de los tanques de combustible.
- Arranque automático de las bombas de reserva para servicios esenciales de propulsión.
- Arranque automático y acoplamiento del generador de emergencia al cuadro principal, y arranque secuencial de las bombas de los servicios esenciales de la propulsión.
- Arranque automático y acoplamiento del generador de emergencia al cuadro de emergencia.
- Control remoto de niveles de tanques.
- Control remoto del motor desde el puente de gobierno con extensión del sistema de alarmas e indicadores, según lo requerido por la sociedad de clasificación.
- Se instalará un panel de señalización de alarmas en cámara de máquinas, otro en local del servo y otro en cámara de control de cámara de máquinas.
- Sistema de control de incendios automático en cámara de máquinas
- El motor principal y los auxiliares dispondrán de un sistema de diagnosis.

En el Puente se colocará un pupitre de control del motor principal y un panel repetidor de

alarmas similar al de la Cámara de Control, pero con las alarmas agrupadas de forma homogénea. En ambos pupitres se dispondrán los correspondientes interruptores e indicadores que permitan pasar el control del buque desde la Cámara de Máquinas al Puente y viceversa.

Se dispondrán repetidores de alarma de sonido en los camarotes y comedor de oficiales, con un selector en el pupitre central de control.

Todas las alarmas serán audiovisuales. Las alarmas de sonido podrán silenciarse pulsando el correspondiente botón después de detectada la falta. La alarma visual, intermitente desde el momento de la avería hasta la silenciación de la alarma de sonido, se mantendrá fija hasta que la avería sea reparada.

## **15.- ALUMBRADO**

### **15.1.- LUCES DE NAVEGACIÓN**

El buque se ha previsto que pueda navegar y cruzar los Canales de Panamá, Suez y San Lorenzo, y para tal fin se ha dotado con las siguientes luces:

Navegación:

2 luces de tope blancas, una en el mástil de proa y otra sobre el puente

2 luces de costado, roja y verde

1 luz de alcance blanca a popa del guardacalor

1 luz de todo horizonte

1 luz centelleante

Fondeo

2 luces de fondeo blancas

Sin gobierno

2 luces de sin gobierno rojas

Remolque

1 luz amarilla de las mismas características que la de alcance

Canal de Panamá

1 luz de práctico azul

Canal de Suez

1 luz de parada roja

6 luces blancas de señales

5 luces rojas de señales

1 luz verde de señales

1 proyector

Canal de San Lorenzo

1 luz de tope blanca

2 luces de fondeo blancas a proa

2 luces de fondeo blancas a popa

Luz Morse

2 luces blancas para señales Morse

## **15.2.- ALUMBRADO EXTERIOR**

Para el alumbrado exterior de bodegas, zonas de escotillas en cubiertas, escala real, maniobra de botes, etc, se instalarán proyectores y reflectores adecuados. Se utilizarán focos de sodio de alta presión (o halógenos). Se instalarán los siguientes:

- 4 focos de 1000 watios cada uno en la cara de proa de la superestructura y 3 focos de 1000 watios cada uno en el mástil de proa, para iluminar la zona de bodegas a popa y a proa.
- 4 focos de 1000 watios cada uno en los mástiles de la pluma entre bodegas 2 y 3. Dos

focos irán a proa y dos a popa de los mástiles

- 2 focos de 400 watios en el mástil de proa para iluminar la zona de proa del castillo.
- 2 focos de 100 watios en el mástil de la pluma
- 2 focos de 500 watios para iluminación de la chimenea, uno a cada banda del buque.
- 2 focos de 200 watios para iluminación de botes, uno a cada banda, conectados al cuadro de emergencia.
- 2 focos de 400 watios para iluminación de las maquinillas de popa.
- 2 focos de 500 watios cada uno para iluminación de las balsas salvavidas.

### **15.3.- ALUMBRADO INTERIOR**

#### **Aparatos de alumbrado**

En general, en los espacios interiores de la acomodación, los aparatos de alumbrado serán de tipo no estanco, en los aseos se colocarán aparatos a prueba de humedad, en el pañol donde haya pinturas y en el local de baterías se dispondrá alumbrado antideflagrante.

En los locales de Cámara de máquinas, servomotor, gambuza, pañoles, CO<sub>2</sub>, cocina, oficios, y otros espacios similares, se colocarán aparatos estancos.

Se dispondrán tubos fluorescentes de encendido rápido, de 2 x 40 watios. El sistema de alumbrado está conectado a la red de 220 V/60 Hz del buque. Cada subcircuito final de alumbrado alimentará como máximo 1500 W y un máximo de 18 puntos de luz. Las luces de pasillos y cubiertas intemperie irán agrupadas convenientemente, y cada grupo dispondrá de un interruptor en el cuadro de distribución.

Los locales a iluminar son:

- Camarotes oficiales y tripulantes
- Oficinas
- Cocina
- Gambuza

- Guardacalor
- Local del servo
- Cámara de máquinas y locales interiores (purificadoras, cámara control, taller...)
- Comedores y salas
- Pasillos
- Puente
- Pañoles de proa y de popa
- Local grupo emergencia
- Local aire acondicionado
- Enfermería
- Oficina de carga
- Lavandería
- Local CO<sub>2</sub>

La potencia total instalada se ha estimado a partir de un buque similar, siendo aproximadamente de 140 kW.

#### **16.- TALLER DE MÁQUINAS Y ELECTRICIDAD**

El taller de máquinas llevará las siguientes máquinas herramientas y útiles:

- Un torno de 3 kW y 1500 mm entre puntos
- Un taladro vertical de 1.5 kW para brocas de hasta 32 mm de diámetro
- Un taladro portátil
- Una esmeriladora de doble muela de 300 mm de diámetro y 0.5 kW
- Un equipo de soldadura eléctrica de 50-375 amperios de intensidad de salida y 4 kW
- Un equipo portátil de corte y soldadura oxiacetilénica son dos botellas de oxígeno y dos de acetileno
- Una sierra de 2kW
- Un banco de trabajo.
- Una mesa de trabajo.
- Armarios metálicos

Para electricidad llevará lo siguiente:

- Tablero eléctrico de pruebas
- Un banco de trabajo
- Una mesa de trabajo
- Armarios metálicos

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Apuntes equipo y servicios ETSINO
- Apuntes Sistemas auxiliares del buque. ETSINO

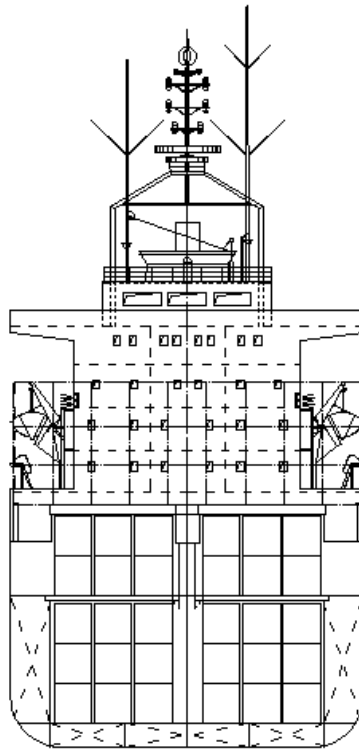




UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 9

## PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 9**

**PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- PESO DEL ACERO	3
3.- PESO DE LA MAQUINARIA	22
4.- PESO DE EQUIPO Y HABILITACIÓN	23
5.- RESUMEN DE PESO EN ROSCA	32

## **1.- INTRODUCCIÓN**

En este cuadernillo se estimará el peso del buque en rosca y su centro de gravedad, descomponiéndolo en cuatro grupos, peso del acero, peso de la maquinaria, peso de los equipos y servicios, y peso de la habilitación.

El peso del acero continuo se estimará mediante el método de Aldwinckle, descrito en el libro "Ecuación del desplazamiento. Peso en rosca y peso muerto", de Manuel Meizoso Fernández y José Luis García Garcés. Para el cálculo del resto de pesos de acero se utilizarán fórmulas dependientes del tipo de buque y de la zona considerada, obtenidas de los apuntes de la cátedra de proyectos de la ETSIN y del libro "El proyecto básico del buque mercante".

Los pesos de la maquinaria, equipo y habilitación se calcularán por estimación mediante fórmulas o a partir de los pesos del buque base, y los pesos reales de aquellos elementos cuyos valores son conocidos, como el peso del motor.

Al resultado de la estimación de la suma de cada grupo se le sumará un margen por aquellas partidas menores no tenidas en cuenta.

Los centros de gravedad y la posición a lo largo de la eslora en la que se reparten los pesos, se obtienen del plano de disposición general con la ayuda del programa AutoCad. Están referidos a la sección media y a la línea base.

## **2.- PESO DEL ACERO**

El peso de casco se calcula estimando el peso de acero continuo, tanto longitudinal como transversal, a los que se le suman los pesos de acero locales, mamparos, superestructuras y otros.

### **PESO DE ACERO CONTINUO LONGITUDINAL**

Mediante el método de Aldwinckle se extrapola el peso de acero longitudinal continuo a partir del peso por metro de la cuaderna maestra  $W_L(10)$ , que se ha calculado en el cuadernillo 6 y vale 16.079 t/m, con una posición del centro de gravedad a 4.370 m sobre la línea base. En cualquier otra posición a lo largo de la eslora el valor estimado del peso por metro es:

$$W_L(i) = G(i)^{m(i)} * W_L(10) \text{ T/m}$$

donde:  $G(i)$  es la relación entre el perímetro de la sección  $i$ -ésima y la sección maestra.

$m(i)$  es un coeficiente que depende del tipo de buque, en este caso el de un carguero.

Los datos del perímetro de cada sección se han obtenido a partir de las secciones del programa Maxsurf, que se han exportado en formato dxf al programa AutoCad.

La distribución de pesos longitudinales a lo largo de la eslora es:

Sección	Abscisa (m)	Perímetro	G(i)	m(i)	$W_L(i)$ (T/m)
0	0.00	31.14	0.449	3.45	1.018
1	7.80	51.79	0.747	5.39	3.348
2	15.60	55.12	0.795	4.88	5.265
3	23.40	58.09	0.838	3.68	8.404
4	31.20	61.20	0.883	2.48	11.818
5	39.00	64.20	0.927	2.05	13.751
6	46.80	66.91	0.966	1.61	15.199
7	54.60	68.46	0.988	1.00	15.886
8	62.40	69.29	1.000	1.00	16.079
9	70.20	69.29	1.000	1.00	16.079
10	78.00	69.29	1.000	1.00	16.079
11	85.80	69.29	1.000	1.00	16.079
12	93.60	69.29	1.000	1.00	16.079
13	101.40	68.55	0.989	1.91	15.753
14	109.20	66.89	0.965	2.22	14.869
15	117.00	63.28	0.913	2.80	12.472
16	124.80	58.30	0.841	3.39	8.954
17	132.60	52.29	0.755	3.33	6.297
18	140.40	45.99	0.664	3.27	4.209
19	148.20	40.23	0.581	3.44	2.477
20	156.00	27.59	0.398	2.61	1.454

El peso transversal continuo de acero  $W_R(10)$ , que se ha calculado en el cuadernillo 6 y vale 2.546 t/m, con una posición del centro de gravedad a 4.602 m sobre la línea base. En cualquier otra sección se calcula a partir del de la sección media, como:

$$W_R(i) = Q(i)^{P(i)} * W_R(10) \text{ T/m}$$

donde:  $Q(i)$  es el cociente del área de la sección i-ésima y la sección maestra

$P(i)$  es el índice de la sección i-ésima. No depende del tipo de buque

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

Los datos de las áreas de cada sección se han obtenido de forma análoga al perímetro.

La distribución del peso transversal por metro, a lo largo de la eslora es:

Sección	Abscisa (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Q(i)	p(i)	W <sub>r</sub> (i) (T/m)
0	0.00	42.82	0.145	0.50	0.971
1	7.80	96.58	0.328	0.65	1.233
2	15.60	146.56	0.498	0.78	1.477
3	23.40	191.76	0.651	0.88	1.745
4	31.20	231.72	0.787	0.94	2.032
5	39.00	262.97	0.893	0.99	2.275
6	46.80	283.72	0.963	1.00	2.452
7	54.60	292.08	0.991	1.00	2.524
8	62.40	294.59	1.000	1.00	2.546
9	70.20	294.59	1.000	1.00	2.546
10	78.00	294.59	1.000	1.00	2.546
11	85.80	294.59	1.000	1.00	2.546
12	93.60	294.59	1.000	1.00	2.546
13	101.40	289.99	0.984	1.00	2.506
14	109.20	277.89	0.943	1.00	2.402
15	117.00	249.99	0.849	0.99	2.164
16	124.80	210.33	0.714	0.94	1.855
17	132.60	162.61	0.552	0.88	1.509
18	140.40	112.66	0.382	0.78	1.203
19	148.20	67.63	0.230	0.65	0.978
20	156.00	24.64	0.084	0.50	0.736

Por tanto, el peso de acero continuo es la suma del peso longitudinal más el transversal. El peso total y la posición longitudinal del centro de gravedad se obtiene integrando por Simpson:

Sección	Abscisa	W <sub>L</sub> (i)	W <sub>r</sub> (i)	W <sub>Total</sub> (i)	F.S.	F.Peso	F. Mom. x
0	0.00	1.018	0.971	1.989	1	1.989	0.000
1	7.80	3.348	1.233	4.582	4	18.326	142.945
2	15.60	5.265	1.477	6.742	2	13.483	210.340
3	23.40	8.404	1.745	10.149	4	40.596	949.935
4	31.20	11.818	2.032	13.850	2	27.699	864.214
5	39.00	13.751	2.275	16.026	4	64.105	2500.088
6	46.80	15.199	2.452	17.651	2	35.302	1652.155
7	54.60	15.886	2.524	18.411	4	73.643	4020.897
8	62.40	16.079	2.546	18.625	2	37.250	2324.400
9	70.20	16.079	2.546	18.625	4	74.500	5229.900
10	78.00	16.079	2.546	18.625	2	37.250	2905.500
11	85.80	16.079	2.546	18.625	4	74.500	6392.100
12	93.60	16.079	2.546	18.625	2	37.250	3486.600
13	101.40	15.753	2.506	18.259	4	73.035	7405.791

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

14	109.20	14.869	2.402	17.270	2	34.541	3771.843
15	117.00	12.472	2.164	14.636	4	58.543	6849.577
16	124.80	8.954	1.855	10.809	2	21.617	2697.825
17	132.60	6.297	1.509	7.807	4	31.226	4140.629
18	140.40	4.209	1.203	5.412	2	10.824	1519.668
19	148.20	2.477	0.978	3.456	4	13.823	2048.547
20	156.00	1.454	0.736	2.190	1	2.190	341.642
Total						781.693	59454.597

$$\text{Peso acero continuo} = \frac{h}{3} * \sum F.Peso = \frac{156/20}{3} * 781.693 = 2032.40 \text{ t}$$

$$\text{Posición longitudinal del centro de gravedad} = \frac{\sum F. \text{Momento } x}{\sum F.Peso} = \frac{59454.597}{781.693} = 76.059 \text{ m}$$

Para calcular la posición vertical del centro de gravedad, se hará independientemente para la estructura longitudinal y para la estructura transversal. En el caso de la estructura longitudinal, se ha calculado en el cuadernillo de Cuaderna Maestra, que la posición vertical del centro de gravedad está a 4.37 m sobre la línea base. Se calcula un factor z para obtener la coordenada del centro de gravedad de cualquier sección z(i), como una relación entre la coordenada del centro de gravedad de la maestra, 4.370 m, y la coordenada del área de la misma, 6.6218 m, obtenida de AutoCad, multiplicada por la coordenada del centro de gravedad del área de cada sección z<sub>A</sub>(i). En nuestro caso la relación es z = 4.37 / 6.6218 = 0.66. Con este coeficiente se calcula el valor de la posición vertical del centro de gravedad de las otras secciones, y del peso continuo longitudinal:

Sección	z <sub>A</sub> (i)	z(i) = z * z <sub>A</sub> (i)	W <sub>L</sub> (i)	F.S.	F.Peso	F.M.z=F.S.*W <sub>L</sub> (i)*z(i)
0	11.3943	7.520	1.018	1	1.0183	7.658
1	9.5412	6.297	3.348	4	13.3934	84.341
2	8.6823	5.730	5.265	2	10.5294	60.337
3	7.9984	5.279	8.404	4	33.6159	177.456
4	7.4888	4.943	11.818	2	23.6358	116.822
5	7.0940	4.682	13.751	4	55.0036	257.529
6	6.8052	4.491	15.199	2	30.3983	136.532
7	6.6779	4.407	15.886	4	63.5456	280.072
8	6.6218	4.370	16.079	2	32.1580	140.543
9	6.6218	4.370	16.079	4	64.3160	281.086
10	6.6218	4.370	16.079	2	32.1580	140.543
11	6.6218	4.370	16.079	4	64.3160	281.086
12	6.6218	4.370	16.079	2	32.1580	140.543
13	6.6663	4.400	15.753	4	63.0104	277.231
14	6.7358	4.446	14.869	2	29.7373	132.201
15	6.8601	4.528	12.472	4	49.8870	225.872

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

16	7.0155	4.630	8.954	2	17.9074	82.915
17	7.1726	4.734	6.297	4	25.1895	119.245
18	7.2827	4.807	4.209	2	8.4179	40.462
19	6.8344	4.511	2.477	4	9.9098	44.700
20	4.2290	2.791	1.454	1	1.4537	4.057
Total					661.7595	3031.231

$$\text{Posición vertical c. de g. acero continuo longit.} = \frac{\sum \text{F. Momento } z}{\sum \text{F. Peso}} = \frac{3031.231}{661.7595} = 4.581 \text{ m}$$

Para el acero continuo transversal se realiza un cálculo similar, sabiendo que la posición vertical del centro de gravedad de este acero es, según datos del cuadernillo de escantillonado:

$$z_{\text{Estructura transversal}} = \frac{0.4476 * 3.152 + 0.00927 * 9.194 + 2.089 * 4.891}{0.4476 + 0.00927 + 2.089} = 4.602 \text{ m}$$

El factor z para la estructura transversal es  $4.602 / 6.6218 = 0.695$ . La coordenada z de la estructura transversal es:

Sección	$z_A(i)$	$z(i) = z * z_A(i)$	$W_r(i)$	F.S.	F.Peso	F.M.z=F.S.* $W_r(i)$ *z(i)
0	11.3943	7.919	0.971	1	0.9707	7.687
1	9.5412	6.631	1.233	4	4.9329	32.711
2	8.6823	6.034	1.477	2	2.9539	17.824
3	7.9984	5.559	1.745	4	6.9796	38.799
4	7.4888	5.205	2.032	2	4.0634	21.149
5	7.0940	4.930	2.275	4	9.1012	44.872
6	6.8052	4.730	2.452	2	4.9041	23.195
7	6.6779	4.641	2.524	4	10.0972	46.863
8	6.6218	4.602	2.546	2	5.0920	23.434
9	6.6218	4.602	2.546	4	10.1840	46.868
10	6.6218	4.602	2.546	2	5.0920	23.434
11	6.6218	4.602	2.546	4	10.1840	46.868
12	6.6218	4.602	2.546	2	5.0920	23.434
13	6.6663	4.633	2.506	4	10.0250	46.447
14	6.7358	4.681	2.402	2	4.8033	22.486
15	6.8601	4.768	2.164	4	8.6564	41.272
16	7.0155	4.876	1.855	2	3.7098	18.088
17	7.1726	4.985	1.509	4	6.0369	30.094
18	7.2827	5.061	1.203	2	2.4059	12.177
19	6.8344	4.750	0.978	4	3.9131	18.587
20	4.2290	2.939	0.736	1	0.7363	2.164
Total					119.9338	588.453



$$\text{Posición vertical c. de g. acero continuo transv.} = \frac{\sum \text{F.Momento } z}{\sum \text{F.Peso}} = \frac{588.453}{119.934} = 4.906 \text{ m}$$

En resumen, el peso de acero continuo y su centro de gravedad son:

Peso acero continuo = 2032.40 t

Posición longit. del centro de gravedad = 76.059 m desde Ppp = -1.941 m desde secc. media

$$\text{Posición vertical del centro de gravedad} = \frac{3031.231 + 588.453}{661.7595 + 119.934} = 4.631 \text{ m sobre línea base.}$$

### PESO ESTRUCTURA CUBIERTAS ENTRE ESCOTILLAS (ENTRE BODEGAS)

En el cuadernillo de cuaderna maestra se ha escantillonado la cubierta principal y la de entrepuente entre escotilla. Con los datos allí calculados, y las áreas y longitudes obtenidas de Autocad, se estimará el peso de estos tramos de cubierta. Tendremos en cuenta el número de baos en cada tramo de la misma, incluido el bao bajo la brazola.

#### **\* Tramo entre mamparo cámara de máquinas y escotillas bodega 5.**

Distribuido entre -43.2 y -38.7m:

- Cubierta principal:

Longitud tramo = 4.45 m

Área de cubierta de 11 mm de espesor = 71.29 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 140x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 13.83 cm<sup>2</sup>.

2 baos de 350 x 20/200 x 15, de área 100 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + Peso longitudinales + Peso bao =

$$=(71.29 * 0.011 + 24 * 4.45 * 13.83 * 10^{-4} + 2 * 100 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 9.86 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 34.8 + 4.45/2 = 37.03 \text{ m (-40.97 m)}$  ;  $z_g = 13 \text{ m (aprox.)}$

- Entrepunte:

Longitud tramo = 4.45 m

Área de cubierta de 10 mm de espesor = 71.29 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 160x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 16.20 cm<sup>2</sup>.

2 baos de 400 x 20/280 x 20, de área 136 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + peso longitudinales =

$$=(71.29 * 0.010 + 24 * 4.45 * 16.20 * 10^{-4} + 2 * 136 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 10.40 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 34.8 + 4.45/2 = 37.03 \text{ m}$  (-40.97 m) ;  $z_g = 9.55 \text{ m}$  (aprox.)

**\* Tramos entre mamparo escotillas bodega 5 y bodega 4.**

Distribuido entre -25.95 y -18.45 m:

- Cubierta principal:

Longitud tramo = 7.5 m

Área de cubierta de 11 mm de espesor= 120.15 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 140x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 13.83 cm<sup>2</sup>.

4 baos de 350 x 20/200 x 15, de área 100 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + Peso longitudinales + Peso bao =

$$=(120.15 * 0.011 + 24 * 7.5 * 13.83 * 10^{-4} + 4 * 100 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 17.40 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 55.8 \text{ m}$  (-22.2 m) ;  $z_g = 13 \text{ m}$  (aprox.)

- Entrepunte:

Longitud tramo = 7.5 m

Área de cubierta de 10 mm de espesor = 120.15 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 160x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 16.20 cm<sup>2</sup>.

4 baos de 400 x 20/280 x 20, de área 136 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + peso longitudinales =

$$=(120.15 * 0.010 + 24 * 7.5 * 16.20 * 10^{-4} + 4 * 136 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 18.62 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 55.8 \text{ m}$  (-22.2 m) ;  $z_g = 9.55 \text{ m}$  (aprox.)

**\* Tramos entre mamparo escotillas bodega 4 y bodega 3.**

Distribuido entre 1.05 y 11.55 m:

- Cubierta principal:

Longitud tramo = 10.5 m

Área de cubierta de 11 mm de espesor= 168.21 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 140x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 13.83 cm<sup>2</sup>.

4 baos de 350 x 20/200 x 15, de área 100 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + Peso longitudinales + Peso bao =

$$=(168.21 * 0.011 + 24 * 10.5 * 13.83 * 10^{-4} + 4 * 100 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 22.34 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 84.3 \text{ m}$  (6.3 m) ;  $z_g = 13 \text{ m}$  (aprox.)

- Entrepuente:

Longitud tramo = 10.5 m

Área de cubierta de 10 mm de espesor = 168.21 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 160x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 16.20 cm<sup>2</sup>.

4 baos de 400 x 20/280 x 20, de área 136 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + peso longitudinales =

$$=(168.21 * 0.010 + 24 * 10.5 * 16.20 * 10^{-4} + 4 * 136 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 23.31 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 84.3 \text{ m}$  (6.3 m) ;  $z_g = 9.55 \text{ m}$  (aprox.)

**\* Tramos entre mamparo escotillas bodega 3 y bodega 2.**

Distribuido entre 31.1 y 37.8 m:

- Cubierta principal:

Longitud tramo = 6.7 m

Área de cubierta de 11 mm de espesor = 107.33 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 140x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 13.83 cm<sup>2</sup>.

2 baos de 350 x 20/200 x 15, de área 100 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + Peso longitudinales + Peso bao =

$$=(107.33 * 0.011 + 24 * 6.7 * 13.83 * 10^{-4} + 2 * 100 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 13.55 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 112.8 \text{ m}$  (34.8 m) ;  $z_g = 13 \text{ m}$  (aprox.)

- Entrepuente:

Longitud tramo = 6.7 m

Área de cubierta de 10 mm de espesor = 168.21 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 12 HP 160x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 16.20 cm<sup>2</sup>.

2 baos de 400 x 20/280 x 20, de área 136 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + peso longitudinales =

$$=(107.33 * 0.010 + 24 * 6.7 * 16.20 * 10^{-4} + 2 * 136 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 13.93 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 112.8 \text{ m}$  (34.8 m) ;  $z_g = 9.55 \text{ m}$  (aprox.)

**\* Tramos entre mamparo escotillas bodega 2 y bodega 1.**

Distribuido entre 50.55 y 55.8 m:

- Cubierta principal:

Longitud tramo = 5.25 m

Área de cubierta de 11 mm de espesor = 45.6 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 8 HP 140x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 13.83 cm<sup>2</sup>.

2 baos de 350 x 20/200 x 15, de área 100 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 5.5 = 11 m

Peso total = Peso cubierta + Peso longitudinales + Peso bao =

$$=(45.6 * 0.011 + 16 * 5.25 * 13.83 * 10^{-4} + 2 * 100 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 7.4 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 131.55 \text{ m}$  (53.55 m) ;  $z_g = 13 \text{ m}$  (aprox.)

- Entrepunte:

Longitud tramo = 5,25 m

Área de cubierta de 10 mm de espesor = 45.6 m<sup>2</sup>

Número refuerzos longitudinales: 8 HP 160x8 en cada manga de escotilla separados 670 mm, de área 16.20 cm<sup>2</sup>.

2 baos de 400 x 20/280 x 20, de área 136 cm<sup>2</sup> y longitud 2 \* 8.05 = 16.1 m

Peso total = Peso cubierta + peso longitudinales =

$$=(45.6 * 0.010 + 16 * 5.25 * 16.20 * 10^{-4} + 2 * 136 * 10^{-4} * 16.1) * 7.86 = 8.1 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = 131.55 \text{ m}$  (53.55 m) ;  $z_g = 9.55 \text{ m}$  (aprox.)

PESO DE MAMPAROS

\* En el cuadernillo de cuaderna maestra se pesó el mamparo corrugado entre bodega 3 y 4, con valor de 47.6 t y centro de gravedad,  $x_g = 6.73 \text{ m}$  y  $z_g = 6.01 \text{ m}$ . Se reparte entre 6.3 y 7.15 m.

El peso y posición vertical del centro de gravedad de los otros mamparos se estimará a partir de sus áreas y la posición vertical del centro de gravedad. El peso tendrá la misma relación que la relación de áreas, y la posición del centro de gravedad tendrá la misma relación con la del área de la sección, que la que tiene el mamparo pesado, que es  $6.01 / 6.6672 = 0.9014$ .

$$* \text{ Peso del mamparo entre bodegas 1 y 2} = 47.6 * \frac{169.49}{294.47} = 27.40 \text{ t}$$

El centro de gravedad es  $x_g = 53.98 \text{ m}$  y  $z_g = 7.1508 * 0.9014 = 6.446 \text{ m}$ . Se reparte entre las posiciones 53.55 a 54.4 m.

$$* \text{ Peso del mamparo entre bodegas 2 y 3} = 47.6 * \frac{266.98}{294.47} = 43.16 \text{ t}$$

El centro de gravedad es  $x_g = 35.23 \text{ m}$  y  $z_g = 6.7846 * 0.9014 = 6.116 \text{ m}$ . Se reparte entre las posiciones 34.8 a 35.65 m.

$$* \text{ Peso del mamparo entre bodegas 4 y 5} = 47.6 * \frac{293.91}{294.47} = 47.51 \text{ t}$$

El centro de gravedad es  $x_g = -21.78 \text{ m}$  y  $z_g = 6.6672 * 0.9014 = 6.010 \text{ m}$ . Se reparte entre las posiciones  $-22.2$  a  $-21.35 \text{ m}$ .

$$* \text{ Peso del mamparo de proa de cámara de máquinas} = 47.6 * \frac{247.31}{294.47} = 39.98 \text{ t}$$

El centro de gravedad es  $x_g = -42.78 \text{ m}$  y  $z_g = 7.2954 * 0.9014 = 6.576 \text{ m}$ . Se reparte entre las posiciones  $-43.2$  a  $-42.35 \text{ m}$ .

$$* \text{ Peso del mamparo del pique de proa} = 9.225 \text{ t (calculado en el cuadernillo cuaderna maestra)}$$

El centro de gravedad es  $x_g = 68.98 \text{ m}$  y  $z_g = 6.337 \text{ m}$ . Se reparte entre las posiciones 68.55 m y 69.4 m.

$$* \text{ Peso del mamparo del pique de popa} = 9.225 * \frac{57.29}{76.7345} = 6.89 \text{ t (se ha estimado en función de la relación de áreas al mamparo del pique de proa).}$$

El centro de gravedad es  $x_g = -70.3$  m y  $z_g = 7.8845 * \frac{6.337}{7.0025} = 7.135$  m. Se reparte entre las posiciones -70.4 m y -70.2 m.

\* Peso del mamparo de proa de los tanques de combustible a popa de la bodega 5, entre doble fondo y entrepuente, y del mamparo a proa de éste, que forma el cofferdam. Ambos tienen aproximadamente misma área.



	p kN/m <sup>2</sup>	t <sub>k</sub>	s	t mm
1ª traca	10*11.6	0	1.05*0.873	10.5
2ª traca	10*8.8	0	1.05*0.873	8.5
3ª traca	10*6	0	1.05*0.873	8

	Ancho	Área (m <sup>2</sup> )	t (m)	z <sub>g</sub>	Peso (t)	Mom. vertical
1ª traca	2.8	48.99	0.0105	2.964	8.733	25.885
2ª traca	2.8	58.07	0.0085	5.723	8.260	47.272
3ª traca	2.6	57.67	0.008	8.409	7.689	64.657
				Total	24.682	137.814

El peso y centro de gravedad de cada uno de estos mamparos es:

$$\text{Peso mamparo} = 24.682 \text{ t} \quad ; \quad z_g = 137.814 / 24.682 = 5.584 \text{ m sobre línea base.}$$

Consideraremos el peso total de  $2 * 24.682 = 49.364$  t distribuido entre las posiciones - 40.62 m y - 39.03 m, con centro de gravedad a - 39.75 m.

#### PESO DEL MAYOR REFORZADO DE LOS PIQUES

Se incluyen los refuerzos estructurales de los piques de proa y popa, que se estiman con la expresión  $W = 0.0538 \cdot V$ , siendo V el volumen del pique en m<sup>3</sup>, obtenido en el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval. La posición del centro de gravedad será la de cada pique.

$$P_{\text{Pique de proa}} = 0.0538 * 524.91 = 28.24 \text{ t} \quad ; \quad xg = 73.214 \text{ m} \quad ; \quad zg = 5.997 \text{ m}$$

$$P_{\text{Pique de popa}} = 0.0538 * 251.53 = 13.53 \text{ t} \quad ; \quad xg = -74.139 \text{ m} \quad ; \quad zg = 8.861 \text{ m}$$

### CODASTE Y MECHA DEL TIMÓN

Usaremos la expresión:  $W = 8.292 \cdot T$ , siendo T el calado del buque. Al igual que antes, la distribución del peso es homogénea a lo largo de la posición del codaste.

$$P_{\text{odaste y mecha.}} = 8.293 * 9.91 = 82.17 \text{ t} \quad ; \quad xg = -76.5 \text{ m} \quad ; \quad zg = 5 \text{ m}$$

El peso se reparte desde  $-82.4 \text{ m}$  a  $-70.2 \text{ m}$  a popa de la sección media.

### PESO DEL MAYOR REFORZADO DE LA ESTRUCTURA DE CÁMARA DE MÁQUINAS

Se corresponde con el peso extra que supone la estructura más reforzada de la cámara de máquinas. Para el cálculo del peso se utiliza la expresión  $P = 0,0395 \cdot V$ , siendo V el volumen de la cámara de  $6307.69 \text{ m}^3$ , según se ha obtenido en el cuadernillo de cálculos de arquitectura naval. La distribución del peso es homogénea a lo largo de la cámara de máquinas. La posición longitudinal del centro de gravedad será la del de la cámara de máquinas, y la vertical se estimará como la del peso por metro en esa posición.

$$P_{\text{estructura extra C.M.}} = 0.0395 * 6307.69 = 249.15 \text{ t} \quad ; \quad xg = -55.34 \quad ; \quad Zg = 5.5 \text{ m}$$

Este peso se reparte desde  $-70.2 \text{ m}$  a  $-43.2 \text{ m}$  a popa de la sección media.

### PESO DE LA SUPERESTRUCTURA

Los pesos de las superestructuras se calcularán en función del volumen de las mismas. El volumen se ha obtenido con la ayuda del programa Hydromax.

- Peso del Castillo:

$$P_{\text{castillo}} = 0.089 * V_{\text{Castillo}} = 0.089 * 973 = 86.60 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $xg = 61.26 \quad ; \quad zg = 15.50$

Este peso se reparte desde  $53.55 \text{ m}$  a  $82.2 \text{ m}$  a proa de la sección media.

- Peso de la toldilla:

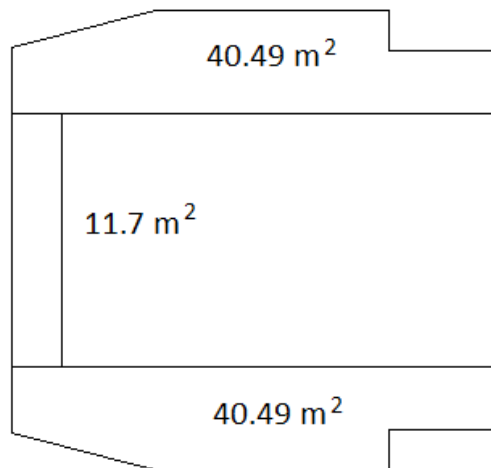
$$P_{\text{Toldilla}} = 0.1185 * V_{\text{Toldilla}} = 0.1185 * 2611 = 309.40 \text{ t}$$

Centro de gravedad:  $x_g = -61.65$  ;  $z_g = 14.70$

Este peso se reparte desde  $-82.8$  m a  $-43.2$  m a popa de la sección media.

- Peso de la superestructura de la habitación:

La caseta que rodea el guardacalor tiene un volumen de  $259.50 \text{ m}^3$ , pues tiene un área de  $92.68 \text{ m}^2$  y una altura de  $2.8$  m.



$$P_{\text{Caseta}} = 0.1185 * V_{\text{caseta}} = 0.1185 * 259.50 = 30.75 \text{ t}$$

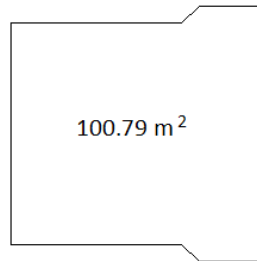
Su centro de gravedad es:  $x_g = -64.1$  m ;  $z_g = 13.1 + 3.3 + 2.8/2 = 17.8$  m

El peso está repartido desde  $-71.5$  m a  $-56.5$  m de la sección media.

El resto de la superestructura consta de 4 niveles de sección rectangular de área  $175.67 \text{ m}^2$  y altura  $2.8$  m cada una. Por tanto su volumen es de  $175.67 * 2.8 * 4 = 1967.57 \text{ m}^3$ . El centro de gravedad está a  $-49.15$  m desde la sección media y a  $22$  m de altura.

El área del puente de gobierno, derrota y local radio es  $100.79 \text{ m}^2$ , su volumen  $100.79 * 2.8 = 282.21 \text{ m}^3$ , y el centro de gravedad está a  $-48.3$  m de la sección media y a  $29$  m de altura.





Por tanto el peso y centro de gravedad del resto de la superestructura es:

$$P_{\text{Superestructura}} = 0.1185 * (1967.57 + 282.21) = 266.60 \text{ t}$$

$$x_g = \frac{1967.57 * (-49.15) + 282.21 * (-48.30)}{1967.57 + 282.21} = -49.04 \text{ m}$$

$$z_g = \frac{1967.57 * 22 + 282.21 * 29}{1967.57 + 282.21} = 22.88 \text{ m}$$

El peso está repartido desde  $-55.1 \text{ m}$  a  $-43.2 \text{ m}$  de la sección media.

#### PESO DEL GUARDACALOR Y CHIMENEA

Este peso se estima mediante la fórmula  $P = 0.13 * VG$ , donde VG es el volumen el guardacalor y chimenea. De Autocad se obtienen los volúmenes:

$$\begin{aligned} \text{Volumen del guardacalor} &= 7.8 * 13.5 * 3.3 = 347.5 \text{ m}^3 ; x_g = 14.55 - 78 = -63.45 \text{ m} \\ & ; z_g = 13.1 + 3.3/2 = 11.45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen de la chimenea} &= 78.4 * 8 = 627.6 \text{ m}^3 ; x_g = 14.59 - 78 = -63.41 \text{ m} \\ & ; z_g = 24.60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$P = 0.13 * (347.5 + 637.6) = 128.06 \text{ t} ; X_g = -63.42 ; Z_g = 19.90 \text{ m}$$

Este peso se reparte desde  $-70.2 \text{ m}$  a  $-56.7 \text{ m}$  a popa de la sección media.

#### AMURADA BODEGAS

En la zona de bodegas se ha dispuesto una amurada de 10 mm de espesor y 1.2 m de altura.

Como tapa de regala llevará un perfil llanta con bulbo HP 180 x 9, de peso por metro 16.22 kg. Los barraganetes serán también llantas con bulbo HP 180 x 9 y como indica el reglamento en Pt.3 Ch.1 Sec.10 D300, irán cada menos de 2 m, por tanto, irán cada dos claras alineados con los refuerzos transversales. Habrá  $2 * 92.9/1.5 = 124$  barraganetes. El peso y centro de gravedad son:

Elemento	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)
Plancha amura	$2 * 92.9 * 1.2 * 0.01 * 7.86 = 17.52$	4.23	$13.1+0.6=13.7$
124 barraganetes	$124 * 1.2 * 0.01622 = 2.41$	4.23	13.7
Regala	$2 * 92.9 * 0.01622 = 3.014$	4.23	$13.1 + 1.2 = 14.3$

$$P_{\text{Amurada bodegas}} = 17.52 + 2.41 + 3.014 = 22.944 \text{ t}$$

$$xg = 4.23$$

$$zg = \frac{17.52 * 13.7 + 2.41 * 13.7 + 3.014 * 14.3}{22.944} = 13.78 \text{ m}$$

Este peso se reparte desde -41 m a 51.1 m, referidos a la sección media.

#### AMURADA CASTILLO

En el castillo, la amurada es prolongación del costado. Con el mismo tipo de perfil, obtenemos:

Elemento	Peso (t)	Xg (m)	Zg (m)
Plancha amura	$2 * 28.30 * 1.2 * 0.01 * 7.86 = 5.34$	70	16.95
44 barraganetes	$44 * 1.2 * 0.01622 = 0.86$	70	16.95
Regala	$2 * 28.3 * 0.01622 = 0.92$	70	17.5

$$P_{\text{Amurada bodegas}} = 5.34 + 0.86 + 0.92 = 7.12 \text{ t}$$

$$xg = 70$$

$$zg = \frac{5.34 * 16.95 + 0.86 * 16.95 + 0.92 * 17.5}{7.12} = 17.02 \text{ m}$$

Este peso se reparte desde -56 m a 82.25 m, a proa de la sección media.

#### BRAZOLAS ESCOTILLAS

Las brazolas de escotillas de bodegas 2 a 5 son continuas en sentido longitudinal. La

interiores ya están contadas en la viga cajón. Hay que calcular el peso y centro de gravedad de las exteriores y las transversales.

\* Brazolas escotillas bodega 5, de dimensión 12.75 x 8.01 m.

La longitud de brazolas exteriores y transversales es:  $2 * 21 + 4 * 8.01 = 74.04$  m. Si el espesor es de 20 mm y la altura es de 1.8 m, el peso de la plancha es:

$$74.04 * 1.8 * 0.02 * 7.86 = 20.95 \text{ t.}$$

A este peso hay que sumarle los barraganetes y la parte superior de la brazola donde apoya la tapa. La separación de barraganetes en sentido longitudinal es cada 2 claras de cuadernas y en sentido transversal cada 2 longitudinales.

La parte superior de la brazola es de 400 x 20 mm. Como la longitud de la misma, midiendo la longitud de la zona de brazolas donde apoyan las tapas, es:  $2 * 12.75 + 4 * 8.01 = 57.54$  m.

Por tanto, el peso de este elemento es  $57.54 * 0.4 * 0.02 * 7.86 = 3.62$  t

Los barraganetes del altura 1.8 m, tienen un alma de espesor de 11 mm y un área de 0.7112 m<sup>2</sup> (obtenido de AutoCad), y un ala de 150 x 20 mm. Se estima que cada barraganete pesa:

$$(0.7112 * 0.011 * 1.8 + 0.15 * 0.02 * 1.8) * 7.86 = 0.153 \text{ t}$$

Se estima que alrededor de esta escotilla hay aproximadamente  $57.54 / 1.5 = 38$ . Luego, el peso de los barraganetes es de  $0.153 * 38 = 5.814$  t. El peso y centro de gravedad total es:

$$P_{\text{Brazola bodega 5}} = 20.95 + 3.62 + 5.814 = 30.38 \text{ t}$$

$$x_g = -32.2 \text{ m} \quad ; \quad z_g = 14 \text{ m}$$

Este peso se distribuye desde -43.2 a -22.2 m.

\* Brazolas escotillas bodegas 4 y 3, de dimensión 19.05 x 8.01 m.

Haciendo un cálculo igual al anterior se obtiene para cada bodega:

$$\text{Peso brazola: } (2 * 28.5 + 4 * 8.01) * 1.8 * 0.02 * 7.86 = 25.19 \text{ t}$$

$$\text{Peso plancha apoyo: } (2 * 19.05 + 4 * 8.01) * 0.4 * 0.02 * 7.86 = 4.41 \text{ t}$$

Peso barraganetes:  $0.153 * 46 = 7.04$  t

El peso y centro de gravedad total es:

$$P_{\text{Brazola bodega 4}} = P_{\text{Brazola bodega 3}} = 25.19 + 4.41 + 7.04 = 36.64 \text{ t}$$

$X_{g_{\text{Bodega 4}}} = -7.95$  m ;  $z_{g_{\text{Bodega 4}}} = 14$  m ; Este peso se distribuye desde -22.2 a 6.30 m.

$X_{g_{\text{Bodega 3}}} = 20.55$  m ;  $z_{g_{\text{Bodega 3}}} = 14$  m ; Este peso se distribuye desde 6.30 a 34.8 m.

\* Brazolas escotillas bodega 2, de dimensión 12.75 x 5.38 m.

$$\text{Peso brazola: } (2 * 18.75 + 4 * 5.38) * 1.8 * 0.02 * 7.86 = 16.70 \text{ t}$$

$$\text{Peso plancha apoyo: } (2 * 12.75 + 4 * 5.38) * 0.4 * 0.02 * 7.86 = 2.95 \text{ t}$$

$$\text{Peso barraganetes: } 0.153 * 22 = 3.36 \text{ t}$$

El peso y centro de gravedad total es:

$$P_{\text{Brazola bodega 2}} = 16.70 + 2.95 + 3.36 = 23.01 \text{ t}$$

$X_{g_{\text{Bodega 2}}} = 44.175$  m ;  $z_{g_{\text{Bodega 2}}} = 14$  m ; Este peso se distribuye desde 34.8 a 53.55 m.

\* Brazolas escotillas bodega 1, de dimensión 9 x 10.62 m.

$$\text{Peso brazola: } (2 * 9 + 2 * 10.62) * 1.8 * 0.02 * 7.86 = 11.10 \text{ t}$$

$$\text{Peso plancha apoyo: } (2 * 9 + 2 * 10.62) * 0.4 * 0.02 * 7.86 = 2.47 \text{ t}$$

$$\text{Peso barraganetes: } 0.153 * 26 = 3.98 \text{ t}$$

El peso y centro de gravedad total es:

$$P_{\text{Brazola bodega 1}} = 11.10 + 2.47 + 3.98 = 17.55 \text{ t}$$

$X_{g_{\text{Bodega 1}}} = 60.3$  m ;  $z_{g_{\text{Bodega 1}}} = 17.2$  m ; Este peso se distribuye desde 55.8 a 64.8 m.

## TANQUES DE BODEGA 2

En función del área de las planchas utilizadas (que no son del casco o mamparo), y de los refuerzos que hay que colocar cada clara de cuadernas, se estima que el peso es 21 t. La posición del centro de gravedad es  $x_g = 48.1$  m y  $z_g = 2.85$  m. Se distribuye desde 45.3 m a 53.55 m.

TANQUES DE BODEGA 5

En función del área de las planchas utilizadas (que no son del casco), y de los refuerzos que hay que colocar cada clara de cuadernas, se estima que el peso es 17 t. La posición del centro de gravedad es  $x_g = -35.5$  m y  $z_g = 2.85$ . Se distribuye desde -38.7 m a -33.45 m.

TANQUES DE CÁMARA DE MÁQUINAS

La expresión utilizada es:  $P = 0,043 \cdot V$ , siendo V el volumen de dichos tanques.

Peso estructura tanques de fuel-oil =  $0.043 \cdot 983.614 = 42.30$  t

Distribuido desde -67.2 m hasta -43.20 m ;  $x_g = -52.90$  m ;  $z_g = 9.70$  m

Peso estructura tanques de diésel-oil en fondo C.M. =  $0.043 \cdot 38.892 = 1.672$  t

Distribuido desde -46.95 m hasta -43.20 m ;  $x_g = -44.6$  m ;  $z_g = 0.95$  m

Peso estructura tanques de diésel-oil de Serv. Diario y Sedim. =  $0.043 \cdot 151.384 = 6.510$  t

Distribuido desde -70.2m hasta -62.15 m ;  $x_g = -66.60$  m ;  $z_g = 14.75$  m

Peso estructura tanques agua dulce y lastre en C.M. =  $0.043 \cdot 168.74 = 7.26$  t

Distribuido desde -72.6 m hasta -67.95 m ;  $x_g = -70.2$  m ;  $z_g = 10.90$  m

En esta fase se añade un margen al peso de acero del 10% por soldaduras y elementos que no se hayan estimado. Se situará en el centro de gravedad de la estructura.  $P_{\text{margen}} = 398.7$  t,  $x_g = -15.29$  m,  $z_g = 8.55$  m.

El peso total de la estructura es de 4186.65 t y centro de gravedad  $x_g = -15.30$  m,  $z_g = 8.55$  m.

A continuación se presenta el resumen de pesos, centros de gravedad y límites de posición a lo largo de la eslora, respecto de la sección media:

Elemento	Peso	$x_g$	$z_g$	$X_{pr}$	$X_{pp}$
Peso continuo	2032.4	-1.941	4.631	-82.2	82.2
C. Entre escotillas B5-CM	9.86	-40.97	13	-43.2	-38.7

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

Entrep. Entre escotilla B5-CM	10.4	-40.97	9.55	-43.2	-38.7
C. Entre escotillas B5-B4	17.4	-22.2	13	-25.95	-18.45
Entrep. Entre escotilla B5-B4	18.62	-22.2	9.55	-25.95	-18.45
C. Entre escotillas B4-B3	22.34	6.3	13	1.05	11.55
Entrep. Entre escotilla B4-B3	23.31	6.3	9.55	1.05	11.55
C. Entre escotillas B3-B2	13.55	34.8	13	31.1	37.8
Entrep. Entre escotilla B3-B2	13.93	34.8	9.55	31.1	37.8
C. Entre escotillas B2-B1	7.4	53.55	13	50.55	55.8
Entrep. Entre escotilla B2-B1	8.1	53.55	9.55	50.55	55.8
Mamparo pique de popa	6.89	-70.3	7.135	-70.4	-70.2
Mamparo proa C.M.	39.98	-42.78	6.576	-43.2	-42.35
Mamparo tanque fuel oil B5 y coffer.	49.364	-39.75	5.584	-40.62	-39.03
Mamparo proa B5	47.51	-21.78	6.01	-22.2	-21.35
Mamparo proa B4	47.60	6.73	6.01	6.3	7.15
Mamparo proa B3	43.16	35.23	6.116	34.8	35.65
Mamparo proa B2	27.4	53.98	6.45	53.55	54.4
Mamparo pique de proa	9.23	68.98	6.337	68.55	69.4
Castillo	86.6	61.26	15.50	53.55	82.2
Toldilla	309.4	-61.65	14.70	-82.8	-43.2
Peso reforzado Pique de proa	28.24	73.214	5.997	68.55	78
Peso reforzado Pique de popa	13.53	-74.139	8.861	-82.8	-70.2
Codaste y limera	82.17	-76.5	5	-82.4	-70.2
Peso extra reforzado C.M.	249.15	-55.34	5.5	-70.2	-43.2
Guardacalor y chimenea	128.06	-63.42	19.90	-70.2	-56.7
Superestructura	266.6	-49.04	22.88	-55.1	-43.2
Super. alrededor guardacalor	30.75	-64.1	17.8	-71.5	-56.5
Cajón crujía	74.32	5.19	14.03	-43.2	53.57
Amurada castillo	7.12	70	17.02	56	82.25
Amurada bodegas	22.94	4.23	13.78	-41	51.1
Brazola B5	30.38	-32.2	14	-43.2	-22.2
Brazola B4	36.64	-7.95	14	-22.2	6.3
Brazola B3	36.64	20.55	14	6.3	34.8
Brazola B2	23.01	44.175	14	34.8	53.55
Brazola B1	17.55	60.3	17.2	55.8	64.8
Tanques bodega 2	21	48.1	2.85	45.3	53.55
Tanques bodega 4	17	-35.5	2.85	-38.7	-33.45
Estructura tanques fuel CM	42.3	-52.9	9.70	-67.2	-43.2
Estructura tanques diesel fondo CM	1.672	-44.6	0.95	-46.95	-43.2
Estructura tanques diesel S.D. y sedim.	6.51	-66.6	14.75	-70.2	-62.15
Estructura tq. ag.dulce y lastre en C.M.	7.26	-70.2	10.90	-72.6	-67.95
Margen	398.70	-15.30	8.55	-82.8	82.2
TOTAL	4386.00	-15.30	8.55		

### 3.- PESO DE LA MAQUINARIA

El peso de la maquinaria del buque es más difícil estimar debido a la gran variedad de elementos que la componen, y se estimara haciendo uso del método recomendado por Lloyd`s. Este método se basa en descomponer el peso de la maquinaria (WQ) en peso de la maquinaria propulsora (WQP) y resto de maquinaria (WQR).

El peso de la maquinaria propulsora se divide a su vez en el peso del motor principal (WME) y el peso del resto de la maquinaria propulsora (WRP). El peso del motor principal se conoce por el fabricante y en nuestro caso es de WME = 255 ton, y el centro de gravedad está a - 51.6 m desde la sección media y 6.05 m sobre línea base, según disposición general.

En cuanto al resto del peso de la maquinaria propulsora, se incluyen los equipos necesarios para que el motor principal funcione, y son los equipos pertenecientes a los siguientes sistemas:

- Sistema de combustible.
- Sistema de aceite lubricante.
- Sistema de aire comprimido.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de generación y distribución eléctrica (cuadros, baterías, cables, aparamenta).
- Sistema de lastre y sentinas.
- Sistema sanitario (no la parte de habilitación).
- Exhaustación, ventilación y extracción en cámara de máquinas.
- Paños y talleres en cámara de máquinas.
- Alumbrado
- Sistema de elevación de componentes en cámara de máquinas.

La expresión de la estimación aproximada de este peso es la siguiente:

$$RP = c * BHP^d$$

siendo BHP la potencia del motor principal en BHP, en nuestro caso es BHP = 13.860 BHP, y c y d coeficientes que dependen del tipo de buque y el tipo de motor, en nuestro caso será: c = 0.63, d = 0,70, y obtendremos un peso de WRP = 0. 63 \* 13860<sup>0.7</sup> = 499.5 t.

El peso de la maquinaria restante viene dado por la expresión:

$$WQR = k * VE^1 + h * EJ * (j * L + 5)$$

donde VE es el volumen de la cámara de máquinas en m<sup>3</sup>, y EJ es la longitud de la línea de ejes fuera de máquinas:

$$WQR = 0.0295 * 6307.68^1 + 1 * 4.90 * (0.0164 * 156 + 5) = 223.1 \text{ t}$$

Consideraremos que la posición longitudinal del centro de gravedad de estos elementos se encuentra aproximadamente en el centro de gravedad de la cámara de máquinas, - 55.34 m a popa de la sección media, y la posición vertical, sabiendo que hay más equipos, tuberías y componentes en la zona inferior de la cámara de máquinas, estará al 70% de la del volumen de cámara de máquinas  $0.70 * 10.31 = 7.22$  m sobre línea base. La zona de distribución de estos pesos será la cámara de máquinas entre -70.2 m y -43.2 m. A estas dos partidas se añade la del propulsor de respeto, con posición del centro de gravedad a -72.1 m de la sección media, y 18.65 m sobre línea base, repartido entre -72.70 m a -71.55 m.

En resumen, el peso total de la maquinaria es:

CONCEPTO	PESO (t)	Xg (m)	Zg (m)	Xpp	Xpr
Motor principal	255	-51.6	6.05	-57.45	-46.2
Resto maquinaria propulsora	499.5	-55.34	7.22	-70.2	-43.2
Grupos generadores	42	-65.7	10.85	-68.7	-64.1
Maquinaria restante	223.1	-55.34	7.22	-70.2	-43.2
Propulsor de respeto	18	- 72.1	18.65	-72.7	-71.55
Margen 5%	51.88	-55.13	7.29	-70.2	-43.2
<b>TOTAL</b>	<b>1089.48</b>	<b>-55.13</b>	<b>7.29</b>		

#### **4.- PESO DE EQUIPO Y HABILITACIÓN**

Para la estimación de este peso, se ha seguido el método iterativo expuesto en el libro "Ecuación del desplazamiento, peso en rosca y peso muerto" de D. Manuel Meizoso y D. José Luis García Garcés, que tiene en cuenta las siguientes partidas:

- Protección anticorrosión



- Equipo de fondeo y amarre
- Equipo de navegación
- Equipo de gobierno
- Equipo de salvamento y contraincendios por CO<sub>2</sub>
- Equipo de ventilación de bodegas
- Equipo de carga y manipulación
- Portillos y ventanas
- Escalas exteriores
- Escalas reales
- Tapas de escotillas
- Habilitación
- Palo trinquete de proa
- Acceso a bodegas
- Elementos de estiba

### **Protección anticorrosión**

Esta partida se divide en el peso de la pintura del buque y el peso de la protección catódica.

El peso de la pintura viene dado por la siguiente fórmula:

$$W_{pi} = k * WST$$

donde WST es el peso de acero, y K un coeficiente que toma los valores entre.

$$0,008 < 2000 T$$

$$0,006 > 12000 T$$

En el buque proyecto el peso de la estructura es de 4186.55 t por lo que el valor de K interpolado es  $K = 0.00716$ . El peso de la pintura es:

$$W_{pi} = 0.00716 * 4186.55 = 29.98 t$$

Sus coordenadas del centro de gravedad coinciden con las coordenadas de la estructura,  $X_g = -15.29 m$ ,  $Y_g = 8.554 m$ , y se reparten a lo largo de la eslora entre  $-82.8 m$  y  $82 m$ .

El peso de la protección catódica por ánodos de sacrificio se estima mediante la expresión:

$$W_{cc} = 0.0004 * S_m * a * y$$

donde  $S_m$  es la superficie mojada del casco, "a" vale 1 para ánodos de zinc e "y" es el número de años de protección. En nuestro caso,  $S_m = 5298 \text{ m}^2$  e  $y = 2$  años, por lo que el peso es de:

$$W_{cc} = 0.0004 * 5298 * 1 * 2 = 4.24 \text{ t}$$

Las coordenadas del centro de gravedad son las de la carena del buque:  $X_g = -0.19$ ,  $Z_g = 5.25$  m, y se reparten a lo largo de la eslora entre -82.8 m y 82 m. En resumen el peso y las coordenadas de esta partida son:

$$\begin{aligned} P &= 34.22 \text{ t} \\ X_g &= -13.41 \text{ m} \\ Z_g &= 8.14 \text{ m} \end{aligned}$$

### Equipo de fondeo y amarre

El peso del equipo de fondeo y amarre WEF + WMO viene dado en función del numeral de equipo, según la expresión siguiente. En nuestro caso el numeral vale  $NE = 1867.51$ :

$$\begin{aligned} WFE + WMO &= -0.03 * \left(\frac{NE}{100}\right)^2 + 10.63 * \frac{NE}{100} - 73.1 = -0.03 * \left(\frac{1867.51}{100}\right)^2 + 10.63 * \frac{1867.51}{100} - 73.1 = \\ &\approx 115 \text{ t} \end{aligned}$$

Como el buque lleva la cadena que pesa 42.11 t y 2 molinetes en proa, y tres chigres en popa, además del resto de elementos de este equipo, se estimará un peso en proa y otro en popa repartidos según la siguiente tabla:

CONCEPTO	PESO (t)	Xg (m)	Zg (m)	Xpp	Xpr
Equipo de fondeo y amarre de proa	87	70.1	13.6	67.8	78
Equipo de fondeo y amarre de	28	-76.2	16.5	-78.67	-74.1
Ancla de respeto	5.61	-43	13.5	-43.2	-42.6
TOTAL	120.61	30.88	14.3		

### Equipo de navegación

El peso del equipo de navegación se puede estimar entre 2 y 20 t, aunque el método citado aconseja tomar para un buque mercante medio, como es el caso, un valor de 5 toneladas, y sus

coordenadas se sitúan en la cubierta del puente de navegación, repartido entre -53.5 m y -43.2 , por lo que se tiene:

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

$$X_g = -46 \text{ m}$$

$$Z_g = 28.50 \text{ m}$$

### Equipo de gobierno

El peso del equipo de gobierno  $W_{gt}$ , se calcula mediante la expresión:

$$W_{gt} = 0.0224 * AR * VP^{2/3} + 2$$

donde AR es el área del timón y VP es la velocidad en nudos del buque.

$$W_{gt} = 0.0224 * 24.77 * 18^{2/3} + 2 = 5.81 \text{ t}$$

El centro de gravedad se considerará en la perpendicular de popa, y el peso repartido entre -79 m y -76 m:

$$W_{gt} = 5.81 \text{ t}$$

$$X_g = -78 \text{ m}$$

$$Z_g = 11.3 \text{ m}$$

### Equipo de Salvamento y Contraincendios por CO<sub>2</sub>

El peso del equipo de salvamento WLF se calcula mediante la siguiente expresión:

$$WLF = 12 + 0.01 * CRN$$

siendo CRN el número de personas a bordo. Considerando 28 tripulantes, más 2 alumnos y armador, total 31:

$$WLF = 12 + 0.01 * 31 = 12.31 \text{ t}$$

El centro de gravedad se considerara en la posición de los botes salvavidas, y el peso repartido entre -51.45 m y -43.95 m:

$$WLF = 12,31 \text{ t}$$

$$XG = -47.2 \text{ m}$$

$$ZG = 19,5 \text{ m}$$

El peso de equipo contraincendios  $W_i$  viene dado por la fórmula:

$$W_i = 0.025 * V + 1$$

donde  $V$  es el volumen de la cámara de máquinas, en nuestro caso  $V = 6307.68 \text{ m}^3$ :

$$W_i = 0.025 * 6307.68 + 1 = 16.77 \text{ t}$$

El centro de gravedad se considerara en la posición del local de  $\text{CO}_2$ , repartido entre los límites del mismo,  $-55.95 \text{ m}$  y  $-43.2 \text{ m}$ :

$$W_i = 16.77 \text{ t}$$

$$X_g = -48.5 \text{ m}$$

$$Z_g = 14.5 \text{ m}$$

### **Peso del equipo de ventilación de bodegas**

La ventilación de bodegas se hace con ventilación forzada a través de manguerotes situados en cubierta sobre cada bodega. Para estimar el peso del equipo de ventilación de cada bodega  $W_{Vi}$  se emplea la expresión:

$$W_{Vi} = 0.35 * N_{vi} + 0.00034 * V_{Bi} + 0.0034 * D * (V_{Bi} * n_{vi})^{0.5}$$

donde  $D$  es el puntal,  $V_{Bi}$  es el volumen de la bodega en  $\text{m}^3$ ,  $N_{vi}$  es el número entero inmediatamente superior a  $V_{Bi}/40000$ , en nuestro caso 1 para todas las bodegas:

Bodega	$V_{bi}$	$W_{Vi}$
1	2194.58	3.18
2	3913.17	4.47
3	6757.46	6.31
4	6677.22	6.26
5	4570.99	4.92
TOTAL		25.14 t

El centro de gravedad será el correspondiente a la zona de carga, repartido entre - 43.2 m y 68.55 m:

$$WV = 25.14 \text{ t}$$

$$Xg = 8.58 \text{ m}$$

$$Zg = 12.3 \text{ m}$$

### Equipo de carga y manipulación

Los datos de las grúas y plumas utilizadas, obtenidos de fabricantes, son:

- Grúa doble de 2x25 t entre bodegas 4 y 5, repartida entre -23.95 m y -19.75 m:

$$\text{Peso} = 112.7 \text{ t}$$

$$XG = -22.5 \text{ m}$$

$$ZG = 21.20 \text{ m}$$

- Grúa de 25 t entre bodegas 2 y 3, repartida entre 33 m y 37.5 m:

$$\text{Peso} = 45.25 \text{ t}$$

$$XG = 36.5 \text{ m}$$

$$ZG = 23.60 \text{ m}$$

- Palo, plumas casetas de chigres entre bodegas 2 y 3, repartida entre 1.5 m y 11.15 m:

$$\text{Peso} = 248 \text{ t}$$

$$XG = 9 \text{ m}$$

$$ZG = 21.30 \text{ m}$$

### Peso de portillos y ventanas

Se estima en función del número de tripulantes con la expresión  $0.12 * CRN$ , donde CRN es el número de tripulantes, en este caso consideraremos los alumnos y el armador al tener camarote, total 31. El peso estará repartido en la zona de habitación entre - 55.3 m y - 43.2 m, luego:

$$\text{Peso} = 0.13 * 31 = 3.72 \text{ t}$$

$$XG = -49.25 \text{ m}$$

$$ZG = 21.8 \text{ m}$$

### **Peso de escalas exteriores**

Se han dispuesto escalas exteriores a popa de la superestructura, y el peso de éstas está en función del número de cubiertas de alojamiento, y se estima en  $0.8 * NDA + 0.6$ , siendo NDA el número de cubiertas que conecta. El peso estará repartido entre  $-58.55 \text{ m}$  y  $-55.20 \text{ m}$ , luego:

$$\text{Peso} = 0.8 * 4 + 0.6 = 3.80 \text{ t}$$

$$XG = -56.87 \text{ m}$$

$$ZG = 21.70 \text{ m}$$

### **Peso de escalas reales**

El buque lleva dos escalas reales, una a cada banda, de longitud 14 m. El peso se estima mediante la expresión  $W = n * 0.15 * ESr$ , siendo n el número de escalas y ESr la longitud de cada una. El peso estará repartido entre  $-52.60 \text{ m}$  y  $-38.6 \text{ m}$ , luego:

$$\text{Peso} = 2 * 0.15 * 14 = 4.20 \text{ t}$$

$$XG = -45.6 \text{ m}$$

$$ZG = 17.1 \text{ m}$$

### **Peso de las tapas de escotillas**

El peso de las tapas de escotilla de cubierta exterior está dado por la expresión del método estimativo del Lloyd's:

$$W = 0.247 * A$$

donde A es el área de la tapa de la bodega. Las dimensiones de las escotillas son:

- Bodega 1: 1 escotilla de 9000 mm x 10620 mm.
- Bodega 2: 2 escotillas de 12750 mm x 5380 mm.
- Bodega 3: 2 escotillas de 19500 mm x 8010 mm.
- Bodega 4: 2 escotillas de 19500 mm x 8010 mm.
- Bodega 5: 2 escotillas de 12750 mm x 8010 mm.

El peso, centro de gravedad y la zona donde se distribuyen se calculan en la siguiente tabla:

Bodega	Área escotillas cubierta ppal.	Peso tapa t	Xg	Zg	Xpp	Xpr
1	95.58	23.61	60.50	18.10	56	65
2	2 x 68.60	33.89	44.25	15.20	37.88	50.63
3	2 x 156.20	77.16	21.37	15.20	11.62	31.12
4	2 x 156.20	77.16	-8.66	15.20	-18.41	1.09
5	2 x 102.13	50.45	-32.4	15.20	-27.90	-36.90
		262.27				

El peso de las tapas de entrepuente se calcula mediante la expresión:

$$W_{He} = A_h * (0.52 * B_h^2 + 115) / 1000$$

donde  $B_h$  es la manga del hueco de escotillas y  $A_h$  es el área de las escotillas.

Bodega	Área escotillas entrepuente	Peso tapa t	Xg	Zg	Xpp	Xpr
1	95.58	16.60	60.50	9.60	56	65
2	2 x 68.60	17.84	44.25	9.60	37.88	50.63
3	2 x 156.20	46.35	21.37	9.60	11.62	31.12
4	2 x 156.20	46.35	-8.66	9.60	-18.41	1.09
5	2 x 102.13	30.31	-32.4	9.60	-27.90	-36.90
		157.45				

### Peso de habilitación

El peso de habilitación  $W_A$  se obtiene mediante la expresión:

$$W_A = a * A_A$$

donde "a" es un coeficiente que varía entre 0.15 y 0.18 t/m<sup>2</sup>, según estándar de habilitación, y  $A_A$  es el área de alojamientos en m<sup>2</sup>. La cubierta del puente tiene una superficie de 99 m<sup>2</sup>; las cubiertas bajo puente, de oficiales, la de botes y la de toldilla, tienen 177.6 m<sup>2</sup> cada una; la cubierta principal tiene habilitación en 318.07 m<sup>2</sup> contando la zona que tiene aire acondicionado y la que no lo tiene. Total 1127.47 m<sup>2</sup>. El peso de habilitación de la cubierta principal está distribuido entre - 83 m y - 43.2 m, mientras que el resto de habilitación está distribuida entre - 55.3 m y - 43.2 m. los pesos y centros de gravedad respectivos son:

$$WA_{\text{Cubierta principal}} = 0.18 * 318.07 = 57.25 \text{ t}$$

$$Xg = -59.15 \text{ m}$$

$$Zg = 14.10 \text{ m}$$

$$WA_{\text{Sobre cubierta principal}} = 0.18 * (99 + 4 * 177.6) = 145.69 \text{ t}$$

$$Xg = -49.25 \text{ m}$$

$$Zg = 21.50 \text{ m}$$

### **Peso palo trinquete proa**

El palo de luces y señales de proa se estima en un peso de 8 t a repartir entre 66.8 m y 70.25 m, con centro de gravedad a 68 m de la sección media y a 20.5 m sobre línea base.

### **Acceso a bodegas**

El peso de los registros y escalas verticales se estima mediante la expresión:

$$0.1 * (Nca + 1) + 0.23 * (2 * Nho + Ntk + 2)$$

donde Nca es el número de casetas de chigres, Nho es el número de bodegas y Ntk es el número total de tanques. Este peso se repartirá entre -70.20 m y 68.55 m.

$$\text{Peso} = 0.1 * (1 + 1) + 0.23 * (2 * 5 + 55 + 2) = 15.61 \text{ t}$$

$$XG = -0.83 \text{ m}$$

$$ZG = 6 \text{ m}$$

### **Elementos de estiba**

El peso de los elementos de estiba utilizados para los contenedores se estima mediante la fórmula:

$$W_{\text{Ish}} = 0.04 * (N_{\text{TEUtc}} + N_{\text{TEUtb}})$$

donde NTEUtc es el número de contenedores trincados en cubierta y NTEUtb es el de contenedores trincados bajo cubierta. El peso se repartirá en la eslora de bodegas, entre -43.2 m y 68.55 m.

$$W_{\text{Ish}} = 0.04 * (288 + 110) = 15.92 \text{ t}$$

$$Xg = 12.68 \text{ m}$$



Zg = 7.90 m

En resumen, el peso total de equipos y habilitación es:

CONCEPTO	PESO (t)	Xg (m)	Zg (m)	Xpp	Xpr
Pinturas	29.98	-15.29	8.55	-82.8	82
Protección catódica	4.24	-0.19	5.25	-82.8	82
Equipo de fondeo y amarre de	87	70.1	13.65	67.8	78
Equipo de fondeo y amarre de	28	-76.2	16.5	-78.67	-74.1
Ancla respeto	5.61	-43	13.5	-43.2	-42.6
Equipo de navegación	5	-46	28.5	-53.5	-43.2
Equipo de gobierno	5.81	-78	11.3	-79	-76
Equipo salvamento	12.31	-47.2	19.5	-51.45	-43.95
Equipo C.I. CO2	16.77	-48.5	14.5	-55.95	-43.2
Equipo ventilación bodegas	25.14	8.58	12.3	-43.2	68.55
Grúa doble 2 x 25	112.7	-22.5	21.2	-23.95	-19.75
Palo, plumas y caseta	248.04	9	21.3	1.5	11.15
Grúa 25 t	45.25	36.5	23.6	33	37.5
Portillos y ventanas	3.72	-49.25	21.8	-55.3	-43.2
Escalas exteriores	3.8	-56.87	21.7	-58.55	-55.2
Escalas reales	4.2	-45.6	17.1	-52.6	-38.6
Tapa escotilla B1 C. Ppal.	23.61	60.5	18.1	56	65
Tapas escotillas B2 C. Ppal.	33.89	44.25	15.2	37.88	50.63
Tapas escotillas B3 C. Ppal.	77.16	21.37	15.2	11.62	31.12
Tapas escotillas B4 C. Ppal	77.16	-8.66	15.2	-18.41	1.09
Tapas escotillas B5 C. Ppal.	50.45	-32.4	15.2	-27.9	-36.9
Tapa escotilla B1 Entrepunte	16.6	60.5	9.60	56	65
Tapas escotillas B2 Entrepunte	17.84	44.25	9.60	37.88	50.63
Tapas escotillas B3 Entrepunte	46.35	21.37	9.60	11.62	31.12
Tapas escotillas B4 Entrepunte	46.35	-8.66	9.60	-18.41	1.09
Tapas escotillas B5 Entrepunte	30.31	-32.4	9.60	-27.9	-36.9
Habilitación cub. Ppal.	57.25	-59.15	14.1	-83	-43.2
Habilitación sobre cub. Ppal	145.69	-49.25	21.5	-55.3	-43.2
Palo trinquete de proa	8	68	20.5	66.8	70.25
Acceso a bodegas	15.61	-0.83	6	-70.2	68.55
Elementos de estiba	15.92	12.68	7.9	-43.2	68.55
Margen	64.99	-3.072	16.91	-82.8	82.2
TOTAL	1364.75	-3.072	16.82		

#### 5.- RESUMEN DE PESO EN ROSCA

CONCEPTO	PESO (t)	Xg (m)	Zg (m)
ESTRUCTURA	4386.00	-15.30	8.55
MAQUINARIA	1089.48	-55.13	7.29
EQUIPO Y HABILITACION	1364.75	-3.07	16.82
TOTAL	6840.23	-19.20	10.00

**BIBLIOGRAFIA**

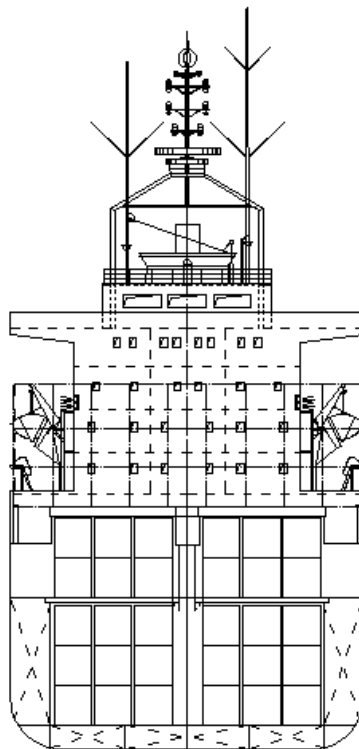
- "Cálculo iterativo y programable del peso en rosca de buques mercantes, pesqueros y de servicio". M. Meizoso y José Luis García Garcés. ETSIN.
- Apuntes Cálculo avanzado estructuras marinas. ETSINO.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 10

### CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 10**

**CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.-INTRODUCCIÓN	3
2.- RELACIÓN DE CONDICIONES DE CARGA	4
3.- CALADOS MÍNIMO Y ASIENTO MÁXIMO RECOMENDADOS	5
4.- CONDICIONES DE CARGA	6
4.1.- SALIDA DE PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 100% DE CONSUMOS	6
4.2.- LLEGADA A PUERTO PLENA CARGA HOMEGENEA 100% DE CONSUMOS	12
4.3.- SALIDA DE PUERTO CARGA DE CONTENEDORES 100% DE CONSUMOS	18
4.4.- LLEGADA A PUERTO CARGA DE CONTENEDORES 100% DE CONSUMOS	25
4.5.- SALIDA DE PUERTO EN LASTRE 100% DE CONSUMOS	31
4.6.- LLEGADA A PUERTO EN LASTRE 100% DE CONSUMOS	37
5.- RESISTENCIA LONGITUDINAL	43
5.1.- SALIDA DE PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 100% DE CONSUMOS	47
5.2.- LLEGADA A PUERTO PLENA CARGA HOMEGENEA 100% DE CONSUMOS	49
5.3.- SALIDA DE PUERTO CARGA DE CONTENEDORES 100% DE CONSUMOS	50
5.4.- LLEGADA A PUERTO CARGA DE CONTENEDORES 100% DE CONSUMOS	51
5.5.- SALIDA DE PUERTO EN LASTRE 100% DE CONSUMOS	52
5.6.- LLEGADA A PUERTO EN LASTRE 100% DE CONSUMOS	53
6.- EFECTO DEL IZADO DE UNA CARGA CON AL PLUMA DE 150 T	54

## 1.- INTRODUCCIÓN

En este cuadernillo se estudia el comportamiento del buque en distintas condiciones de carga. Este estudio incluye la estabilidad, calados mínimos, asientos máximos y la resistencia longitudinal, cumpliendo, en cada situación, con los criterios recogidos en los convenios MARPOL 73/78 y SOLAS 74 y enmiendas posteriores. Los cálculos se han realizado con el programa Hydromax de Maxsurf.

Se procurará que la distribución de los líquidos en los tanques sea de forma que estén llenos o vacíos, de forma que se minimicen los efectos por superficies libres.

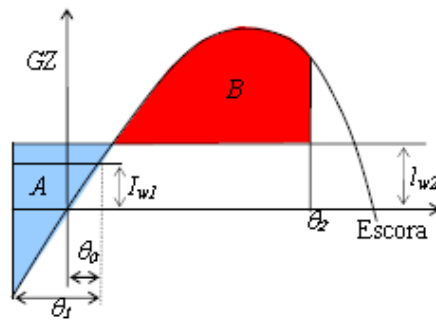
Se respetarán los criterios de calados mínimos y asiento máximo. Además se procurará que el asiento del buque sea el menor posible aunque se cumplan con los calados reglamentarios.

Se comprobará el criterio de estabilidad de IMO y MARPOL aplicables a todos los tipos de buques. Este criterio requiere el cumplimiento de los parámetros siguientes:

- La altura metacéntrica inicial,  $GM_0$ , corregida por superficies libres, no será menor de 0,15 m.
- El máximo brazo adrizante GZ, no será menor de 0.2 m y ocurrirá en un ángulo que, preferentemente, será mayor de  $30^\circ$ , y nunca será inferior a  $25^\circ$ .
- El área de la curva GZ, curva de brazos adrizantes, cuya ecuación es  $GZ = KN - KG * \sin \theta$ , siendo  $\theta$  el ángulo de escora, hasta  $30^\circ$ , no será inferior a  $0,055 \text{ m} * \text{rad}$ .
- El área de la curva GZ entre hasta  $\theta_f$  grados, donde  $\theta_f$  será el ángulo de inundación progresiva, ó  $40^\circ$  si el ángulo de inundación es mayor, no será inferior a  $0,09 \text{ m} * \text{rad}$ . El punto de inundación en este buque estará en la puerta de entrada a la habitación, a babor y estribor, en la cubierta de toldilla, de coordenadas -48.4 m a popa de la sección media, 7.3 m de manga, 17 m de altura.
- El área por debajo de la curva comprendida entre  $30$  grados y  $\theta_f$  grados, ó  $40^\circ$  si éste es menor, no será inferior a  $0,03 \text{ m} * \text{rad}$ .
- Criterio de viento: se debe demostrar la capacidad del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición de carga de forma

que:

- Se somete al buque a una presión constante de viento de  $504 \text{ N/m}^2$ , perpendicular al plano de crujía, sobre el área lateral del barco, que es de  $882.45 \text{ m}^2$ , que producirá un par escorante,  $I_{w1}$ . La distancia  $Z$  entre el centro del área lateral y el centro de gravedad de la obra viva es de  $9.495 \text{ m}$ .
- Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante  $\theta_0$ , el buque se balancea por la acción de las olas, hasta alcanzar un ángulo de balance,  $\theta_1$ , a barlovento.
- A continuación, se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante,  $I_{w2}$ .
- En estas circunstancias, el área B debe ser igual o mayor que el área A:



## 2.- RELACIÓN DE CONDICIONES DE CARGA

Las condiciones de carga a estudiar serán las mínimas exigidas por la administración:

- Salida de puerto plena carga homogénea y 100% de consumos
- Llegada a puerto plena carga homogénea y 10% de consumos
- Salida de puerto con carga de contenedores y 100% de consumos
- Llegada a puerto con carga de contenedores y 10% de consumos
- Salida de puerto en lastre y 100% de consumos
- Llegada a puerto en lastre y 10% de consumos

En la condición de plena carga homogénea, la carga homogénea es aquella que tiene una densidad tal que, llenando todo el volumen de bodegas disponible y con el 100% de consumos, se consigue que el buque alcance las 18000 toneladas de peso muerto, en nuestro caso  $0.699 \text{ t/m}^3$ .

La condición de carga de contenedores es variable, puesto que el buque cargará contenedores con diversas cargas a lo largo de su vida útil. Supondremos que en esta condición de carga, los contenedores bajo cubierta irán cargados con su máxima carga, la cual está estipulada en 20 t para los contenedores de 20 pies. Los contenedores sobre cubierta irán todos cargados con la mitad de la máxima carga, es decir 10 t, aunque es habitual que estos buques vayan con algunos contenedores vacíos sobre cubierta. En cualquier caso, como norma, estos buques disponen los contenedores de menor peso sobre cubierta en todos sus viajes.

### **3.- CALADOS MÍNIMOS Y ASIENTO MÁXIMO RECOMENDADOS**

MARPOL y SOLAS establecen las siguientes condiciones mínimas recomendadas:

- Calado mínimo en la mitad de la eslora:

$$T_{\text{mín}} = 2 + 0.02 * L_{pp} = 2 + 0.02 * 156 = 5.12 \text{ m}$$

- Calado mínimo a popa: es conveniente que el calado en popa sea tal que la hélice quede totalmente sumergida. Además, se recomienda una distancia de la superficie a la punta de la pala del 10% del diámetro de la hélice. En nuestro caso, como la altura de la línea de ejes respecto a la línea base es de 3.40 m, y la mitad del radio de la hélice es  $5.551/2 = 2.776$  m, si el extremo superior de la hélice debe estar sumergido al menos el 10% del diámetro de la hélice, el calado mínimo en popa en cualquier condición de carga tiene que ser al menos:

$$3.4 + 2.776 + 0.1 * 5.551 = 6.732 \text{ m}$$

- Asiento máximo: se recomienda que el asiento máximo en cualquier condición de carga será menor que el 1.5% de la eslora entre perpendiculares:

$$0.015 * 156 = 2.34 \text{ m}$$

- Calado mínimo en proa, en condiciones de lastre salida de puerto y llegada a puerto, es conveniente que no sea menor que el obtenido a partir del calado medio anterior, teniendo en cuenta el máximo asiento de  $0.045 * L = 2.34$  m, es decir, aproximadamente  $5.12 - 2.34 / 2 = 3.95$  m.



**4.- CONDICIONES DE CARGA**

**4.1.- SALIDA DE PUERTO PLENA CARGA 100% DE CONSUMOS**

Item Name	Quantity	Unit Mass	Mass (t)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert Arm (m)	Total FSM (t m)
Buque en rosca	1	6840.230	6840.230	-19.200	0.000	10.00	0
Bodega 1	0.699	2054.044	1435.777	61.112	0.000	11.135	0
Bodega 2	0.699	3913.168	2735.304	45.112	0.000	7.877	0
Bodega 3	0.699	6757.459	4723.464	22.112	0.000	8.054	0
Bodega 4	0.699	6677.219	4667.376	-6.888	0.000	8.094	0
Bodega 5	0.699	4691.320	3279.233	-29.868	0.000	8.185	0
Pique Proa	0%	538.033	0.000	70.878	0.000	0.018	0
TL1 - B1	0%	465.033	0.000	55.748	0.000	0.019	0
TL2 - B2Br	0%	181.405	0.000	37.153	-2.990	0.019	0
TL2 - B2Er	0%	181.405	0.000	37.153	2.990	0.019	0
TL3 - B2Br	0%	68.299	0.000	47.459	-5.362	1.500	0
TL3 - B2Er	0%	68.299	0.000	47.459	5.362	1.500	0
TL4 - B3Br	0%	417.273	0.000	8.612	-4.071	0.017	0
TL4 - B3Er	0%	417.273	0.000	8.612	4.071	0.017	0
TL5 - B3Br	0%	480.404	0.000	8.612	-9.953	1.500	0
TL5 - B3Er	0%	480.404	0.000	8.612	9.953	1.500	0
TL6 - B4Br	0%	219.558	0.000	-5.378	-4.051	0.018	0
TL6 - B4Er	0%	219.558	0.000	-5.378	4.051	0.018	0
TL7 - B4Br	0%	294.683	0.000	-5.378	-9.974	1.500	0
TL7 - B4Er	0%	294.683	0.000	-5.378	9.974	1.500	0
TL6P-B4Br	0%	215.528	0.000	-20.007	-3.655	0.019	0
TL6P-B4Er	0%	215.528	0.000	-20.007	3.655	0.019	0
TL7P-B4Br	0%	295.743	0.000	-20.007	-9.738	1.500	0
TL7P-B4Er	0%	295.743	0.000	-20.007	9.738	1.500	0
TL8 - B5Br	0%	223.784	0.000	-37.985	-2.209	0.019	0
TL8 - B5Er	0%	223.784	0.000	-37.985	2.209	0.019	0
TL9 - B5Br	0%	177.579	0.000	-29.036	-9.187	1.500	0
TL9 - B5Er	0%	177.579	0.000	-29.036	9.187	1.500	0
TL10 - ServoB	0%	89.712	0.000	-80.392	-3.334	10.750	0
TL10 - ServoE	0%	89.712	0.000	-80.392	3.334	10.750	0
TL11 - CMBPp	0%	22.883	0.000	-67.247	-1.846	5.800	0
TL11 - CMEPp	0%	22.883	0.000	-67.247	1.846	5.800	0
Pique Popa	0%	259.450	0.000	-68.204	0.000	0.155	0
TF1 - B5Br	100%	110.766	110.766	-39.560	-7.400	6.197	0
TF1 - B5C	100%	184.398	184.398	-39.588	0.000	5.600	0
TF1 - B5Er	100%	110.766	110.766	-39.560	7.400	6.197	0
TF2 - CMBR	100%	97.200	97.200	-42.895	-7.666	6.653	0

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

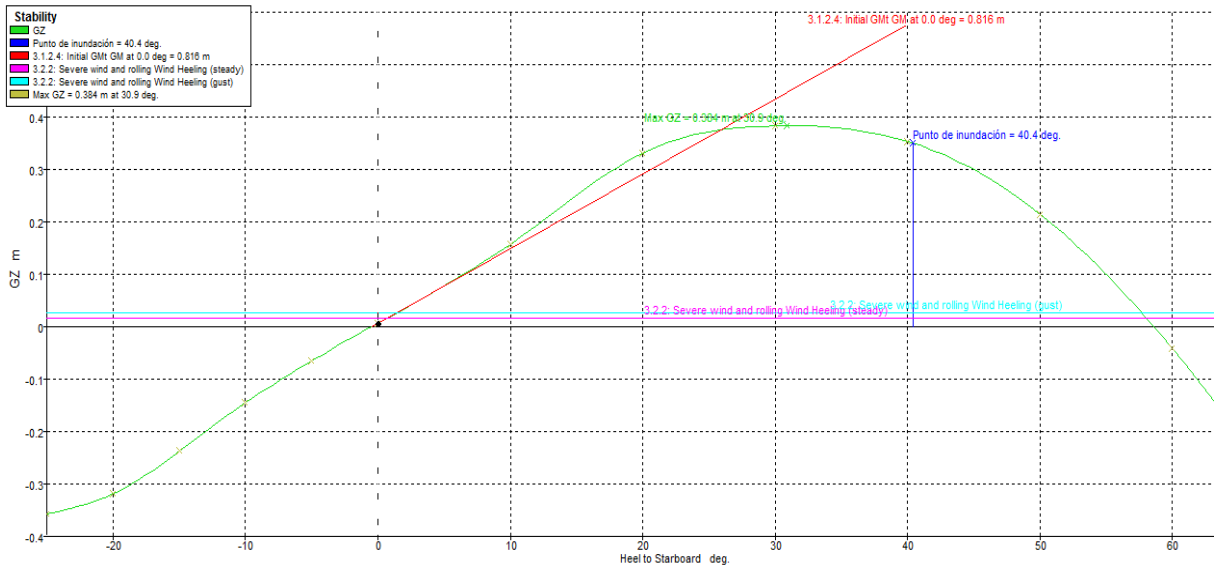
TF2 - CMEr	100%	97.200	97.200	-42.895	7.666	6.653	0
TF3 - CMBPr	100%	127.856	127.856	-57.637	-8.428	11.515	0
TF3 - CMEPr	100%	172.728	172.728	-47.585	8.895	11.436	0
TF4 - CMBPp	100%	99.937	99.937	-60.944	-4.930	8.171	0
TF4 - CMEPp	100%	99.937	99.937	-60.944	4.930	8.171	0
TFSDPr - CMBr	100%	31.154	31.154	-42.209	-9.051	11.415	0
TFSDPp - CMBr	100%	30.472	30.472	-44.458	-9.003	11.421	0
TFSE - CMBEr	100%	76.440	76.440	-48.534	-8.880	11.437	0
TD1 - CMB	100%	16.334	16.334	-42.868	-3.652	0.957	0
TD2 - CME	100%	16.334	16.334	-42.868	3.652	0.957	0
TD3 - B5BPP	100%	22.246	22.246	-34.434	-8.401	2.957	0
TD3 - B5EPP	100%	22.246	22.246	-34.434	8.401	2.957	0
TDSED - CPal	100%	57.789	57.789	-57.869	7.889	14.763	0
TDSD - CPal	100%	23.483	23.483	-55.261	7.602	14.758	0
TAD1 - CMB	100%	62.046	62.046	-68.424	-5.212	11.799	0
TAD2 - CME	100%	62.046	62.046	-68.424	5.212	11.799	0
TADES - CM	100%	23.869	23.869	-63.870	0.000	0.942	0
TACEITE - CM	100%	16.300	16.300	-41.463	0.215	11.400	0
TACECIL - CM	100%	6.943	6.943	-41.838	-4.085	11.400	0
TACERET - CM	0%	16.229	0.000	-56.769	-0.625	0.500	0
TACESUC - CM	0%	16.229	0.000	-56.769	0.625	0.500	0
TREBOSES	0%	12.262	0.000	-59.825	0.000	0.012	0
TLODOS	0%	18.792	0.000	-50.612	-2.050	0.019	0
TAGUACEIT	0%	18.792	0.000	-50.612	2.050	0.019	0
VIVERES	1	1.000	1.000	-79.200	0.000	14.000	
Total Loadcase			25250.175	-0.909	-0.007	8.795	
FS correction						0.000	
VCG fluid						8.795	

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**EQUILIBRIO SALIDA DE PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 100% CONSUMOS:**

Draft Amidships m	9.878
Displacement t	25250
Heel deg	0.0
Draft at FP m	9.509
Draft at AP m	10.246
Draft at LCF m	9.912
Trim (+ve by stern) m	0.737
WL Length m	160.381
Beam max extents on WL m	22.807
Wetted Area m <sup>2</sup>	5307.563
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2945.084
Prismatic coeff. (Cp)	0.710
Block coeff. (Cb)	0.679
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.983
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.828
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-1.054
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-7.199
KB m	5.265
KG fluid m	8.795
BMt m	4.346
BML m	184.475
GMt corrected m	0.816
GML m	180.930
KMt m	9.611
KML m	189.724
Immersion (TPc) tonne/cm	30.187
MTc tonne.m	292.822
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	329.864
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2706

**ESTABILIDAD SALIDA DE PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 100% CONSUMOS**



Heel deg	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0
GZ m	-0.357	-0.319	-0.238	-0.145	-0.066	0.007
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0825	0.0528	0.0283	0.0116	0.0025	0.0002
Displacement t	25225	25227	25227	25227	25227	25227
Draft at FP m	8.746	8.624	8.603	8.595	8.589	8.587
Draft at AP m	10.884	10.908	10.944	10.999	11.032	11.043
WL Length m	160.487	160.356	160.272	160.207	160.146	160.090
Beam max extents on WL m	23.297	22.923	23.651	23.188	22.901	22.805
Wetted Area m <sup>2</sup>	5583.582	5448.886	5312.524	5292.915	5290.957	5290.535
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2810.387	2930.420	3031.697	2997.592	2971.380	2963.057
Prismatic coeff. (Cp)	0.722	0.711	0.705	0.702	0.701	0.700
Block coeff. (Cb)	0.526	0.556	0.563	0.601	0.636	0.638
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.953	-0.973	-0.975	-0.977	-0.978	-0.979
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-4.978	-4.714	-5.402	-5.868	-6.130	-6.224
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1028	0.1881	0.2262	0.2540	0.2709	0.2767

Heel deg	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
GZ m	0.158	0.331	0.383	0.353	0.215	-0.041
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0138	0.0573	0.1213	0.1868	0.2382	0.2548
Displacement t	25227	25227	25227	25227	25227	25227
Draft at FP m	8.595	8.624	8.979	9.645	10.569	11.986
Draft at AP m	10.999	10.908	10.865	11.032	11.641	12.824
WL Length m	160.207	160.356	160.682	161.333	162.364	163.586
Beam max extents on WL m	23.188	22.923	22.701	19.742	17.995	17.109
Wetted Area m <sup>2</sup>	5292.883	5448.499	5710.664	5943.035	6084.456	6155.890
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2997.589	2930.396	2727.389	2565.580	2374.587	2202.692
Prismatic coeff. (Cp)	0.702	0.711	0.736	0.767	0.797	0.789
Block coeff. (Cb)	0.601	0.556	0.521	0.564	0.593	0.611
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.977	-0.972	-0.959	-0.944	-0.939	-0.933
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-5.868	-4.714	-4.953	-2.420	-0.802	-0.010
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2540	0.1881	-0.0180	-0.3128	-0.6633	-1.1505

**CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO: estabilidad estática, dinámica y criterio de viento.**

**CODE A.749(18) Ch3**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0 30.0 58.6 <b>0.0550</b>	deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0 30.0 <b>0.1213</b>	Pass  <b>Pass</b>	+120.54
<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0 40.0 40.4 58.6 <b>0.0900</b>	deg deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0 40.0 <b>0.1868</b>	Pass  <b>Pass</b>	+107.55
<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	30.0 40.0 40.4 58.6 <b>0.0300</b>	deg deg deg deg <b>m.rad</b>	30.0 40.0 <b>0.0655</b>	Pass  <b>Pass</b>	+118.32
<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30.0 90.0 30.9 <b>0.200</b>	deg deg deg <b>m</b> deg	30.0 30.9 <b>0.384</b>	Pass  <b>Pass</b>	+92.00
<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than ( $\geq$ )	<b>25.0</b>	<b>deg</b>	<b>30.9</b>	Pass <b>Pass</b>	+23.65
<b>3.1.2.4: Initial GMt</b> spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0.0 <b>0.150</b>	deg <b>m</b>	<b>0.816</b>	Pass <b>Pass</b>	+444.00

**CRITERIO DE VIENTO SALIDA DE PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 100% DE CONSUMOS**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				Pass	
Wind arm: $a = P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	0.99966				
wind pressure: P =	504.0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	14.450	m			
total area: A =	882.450	m <sup>2</sup>			
height of lateral resistance: H =	4.960	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1.5				
Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium with steady heel arm	25.0 (-24.2)	deg	-24.2		
Area 1 upper integrat. range, to the lesser of: spec. heel angle	50.0	deg			
first downflooding angle	40.4	deg	40.4		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	57.7	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	30.9	deg	30.9		
<b>Criteria:</b>				<b>Pass</b>	
<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16.0</b>	<b>deg</b>	<b>0.8</b>	<b>Pass</b>	+95.31
<b>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>80.00</b>	<b>%</b>	<b>5.60</b>	<b>Pass</b>	+93.00
<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100.00</b>	<b>%</b>	<b>192.69</b>	<b>Pass</b>	+92.69
Intermediate values					
Heel arm amplitude		m	0.017		
Equilibrium angle with steady heel arm		deg	0.8		
Equilibrium angle with gust heel arm		deg	1.4		
Deck edge immersion angle		deg	13.4		
Area1 (under GZ), from 1.4 to 40.4 deg.		m.rad	0.1888		
Area1 (under HA), from 1.4 to 40.4 deg.		m.rad	0.0174		
Area1, from 1.4 to 40.4 deg.		m.rad	0.1714		
Area2 (under GZ), from -24.2 to 1.4 deg.		m.rad	-0.0775		
Area2 (under HA), from -24.2 to 1.4 deg.		m.rad	0.0114		
Area2, from -24.2 to 1.4 deg.		m.rad	0.0889		

**4.2.- LLEGADA A PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 10% CONSUMOS**

Item Name	Quantity	Unit Mass	Mass (t)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert Arm (m)	Total FSM (t m)
Buque en rosca	1	6840.230	6840.230	-19.200	0.000	10.00	0.000
Bodega 1	0.699	2054.044	1435.777	61.112	0.000	11.135	0.000
Bodega 2	0.699	3913.168	2735.304	45.112	0.000	7.877	0.000
Bodega 3	0.699	6757.459	4723.464	22.112	0.000	8.054	0.000
Bodega 4	0.699	6677.219	4667.376	-6.888	0.000	8.094	0.000
Bodega 5	0.699	4691.320	3279.233	-29.868	0.000	8.185	0.000
Pique Proa	0%	538.033	0.000	70.878	0.000	0.018	0.000
TL1 - B1	0%	465.033	0.000	55.748	0.000	0.019	0.000
TL2 - B2Br	0%	181.405	0.000	37.153	-2.990	0.019	0.000
TL2 - B2Er	0%	181.405	0.000	37.153	2.990	0.019	0.000
TL3 - B2Br	0%	68.299	0.000	47.459	-5.362	1.500	0.000
TL3 - B2Er	0%	68.299	0.000	47.459	5.362	1.500	0.000
TL4 - B3Br	0%	417.273	0.000	8.612	-4.071	0.017	0.000
TL4 - B3Er	0%	417.273	0.000	8.612	4.071	0.017	0.000
TL5 - B3Br	0%	480.404	0.000	8.612	-9.953	1.500	0.000
TL5 - B3Er	0%	480.404	0.000	8.612	9.953	1.500	0.000
TL6 - B4Br	0%	219.558	0.000	-5.378	-4.051	0.018	0.000
TL6 - B4Er	0%	219.558	0.000	-5.378	4.051	0.018	0.000
TL7 - B4Br	0%	294.683	0.000	-5.378	-9.974	1.500	0.000
TL7 - B4Er	0%	294.683	0.000	-5.378	9.974	1.500	0.000
TL6P-B4Br	0%	215.528	0.000	-20.007	-3.655	0.019	0.000
TL6P-B4Er	0%	215.528	0.000	-20.007	3.655	0.019	0.000
TL7P-B4Br	0%	295.743	0.000	-20.007	-9.738	1.500	0.000
TL7P-B4Er	0%	295.743	0.000	-20.007	9.738	1.500	0.000
TL8 - B5Br	0%	223.784	0.000	-37.985	-2.209	0.019	0.000
TL8 - B5Er	0%	223.784	0.000	-37.985	2.209	0.019	0.000
TL9 - B5Br	0%	177.579	0.000	-29.036	-9.187	1.500	0.000
TL9 - B5Er	0%	177.579	0.000	-29.036	9.187	1.500	0.000
TL10 - ServoB	0%	89.712	0.000	-80.392	-3.334	10.750	0.000
TL10 - ServoE	0%	89.712	0.000	-80.392	3.334	10.750	0.000
TL11 - CMBPp	0%	22.883	0.000	-67.247	-1.846	5.800	0.000
TL11 - CMEPp	0%	22.883	0.000	-67.247	1.846	5.800	0.000
Pique Popa	0%	259.450	0.000	-68.204	0.000	0.155	0.000
TF1 - B5Br	10%	110.766	11.077	-39.512	-6.210	2.292	61.527
TF1 - B5C	10%	184.398	18.440	-39.590	0.000	1.910	125.460
TF1 - B5Er	10%	110.766	11.077	-39.512	6.210	2.292	61.527
TF2 - CMBBr	10%	97.200	9.720	-42.725	-6.436	2.909	46.647
TF2 - CMEr	10%	97.200	9.720	-42.725	6.436	2.909	46.647
TF3 - CMBPr	10%	127.856	12.786	-57.305	-8.132	9.920	48.608

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

TF3 - CMEPr	10%	172.728	17.273	-47.563	8.752	9.884	82.443
TF4 - CMBPp	10%	99.937	9.994	-60.382	-3.826	6.254	116.937
TF4 - CMEPp	10%	99.937	9.994	-60.382	3.826	6.254	116.937
TFSDPr - CMBr	10%	31.154	3.115	-42.210	-8.978	9.876	15.921
TFSDPp - CMBr	10%	30.472	3.047	-44.459	-8.907	9.878	15.226
TFSE - CMBEr	10%	76.440	7.644	-48.528	-8.727	9.885	36.020
TD1 - CMB	10%	16.334	1.633	-42.846	-3.050	0.157	18.204
TD2 - CME	10%	16.334	1.633	-42.846	3.050	0.157	18.204
TD3 - B5BPp	10%	22.246	2.225	-34.180	-7.905	1.740	9.574
TD3 - B5EPp	10%	22.246	2.225	-34.180	7.905	1.740	9.574
TDSED - CPal	10%	23.483	2.348	-55.262	7.550	13.268	25.679
TDSD - CPal	10%	57.789	5.779	-57.876	7.818	13.270	46.994
TAD1 - CMB	10%	62.046	6.205	-67.380	-5.946	10.493	150.043
TAD2 - CME	10%	62.046	6.205	-67.380	5.946	10.493	150.043
TADES - CM	10%	16.300	1.630	-41.463	0.215	9.870	20.493
TACEITE - CM	10%	6.943	0.694	-41.839	-4.085	9.870	0.396
TACECIL - CM	10%	18.792	1.879	-48.438	2.997	1.015	0.000
TACERET - CM	100%	16.229	16.229	-50.838	-0.625	1.100	0.000
TACESUC - CM	100%	16.229	16.229	-50.838	0.625	1.100	0.000
TREBOSES	100%	18.792	18.792	-48.438	-2.997	1.015	0.000
TLODOS	100%	12.262	12.262	-58.670	0.000	0.949	0.000
TAGUACEIT	100%	23.869	23.869	-63.877	0.000	0.942	0.000
VIVERES	0.1	1.000	0.100	-79.200	0.000	14.000	
Total Loadcase			23942.019	1.709	-0.001	8.758	1223.103
FS correction						0.051	
VCG fluid						8.809	



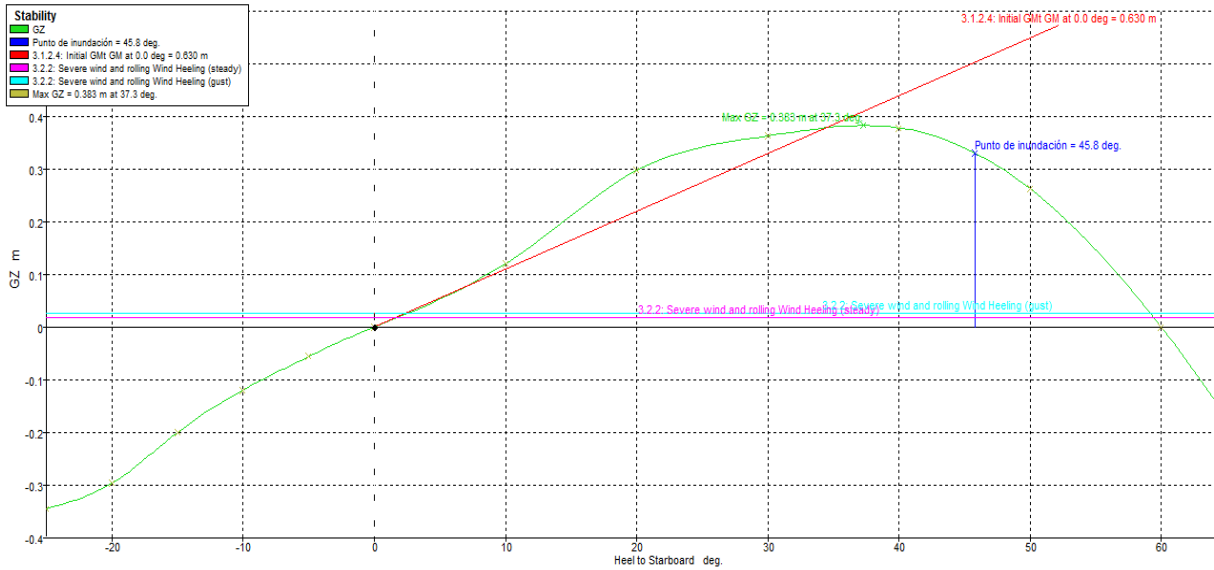
Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**EQUILIBRIO PLENA CARGA LLEGADA A PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 10% CONSUMOS:**

Draft Amidships m	9.456
Displacement t	23942
Heel deg	0.0
Draft at FP m	9.217
Draft at AP m	9.695
Draft at LCF m	9.469
Trim (+ve by stern) m	0.478
WL Length m	158.248
Beam max extents on WL m	22.819
Wetted Area m <sup>2</sup>	5133.363
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2888.200
Prismatic coeff. (Cp)	0.706
Block coeff. (Cb)	0.680
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.984
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.811
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	1.695
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-4.161
KB m	5.005
KG fluid m	8.809
BMt m	4.434
BML m	183.659
GMt corrected m	0.630
GML m	179.855
KMt m	9.439
KML m	188.663
Immersion (TPc) tonne/cm	29.604
MTc tonne.m	276.033
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	263.402
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1755

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

ESTABILIDAD LLEGADA A PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 10% CONSUMOS



Heel deg	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0
GZ m	-0.345	-0.296	-0.200	-0.120	-0.056	0.001
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0737	0.0454	0.0236	0.0099	0.0023	0.0000
Displacement t	23942	23942	23942	23942	23942	23944
Draft at FP m	9.392	9.276	9.251	9.233	9.222	9.219
Draft at AP m	9.378	9.459	9.557	9.633	9.679	9.695
WL Length m	160.490	160.336	160.252	159.812	158.842	158.247
Beam max extents on WL m	22.793	23.061	23.677	23.206	22.915	22.819
Wetted Area m <sup>2</sup>	5394.707	5243.233	5151.387	5142.307	5136.381	5133.479
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2822.180	2958.600	2980.400	2929.848	2899.281	2888.152
Prismatic coeff. (Cp)	0.722	0.714	0.710	0.708	0.706	0.706
Block coeff. (Cb)	0.530	0.546	0.556	0.599	0.644	0.680
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	1.701	1.704	1.702	1.699	1.698	1.697
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-3.661	-3.294	-3.689	-3.979	-4.135	-4.158
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.0053	0.0670	0.1126	0.1467	0.1677	0.1748

Heel deg	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
GZ m	0.121	0.297	0.363	0.379	0.263	0.000
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0097	0.0466	0.1056	0.1714	0.2296	0.2545
Displacement t	23942	23942	23942	23942	23942	23942
Draft at FP m	9.234	9.276	9.637	10.379	11.503	13.250
Draft at AP m	9.633	9.459	9.286	9.136	9.143	9.351
WL Length m	159.812	160.336	160.721	161.410	162.885	165.296
Beam max extents on WL m	23.206	23.061	23.252	20.890	19.033	18.072
Wetted Area m <sup>2</sup>	5142.304	5242.473	5505.547	5746.496	5906.712	5956.050
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2929.842	2958.597	2757.676	2629.057	2428.712	2227.103
Prismatic coeff. (Cp)	0.708	0.714	0.732	0.758	0.784	0.806
Block coeff. (Cb)	0.599	0.546	0.500	0.523	0.549	0.566
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	1.700	1.705	1.715	1.735	1.750	1.754
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-3.979	-3.294	-3.890	-2.889	-2.304	-1.745
Trim angle (+ve by stern) deg	0.1467	0.0669	-0.1288	-0.4564	-0.8666	-1.4315

**CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO: estabilidad estática, dinámica y criterio de viento.**

CODE A.749(18) Ch3

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  30.0 60.0 <b>0.0550</b>	deg  deg deg <b>m.rad</b>	0.0  30.0  <b>0.1056</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+92.00</b>
<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  40.0 45.8 60.0 <b>0.0900</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0  40.0  <b>0.1714</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+90.42</b>
<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	30.0  40.0 45.8 60.0 <b>0.0300</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	30.0  40.0  <b>0.0658</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+119.23</b>
<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30.0  90.0 37.3 <b>0.200</b>	deg  deg deg <b>m</b>	30.0   37.3  <b>0.383</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+91.50</b>
<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than ( $\geq$ )	<b>25</b>	<b>deg</b>	<b>37.3</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+49.11</b>
<b>3.1.2.4: Initial GMt</b> spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0 <b>0.15</b>	deg <b>m</b>	 <b>0.630</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+320.00</b>

**CRITERIO DE VIENTO**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	0.99966				
wind pressure: P =	504.0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	14.450	m			
total area: A =	882.450	m <sup>2</sup>			
height of lateral resistance: H =	4.960	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1.5				
Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium with steady heel arm	25.0 (-23.3)	deg	-23.3		
Area 1 upper integrat. range, to the lesser of: spec. heel angle	50.0	deg			
first downflooding angle	45.8	deg	45.8		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	59.2	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	37.3	deg	37.3		
<b>Criteria:</b>				<b>Pass</b>	
<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16.0</b>	<b>deg</b>	<b>1.7</b>	<b>Pass</b>	<b>+89.28</b>
<b>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>80.00</b>	<b>%</b>	<b>9.65</b>	<b>Pass</b>	<b>+87.94</b>
<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100.00</b>	<b>%</b>	<b>248.78</b>	<b>Pass</b>	<b>+148.80</b>
Intermediate values					
Heel arm amplitude		m	0.018		
Equilibrium angle with steady heel arm		deg	1.7		
Equilibrium angle with gust heel arm		deg	2.6		
Deck edge immersion angle		deg	17.8		
Area1 (under GZ), from 2.6 to 45.8 deg.		m.rad	0.2072		
Area1 (under HA), from 2.6 to 45.8 deg.		m.rad	0.0203		
Area1, from 2.6 to 45.8 deg.		m.rad	0.1868		
Area2 (under GZ), from -23.3 to 2.6 deg.		m.rad	-0.0629		
Area2 (under HA), from -23.3 to 2.6 deg.		m.rad	0.0122		
Area2, from -23.3 to 2.6 deg.		m.rad	0.0751		

**4.3.- SALIDA DE PUERTO CARGA DE CONTENEDORES 100% CONSUMOS**

Como hay 288 contenedores bajo cubierta y 286 sobre la misma, repartidos de la siguiente forma:

BODEGA	Contenedores bajo cubierta	Contenedores sobre cubierta
1	12	16
2	38	40
3	90	85
4	90	87
5	58	58

Los pesos de la carga en esta condición, sus centros de gravedad y las coordenadas donde están distribuidos son:

BODEGA	PESO (t)	Xg	Zg	Xpp	Xpr
1 bajo cubierta	240	59.65	10.64		
1 sobre cubierta	160	59.65	21.00		
1	400	59.65	14.78	56.21	64.8
2 bajo cubierta	760	44.25	8.05		
2 sobre cubierta	400	44.25	19.36		
2	1160	44.25	11.95	38.08	50.4
3 bajo cubierta	1800	21.8	8.05		
3 sobre cubierta	850	21.8	19.36		
3	2650	21.8	11.68	11.77	30.96
4 bajo cubierta	1800	-8.5	8.05		
4 sobre cubierta	870	-8.5	19.36		
4	2670	-8.5	11.74	-18.23	0.91
5 bajo cubierta	1160	-32.3	8.05		
5 sobre cubierta	580	-32.3	19.36		
5	1740	-32.3	11.82	-38.5	-26.15
TOTAL	8620				

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

Item Name	Quantity	Unit Mass	Mass (t)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert Arm (m)	Total FSM (t m)
Buque en rosca	1	6840.230	6840.230	-19.200	0.000	10.000	0.000
Bodega 1	1	400.000	400.000	59.650	0.000	14.780	0.000
Bodega 2	1	1160.000	1160.000	44.250	0.000	11.950	0.000
Bodega 3	1	2650.000	2650.000	21.800	0.000	11.680	0.000
Bodega 4	1	2670.000	2670.000	-8.500	0.000	11.740	0.000
Bodega 5	1	1740.000	1740.000	-32.300	0.000	11.820	0.000
Pique Proa	100%	538.033	538.033	75.327	0.000	5.997	0.000
TL1 - B1	100%	465.033	465.033	62.358	0.000	2.154	0.000
TL2 - B2Br	100%	181.405	181.405	45.320	-3.401	0.807	0.000
TL2 - B2Er	100%	181.405	181.405	45.320	3.401	0.807	0.000
TL3 - B2Br	100%	68.299	68.299	51.123	-5.214	2.826	0.000
TL3 - B2Er	100%	68.299	68.299	51.123	5.214	2.826	0.000
TL4 - B3Br	100%	417.273	417.273	22.257	-4.957	0.788	0.000
TL4 - B3Er	100%	417.273	417.273	22.257	4.957	0.788	0.000
TL5 - B3Br	100%	480.404	480.404	20.317	-10.037	5.674	0.000
TL5 - B3Er	100%	480.404	480.404	20.317	10.037	5.674	0.000
TL6 - B4Br	100%	219.558	219.558	1.282	-5.196	0.784	0.000
TL6 - B4Er	100%	219.558	219.558	1.282	5.196	0.784	0.000
TL7 - B4Br	100%	294.683	294.683	1.278	-10.106	5.630	0.000
TL7 - B4Er	100%	294.683	294.683	1.278	10.106	5.630	0.000
TL6P-B4Br	100%	215.528	215.528	-12.896	-5.105	0.785	0.000
TL6P-B4Er	100%	215.528	215.528	-12.896	5.105	0.785	0.000
TL7P-B4Br	0%	295.743	0.000	-12.684	-9.890	1.500	0.000
TL7P-B4Er	0%	295.743	0.000	-12.684	9.890	1.500	0.000
TL8 - B5Br	0%	223.784	0.000	-28.358	-3.076	0.019	0.000
TL8 - B5Er	0%	223.784	0.000	-28.358	3.076	0.019	0.000
TL9 - B5Br	0%	177.579	0.000	-23.971	-9.554	1.500	0.000
TL9 - B5Er	0%	177.579	0.000	-23.971	9.554	1.500	0.000
TL10 - ServoB	0%	89.712	0.000	-74.543	-3.958	10.750	0.000
TL10 - ServoE	0%	89.712	0.000	-74.543	3.958	10.750	0.000
TL11 - CMBPp	0%	22.883	0.000	-66.367	-2.114	5.800	0.000
TL11 - CMEPp	0%	22.883	0.000	-66.367	2.114	5.800	0.000
Pique Popa	0%	259.450	0.000	-68.204	0.000	0.155	0.000
TF1 - B5Br	100%	110.766	110.766	-39.560	-7.400	6.197	0.000
TF1 - B5C	100%	184.398	184.398	-39.588	0.000	5.600	0.000
TF1 - B5Er	100%	110.766	110.766	-39.560	7.400	6.197	0.000
TF2 - CMBPr	100%	97.200	97.200	-42.895	-7.666	6.653	0.000
TF2 - CMEr	100%	97.200	97.200	-42.895	7.666	6.653	0.000
TF3 - CMBPr	100%	127.856	127.856	-57.637	-8.428	11.515	0.000
TF3 - CMEPr	100%	172.728	172.728	-47.585	8.895	11.436	0.000
TF4 - CMBPp	100%	99.937	99.937	-60.944	-4.930	8.171	0.000
TF4 - CMEPp	100%	99.937	99.937	-60.944	4.930	8.171	0.000

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

TFSDPr - CMBr	100%	31.154	31.154	-42.209	-9.051	11.415	0.000
TFSDPp - CMBr	100%	30.472	30.472	-44.458	-9.003	11.421	0.000
TFSE - CMBEr	100%	76.440	76.440	-48.534	-8.880	11.437	0.000
TD1 - CMB	100%	16.334	16.334	-42.868	-3.652	0.957	0.000
TD2 - CME	100%	16.334	16.334	-42.868	3.652	0.957	0.000
TD3 - B5BPp	100%	57.789	57.789	-57.869	7.889	14.763	0.000
TD3 - B5EPp	100%	23.483	23.483	-55.261	7.602	14.758	0.000
TDSED - CPal	100%	22.246	22.246	-34.434	-8.401	2.957	0.000
TDSD - CPal	100%	22.246	22.246	-34.434	8.401	2.957	0.000
TAD1 - CMB	100%	62.046	62.046	-68.424	-5.212	11.799	0.000
TAD2 - CME	100%	62.046	62.046	-68.424	5.212	11.799	0.000
TADES - CM	100%	23.869	23.869	-63.870	0.000	0.942	0.000
TACEITE - CM	100%	16.300	16.300	-41.463	0.215	11.400	0.000
TACECIL - CM	100%	6.943	6.943	-41.838	-4.085	11.400	0.000
TACERET - CM	0%	16.229	0.000	-50.838	-0.625	0.500	0.000
TACESUC - CM	0%	16.229	0.000	-50.838	0.625	0.500	0.000
TREBOSES	0%	12.262	0.000	-59.793	0.000	0.012	0.000
TLODOS	0%	18.792	0.000	-47.472	-2.334	0.019	0.000
TAGUACEIT	0%	18.792	0.000	-47.472	2.334	0.019	0.000
VIVERES	1	1.000	1.000	-79.200	14.000	0.000	
Total Loadcase			21786.873	-1.886	-0.007	9.159	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						9.159	

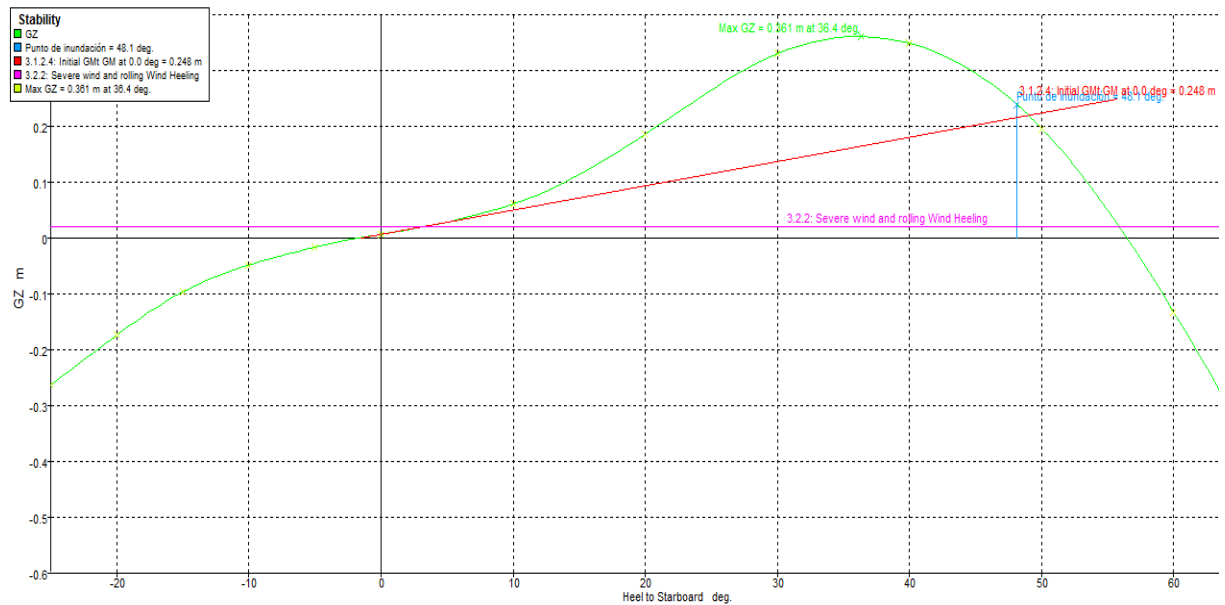
Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**EQUILIBRIO SALIDA DE PUERTO CARGA CONTENEDORES 100% CONSUMOS:**

Draft Amidships m	8.647
Displacement t	21787
Heel deg	0.0
Draft at FP m	7.569
Draft at AP m	9.725
Draft at LCF m	8.743
Trim (+ve by stern) m	2.156
WL Length m	158.388
Beam max extents on WL m	22.834
Wetted Area m <sup>2</sup>	4890.446
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2857.076
Prismatic coeff. (Cp)	0.688
Block coeff. (Cb)	0.623
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.967
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.802
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-1.947
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-6.922
KB m	4.618
KG fluid m	9.159
BMt m	4.790
BML m	196.741
GMt corrected m	0.249
GML m	192.199
KMt m	9.408
KML m	201.358
Immersion (TPc) tonne/cm	29.285
MTc tonne.m	268.363
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	94.424
Trim angle (+ve by stern) deg	0.7919



**ESTABILIDAD SALIDA DE PUERTO CARGA CONTENEDORES 100% CONSUMOS**



Heel deg	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0
GZ m	-0.284	-0.193	-0.112	-0.059	-0.022	0.007
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0452	0.0244	0.0113	0.0040	0.0006	0.0002
Displacement t	21787	21787	21787	21787	21787	21787
Draft at FP m	7.248	7.206	7.169	7.141	7.123	7.117
Draft at AP m	9.810	9.918	10.030	10.110	10.157	10.173
WL Length m	160.344	160.297	160.260	160.221	160.186	160.154
Beam max extents on WL m	24.081	24.339	23.680	23.216	22.930	22.833
Wetted Area m <sup>2</sup>	5010.682	4915.476	4901.050	4898.240	4897.616	4897.649
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2985.293	3022.561	2964.323	2920.517	2896.208	2888.297
Prismatic coeff. (Cp)	0.700	0.691	0.686	0.683	0.681	0.680
Block coeff. (Cb)	0.482	0.496	0.534	0.573	0.599	0.601
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.980	-0.980	-0.986	-0.990	-0.992	-0.993
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-3.573	-4.430	-4.981	-5.360	-5.608	-5.689
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4845	0.5487	0.6064	0.6484	0.6741	0.6829

Heel deg	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
GZ m	0.072	0.206	0.357	0.372	0.209	-0.127
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0063	0.0295	0.0796	0.1457	0.1990	0.2082
Displacement t	21787	21787	21787	21787	21787	21787
Draft at FP m	7.141	7.206	7.370	7.873	8.445	9.171
Draft at AP m	10.110	9.918	9.708	9.496	9.482	9.698
WL Length m	160.221	160.297	160.372	160.471	161.269	161.546
Beam max extents on WL m	23.216	24.339	23.130	21.163	19.308	18.307
Wetted Area m <sup>2</sup>	4898.242	4915.477	5125.964	5362.408	5503.094	5562.520
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2920.509	3022.565	2907.570	2719.159	2489.265	2309.020
Prismatic coeff. (Cp)	0.683	0.691	0.713	0.748	0.781	0.789
Block coeff. (Cb)	0.573	0.496	0.484	0.498	0.526	0.547
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.989	-0.980	-0.966	-0.935	-0.922	-0.912
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-5.360	-4.430	-3.635	-2.702	-1.044	0.225
Trim angle (+ve by stern) deg	0.6484	0.5492	0.3861	0.0659	-0.2705	-0.6787

**CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO: estabilidad estática, dinámica y criterio de viento.**

CODE A.749(18) Ch3

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  30.0 56.5 <b>0.0550</b>	deg  deg deg <b>m.rad</b>	0.0  30.0  <b>0.0715</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+30.06</b>
<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  40.0 48.1 56.5 <b>0.0900</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0  40.0 48.1  <b>0.1331</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+47.90</b>
<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	30.0  40.0 48.1 56.5 <b>0.0300</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	30.0  40.0 48.1  <b>0.0616</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+105.27</b>
<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30.0  90.0 36.4 <b>0.200</b>	deg  deg deg <b>m</b>	30.0   36.4  <b>0.361</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+80.50</b>
<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than ( $\geq$ )	<b>25</b>	<b>deg</b>	<b>36.4</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+45.60</b>
<b>3.1.2.4: Initial GMt</b> spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0 <b>0.15</b>	deg <b>m</b>	 <b>0.249</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+ 66.00</b>

**CRITERIO DE VIENTO**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	0.99966				
wind pressure: P =	504.0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	14.450	m			
total area: A =	882.450	m <sup>2</sup>			
height of lateral resistance: H =	4.960	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1.5				
Area2 integrated to the lesser of					
roll back angle from equilibrium with steady heel arm	25.0 (-16.8)	deg	-16.8		
Area 1 upper integrat. range, to the lesser of:					
spec. heel angle	50.0	deg			
first downflooding angle	48.1	deg	48.1		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	55.6	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
angle of max. GZ	36.4	deg	36.4		
<b>Criteria:</b>				<b>Pass</b>	
<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16.0</b>	<b>deg</b>	<b>3.2</b>	<b>Pass</b>	<b>+80.00</b>
<b>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>80.00</b>	<b>%</b>	<b>16.19</b>	<b>Pass</b>	<b>+79.76</b>
<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100.00</b>	<b>%</b>	<b>1679.74</b>	<b>Pass</b>	<b>+1579.74</b>
Intermediate values					
Heel arm amplitude		m	0.020		
Equilibrium angle with steady heel arm		deg	3.2		
Equilibrium angle with gust heel arm		deg	5.2		
Deck edge immersion angle		deg	19.7		
Area1 (under GZ), from 5.2 to 48.1 deg.		m.rad	0.1745		
Area1 (under HA), from 5.2 to 48.1 deg.		m.rad	0.0222		
Area1, from 5.2 to 48.1 deg.		m.rad	0.1523		
Area2 (under GZ), from -16.8 to 5.2 deg.		m.rad	-0.0250		
Area2 (under HA), from -16.8 to 5.2 deg.		m.rad	0.0100		
Area2, from -16.8 to 5.2 deg.		m.rad	0.0301		

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**4.4.- LLEGADA A PUERTO CARGA CONTENEDORES 10% CONSUMOS**

Item Name	Quantity	Unit Mass	Mass (t)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert Arm (m)	Total FSM (t m)
Buque en rosca	1	6840.230	6840.230	-19.200	0.000	10.000	0.000
Bodega 1	1	400.000	400.000	59.650	0.000	14.780	0.000
Bodega 2	1	1160.000	1160.000	44.250	0.000	11.950	0.000
Bodega 3	1	2650.000	2650.000	21.800	0.000	11.680	0.000
Bodega 4	1	2670.000	2670.000	-8.500	0.000	11.740	0.000
Bodega 5	1	1740.000	1740.000	-32.300	0.000	11.820	0.000
Pique Proa	100%	538.033	538.033	75.327	0.000	5.997	0.000
TL1 - B1	100%	465.033	465.033	62.358	0.000	2.154	0.000
TL2 - B2Br	100%	181.405	181.405	45.320	-3.401	0.807	0.000
TL2 - B2Er	100%	181.405	181.405	45.320	3.401	0.807	0.000
TL3 - B2Br	100%	68.299	68.299	51.123	-5.214	2.826	0.000
TL3 - B2Er	100%	68.299	68.299	51.123	5.214	2.826	0.000
TL4 - B3Br	100%	417.273	417.273	22.257	-4.957	0.788	0.000
TL4 - B3Er	100%	417.273	417.273	22.257	4.957	0.788	0.000
TL5 - B3Br	100%	480.404	480.404	20.317	-10.037	5.674	0.000
TL5 - B3Er	100%	480.404	480.404	20.317	10.037	5.674	0.000
TL6 - B4Br	100%	219.558	219.558	1.282	-5.196	0.784	0.000
TL6 - B4Er	100%	219.558	219.558	1.282	5.196	0.784	0.000
TL7 - B4Br	100%	294.683	294.683	1.278	-10.106	5.630	0.000
TL7 - B4Er	100%	294.683	294.683	1.278	10.106	5.630	0.000
TL6P-B4Br	100%	215.528	215.528	-12.896	-5.105	0.785	0.000
TL6P-B4Er	100%	215.528	215.528	-12.896	5.105	0.785	0.000
TL7P-B4Br	100%	295.743	295.743	-12.958	-10.112	5.662	0.000
TL7P-B4Er	100%	295.743	295.743	-12.958	10.112	5.662	0.000
TL8 - B5Br	100%	223.784	223.784	-28.240	-4.275	0.794	0.000
TL8 - B5Er	100%	223.784	223.784	-28.240	4.275	0.794	0.000
TL9 - B5Br	0%	177.579	0.000	-24.480	-10.068	5.814	0.000
TL9 - B5Er	0%	177.579	0.000	-24.480	10.068	5.814	0.000
TL10 - ServoB	0%	89.712	0.000	-80.401	-3.334	10.750	0.000
TL10 - ServoE	0%	89.712	0.000	-80.401	3.334	10.750	0.000
TL11 - CMBPp	0%	22.883	0.000	-67.247	-1.846	5.800	0.000
TL11 - CMEPp	0%	22.883	0.000	-67.247	1.846	5.800	0.000
Pique Popa	0%	259.450	0.000	-68.204	0.000	0.155	0.000
TF1 - B5Br	10%	110.766	11.077	-39.515	-6.209	2.292	61.527
TF1 - B5C	10%	184.398	18.440	-39.594	0.000	1.910	125.463
TF1 - B5Er	10%	110.766	11.077	-39.515	6.209	2.292	61.527
TF2 - CMBBr	10%	97.200	9.720	-42.729	-6.435	2.909	46.647
TF2 - CMEr	10%	97.200	9.720	-42.729	6.435	2.909	46.647
TF3 - CMBPr	10%	127.856	12.786	-57.463	-8.119	9.921	48.608

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

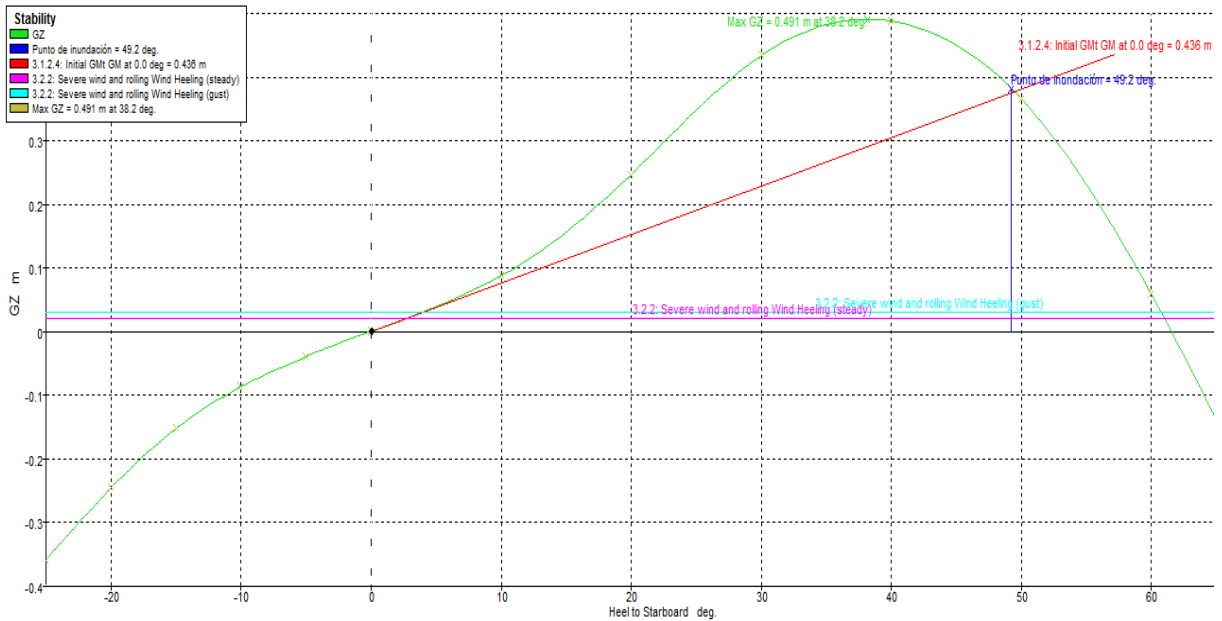
TF3 - CMEPr	10%	172.728	17.273	-47.756	8.743	9.885	82.443
TF4 - CMBPp	10%	99.937	9.994	-60.412	-3.821	6.254	116.937
TF4 - CMEPp	10%	99.937	9.994	-60.412	3.821	6.254	116.937
TFSDPr - CMBr	10%	31.154	3.115	-42.216	-8.978	9.876	15.921
TFSDPp - CMBr	10%	30.472	3.047	-44.464	-8.907	9.878	15.226
TFSE - CMBEr	10%	76.440	7.644	-48.567	-8.725	9.885	36.020
TD1 - CMB	10%	16.334	1.633	-42.871	-3.047	0.157	18.204
TD2 - CME	10%	16.334	1.633	-42.871	3.047	0.157	18.204
TD3 - B5BPp	10%	57.789	5.779	-57.893	7.817	13.270	46.994
TD3 - B5EPp	10%	23.483	2.348	-55.264	7.549	13.268	25.679
TDSED - CPal	10%	22.246	2.225	-34.206	-7.901	1.740	9.574
TDSD - CPal	10%	22.246	2.225	-34.206	7.901	1.740	9.574
TAD1 - CMB	10%	62.046	6.205	-67.407	-5.924	10.494	150.043
TAD2 - CME	10%	62.046	6.205	-67.407	5.924	10.494	150.043
TADES - CM	10%	23.869	2.387	-63.977	0.000	0.137	10.265
TACEITE - CM	10%	16.300	1.630	-41.464	0.215	9.870	20.494
TACECIL - CM	10%	6.943	0.694	-41.842	-4.085	9.870	0.396
TACERET - CM	100%	16.229	16.229	-50.838	-0.625	1.100	0.000
TACESUC - CM	100%	16.229	16.229	-50.838	0.625	1.100	0.000
TREBOSES	100%	12.262	12.262	-58.670	0.000	0.949	0.000
TLODOS	100%	18.792	18.792	-48.438	-2.997	1.015	0.000
TAGUACEIT	100%	18.792	18.792	-48.438	2.997	1.015	0.000
VIVERES	0.1	1.000	0.100	-79.200	0.000	14.000	0.000
Total Loadcase			21495.904	0.803	-0.001	8.877	1233.377
FS correction						0.057	
VCG fluid						8.934	

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**EQUILIBRIO LLEGADA A PUERTO CARGA CONTENEDORES 10% CONSUMOS:**

Draft Amidships m	8.560
Displacement t	21404
Heel deg	0.0
Draft at FP m	7.761
Draft at AP m	9.359
Draft at LCF m	8.600
Trim (+ve by stern) m	1.598
WL Length m	156.217
Beam max extents on WL m	22.844
Wetted Area m <sup>2</sup>	4827.907
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2823.942
Prismatic coeff. (Cp)	0.689
Block coeff. (Cb)	0.635
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.972
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.792
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	0.949
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-3.952
KB m	4.537
KG fluid m	9.053
BMt m	4.822
BML m	193.106
GMt corrected m	0.305
GML m	188.589
KMt m	9.358
KML m	197.632
Immersion (TPc) tonne/cm	28.945
MTc tonne.m	258.761
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	113.980
Trim angle (+ve by stern) deg	0.5871

**ESTABILIDAD LLEGADA A PUERTO CARGA CONTENEDORES 10% CONSUMOS**



Heel deg	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0
GZ m	-0.359	-0.246	-0.152	-0.087	-0.039	0.001
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0607	0.0344	0.0172	0.0070	0.0016	0.0000
Displacement t	21495	21496	21496	21496	21496	21496
Draft at FP m	7.862	7.812	7.774	7.744	7.725	7.719
Draft at AP m	9.042	9.179	9.301	9.387	9.440	9.457
WL Length m	159.974	159.739	158.755	157.830	157.050	156.695
Beam max extents on WL m	23.800	24.335	23.681	23.220	22.940	22.842
Wetted Area m <sup>2</sup>	4974.552	4871.468	4857.707	4847.444	4842.212	4840.544
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2970.500	2994.976	2921.424	2870.088	2840.768	2831.117
Prismatic coeff. (Cp)	0.708	0.701	0.696	0.692	0.690	0.689
Block coeff. (Cb)	0.487	0.497	0.536	0.578	0.622	0.632
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	0.775	0.766	0.761	0.757	0.755	0.755
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-2.848	-3.433	-3.756	-3.956	-4.086	-4.128
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4333	0.5021	0.5608	0.6036	0.6297	0.6384

Heel deg	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
GZ m	0.088	0.247	0.434	0.488	0.366	0.059
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0071	0.0351	0.0954	0.1784	0.2556	0.2949
Displacement t	21496	21496	21496	21496	21496	21496
Draft at FP m	7.744	7.812	7.995	8.544	9.243	10.207
Draft at AP m	9.387	9.180	8.918	8.607	8.363	8.173
WL Length m	157.827	159.740	160.066	160.359	160.992	162.154
Beam max extents on WL m	23.220	24.335	22.850	21.622	19.709	18.577
Wetted Area m <sup>2</sup>	4847.437	4871.468	5097.632	5331.142	5472.417	5536.515
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2870.065	2994.983	2883.533	2730.692	2501.145	2315.313
Prismatic coeff. (Cp)	0.692	0.701	0.720	0.753	0.779	0.799
Block coeff. (Cb)	0.578	0.497	0.489	0.486	0.514	0.536
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	0.758	0.766	0.778	0.805	0.827	0.833
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-3.955	-3.434	-3.062	-2.604	-1.518	-0.596
Trim angle (+ve by stern) deg	0.6033	0.5022	0.3392	0.0232	-0.3234	-0.7470

**CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO: estabilidad estática, dinámica y criterio de viento.**

CODE A.749(18) Ch3

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  30.0 61.6 <b>0.0550</b>	deg  deg deg <b>m.rad</b>	0.0  30.0  <b>0.0954</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+73.48</b>
<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  40.0 49.2 61.6 <b>0.0900</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0  40.0 49.2 61.6 <b>0.1784</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+98.19</b>
<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	30.0  40.0 49.2 61.6 <b>0.0300</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	30.0  40.0 49.2 61.6 <b>0.0830</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+176.51</b>
<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30.0  90.0 38.2 <b>0.200</b>	deg  deg deg <b>m</b>	30.0  38.2  <b>0.491</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+145.50</b>
<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than ( $\geq$ )	<b>25</b>	<b>deg</b>	<b>38.2</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+52.74</b>
<b>3.1.2.4: Initial GMt</b> spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0 <b>0.15</b>	deg <b>m</b>	 <b>0.436</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+190.67</b>



**CRITERIO DE VIENTO**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	0.99966				
wind pressure: P =	504.0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	14.450	m			
total area: A =	882.450	m <sup>2</sup>			
height of lateral resistance: H =	4.960	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1.5				
Area2 integrated to the lesser of					
roll back angle from equilibrium with steady heel arm	25.0 (-22.4)	deg	-22.4		
Area 1 upper integrat. range, to the lesser of:					
spec. heel angle	50.0	deg			
first downflooding angle	49.2	deg	49.2		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	60.8	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
angle of max. GZ	38.2	deg	38.2		
<b>Criteria:</b>				<b>Pass</b>	
<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16.0</b>	<b>deg</b>	<b>2.6</b>	<b>Pass</b>	+83.73
<b>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>80.00</b>	<b>%</b>	<b>12.68</b>	<b>Pass</b>	+84.15
<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100.00</b>	<b>%</b>	<b>385.70</b>	<b>Pass</b>	+285.70
Intermediate values					
Heel arm amplitude		m	0.020		
Equilibrium angle with steady heel arm		deg	2.6		
Equilibrium angle with gust heel arm		deg	3.9		
Deck edge immersion angle		deg	20.5		
Area1 (under GZ), from 3.9 to 49.2 deg.		m.rad	0.2495		
Area1 (under HA), from 3.9 to 49.2 deg.		m.rad	0.0238		
Area1, from 3.9 to 49.2 deg.		m.rad	0.2257		
Area2 (under GZ), from -22.4 to 3.9 deg.		m.rad	-0.0447		
Area2 (under HA), from -22.4 to 3.9 deg.		m.rad	0.0138		
Area2, from -22.4 to 3.9 deg.		m.rad	0.0585		

**4.5.- SALIDA DE PUERTO EN LASTRE 100% CONSUMOS**

Item Name	Quantity	Unit Mass	Mass (t)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert Arm (m)	Total FSM (t m)
Buque en rosca	0	6840.230		-19.200	0.000	10.000	0.000
Bodega 1	0	2054.044	0.000	61.112	0.000	11.135	0.000
Bodega 2 (inferior)	1	2465.202	2465.202	45.238	0.000	5.867	0.000
Bodega 3	0	6757.459	0.000	22.112	0.000	8.054	0.000
Bodega 4	0	6677.219	0.000	-6.888	0.000	8.094	0.000
Bodega 5	0	4691.320	0.000	-29.868	0.000	8.185	0.000
Pique Proa	100%	538.033	538.033	75.327	0.000	5.997	0.000
TL1 - B1	100%	465.033	465.033	62.358	0.000	2.154	0.000
TL2 - B2Br	100%	181.405	181.405	45.320	-3.401	0.807	0.000
TL2 - B2Er	100%	181.405	181.405	45.320	3.401	0.807	0.000
TL3 - B2Br	100%	68.299	68.299	51.123	-5.214	2.826	0.000
TL3 - B2Er	100%	68.299	68.299	51.123	5.214	2.826	0.000
TL4 - B3Br	100%	417.273	417.273	22.257	-4.957	0.788	0.000
TL4 - B3Er	100%	417.273	417.273	22.257	4.957	0.788	0.000
TL5 - B3Br	100%	480.404	480.404	20.317	-10.037	5.674	0.000
TL5 - B3Er	100%	480.404	480.404	20.317	10.037	5.674	0.000
TL6 - B4Br	100%	219.558	219.558	1.282	-5.196	0.784	0.000
TL6 - B4Er	100%	219.558	219.558	1.282	5.196	0.784	0.000
TL7 - B4Br	100%	294.683	294.683	1.278	-10.106	5.630	0.000
TL7 - B4Er	100%	294.683	294.683	1.278	10.106	5.630	0.000
TL6P-B4Br	100%	215.528	215.528	-12.896	-5.105	0.785	0.000
TL6P-B4Er	100%	215.528	215.528	-12.896	5.105	0.785	0.000
TL7P-B4Br	100%	295.743	295.743	-12.958	-10.112	5.662	0.000
TL7P-B4Er	100%	295.743	295.743	-12.958	10.112	5.662	0.000
TL8 - B5Br	100%	223.784	223.784	-37.985	-2.209	0.019	0.000
TL8 - B5Er	100%	223.784	223.784	-37.985	2.209	0.019	0.000
TL9 - B5Br	0%	177.579	177.579	-24.480	-10.068	5.814	0.000
TL9 - B5Er	0%	177.579	177.579	-24.480	10.068	5.814	0.000
TL10 - ServoB	0%	89.712	0.000	-80.401	-3.334	10.750	0.000
TL10 - ServoE	0%	89.712	0.000	-80.401	3.334	10.750	0.000
TL11 - CMBPp	0%	22.883	0.000	-67.247	-1.846	5.800	0.000
TL11 - CMEPp	0%	22.883	0.000	-67.247	1.846	5.800	0.000
Pique Popa	0%	259.450	0.000	-68.204	0.000	0.155	0.000
TF1 - B5Br	100%	110.766	11.077	-39.515	-7.400	6.197	0.000
TF1 - B5C	100%	184.398	18.440	-39.594	0.000	5.600	0.000
TF1 - B5Er	100%	110.766	11.077	-39.515	7.400	6.197	0.000
TF2 - CMBBr	100%	97.200	9.720	-42.729	-7.666	6.653	0.000
TF2 - CMEr	100%	97.200	9.720	-42.729	7.666	6.653	0.000
TF3 - CMBPr	100%	127.856	12.786	-57.463	-8.428	11.515	0.000

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

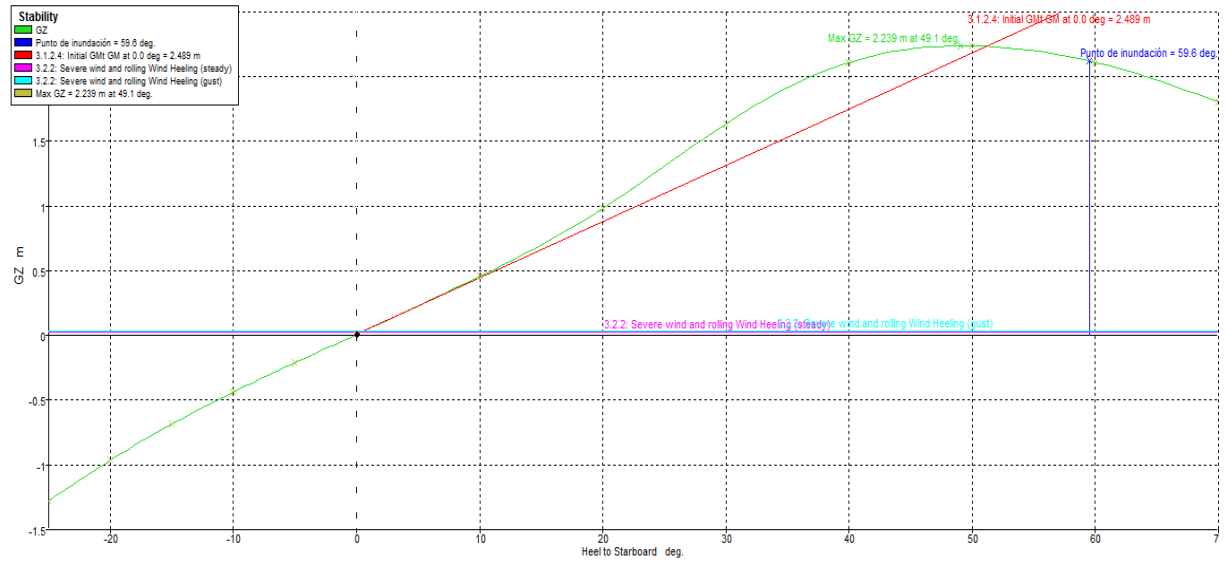
TF3 - CMEPr	100%	172.728	17.273	-47.756	8.895	11.436	0.000
TF4 - CMBPp	100%	99.937	9.994	-60.412	-4.930	8.171	0.000
TF4 - CMEPp	100%	99.937	9.994	-60.412	4.930	8.171	0.000
TFSDPr - CMBr	100%	31.154	3.115	-42.216	-9.051	11.415	0.000
TFSDPp - CMBr	100%	30.472	3.047	-44.464	-9.003	11.421	0.000
TFSE - CMBEr	100%	76.440	7.644	-48.567	-8.880	11.437	0.000
TD1 - CMB	100%	16.334	1.633	-42.871	-3.652	0.957	0.000
TD2 - CME	100%	16.334	1.633	-42.871	3.652	0.957	0.000
TD3 - B5BPp	100%	57.789	5.779	-57.893	7.889	14.763	0.000
TD3 - B5EPp	100%	23.483	2.348	-55.264	7.602	14.758	0.000
TDSED - CPal	100%	22.246	2.225	-34.206	-8.401	2.957	0.000
TDSD - CPal	100%	22.246	2.225	-34.206	8.401	2.957	0.000
TAD1 - CMB	100%	62.046	6.205	-67.407	-5.212	11.799	0.000
TAD2 - CME	100%	62.046	6.205	-67.407	5.212	11.799	0.000
TADES - CM	100%	23.869	2.387	-63.977	0.000	0.942	0.000
TACEITE - CM	100%	16.300	1.630	-41.464	0.215	11.400	0.000
TACECIL - CM	100%	6.943	0.694	-41.842	-4.085	11.400	0.000
TACERET - CM	0%	16.229	16.229	-50.838	-0.625	0.500	0.000
TACESUC - CM	0%	16.229	16.229	-50.838	0.625	0.500	0.000
TREBOSES	0%	12.262	12.262	-58.670	0.000	0.012	0.000
TLODOS	0%	18.792	18.792	-48.438	-2.334	0.019	0.000
TAGUACEIT	0%	18.792	18.792	-48.438	2.334	0.019	0.000
VIVERES	1	1.000	0.100	-79.200	0.000	14.000	0.000
Total Loadcase			16665	-0.689	-0.009	6.910	0.000
FS correction						0.000	
VCG fluid						6.910	

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**EQUILIBRIO SALIDA DE PUERTO EN LASTRE 100% CONSUMOS:**

Draft Amidships m	6.843
Displacement t	16665
Heel deg	0.0
Draft at FP m	5.843
Draft at AP m	7.844
Draft at LCF m	6.887
Trim (+ve by stern) m	2.002
WL Length m	153.885
Beam max extents on WL m	22.917
Wetted Area m <sup>2</sup>	4246.334
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2675.809
Prismatic coeff. (Cp)	0.666
Block coeff. (Cb)	0.590
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.966
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.748
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	-0.732
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-3.429
KB m	3.630
KG fluid m	6.910
BMt m	5.770
BML m	215.252
GMt corrected m	2.489
GML m	211.972
KMt m	9.399
KML m	218.865
Immersion (TPc) tonne/cm	27.427
MTc tonne.m	226.449
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	723.979
Trim angle (+ve by stern) deg	0.7351

ESTABILIDAD SALIDA DE PUERTO EN LASTRE 100% CONSUMOS



Heel deg	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0
GZ m	-1.279	-0.964	-0.686	-0.438	-0.209	0.009
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.2551	0.1574	0.0857	0.0368	0.0087	0.0003
Displacement t	16665	16665	16665	16665	16665	16665
Draft at FP m	6.035	5.975	5.918	5.877	5.852	5.843
Draft at AP m	7.349	7.532	7.671	7.768	7.825	7.844
WL Length m	154.075	153.469	153.672	153.812	153.884	153.883
Beam max extents on WL m	24.844	24.217	23.628	23.227	22.989	22.917
Wetted Area m <sup>2</sup>	4321.389	4294.997	4272.453	4257.295	4248.822	4246.314
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2925.430	2848.254	2772.140	2717.795	2686.050	2675.776
Prismatic coeff. (Cp)	0.689	0.681	0.675	0.670	0.667	0.666
Block coeff. (Cb)	0.419	0.453	0.493	0.537	0.585	0.590
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.722	-0.721	-0.727	-0.729	-0.731	-0.731
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-3.439	-3.539	-3.486	-3.435	-3.422	-3.428
Trim angle (+ve by stern) deg	0.4825	0.5721	0.6439	0.6943	0.7246	0.7347

Heel deg	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
GZ m	0.456	0.982	1.637	2.111	2.238	2.111
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0402	0.1635	0.3921	0.7238	1.1078	1.4906
Displacement t	16665	16665	16665	16665	16665	16665
Draft at FP m	5.877	5.972	6.083	6.203	6.360	6.448
Draft at AP m	7.768	7.535	7.105	6.473	5.494	4.063
WL Length m	153.811	153.475	155.293	157.711	159.760	162.110
Beam max extents on WL m	23.227	24.217	25.012	22.708	21.106	18.915
Wetted Area m <sup>2</sup>	4257.293	4294.981	4348.308	4498.856	4614.359	4668.202
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2717.787	2848.371	2974.856	2750.876	2569.103	2430.298
Prismatic coeff. (Cp)	0.670	0.681	0.698	0.723	0.740	0.752
Block coeff. (Cb)	0.537	0.453	0.399	0.414	0.433	0.478
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.729	-0.728	-0.717	-0.694	-0.686	-0.657
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-3.435	-3.541	-3.073	-3.747	-3.223	-2.415
Trim angle (+ve by stern) deg	0.6943	0.5741	0.3754	0.0991	-0.3181	-0.8757

**CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO: estabilidad estática, dinámica y criterio de viento.**

CODE A.749(18) Ch3

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0.0  30.0 70 <b>0.0550</b>	deg  deg deg <b>m.rad</b>	0.0  30.0  <b>0.3921</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+612.82</b>
<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0.0  40.0 59.6 70.0 <b>0.0900</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0  40.0 40.0 70.0 <b>0.7238</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+704.18</b>
<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30.0  40.0 59.6 70.0 <b>0.0300</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	30.0  40.0 40.0 70.0 <b>0.3317</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+1005.67</b>
<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30.0  90.0 49.1 <b>0.200</b>	deg  deg deg <b>m</b>	30.0  41.1  <b>2.239</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+1019.50</b>
<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than (>=)	<b>25</b>	<b>deg</b>	<b>49.1</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	<b>+96.36</b>
<b>3.1.2.4: Initial GMT</b> spec. heel angle shall not be less than (>=)	0 <b>0.15</b>	deg <b>m</b>	 <b>2.489</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+1559.33</b>

**CRITERIO DE VIENTO**

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	0.99966				
wind pressure: P =	504.0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	14.450	m			
total area: A =	882.450	m <sup>2</sup>			
height of lateral resistance: H =	4.960	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1.5				
Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium with steady heel arm	25.0 (-24.6)	deg	-24.6		
Area 1 upper integrat. range, to the lesser of: spec. heel angle	50.0	deg			
first downflooding angle	59.6	deg	50.0		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	70.0	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	49.1	deg	49.1		
<b>Criteria:</b>				<b>Pass</b>	
<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16.0</b>	<b>deg</b>	<b>0.4</b>	<b>Pass</b>	+97.06
<b>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>80.00</b>	<b>%</b>	<b>1.44</b>	<b>Pass</b>	+98.20
<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100.00</b>	<b>%</b>	<b>307.60</b>	<b>Pass</b>	+308.29
Intermediate values					
Heel arm amplitude		m	0.026		
Equilibrium angle with steady heel arm		deg	0.4		
Equilibrium angle with gust heel arm		deg	0.7		
Deck edge immersion angle		deg	31.5		
Area1 (under GZ), from 0.7 to 50.0 deg.		m.rad	1.1076		
Area1 (under HA), from 0.7 to 50.0 deg.		m.rad	0.0333		
Area1, from 0.7 to 50.0 deg.		m.rad	1.0742		
Area2 (under GZ), from -24.5 to 0.8 deg.		m.rad	-0.2465		
Area2 (under HA), from -24.5 to 0.8 deg.		m.rad	0.0171		
Area2, from -24.5 to 0.8 deg.		m.rad	0.2636		

**4.6.- LLEGADA A PUERTO EN LASTRE 10% CONSUMOS**

Item Name	Quantity	Unit Mass	Mass (t)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert Arm (m)	Total FSM (t m)
Buque en rosca	0	6840.230		-19.200	0.000	10.000	0.000
Bodega 1	0	2054.044	0.000	61.112	0.000	11.135	0.000
Bodega 2 (inferior)	1	2465.202	2465.202	45.238	0.000	5.867	0.000
Bodega 3	0	6757.459	0.000	22.112	0.000	8.054	0.000
Bodega 4	0	6677.219	0.000	-6.888	0.000	8.094	0.000
Bodega 5	0	4691.320	0.000	-29.868	0.000	8.185	0.000
Pique Proa	100%	538.033	538.033	75.327	0.000	5.997	0.000
TL1 - B1	100%	465.033	465.033	62.358	0.000	2.154	0.000
TL2 - B2Br	100%	181.405	181.405	45.320	-3.401	0.807	0.000
TL2 - B2Er	100%	181.405	181.405	45.320	3.401	0.807	0.000
TL3 - B2Br	100%	68.299	68.299	51.123	-5.214	2.826	0.000
TL3 - B2Er	100%	68.299	68.299	51.123	5.214	2.826	0.000
TL4 - B3Br	100%	417.273	417.273	22.257	-4.957	0.788	0.000
TL4 - B3Er	100%	417.273	417.273	22.257	4.957	0.788	0.000
TL5 - B3Br	100%	480.404	480.404	20.317	-10.037	5.674	0.000
TL5 - B3Er	100%	480.404	480.404	20.317	10.037	5.674	0.000
TL6 - B4Br	100%	219.558	219.558	1.282	-5.196	0.784	0.000
TL6 - B4Er	100%	219.558	219.558	1.282	5.196	0.784	0.000
TL7 - B4Br	100%	294.683	294.683	1.278	-10.106	5.630	0.000
TL7 - B4Er	100%	294.683	294.683	1.278	10.106	5.630	0.000
TL6P-B4Br	100%	215.528	215.528	-12.896	-5.105	0.785	0.000
TL6P-B4Er	100%	215.528	215.528	-12.896	5.105	0.785	0.000
TL7P-B4Br	100%	295.743	295.743	-12.958	-10.112	5.662	0.000
TL7P-B4Er	100%	295.743	295.743	-12.958	10.112	5.662	0.000
TL8 - B5Br	100%	223.784	223.784	-28.440	-4.275	0.794	0.000
TL8 - B5Er	100%	223.784	223.784	-28.440	4.275	0.794	0.000
TL9 - B5Br	100%	177.579	177.579	-24.480	-10.068	5.814	0.000
TL9 - B5Er	100%	177.579	177.579	-24.480	10.068	5.814	0.000
TL10 - ServoB	100%	89.712	89.712	-74.920	-4.348	11.994	0.000
TL10 - ServoE	100%	89.712	89.712	-74.920	4.348	11.994	0.000
TL11 - CMBPp	100%	22.883	22.883	-66.933	-3.734	8.465	0.000
TL11 - CMEPp	100%	22.883	22.883	-66.933	3.734	8.465	0.000
Pique Popa	100%	259.450	259.450	-72.027	0.000	8.861	0.000
TF1 - B5Br	10%	110.766	11.077	-39.510	-6.210	2.292	61.527
TF1 - B5C	10%	184.398	18.440	-39.588	0.000	1.910	125.460
TF1 - B5Er	10%	110.766	11.077	-39.510	6.210	2.292	61.527
TF2 - CMBBr	10%	97.200	9.720	-42.722	-6.436	2.909	46.647
TF2 - CMEr	10%	97.200	9.720	-42.722	6.436	2.909	46.647
TF3 - CMBPr	10%	127.856	12.786	-57.212	-8.140	9.920	48.608



Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

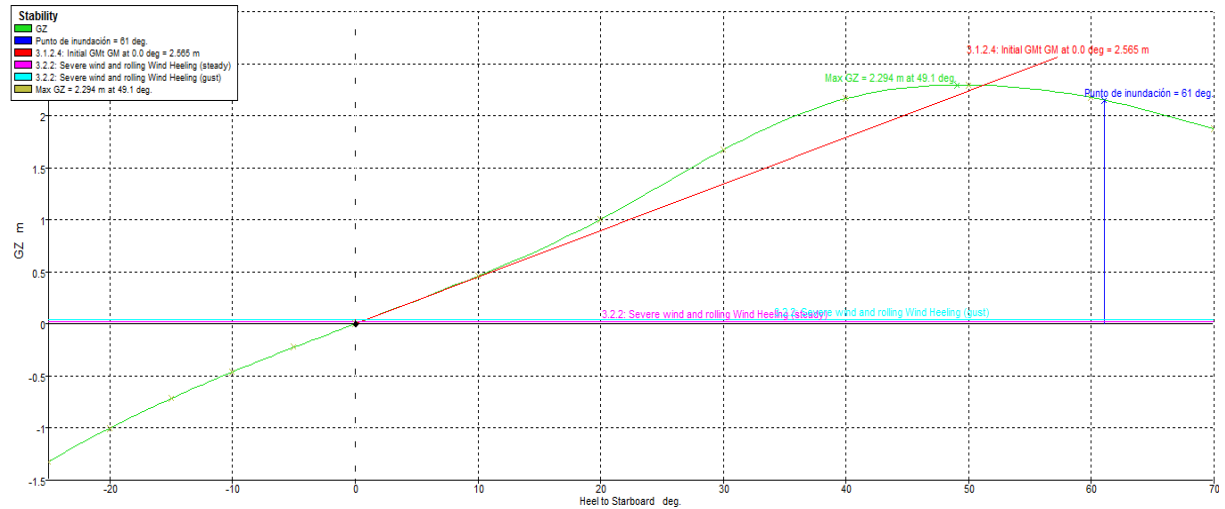
TF3 - CMEPr	10%	172.728	17.273	-47.449	8.757	9.884	82.443
TF4 - CMBPp	10%	99.937	9.994	-60.365	-3.830	6.254	116.937
TF4 - CMEPp	10%	99.937	9.994	-60.365	3.830	6.254	116.937
TFSDPr - CMBr	10%	31.154	3.115	-42.207	-8.978	9.876	15.921
TFSDPp - CMBr	10%	30.472	3.047	-44.455	-8.907	9.878	15.226
TFSE - CMBEr	10%	76.440	7.644	-48.505	-8.728	9.885	36.020
TD1 - CMB	10%	16.334	1.633	-42.832	-3.051	0.157	18.204
TD2 - CME	10%	16.334	1.633	-42.832	3.051	0.157	18.204
TD3 - B5BPp	10%	57.789	5.779	-57.865	7.818	13.270	46.994
TD3 - B5EPp	10%	23.483	2.348	-55.261	7.550	13.268	25.679
TDSED - CPal	10%	22.246	2.225	-34.164	-7.907	1.740	9.574
TDSD - CPal	10%	22.246	2.225	-34.164	7.907	1.740	9.574
TAD1 - CMB	10%	62.046	6.205	-67.363	-5.959	10.493	150.043
TAD2 - CME	10%	62.046	6.205	-67.363	5.959	10.493	150.043
TADES - CM	10%	23.869	2.387	-63.819	0.000	0.137	10.265
TACEITE - CM	10%	16.300	1.630	-41.463	0.215	9.870	20.493
TACECIL - CM	10%	6.943	0.694	-41.838	-4.085	9.870	0.396
TACERET - CM	100%	16.229	16.229	-50.838	-0.625	1.100	0.000
TACESUC - CM	100%	16.229	16.229	-50.838	0.625	1.100	0.000
TREBOSES	100%	12.262	12.262	-58.670	0.000	0.949	0.000
TLODOS	100%	18.792	18.792	-48.438	-2.997	1.015	0.000
TAGUACEIT	100%	18.792	18.792	-48.438	2.997	1.015	0.000
VIVERES	1	0.100	0.100	-79.200	0.000	14.000	0.000
Total Loadcase			16180.904	1.906	-0.001	6.770	1233.368
FS correction						0.076	
VCG fluid						6.847	

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

**EQUILIBRIO LLEGADA A PUERTO EN LASTRE 10% CONSUMOS:**

Draft Amidships m	6.694
Displacement t	16181
Heel deg	0.0
Draft at FP m	5.840
Draft at AP m	7.548
Draft at LCF m	6.704
Trim (+ve by stern) m	1.708
WL Length m	153.518
Beam max extents on WL m	22.932
Wetted Area m <sup>2</sup>	4169.937
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2656.096
Prismatic coeff. (Cp)	0.667
Block coeff. (Cb)	0.596
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.961
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.742
LCB from amidsh. (+ve fwd) m	1.861
LCF from amidsh. (+ve fwd) m	-0.869
KB m	3.530
KG fluid m	6.855
BMt m	5.882
BML m	217.189
GMt corrected m	2.557
GML m	213.863
KMt m	9.412
KML m	220.705
Immersion (TPc) tonne/cm	27.225
MTc tonne.m	221.826
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	722.034
Trim angle (+ve by stern) deg	0.6272

**ESTABILIDAD LLEGADA A PUERTO EN LASTRE 10% CONSUMOS**



Heel deg	-25.0	-20.0	-15.0	-10.0	-5.0	0.0
GZ m	-1.322	-1.001	-0.715	-0.460	-0.225	-1.322
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.2664	0.1652	0.0906	0.0395	0.0097	0.2664
Displacement t	16181	16181	16181	16181	16182	16181
Draft at FP m	6.022	5.964	5.913	5.875	5.852	6.022
Draft at AP m	7.040	7.232	7.371	7.468	7.526	7.040
WL Length m	152.951	153.161	153.332	153.450	153.511	152.951
Beam max extents on WL m	24.763	24.208	23.634	23.249	23.006	24.763
Wetted Area m <sup>2</sup>	4237.711	4210.371	4192.317	4179.615	4172.397	4237.711
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2895.833	2821.118	2750.308	2697.777	2666.259	2895.833
Prismatic coeff. (Cp)	0.690	0.682	0.676	0.671	0.668	0.690
Block coeff. (Cb)	0.415	0.448	0.489	0.534	0.584	0.415
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	1.886	1.877	1.874	1.871	1.870	1.886
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.813	-0.853	-0.891	-0.873	-0.861	-0.813
Trim angle (+ve by stern) deg	0.3738	0.4654	0.5356	0.5851	0.6150	0.6249

Heel deg	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0
GZ m	0.461	1.003	1.671	2.164	2.294	2.174
Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.0399	0.1655	0.3988	0.7380	1.1317	1.5247
Displacement t	16181	16181	16181	16181	16181	16181
Draft at FP m	5.875	5.964	6.062	6.126	6.227	6.234
Draft at AP m	7.468	7.232	6.787	6.113	5.046	3.455
WL Length m	153.449	153.162	154.039	156.615	158.783	162.317
Beam max extents on WL m	23.249	24.208	25.004	22.559	21.242	18.915
Wetted Area m <sup>2</sup>	4179.615	4210.368	4269.485	4412.167	4524.031	4582.742
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	2697.760	2821.132	2960.914	2734.400	2563.569	2428.679
Prismatic coeff. (Cp)	0.671	0.682	0.699	0.720	0.733	0.744
Block coeff. (Cb)	0.534	0.448	0.394	0.411	0.423	0.471
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	1.872	1.876	1.885	1.895	1.919	1.949
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.872	-0.853	-0.679	-1.147	-0.801	0.030
Trim angle (+ve by stern) deg	0.5849	0.4657	0.2662	-0.0047	-0.4337	-1.0207

**CUMPLIMIENTO DEL CRITERIO: estabilidad estática, dinámica y criterio de viento.**

CODE A.749(18) Ch3

Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  30.0 70 <b>0.0550</b>	deg  deg deg <b>m.rad</b>	0.0  30.0  <b>0.3988</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+625.03</b>
<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	0.0  40.0 61.0 70.0 <b>0.0900</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	0.0  40.0 61.0 70.0 <b>0.7380</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+720.04</b>
<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than ( $\geq$ )	30.0  40.0 61.0 70.0 <b>0.0300</b>	deg  deg deg deg <b>m.rad</b>	30.0  40.0 61.0 70.0 <b>0.3393</b>	<b>Pass</b>    <b>Pass</b>	    <b>+1030.84</b>
<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30.0  90.0 49.1 <b>0.200</b>	deg  deg deg <b>m</b>	30.0  49.1 49.1 <b>2.294</b>	<b>Pass</b>   <b>Pass</b>	   <b>+1047.00</b>
<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than ( $\geq$ )	<b>25</b>	<b>deg</b>	<b>49.1</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+96.36</b>
<b>3.1.2.4: Initial GMt</b> spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0 <b>0.15</b>	deg <b>m</b>	 <b>2.565</b>	<b>Pass</b> <b>Pass</b>	 <b>+1610.04</b>

**CRITERIO DE VIENTO**

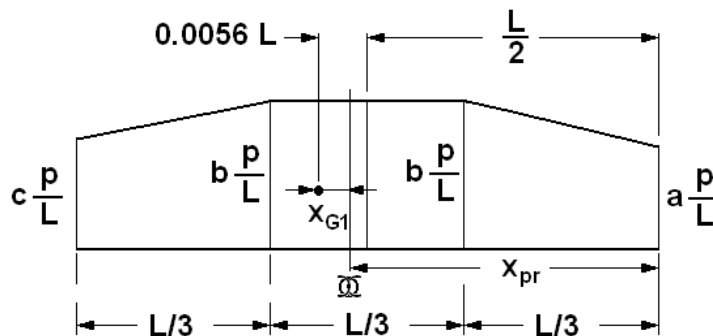
Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					
constant: a =	0.99966				
wind pressure: P =	504.0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	14.450	m			
total area: A =	882.450	m <sup>2</sup>			
height of lateral resistance: H =	4.960	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1.5				
Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium with steady heel arm	25.0 (-24.4)	deg	-24.4		
Area 1 upper integrat. range, to the lesser of: spec. heel angle	50.0	deg	50.0		
first downflooding angle	61.0	deg			
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	70.0	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	49.1	deg	49.1		
<b>Criteria:</b>				<b>Pass</b>	
<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16.0</b>	<b>deg</b>	<b>0.6</b>	<b>Pass</b>	+96.43
<b>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>80.00</b>	<b>%</b>	<b>1.93</b>	<b>Pass</b>	+97.59
<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100.00</b>	<b>%</b>	<b>405.34</b>	<b>Pass</b>	+305.34
Intermediate values					
Heel arm amplitude		m	0.027		
Equilibrium angle with steady heel arm		deg	0.6		
Equilibrium angle with gust heel arm		deg	0.9		
Deck edge immersion angle		deg	29.6		
Area1 (under GZ), from 0.9 to 50.0 deg.		m.rad	1.1314		
Area1 (under HA), from 0.9 to 50.0 deg.		m.rad	0.0342		
Area1, from 0.9 to 50.0 deg.		m.rad	1.0972		
Area2 (under GZ), from -24.4 to 0.9 deg.		m.rad	-0.2531		
Area2 (under HA), from -24.4 to 0.9 deg.		m.rad	0.0176		
Area2, from -24.4 to 0.9 deg.		m.rad	0.2707		

**5.- RESISTENCIA LONGITUDINAL**

Para el estudio de la resistencia longitudinal en los seis estados de carga anteriores se utilizará también el programa Hydromax. Previamente hay que distribuir el peso de acero continuo a lo largo de la eslora. Utilizamos el método de Biles para distribuir el peso de acero continuo que permita realizar los cálculos de resistencia longitudinal. El peso de acero continuo y la posición del centro de gravedad del mismo, según lo calculado en el cuadernillo de pesos, es de  $P = 2032.40 \text{ t}$ ,  $x_G = -1.941 \text{ m}$  a de la sección media y  $z_G = 4.631 \text{ m}$ .

Se divide la eslora en la flotación  $L_f = 160.1 \text{ m}$  en tres partes iguales y se utilizan los siguientes coeficientes del método:

Coeficientes	
a	0.566
b	1.195
c	0.653



El área de la figura representa el peso continuo del casco. La posición longitudinal del centro de gravedad de este área deberá coincidir con la posición longitudinal  $x_G$  del centro de gravedad del peso continuo. Como para estos coeficientes no se obtendrá la posición  $x_G$  del centro de gravedad de nuestro buque, sino otra  $x_{G1}$ , hay que realizar una transformación de la figura. Una forma de hacerlo consiste en mantener el cuerpo central y trasladar una cuña del trapecio de popa a proa o viceversa, en función de si la posición longitudinal del centro de gravedad del peso continuo del barco  $x_G$ , está a proa o popa de  $x_{G1}$ .

La posición longitudinal del centro de gravedad que se obtiene de la figura es, según el método, de  $0.0056 * L$  a popa de  $L/2$ . Como los centros de gravedad de los pesos están referenciados a la sección media, y la abscisa de proa del peso continuo está a  $x_{pr}$  de dicha sección, el centro de

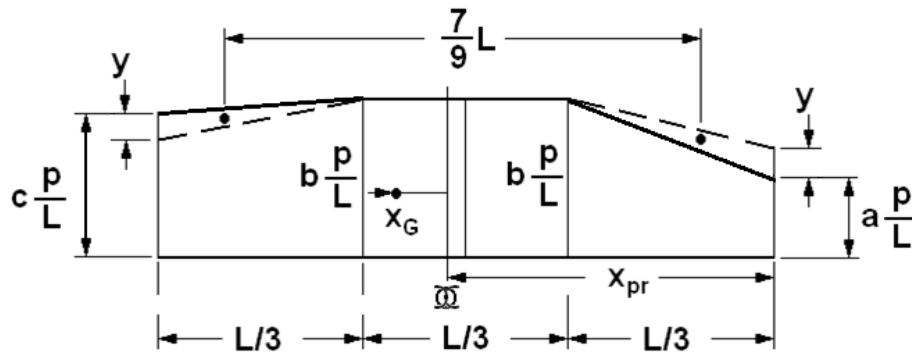
gravedad de la figura distará de la sección media:

$$x_{G1} = x_{pr} - \left( 0.0056 * L + \frac{L}{2} \right) = 78 - \left( 0.0056 * 160.1 + \frac{160.1}{2} \right) = -2.9466 \text{ m}$$

Llamando "y" a la variación de la ordenada de popa, igual a la variación en sentido contrario de la ordenada de proa, para que no varíe el peso continuo del casco, es decir, para que no varíe el área de la figura, el área y momento de la cuña trasladada es:

$$A_{\text{cuña}} = \frac{y * \frac{L}{3}}{2} = \frac{y * L}{6}$$

$$M_{\text{cuña}} = \frac{y * L}{6} * \frac{7 * L}{9} = \frac{7}{54} * y * L^2$$



El centro de gravedad se debe trasladar una distancia a proa  $\Delta x = x_G - x_{G1} = -1.941 - (-2.9466) = 1.0056$ , que será igual a:

$$\Delta x = \frac{M_{\text{cuña}}}{P} = \frac{7}{54} * \frac{y * L^2}{P}$$

Luego el valor de "y" es:

$$y = \frac{54}{7} * \frac{P * \Delta x}{L^2} = \frac{54}{7} * \frac{2032.4 * 1.0056}{160.1^2} = 0.6151$$

Por tanto, la variación de las ordenadas son:

$$c * \frac{P}{L} - y = 0.653 * \frac{2032.4}{160.1} - 0.6151 = 7.6745$$

$$b * \frac{P}{L} = 1.195 * \frac{2032.4}{160.1} = 15.1700$$

$$a * \frac{P}{L} + y = 0.566 * \frac{2032.4}{160.1} + 0.6151 = 7.8002$$

Los pesos y las abscisas en las que están distribuidos son:

- Trapecio de la izquierda:  $\frac{7.6745 + 15.17}{2} * \frac{160.1}{3} = 609.57 \text{ t}$  entre -82.1 m y -28.73 m

Popa  $\rightarrow -82.1 \text{ m}$  ; proa  $\rightarrow -82.1 + L/3 = -82.1 + 160.1/3 = -28.73 \text{ m}$

- Rectángulo central:  $15.17 * \frac{160.1}{3} = 809.57 \text{ t}$

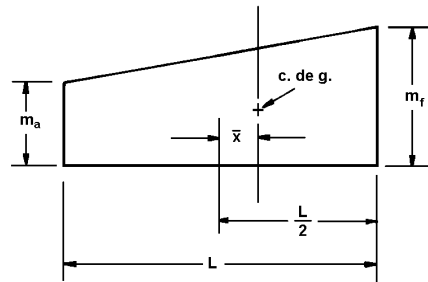
Popa  $\rightarrow -28.73 \text{ m}$  ; proa  $\rightarrow -28.73 + L/3 = -28.73 + 160.1/3 = 24.64 \text{ m}$

- Trapecio de la derecha:  $\frac{15.17 + 7.8002}{2} * \frac{160.1}{3} = 612.92 \text{ t}$

Popa  $\rightarrow 24.64 \text{ m}$  ; proa  $\rightarrow 24.64 + L/3 = 24.64 + 160.1/3 = 78 \text{ m}$

Ahora se calcula la abscisa del centro de gravedad de cada trapecio y del rectángulo respecto a la sección media:

$$\bar{x} = \frac{L}{6} * \left[ \frac{m_f - m_a}{m_f + m_a} \right]$$



1º trapecio:

$$\bar{x} = \frac{160.1/3}{6} * \left[ \frac{15.17 - 7.6745}{15.17 + 7.6745} \right] = 2.918 \Rightarrow \text{c. de g.} = -28.73 - \frac{L/3}{2} + \bar{x} = -28.73 - \left[ \frac{160.1/3}{2} - 2.918 \right] = -52.50 \text{ m}$$

Rectángulo:  $\frac{-28.83 + 24.64}{2} = -2.045$

2º trapecio:

$$\bar{x} = \frac{160.1/3}{6} * \left[ \frac{15.17 - 7.8002}{15.17 + 7.8002} \right] = 2.854 \Rightarrow \text{c. de g.} = 24.64 + \frac{L/3}{3} - \bar{x} = 24.64 + \left[ \frac{160.1/3}{2} - 2.854 \right] = 48.47 \text{ m}$$

Los pesos que componen el peso en rosca y su distribución para el cálculo de la resistencia longitudinal mediante el programa Hydromax se calcularon en el cuadernillo de pesos, y son los siguientes:



Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

ELEMENTO	PESO (t)	Xg	Zg	Xpp	Xpr
Peso acero continuo Biles (izquierda)	609.6	-52.50	4.631	-82.1	-28.73
Peso acero continuo Biles (centro)	809.6	-2.045	4.631	-28.73	24.64
Peso acero continuo Biles (derecha)	613	48.47	4.631	24.64	78.00
C. Entre escotillas B5-CM	9.86	-40.97	13	-43.2	-38.70
Entrep. Entre escotilla B5-CM	10.4	-40.97	9.55	-43.2	-38.70
C. Entre escotillas B5-B4	17.4	-22.2	13	-25.95	-18.45
Entrep. Entre escotilla B5-B4	18.62	-22.2	9.55	-25.95	-18.45
C. Entre escotillas B4-B3	22.34	6.3	13	1.05	11.55
Entrep. Entre escotilla B4-B3	23.31	6.3	9.55	1.05	11.55
C. Entre escotillas B3-B2	13.55	34.8	13	31.1	37.8
Entrep. Entre escotilla B3-B2	13.93	34.8	9.55	31.1	37.8
C. Entre escotillas B2-B1	7.4	53.55	9.55	50.55	55.8
Entrep. Entre escotilla B2-B1	8.1	53.55	9.5	50.55	55.8
Mamparo pique de popa	6.89	-70.3	7.135	-70.4	-70.2
Mamparo proa C.M.	39.98	-42.78	6.576	-43.2	-42.35
Mamparo tanque fuel oil B5 y coffer.	49.364	-39.75	5.584	-40.62	-39.03
Mamparo proa B5	47.51	-21.78	6.01	-22.2	-21.35
Mamparo proa B4	47.60	6.73	6.01	6.3	7.15
Mamparo proa B3	43.16	35.23	6.116	34.8	35.65
Mamparo proa B2	27.4	53.98	6.45	53.55	54.4
Mamparo pique de proa	9.23	68.98	6.337	68.55	69.4
Castillo	86.6	61.26	15.58	53.55	82.2
Toldilla	309.4	-61.65	14.75	-82.8	-43.2
Peso reforzado Pique de proa	28.24	73.214	5.997	68.55	78
Peso reforzado Pique de popa	13.53	-74.139	8.861	-82.8	-70.2
Codaste y limera	82.17	-76.5	5	-82.4	-70.2
Peso extra reforzado C.M.	249.15	-55.34	5.5	-70.2	-43.2
Guardacalor y chimenea	128.06	-63.42	19.94	-70.2	-56.7
Superestructura	266.6	-49.04	22.88	-55.1	-43.2
Super. alrededor guardacalor	30.75	-64.1	17.8	-71.5	-56.5
Cajón crujía	74.32	5.19	14.03	-43.2	53.57
Amurada castillo	7.12	70	17.02	56	82.25
Amurada bodegas	22.94	4.23	13.78	-41	51.1
Brazola B5	30.38	-32.2	14	-43.2	-22.2
Brazola B4	36.64	-7.95	14	-22.2	6.3
Brazola B3	36.64	20.55	14	6.3	34.8
Brazola B2	23.01	44.175	14	34.8	53.55
Brazola B1	17.55	60.3	17.2	55.8	64.8
Tanques bodega 2	21	48.1	2.85	45.3	53.55
Tanques bodega 4	17	-35.5	2.85	-38.7	-33.45
Estructura tanques fuel CM	42.3	-52.9	9.747	-67.2	-43.2
Estructura tanques diesel fondo CM	1.672	-44.6	0.95	-46.95	-43.2
Estructura tanques diesel S.D. y sedim.	6.51	-66.6	14.75	-70.2	-62.15

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

Estructura tq. ag.dulce y lastre en C.M.	7.26	-70.2	10.917	-72.6	-67.95
Margen	398.70	-15.296	8.554	-82.8	82.2
Motor principal	255	-51.6	6.05	-57.45	-46.2
Resto maquinaria propulsora	499.5	-55.34	7.22	-70.2	-43.2
Grupos generadores	42	-65.7	10.85	-68.7	-64.1
Maquinaria restante	223.1	-55.34	7.22	-70.2	-43.2
Propulsor de respeto	18	- 72.1	18.65	-72.7	-71.55
Margen	51.88	-55.13	7.29	-70.2	-43.2
Pinturas	29.98	-15.29	8.55	-82.8	82
Protección catódica	4.24	-0.19	5.25	-82.8	82
Equipo de fondeo y amarre de proa	87	70.1	13.65	67.8	78
Equipo de fondeo y amarre de popa	28	-76.2	16.5	-78.67	-74.1
Ancla respeto	5.61	-43	13.5	-43.2	-42.6
Equipo de navegación	5	-46	28.5	-53.5	-43.2
Equipo de gobierno	5.81	-78	11.3	-79	-76
Equipo salvamento	12.31	-47.2	19.5	-51.45	-43.95
Equipo C.I. CO2	16.77	-48.5	14.5	-55.95	-43.2
Equipo ventilación bodegas	25.14	8.58	12.3	-43.2	68.55
Grúa doble 2 x 25	112.7	-22.5	21.25	-23.95	-19.75
Palo, plumas y caseta	248.04	9	21.43	1.5	11.15
Grúa 25 t	45.25	36.5	23.75	33	37.5
Portillos y ventanas	3.72	-49.25	21.85	-55.3	-43.2
Escalas exteriores	3.8	-56.87	21.7	-58.55	-55.2
Escalas reales	4.2	-45.6	17.15	-52.6	-38.6
Tapa escotilla B1 C. Ppal.	23.61	60.5	18.1	56	65
Tapas escotillas B2 C. Ppal.	33.89	44.25	15.2	37.88	50.63
Tapas escotillas B3 C. Ppal.	77.16	21.37	15.2	11.62	31.12
Tapas escotillas B4 C. Ppal	77.16	-8.66	15.2	-18.41	1.09
Tapas escotillas B5 C. Ppal.	50.45	-32.4	15.2	-27.9	-36.9
Tapa escotilla B1 Entrepunte	16.6	60.5	9.65	56	65
Tapas escotillas B2 Entrepunte	17.84	44.25	9.65	37.88	50.63
Tapas escotillas B3 Entrepunte	46.35	21.37	9.65	11.62	31.12
Tapas escotillas B4 Entrepunte	46.35	-8.66	9.65	-18.41	1.09
Tapas escotillas B5 Entrepunte	30.31	-32.4	9.65	-27.9	-36.9
Habilitación cub. Ppal.	57.25	-59.15	14.15	-83	-43.2
Habilitación sobre cub. Ppal	145.69	-49.25	21.85	-55.3	-43.2
Palo trinquete de proa	8	68	20.5	66.8	70.25
Acceso a bodegas	15.61	-0.83	6	-70.2	68.55
Elementos de estiba	15.92	12.68	7.9	-43.2	68.55
Margen	64.99	-3.072	16.91	-82.8	82.2

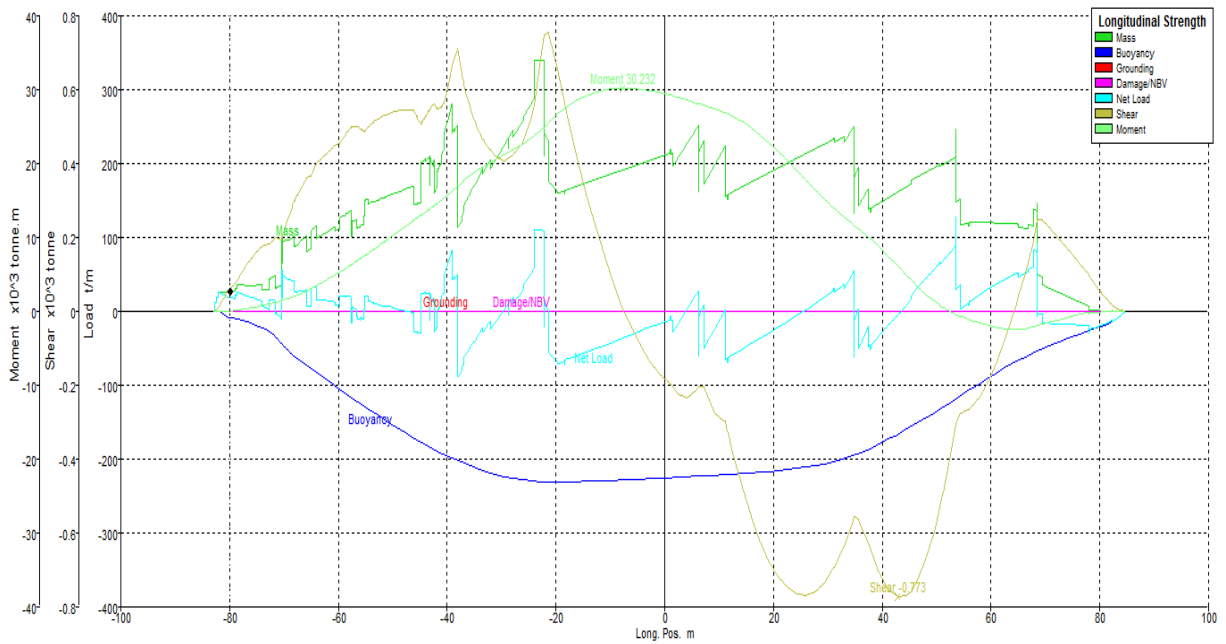
**5.1.- RESISTENCIA LONGITUDINAL SALIDA PUERTO PLENA CARGA HOMOGenea 100% CONSUMOS**

A los pesos anteriores del buque en rosca hay que añadir y distribuir en su posición en eslora los que corresponden a esta condición de carga. El programa distribuye automáticamente el peso en los tanques puesto que tiene definidos sus límites. A continuación se relacionan los límites de las

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
CONDICIONES DE CARGA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

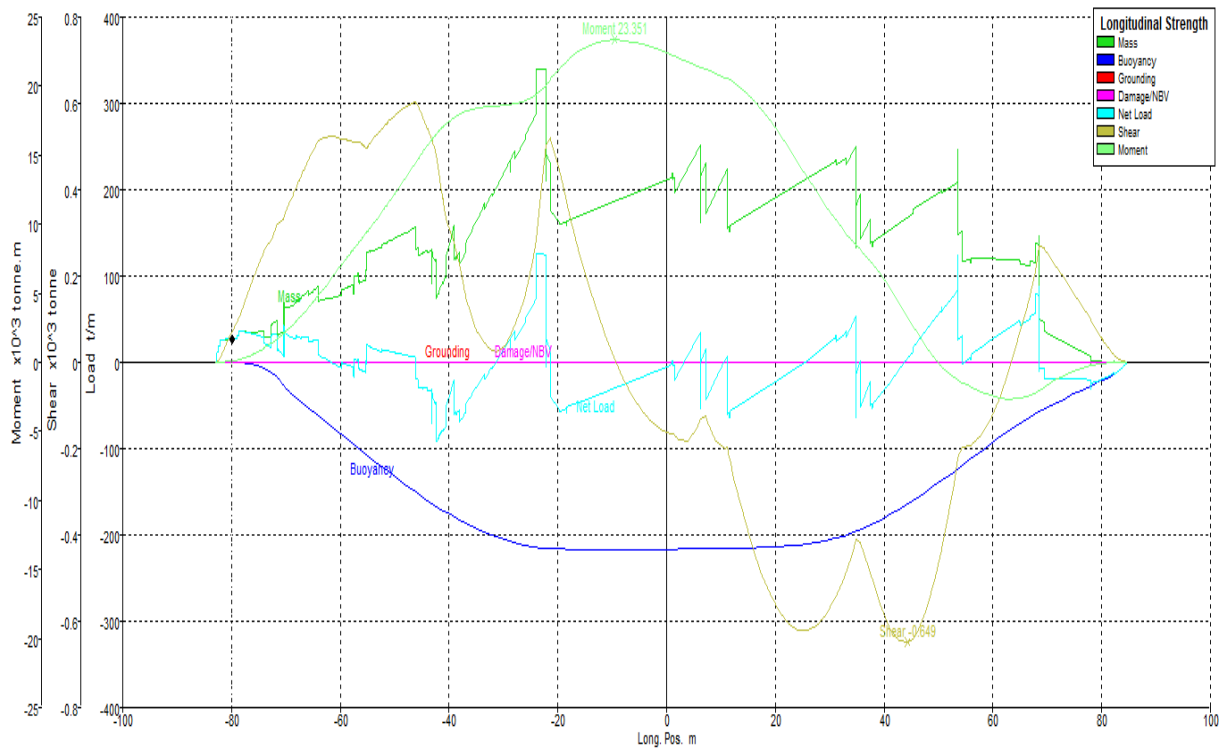
bodegas y posteriormente los resultados de resistencia longitudinal de la condición de carga.

ELEMENTO	PESO (t)	Xg	Zg	Xpp	Xpr
Bodega 1	1435.770	61.112	11.135	53.550	68.550
Bodega 2	2735.304	45.112	7.877	34.800	53.550
Bodega 3	4723.464	22.112	8.054	6.300	34.800
Bodega 4	4667.376	-6.888	8.094	-22.200	6.300
Bodega 5	3279.233	-29.868	8.185	-43.200	-22.200



Sección	Pos. Long. m	Peso t/m	Empuje t/m	Carga t/m	Fuerza cortante x 10 <sup>3</sup> t	Momento flector x 10 <sup>3</sup> t.m
st 1	-75.888	34.972	-16.385	18.587	0.146	0.489
st 2	-62.788	104.493	-89.385	15.109	0.418	3.971
st 2	-68.088	95.222	-60.394	34.828	0.299	2.045
st 2,5	-60.288	110.296	-102.522	7.774	0.451	5.058
st 3	-44.688	201.805	-177.692	24.113	0.510	13.071
st 4	-29.088	230.307	-224.302	6.004	0.410	21.371
st 5	-13.488	177.098	-229.800	-52.702	0.269	29.454
st 6	2.112	203.299	-224.458	-21.159	-0.217	29.030
st 7	17.712	181.858	-217.773	-35.915	-0.627	23.715
st 8	33.312	233.004	-198.397	34.606	-0.621	12.486
st 9	48.912	191.547	-140.230	51.317	-0.625	1.773
st 10	64.512	119.474	-68.327	51.147	0.015	-2.436
st 10,5	72.312	25.497	-42.145	-16.648	0.199	-1.102
st 11	80.112	1.361	-20.574	-19.213	0.053	-0.088

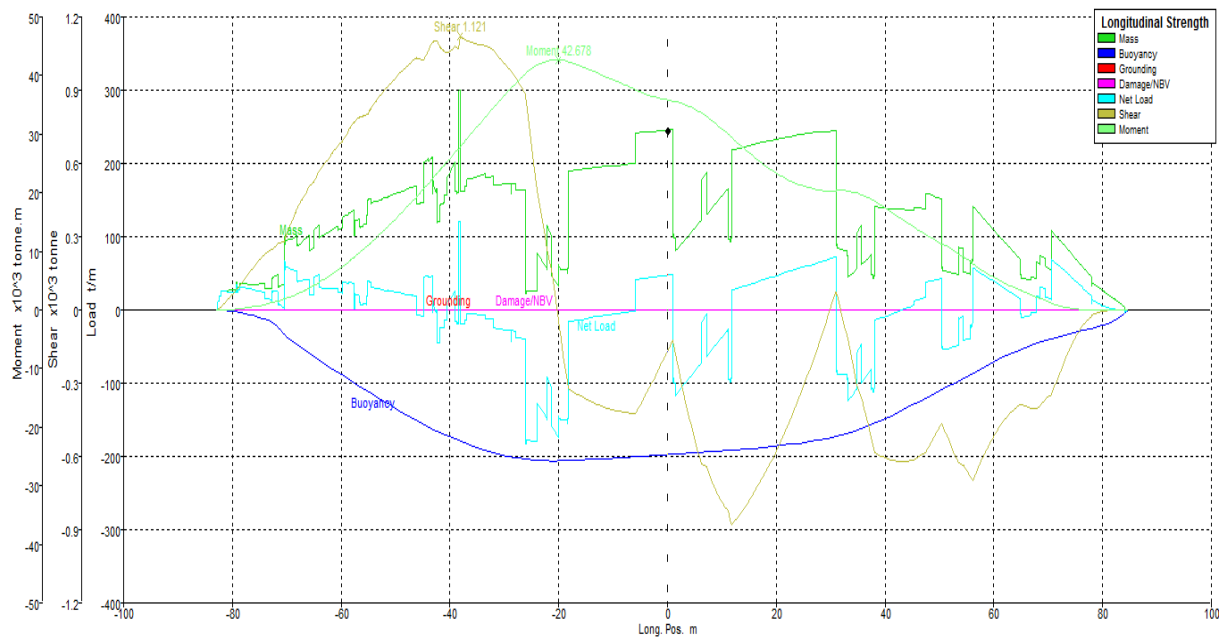
**5.2.- RESISTENCIA LONGITUDINAL LLEGADA PUERTO PLENA CARGA HOMOGENEA 10% CONSUMOS**



Sección	Pos. Long. m	Peso t/m	Empuje t/m	Carga t/m	Fuerza cortante x 10 <sup>3</sup> t	Momento flector x 10 <sup>3</sup> t m
st 1	-75.888	34.903	-2.618	32.285	0.199	0.615
st 2	-62.788	72.769	-68.800	3.969	0.521	5.488
st 2	-68.088	70.468	-41.732	28.736	0.405	2.975
st 2,5	-60.288	76.369	-81.391	-5.022	0.520	6.792
st 3	-44.688	127.447	-156.821	-29.374	0.565	15.300
st 4	-29.088	230.307	-207.095	23.212	0.053	18.631
st 5	-13.488	177.098	-217.021	-39.923	0.146	23.051
st 6	2.112	203.299	-216.371	-13.072	-0.178	22.065
st 7	17.712	181.858	-214.354	-32.496	-0.497	18.159
st 8	33.312	233.004	-199.380	33.624	-0.474	9.176
st 9	48.912	191.547	-144.374	47.173	-0.521	0.490
st 10	64.512	119.474	-72.387	47.087	0.050	-2.628
st 10,5	72.312	25.497	-44.575	-19.077	0.209	-1.126
st 11	80.112	1.361	-20.541	-19.180	0.053	-0.088

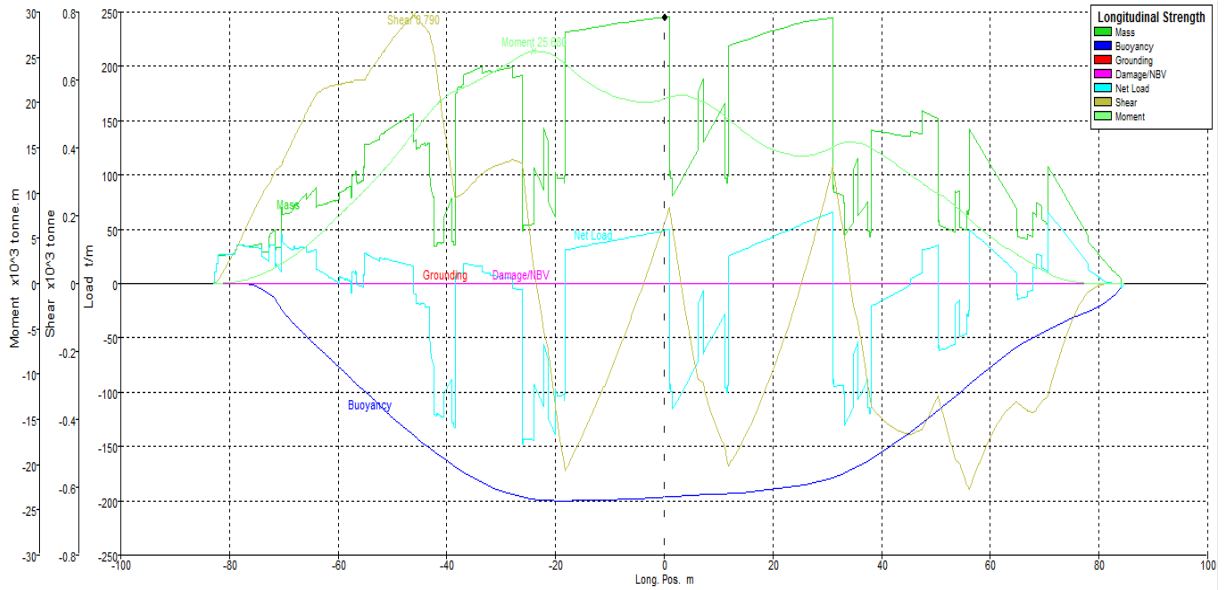
**5.3.- RESISTENCIA LONGITUDINAL SALIDA PUERTO CARGA CONTENEDORES 100% CONSUMOS**

ELEMENTO	PESO (t)	Xg	Zg	Xpp	Xpr
Bodega 1	400	59.65	14.780	56.210	64.800
Bodega 2	1160	44.25	11.950	38.080	50.400
Bodega 3	2650	21.80	11.680	11.770	30.960
Bodega 4	2670	-8.50	11.740	-18.230	0.910
Bodega 5	1740	-32.30	11.820	-38.500	-26.150



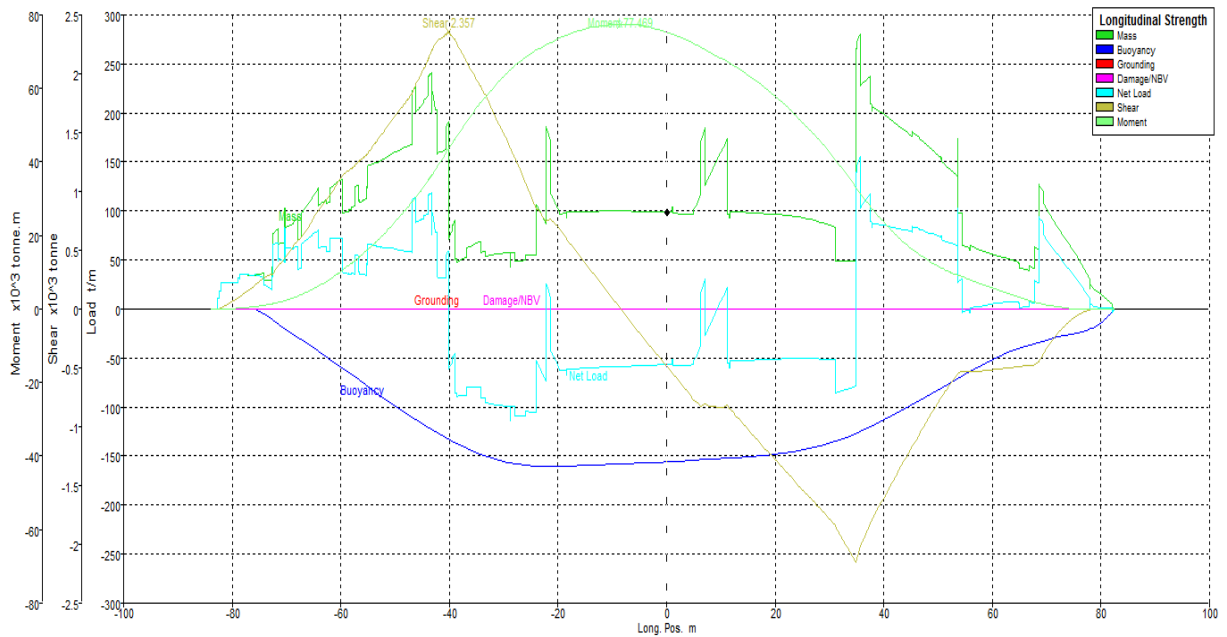
Sección	Pos. Long. m	Peso t/m	Empuje t/m	Carga t/m	Fuerza cortante x 10 <sup>3</sup> t	Momento flector x 10 <sup>3</sup> t m
st 1	-75.888	34.896	-8.017	26.879	0.181	0.581
st 2	-62.788	104.493	-74.502	29.991	0.607	5.447
st 2	-68.088	95.222	-48.033	47.188	0.416	2.714
st 2,5	-60.288	110.296	-86.561	23.735	0.679	7.055
st 3	-44.688	201.805	-156.592	45.213	1.029	20.796
st 4	-29.088	172.464	-200.436	-27.973	0.986	37.500
st 5	-13.488	193.830	-203.906	-10.076	-0.382	40.660
st 6	2.112	85.780	-196.483	-110.704	-0.251	35.433
st 7	17.712	229.028	-187.804	41.224	-0.679	24.812
st 8	33.312	45.459	-167.671	-122.212	-0.138	20.289
st 9	48.912	155.406	-115.039	40.367	-0.524	12.041
st 10	64.512	71.556	-54.917	16.639	-0.392	3.547
st 10,5	72.312	93.294	-35.705	57.589	-0.244	0.704
st 11	80.112	25.813	-20.599	5.214	-0.004	-0.002

**5.4.- RESISTENCIA LONGITUDINAL LLEGADA PUERTO CARGA CONTENEDORES 10% CONSUMOS**



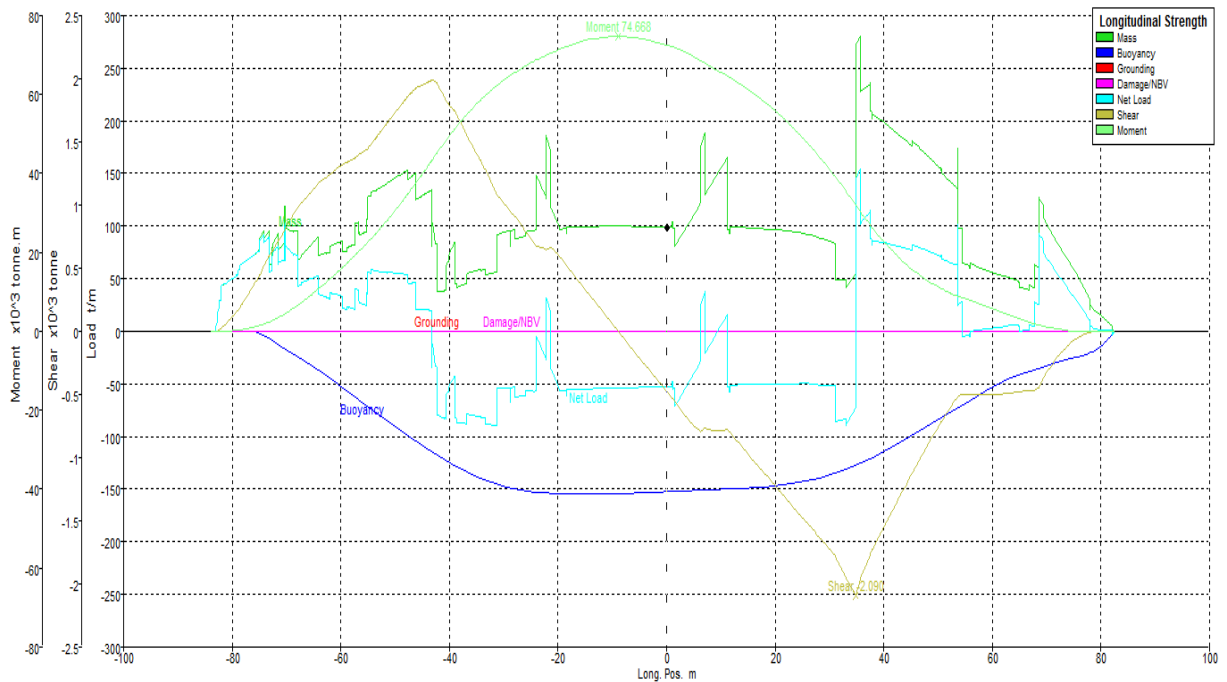
Sección	Pos. Long. m	Peso t/m	Empuje t/m	Carga t/m	Fuerza cortante x 10 <sup>3</sup> t	Momento flector x 10 <sup>3</sup> t m
st 1	-75.888	34.896	-1.120	33.775	0.201	0.621
st 2	-62.788	72.886	-63.144	9.743	0.571	5.787
st 2	-68.088	70.445	-37.684	32.761	0.429	3.076
st 2,5	-60.288	76.409	-74.959	1.449	0.585	7.236
st 3	-44.688	127.469	-145.768	-18.299	0.768	17.751
st 4	-29.088	197.858	-192.546	5.312	0.358	24.189
st 5	-13.488	235.311	-199.520	35.791	-0.391	22.023
st 6	2.112	85.780	-195.859	-110.080	0.097	20.764
st 7	17.712	229.028	-190.853	38.176	-0.350	15.502
st 8	33.312	45.459	-174.004	-128.545	0.117	15.593
st 9	48.912	155.406	-122.526	32.880	-0.382	10.464
st 10	64.512	71.556	-59.972	11.585	-0.351	3.344
st 10,5	72.312	93.294	-38.368	54.925	-0.235	0.682
st 11	80.112	25.813	-20.567	5.247	-0.004	-0.001

**5.5.- RESISTENCIA LONGITUDINAL SALIDA PUERTO EN LASTRE 100% CONSUMOS**



Sección	Pos. Long. m	Peso t/m	Empuje t/m	Carga t/m	Fuerza cortante x 10 <sup>3</sup> t	Momento flector x 10 <sup>3</sup> t m
st 1	-75.888	35.516	0.000	35.516	0.128	0.276
st 2	-62.788	116.672	-39.915	76.757	0.777	5.549
st 2	-68.088	69.533	-20.378	49.155	0.441	2.353
st 2,5	-60.288	108.341	-49.514	58.827	0.946	7.711
st 3	-44.688	222.706	-110.464	112.243	1.840	29.265
st 4	-29.088	55.770	-153.234	-97.464	1.607	61.463
st 5	-13.488	99.380	-159.874	-60.494	0.426	75.933
st 6	2.112	99.426	-155.762	-56.336	-0.485	75.382
st 7	17.712	98.109	-150.139	-52.030	-1.056	63.025
st 8	33.312	49.350	-134.383	-85.032	-1.854	40.340
st 9	48.912	173.292	-92.353	80.939	-1.043	14.546
st 10	64.512	51.876	-45.168	6.708	-0.504	4.598
st 10,5	72.312	100.354	-31.261	69.093	-0.319	0.985
st 11	80.112	30.961	-20.373	10.588	-0.006	0.005

**5.6.- RESISTENCIA LONGITUDINAL LLEGADA A PUERTO EN LASTRE 10% CONSUMOS**



Sección	Pos. Long. m	Peso t/m	Empuje t/m	Carga t/m	Fuerza cortante x 10 <sup>3</sup> t	Momento flector x 10 <sup>3</sup> t m
st 1	-75.888	65.182	0.000	65.182	0.229	0.483
st 2	-62.788	85.009	-33.905	51.104	1.129	9.771
st 2	-68.088	85.353	-16.500	68.852	0.814	4.525
st 2,5	-60.288	74.435	-42.786	31.650	1.228	12.728
st 3	-44.688	148.363	-101.923	46.440	1.899	36.425
st 4	-29.088	73.645	-145.540	-71.894	1.084	62.342
st 5	-13.488	99.380	-154.101	-54.721	0.364	73.430
st 6	2.112	99.426	-152.095	-52.669	-0.473	72.534
st 7	17.712	98.109	-148.564	-50.454	-1.003	60.725
st 8	33.312	49.350	-134.811	-85.461	-1.793	38.971
st 9	48.912	173.292	-94.133	79.159	-1.000	14.019
st 10	64.512	51.876	-46.744	5.132	-0.489	4.513
st 10,5	72.312	100.354	-32.229	68.125	-0.314	0.972
st 11	80.112	30.961	-20.496	10.465	-0.006	0.006



**6.- EFECTO DEL IZADO DE UNA CARGA CON LA PLUMA DE 150 t**

La pluma de 150 t se utilizará para carga general, no para contenedores cuyo peso máximo es de 20 t. Por tanto, se utilizará cuando el buque esté en lastre o en una condición intermedia de carga general. En una condición intermedia de carga, el barco puede lastrarse si tiene problemas de estabilidad al elevar un gran peso. Por tanto vamos a comprobar el efecto del izado de un gran peso cuando el barco está cargado con carga homogénea, puesto que tendrá el centro de gravedad lo más elevado posible, menor altura de la flotación hasta la cubierta y sin posibilidad de lastrar. El momento escorante producido por la grúa es:

$$Pe = P * ((a - KG) * \sin \theta + b * \cos \theta)$$

donde:

- P = 150 t
- a = altura penol = 39.05 m
- KG = 8.795
- b = brazo = 17.4

El desplazamiento en esta condición de carga es de 25250 t. Los brazos escorantes para distintos ángulos son  $Pe(\theta) / \Delta$ :

ANGULO	0	2	4	5	6	8	9	10
B. escorantes	0.1034	0.1096	0.1157	0.1186	0.1216	0.1274	0.1302	0.1330

Los brazos adrizantes GZ para la condición de carga se obtienen de la cura de estabilidad de la misma:

ANGULO	0	2	4	5	6	8	9	10
B. adrizantes	0.00	0.035	0.064	0.079	0.094	0.125	0.142	0.158

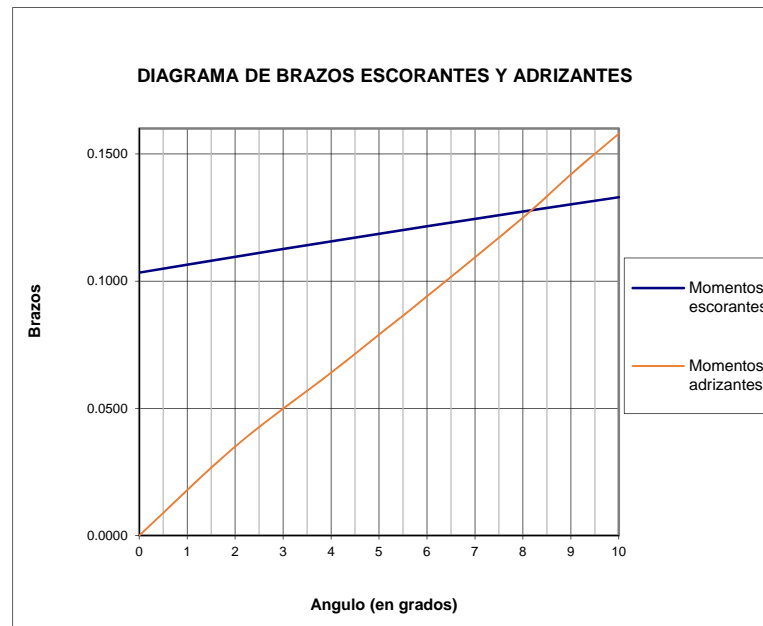
La intersección de ambos brazos dará el ángulo de escora de equilibrio, en este caso, según se ve en la gráfica es de 8.2° aproximadamente, que será el ángulo de escora estático producido por la elevación del peso con la pluma con su brazo extendido al máximo.

Hay que comprobar que el el ángulo para el cual sumerge el trancañil es superior a 8.2°:

- Francobordo =  $13.1 - 9.91 = 3.19$  m
- Semimanga del barco = 11.4 m

$$\theta = \arctg\left(\frac{3.19}{11.4}\right) = 15.63^\circ > 8.2^\circ$$

con lo cual no sumerge la cubierta.



La elevación del centro de gravedad es:

$$\Delta KG = \frac{25250 * 8.795 + 150 * 39.05}{25250 + 150} - 8.795 = 8.974 - 8.795 = 0.179 \text{ m}$$

Como el GM inicial en esta condición es de 0.816 m, se comprueba que tiene estabilidad para izar las 150 t de peso.

### **BIBLIOGRAFIA**

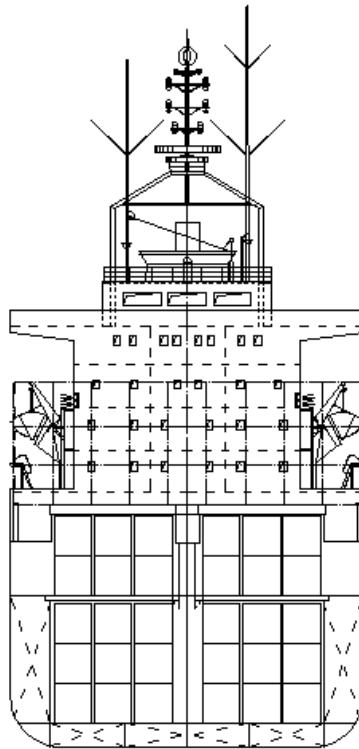
- Apuntes de Cálculo avanzado de estructuras marinas. ETSINO.
- SOLAS 2010, International Convention for the safety of life at sea.
- Tutorial y programa Hydromax.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA



# BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Cuadernillo 11

### BALANCE ELÉCTRICO

ALUMNO:

Alfonso MARTÍNEZ ESCONDRILLAS

TUTOR:

Germán ROMERO VALIENTE

BUQUE DE CARGA GENERAL SEMICONTENEDOR DE 18000 TPM

TRANSPORTE DE CARGA GENERAL Y CONTENEDORES

**CUADERNILLO 11**

**BALANCE ELÉCTRICO**

Alumno:

Alfonso MARTINEZ ESCONDRILLAS

## ÍNDICE

	PÁGINA
1.- ELECCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE, TENSIÓN Y FRECUENCIA	3
2.- ALUMBRADO INTERIOR	3
3.- DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA. BALANCE ELÉCTRICO.	5
4.- SELECCIÓN DE LOS GRUPOS GENERADORES	13
5.- CUADRO PRINCIPAL, TRANSFORMADORES Y DISTRIBUCIÓN	15

## **1.- ELECCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE, TENSIÓN Y FRECUENCIA**

En este cuadernillo se calcula la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento del buque en las distintas hipótesis de carga, teniendo en cuenta los coeficientes de utilización requeridos, que permiten decidir el número de generadores a instalar a bordo y la potencia de los mismos.

Todo el material utilizado en la instalación eléctrica será de alta calidad, previsto especialmente para uso marino y servicio no restringido.

Todo el equipo eléctrico será instalado en sitio accesible, lejos de materiales inflamables, en espacios bien ventilados donde no esté expuesto a riesgo de daño mecánico o a la acción de agua, vapor o aceite.

Todos los materiales eléctricos expuestos a la intemperie serán de materiales anticorrosivos, siendo su protección estanca al chorro de agua.

La instalación eléctrica funcionará eficientemente bajo las condiciones de vibraciones y choques normales a bordo. Los fusibles e interruptores tendrán un alto poder de corto o ruptura

El tipo de corriente es corriente alterna por las ventajas que representa. Se elige 440 V – 60 Hz trifásica para fuerza, y no 380 V 50 Hz, porque representa la ventaja de una mayor tensión con el consiguiente ahorro de peso de cobre y de instalación, y el aumento de r.p.m. de los motores a igualdad de número de polos. Por otra parte, se pueden conectar motores de 440 V – 60 Hz a una red de 380 V – 50 Hz, que es la habitual en instalaciones terrestres en Europa, sin que disminuya apreciablemente el rendimiento y la posibilidad de extensión a la zona de influencia norteamericana, que funciona a 60 Hz. La distribución será trifásica con conductores en estrella sin neutro accesible.

Para el alumbrado, equipos de navegación y servicios domésticos se emplea corriente monofásica a 220 V, obtenida mediante transformadores a partir de la tensión principal. Para sistemas de control y electrónicos se instalan baterías a 24 V, alimentadas por rectificadores con salida de corriente continua a esta tensión.

## **2.- ALUMBRADO INTERIOR**

Para determinar el alumbrado interior se determina el flujo luminoso en lúmenes, que se

obtiene mediante la expresión:

$$L = E * S * \frac{F_D}{F_U}$$

donde E es la luminancia en lux necesaria en el local, S es la superficie en m<sup>2</sup> del local, F<sub>D</sub> es el factor de depreciación, entre 1.25 y 2.5, y F<sub>U</sub> es el factor de utilización.

Se supondrá que las paredes son de color claro a efectos del factor de utilización. La luminancia E se obtiene de la siguiente tabla:

LOCAL	LUMINANCIA (LUX)
Camarotes de oficiales y tripulación	150 - 250
Locales de servicio	250 - 300
Locales de reunión	200 - 400
Pasillos	100 - 150
Enfermería	500 - 1000
Oficinas	400 - 750
Puestos de maniobra	500 - 750
Cámara de máquinas	300 - 450
Talleres de maquinaria	500 - 1000
Cámara de calderas	250 - 350
Túneles y compartimentos de menos de 200 m <sup>2</sup>	100 - 150

El factor de utilización F<sub>U</sub> expresa el rendimiento de la instalación, y se obtiene entrando en unas tablas en función del índice K del local, que se calcula mediante la expresión:

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

donde "a" es la longitud del local, "b" es la anchura, y "h" es la altura del mismo. Tomaremos valores medios para los diferentes tipos de locales.

Si suponemos que el rendimiento luminoso es 0.03 W/L (vatios/lumenes) y 0.11 W/L en alumbrado fluorescente e incandescente respectivamente, y estimando que el 90% de la iluminación

es fluorescente y el 10% incandescente, se estima un rendimiento luminoso global de valor  $R = 0.9 * 0.03 + 0.1 * 0.11 = 0.038 \text{ W/L}$ .

El flujo luminoso de los locales, obtenidas las superficies a partir de la disposición general, es:

LOCAL	S (m <sup>2</sup> )	E (lux)	F <sub>D</sub>	K	F <sub>U</sub>	L (lúmenes)
Camarotes	519.29	200	1.25	4.93	0.68	190915
Oficina del buque	11.75	200	2.5	1.28	0.51	11520
Puente, derrota, radio	71.55	100	1.25	2.15	0.58	15420
Enfermería	14.85	600	1.25	0.81	0.38	29310
Comedores y salas	93.30	375	1.25	2.18	0.58	75404
Cocina	23.70	250	1.8	1.12	0.46	231845
Gambuzas	105.35	100	1.5	1.55	0.54	29264
Lavandería	47.55	200	2	0.54	0.52	36577
Local CO <sub>2</sub>	33.15	300	2	0.89	0.4	49725
Cámara de máquinas	595	350	2.4	1.47	0.52	961154
Oficina de carga	16.50	600	2.5	1.28	0.51	48529
Local grupo de emergencia	16.85	200	2	0.66	0.33	20424
Guardacalor	81.30	100	1.5	0.32	0.15	81300
Local aire acondicionado	45.85	300	2	0.89	0.4	68775
Local del servo	47.60	100	1.8	1.70	0.56	15300
Pañoles	193.85	250	1.5	1.46	0.56	129810
Pasillos	154.15	100	1.25	2.93	0.64	30108
Talleres y locales de máquinas	61.50	600	1.8	0.99	0.44	150955

Total = 1967674 lúmenes. Si damos un margen del 10% y tenemos en cuenta el rendimiento de 0.038 w/L, la potencia necesaria para la iluminación interior es de:  $P = 0.038 * 1.1 * 1967674 = 82248$  Watios.

### 3.- DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA. BALANCE ELÉCTRICO.

La relación de consumidores eléctricos en el balance se ha desglosado en los siguientes servicios:



- Auxiliares de máquinas
- Auxiliares de casco
- Auxiliares de cubierta
- Taller de máquinas
- Servicios comunes
- Aire acondicionado y ventilación
- Equipo de navegación y comunicaciones

En el cuadernillo de cámara de máquinas se ha determinado para los consumidores, la potencia en el eje en kW, y se han aplicado los respectivos rendimientos de los motores eléctricos, para obtener las potencias estimadas absorbidas de la red. En el balance se han estudiado las siguientes condiciones:

- Navegación: situación en la que el consumo de energía eléctrica en el mar es el necesario para suministrar la energía a todos los consumidores en el funcionamiento normal del barco.
- Maniobra: situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores operando a régimen diferente del de navegación normal, y a los consumidores que solo funcionan en las operaciones de entrada y salida de puerto.
- Carga y descarga en puerto: situación en la que, además de los consumidores en puerto, se utilizan los medios de carga y descarga.
- Amarrado en puerto: situación de consumos con el buque amarrado en puerto.
- Emergencias: situación en la que el consumo de energía eléctrica es el necesario para mantener los servicios de seguridad y maniobrabilidad, es decir, los servicios de emergencia.

En cada una de las condiciones de estudio, los consumidores que se encuentran en funcionamiento pertenecerán a una de las categorías siguientes:

- Carga continua: son consumidores cuyo servicio es necesario de forma continua y a pleno régimen. El coeficiente de simultaneidad se suele tomar 1 ó 0.9.

- Carga periódica: son consumidores cuyo servicio es necesario de forma discontinua y simultánea con otros. El coeficiente de simultaneidad es 0.5.
- Carga eventual: son consumidores cuyo servicio es necesario de forma discontinua y simultánea con otros, durante cortos periodos de tiempo. El coeficiente de simultaneidad es 0.2 ó 0.3.

Para el equipo de carga se ha considerado que la situación de más consumo de potencia es en carga/descarga de contenedores, ya que es posible trabajar con todos los medios de carga a la vez, para disminuir el tiempo de carga y descarga necesario.

Según la potencia de izado calculada en el cuadernillo de equipo y servicios, la posible situación es la siguiente:

Grúa doble: 6 chigres de 65 CV

Mástil con las dos plumas de carga: 6 chigres de 65 CV

Grúa simple: 1 chigre de 110 CV y 1 de 85 CV

Para obtener el coeficiente de simultaneidad K, se calcula mediante la expresión siguiente:

$$K = \frac{1 + 0.26 * (Nr - 1)}{Nr}$$

$$Nr = n_1 + n_2 * \frac{P_2}{P_1} + n_3 * \frac{P_3}{P_1}$$

donde:

n1 = 1 motor de 110 CV

n2 = 1 motor de 85 CV

n3 = 12 motores de 65 CV cada uno

$$Nr = 1 + 1 * \frac{85}{110} + 12 * \frac{65}{110} = 8.86$$

$$K = \frac{1 + 0.26 * (8.86 - 1)}{8.86} = 0.34$$

En el balance se ha tomado como coeficiente de simultaneidad 0.4.

### **Características del grupo de emergencia**

Se dispondrá de un generador de emergencia que cumpla con la regla II.1.43 del reglamento SOLAS. Este generador será autónomo y se conectará al caer la tensión por debajo de un determinado valor. Generará corriente alterna trifásica a 440 V 60 Hz para los consumidores conectados a la red de fuerza, y se transformará a 220 V y 60 Hz para el alumbrado de emergencia, rectificándose a 24 V para las luces y aparatos de navegación. El grupo se instalará por encima de la cubierta corrida más alta y tendrá fácil acceso desde la cubierta expuesta. No estará contigua al espacio de máquinas, de la fuente principal o del cuadro principal.

En un buque de carga, la planta de generación de energía eléctrica de emergencia podrá hacer frente a la alimentación durante 18 horas de, al menos, los siguientes consumidores:

- Alumbrado de emergencia y luces de navegación
- Estaciones radioeléctricas
- Comunicaciones interiores y exteriores necesarias para emergencia
- Equipos de emergencia
- Pescantes y sus chigres.
- Los sistemas de detección de incendios, alarma y retención y suelta de puertas contraincendios
- Una bomba contraincendios, en nuestro caso, la de servicios generales de proa.

A continuación se dispone el balance eléctrico de forma ordenada para elegir posteriormente los generadores eléctricos.

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
BALANCE ELÉCTRICO

Nº	Denominación	P. Abs.		Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
		kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW		
	AUXILIARES DE MÁQUINAS													
	SERVICIO DE COMBUSTIBLE													
1	Purificadora de fuel oil	20.5	0.3	6.15	0.3	6.15	0.9	18.45	0.9	18.45	0	0		
2	Purificadora de fuel oil	20.5	0.3	6.15	0.3	6.15	0.9	18	0.9	18.45	0	0		
3	Separadora de diesel oil	17.5	0.3	5.25	0.3	5.25	0.9	15.75	0.9	15.75	0.9	15.75		
4	Bomba de trasiego de fuel oil	13.41	0	0	0.3	4.02	0.3	4.02	0.3	4.02	0	0		
5	Bomba de trasiego de fuel oil	13.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
6	Bomba de trasiego de diesel oil	11.08	0.3	3.32	0.3	3.32	0.3	3.32	0.3	3.32	0	0		
7	Bomba alimentación combustible B.P.	1.96	0	0	0	0	0.9	1.76	0.9	1.76	0.9	1.76		
8	Bomba alimentación combustible B.P.	1.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
9	Bomba circulación fuel oil a motor ppal.	5.35	0	0	0.3	1.61	0.3	1.61	0.3	1.61	0	0		
10	Bomba circulación fuel oil a motor ppal.	5.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
11	Bomba alimentación diesel a MM.AA.	1.87	0.3	0.56	0.3	0.56	0.9	1.68	0.9	1.68	0	0		
12	Bomba de lodos	3.21	0.1	0.32	0.1	0.32	0.1	0.32	0	0	0	0		
	SERVICIO DE ACEITE DE LUBRICACIÓN													
13	Separadora de aceite lubricante M.P.	2.7	0.5	1.35	0.9	2.43	0.9	2.43	0.9	2.43	0	0		
14	Separadora de aceite lubricante M.P.	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
15	Separadora de aceite MM.AA.	0.75	0.5	0.38	0.9	0.68	0.9	0.68	0.9	0.68	0	0		
16	Bomba aceite lubricación M.P.	34.39	0	0	0	0	0.9	30.95	0.9	30.95	0.9	30.95		
17	Bomba aceite M.P.	34.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
18	Bomba lubricación de crucetas	12.53	0	0	0	0	0.9	11.28	0.9	11.28	0.9	11.28		
19	Bomba lubricación de crucetas	12.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
20	Bomba alimentación separadora aceite	0.73	0.5	0.37	0.9	0.66	0.9	0.66	0.9	0.66	0	0		
21	Bomba trasiego de aceite	2.07	0.5	1.04	0.9	1.86	0.9	1.86	0.9	1.86	0	0		
	SERVICIO DE REFRIGERACIÓN													
22	Bomba refrigeración A.D. alta Tª M.P.	13.16	0	0	0	0	0.9	11.84	0.9	11.84	0.9	11.84		
23	Bomba refrigeración A.D. alta Tª M.P.	13.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
24	Bomba agua arranque alta Tª M.P.	0.76	0	0	0	0	0.5	0.38	0.5	0.38	0	0		
25	Bomba refrigeración A.D. baja Tª	27.66	0	0	0	0	0.9	24.89	0.9	24.89	0.9	24.89		
26	Bomba refrigeración A.D. baja Tª	27.66	0	0	0	0	0.9	24.89	0.9	24.89	0.9	24.89		
27	Bomba refrigeración A.D. baja Tª	27.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
27	Bomba refrigeración A.S. del M.P.	26.93	0	0	0	0	0.9	24.24	0.9	24.24	0.9	24.24		
28	Bomba refrigeración A.S. del M.P.	26.93	0	0	0	0	0.9	24.24	0.9	24.24	0.9	24.24		
29	Bomba refrigeración A.S. del M.P.	26.93	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	RESERVA	
30	Bomba refrigeración A.D. en puerto	9.18	0.9	32.94	0	0	0	0	0	0	0.9	32.94		
31	Bomba alimentación agua destilada	2.72	0	0	0	0	0.3	0.82	0.3	0.82	0	0		
32	Bomba alimentación agua destilada	2.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
	SERVICIO DE AIRE COMPRIMIDO													
33	Compresor aire de arranque M.P.	23	0.2	4.60	0.4	9.20	0.2	4.60	0.4	9.20	0	0		
34	Compresor aire de arranque M.P.	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA	
	APAREJOS DE DESMONTAJE													
35	Aparejo de desmontar M.P.	5.02	0.2	1.00	0.2	1.00	0	0	0	0	0	0		
36	Aparejo de desmontar MM.AA.	1.5	0.2	0.30	0.2	0.30	0	0	0	0	0	0		
				63.73		43.51		259.19		263.46		232.85		

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
BALANCE ELÉCTRICO

Nº	Denominación	P. Abs.	Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
			kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	
	AUXILIARES DEL CASCO												
	SERVICIO DE ACHIQUE Y LASTRE												
1	Bomba achique de sentinas y lastre	35.1	0	0	0.4	14.04	0.2	7.02	0	0	0	0	
2	Bomba alternativa de sentinas	25.2	0.2	5.04	0.4	10.08	0.2	5.04	0	0	0	0	
3	Separador aguas aceitosas	3.55	0.7	2.49	0.7	2.485	0.7	2.49	0.7	2.49	0	0	
4	Bomba principal de lastre	64.77	0	0	0.4	25.91	0.2	12.954	0	0	0	0	
5	Bomba de lastre y achique	35.1	0	0	0.4	14.04	0.2	7.02	0	0	0	0	
6	Bomba de lastre y servicios generales	35.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	31.59	Caseta pr
	SERVICIO DE CI Y BALDEO												
7	Bomba contraincendios y baldeo	35.61	0	0	0.5	17.81	0.3	10.68	0.2	7.12	0	0	
8	Segunda bomba C.I.	35.61	0	0	0.5	17.81	0.3	10.68	0.2	7.12	0	0	Caseta pr
9	Motobomba C.I. de emergencia	31.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	SERVICIO AGUA DULCE												
10	Bomba de agua dulce sanitaria	2.33	0.4	0.93	0.4	0.932	0.4	0.93	0.4	0.93	0	0	
11	Bomba de agua dulce sanitaria	2.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA
12	Bomba de circulación de agua caliente	0.4	0.4	0.16	0.4	0.16	0.4	0.16	0.4	0.16	0	0	
13	Planta tratamiento aguas residuales	5	0.4	2.00	0.2	1	0.2	1	0.2	1.00	0	0	
14	Bomba circulación evaporador	6	0	0	0	0	0.5	3.00	0.5	3.00	0	0	
15	Bomba alimentación eyector evaporador	4.1	0	0	0	0	0.5	2.05	0.5	2.05	0	0	
16	Bomba extracción A. destilada evaporad.	0.6	0	0	0	0	0.5	0.30	0.5	0.30	0	0	
17	Bomba alimentación agua a caldera	2.72	0.9	2.45	0.9	2.448	0.9	2.45	0.9	2.45	0	0	
18	Bomba alimentación agua a caldera	2.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA
	VENTILACIÓN DE BODEGAS												
19	Ventilación de bodegas	123.5	0.8	98.80	0.4	49.4	0.8	98.80	0.8	98.80	0	0	
	SERVOMOTOR												
20	Bomba del servomotor	33.78	0	0	0	0	0.2	6.76	0.4	13.51	0.2	6.76	
21	Bomba del servomotor	33.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RESERVA
				111.87		156.10		171.33		138.93		38.346	

Nº	Denominación	P. Abs.	Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
			kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	
	AUXILIARES DE CUBIERTA												
1	Molinete Er	91.35	0	0	0.1	9.135	0	0	0.6	54.81	0	0	
2	Molinete Br	91.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nota 2
3	Chigre de espía	54.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nota 2
4	Chigre de estachas	91	0.2	18.2	0.2	18.2	0	0	0.6	54.6	0	0	
5	Chigre de estachas	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nota 2
6	Chigre escala real Er	2	0.2	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Chigre escala real Br	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	Chigres botes Er	12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12.7	
9	Chigres botes Br	12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12.7	
10	Grúa 25 t entre bodegas 2 y 3	195	0	0	0.4	78	0	0	0	0	0	0	
11	Grúa doble 2 x 25 t entre bodegas 4 y 5	389	0	0	0.4	155.6	0	0	0	0	0	0	
12	Chigres plumas de 150 t	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nota 1
13	Chigres plumas de 25 t	389	0	0	0.4	155.6	0	0	0	0	0	0	
				18.6		416.5		0		109.41		25.4	

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
BALANCE ELÉCTRICO

Nota 1: estos kW se toman de los de las plumas de 25 t ya que no puede haber simultaneidad de uso.

Nota 2: solo para canal de San Lorenzo

Nº	Denominación	P. Abs.	Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
			kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	
TALLER DE MÁQUINAS													
1	Torno	3	0.1	0.3	0.1	0.3	0	0	0	0	0	0	
2	Taladro	1.5	0.1	0.15	0.1	0.15	0	0	0	0	0	0	
3	Electroafiladora	0.5	0.1	0.05	0.1	0.05	0	0	0	0	0	0	
4	Sierra	2	0.1	0.20	0.1	0.20	0	0	0	0	0	0	
5	Equipo de soldadura eléctrica	4	0.1	0.40	0.1	0.40	0	0	0	0	0	0	
6	Panel de 440 V del taller eléctrico	22	0.3	6.60	0	0.00	0.2	4.4	0.2	4.4	0	0	
			7.7		1.1		4.4		4.4		0		

Nº	Denominación	P. Abs.	Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
			kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	
SERVICIOS COMUNES													
1	Cocina	20	0.4	8.00	0.4	8	0.4	8.00	0.4	8.00	0	0	
2	Máquina universal (peladora, batidora)	0.6	0.2	0.12	0.2	0	0.2	0	0.2	0.12	0	0	
3	Freidora	3	0.4	1.20	0.4	1	0.4	1	0.4	1.2	0	0	
4	Calentador de agua	1.5	0.4	0.60	0.4	1	0.4	0.60	0.4	0.60	0	0	
5	Frigoríficos autónomos	3.6	0.4	1.44	0.4	1	0.4	1	0.4	1.44	0	0	
6	Horno panadería	5	0.3	1.50	0.3	2	0.3	1.50	0.3	1.5	0	0	
7	Amasadora panadería	1	0.3	0.30	0.3	0	0.3	0	0.3	0.3	0	0	
8	Fuentes frías	4.2	0.4	1.68	0.4	2	0.4	1.68	0.4	1.68	0	0	
9	Alacenas oficinas	5	0.2	1.00	0.2	1	0.2	1	0.2	1	0	0	
10	Baño maría	2	0.2	0.40	0.2	0	0.2	0.40	0.2	0.4	0	0	
11	Tostador pan	3	0.2	0.60	0.2	1	0.2	1	0.2	0.6	0	0	
12	Marmita eléctrica	12	0.4	4.80	0.4	4.80	0.4	4.80	0.4	4.8	0	0	
13	Fabricadora de cubitos	0.4	0.2	0.08	0.2	0.08	0.2	0.08	0.2	0.08	0	0	
14	Lavadora	0.6	0.2	0.12	0.2	0	0.2	0	0	0	0	0	
15	Centrifugadora	0.4	0.2	0.08	0.2	0.08	0.2	0.08	0	0	0	0	
16	Secadora	4	0.2	0.80	0.2	0.80	0.2	1	0	0	0	0	
17	Planchadora	0.6	0.2	0.12	0.2	0.12	0.2	0.12	0	0	0	0	
18	Electrocompresor gambuza	9.57	0.5	4.79	0.5	4.79	0.5	4.79	0.5	4.785	0	0	
19	Electrocompresor gambuza	9.57	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	RESERVA
20	Bomba circulación A.S. condensador	0.74	0.9	0.67	0.9	1	0.9	1	0.9	0.666	0	0	
21	Bomba circulación A.S. condensador	0.74	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	RESERVA
22	Incinerador	35	0	0	0	0	0.3	10.50	0	0	0	0	
23	Alumbrado interior (excepto C.M.)	120	0.5	60.00	0.5	60	0.5	60	0.5	60	0	0	
24	Alumbrado exterior	15.2	0.9	13.68	1	15	0.1	1.52	0.1	1.52	0	0	
25	Alumbrado Cámara de Máquinas	20	0.9	18.00	0.9	18	0.9	18	0.9	18	0	0	
26	Alumbrado de emergencia	8	1	8.00	1	8.00	1	8.00	1	8	1	8	
			127.97		129.49		126.31		114.69		8.00		

Proyecto buque de carga general semicontenedor de 18000 TPM  
BALANCE ELÉCTRICO

Nº	Denominación	P. Abs.	Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
			kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	
	AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN												
1	Ventilador admisión Cámara de Máquinas	17.5	0	0	0.3	5.25	0.9	15.75	0.9	15.75	0	0	
2	Ventilador admisión Cámara de Máquinas	17.5	0	0	0.3	5.25	0.9	16	0.9	15.75	0	0	
3	Ventilador admisión Cámara de Máquinas	17.5	0	0	0.3	5.25	0.9	16	0.9	15.75	0	0	
4	Ventilador admisión Cámara de Máquinas	17.5	0	0	0.3	5.25	0.9	16	0.9	15.75	0	0	
5	Ventilador exhaustación C. M.	21.2	0.3	6.36	0.3	6.36	0.9	19	0.9	19.08	0	0	
6	Ventilador exhaustación C. M.	21.2	0	0	0.3	6.36	0.9	19	0.9	19.08	0	0	
7	Ventilador local purificadoras	1.4	0	0	0.3	0.42	0.9	1.26	0.9	1.26	0	0	
8	Ventilador local purificadoras	1.7	0	0	0.3	0.51	0.9	2	0.9	1.53	0	0	
9	Unidad aire acondicionado Cámara Control	3.5	0.6	2.10	0.6	2.10	0.6	2	0.6	2.1	0	0	
10	Ventilación local generador de emergencia	1.1	0.9	0.99	0	0	0	0.00	0	0	0.9	0.99	
11	Electrocompresor	58.9	0.6	35.34	0.6	35.34	0.6	35	0.6	35.34	0	0	
12	Bomba de refrigeración	6.7	0.6	4.02	0.6	4.02	0.6	4.02	0.6	4.02	0	0	
13	Ventilador local máquinas aire acondic.	20.4	0.9	18.36	0.9	18.36	0.9	18.36	0.9	18.36	0	0	
14	Ventiladores locales de servicio	10.1	0.8	8.08	0.6	6.06	0.8	8	0.8	8.08	0	0	
15	Unidad acondicionado taller	8	0.5	4.00	0.5	4.00	0.4	3	0.4	3.2	0	0	
16	Unidad acondic aut. enfermería - hospital	1.6	0.6	0.96	0.6	0.96	0.6	0.96	0.6	0.96	0	0	
				80.21		105.49		176.01		176.01		0.99	

Nº	Denominación	P. Abs.	Puerto		Carga		Navegación		Maniobra		Emergencia		OBSERV.
			kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	kW	F.S.	
	EQUIPO DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES												
1	Giroscópica y gobierno eléctrico	4	0	0	0	0	0.6	2.40	0.4	1.60	0.6	2.40	
2	Luces de navegación y señales	0.5	0.24	0.12	0.24	0.12	0.6	0.30	0.6	0.30	0.6	0.30	
3	Proyector canal de Suéz	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	Sirena	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Equipo telefónico	0.2	0.3	0.06	0.3	0.06	0.3	0.06	0.3	0.06	0.3	0.06	
6	Alarma general	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	Indicador ángulos de timón	0.2	0	0	0	0	0.3	0.06	0.4	0.08	0.4	0.08	
8	Indicador de r.p.m.	0.1	0	0	0	0	0.3	0.03	0.3	0.03	0.3	0.03	
9	Timbres repostería	0.33	0.1	0.03	0.1	0.03	0.1	0.03	0.1	0.03	0	0	
10	Telégrafo órdenes a máquinas	0.15	0	0	0	0	0.2	0.03	0.3	0.05	0.2	0.03	
11	Corredera	0.04	0	0	0	0	1	0.04	0	0	1	0.04	
12	Equipo órdenes generales	0.15	0	0	0.3	0.05	0	0	0.3	0.05	0.6	0.09	RESERVA
13	Radar	1.4	0	0	0	0	0.6	0.84	0	0	0.6	0.84	
14	Radiogoniómetro	0.04	0	0	0	0	0.6	0.02	0	0	0.6	0.02	
15	Estación radio	2.12	0	0	0	0	0.6	1.27	0	0	0.8	1.70	
16	Sondador	0.04	0	0	0	0	0.3	0.01	0	0	0.3	0.01	
17	Vista clara	1.32	0	0.00	0	0	0.3	0.40	0.3	0.40	0.3	0.40	
				0.21		0.26		5.50		2.59		6.00	

## RESUMEN BALANCE ELÉCTRICO

Nº	DENOMINACIÓN	PUERTO	CARGA	NAVEGACIÓN	MANIOBRA	EMERGENCIA
		kW	kW	kW	kW	kW
1	AUXILIARES DE MÁQUINAS	63.73	43.51	259.19	263.46	232.85
2	AUXILIARES DEL CASCO	111.87	156.10	171.33	138.93	38.35
3	AUXILIARES DE CUBIERTA	18.6	416.54	0.00	109.41	25.40
4	TALLER	7.7	1.10	4.40	4.40	0.00
5	SERVICIOS COMUNES	127.97	129.49	126.31	114.69	8.00
6	AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	80.21	105.49	176.01	176.01	0.99
7	EQUIPO NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES	0.21	0.26	5.50	2.59	6.00
	TOTAL (+10%) Kw	451.31	937.74	817.34	908.44	342.74
	TOTAL KVA	564.14	1172.17	1021.67	1113.06	428.43

### 4.- SELECCIÓN DE LOS GRUPOS GENERADORES

La condición de carga más desfavorable determina la cantidad y potencia de los grupos generadores principales a instalar. Esta condición es la de carga y descarga en puerto, para la que se ha estimado una potencia de 937.74 kW, que con un  $\cos \varphi = 0.8$  resulta una potencia de 1172.67 KVA.

Para una potencia de este orden se instalan tres grupos generadores de 520 kW cada uno, de los cuales dos se reparten la carga y el tercero queda de reserva para poder atender a su mantenimiento. Se elige Wartsila Auxpack generating Set modelo 520W4L20 de 14 t de peso, 60 Hz, 900 r.p.m, y dimensiones: longitud 4407 mm, ancho 1920 mm y alto 2248 mm. La potencia de este generador es de 520 kW, 650 KVA.

La carga de cada uno, en cualquier condición de carga debe ser superior al 70% por cuestión de buen rendimiento. Los alternadores van acoplados a sendos motores diesel de potencia de salida 548 kW, según datos del fabricante.

En la condición de emergencia se ha estimado un consumo de 342.74 kW, es decir, 428.43 KVA ( $\cos \varphi = 0.8$ ). Se ha instalado un alternador de 500 KVA que irá en el peor de los casos a menos del 90% de su potencia nominal.



Se comprueba que la carga de los grupos generadores, en cada condición de carga, es correcta:

SITUACIÓN	UNIDADES INSTALADAS	EN SERVICIO	POTENCIA kW	PUERTO	CARGA	NAVEGACIÓN	MANIOBRA	EMERG.
PUERTO	3	1	520	86.8				
CARGA	3	2	1040		90.167			
NAVEGACIÓN	3	2	1040			78.59		
MANIOBRA	3	2	1040				85.62	
EMERGENCIA	1	1	400					85.69

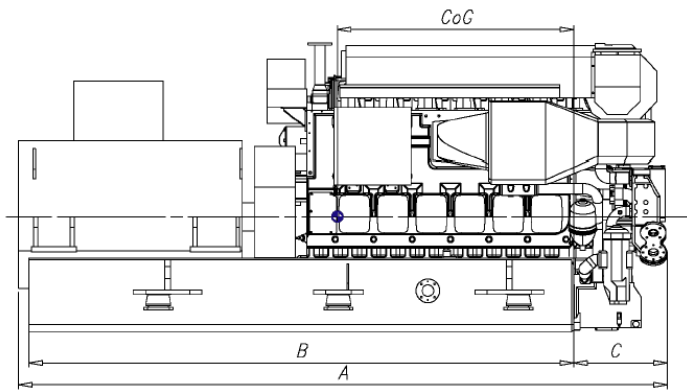
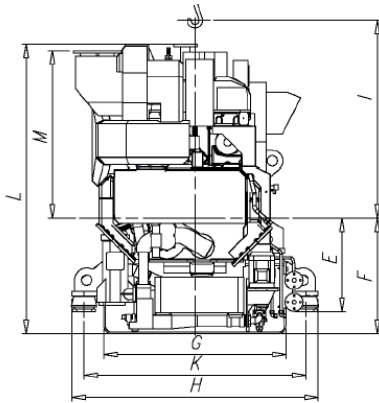


Table 1.2 Wärtsilä Auxpac 900 rpm / 60Hz

Type	A	B	C	E	F	G	H	I	K	L	M	CoG	Weight Wet	Weight Dry
520W4L20	4407	3600	732	725	900	1420	1920	1800	1730	2248	1207	1355	13.5	13.1

En cuanto al generador de emergencia se elegirá un grupo generador Caterpillar modelo C-15 para 400 kW, 500 kVA, 60 Hz, 1800 rpm, que funcionará con carga del 86%.



#### GENERATOR SET SPECIFICATIONS

Minimum Rating	320 ekW (365 kVA)
Maximum Rating	500 ekW (550 kVA)
Voltage	208 to 600 Volts
Frequency	50 or 60 Hz
Speed	1500 or 1800 RPM

El motor del generador de emergencia arrancará mediante un motor eléctrico y baterías, conectándose mediante un contactor de mínima tensión a las barras del cuadro de emergencia, de manera que cuando detecte fallo de tensión, ponga en funcionamiento automáticamente el arrancador del diesel. El grupo de emergencia tendrá dos baterías de 143 Ah a 24 voltios, con dos baterías de respeto.

En el local del grupo de emergencia habrá un cuadro de emergencia conectado al principal, de manera que durante la navegación normal, los consumidores del servicio de emergencia sean alimentados desde el cuadro principal. Además, se instalarán 2 transformadores de 40 KVA, 440/220, uno de ellos de reserva.

#### 5.- CUADRO PRINCIPAL, TRANSFORMADORES Y DISTRIBUCIÓN.

El cuadro principal será de accionamiento indirecto o frente muerto, y llevará pasamanos de protección, no conductores, en su parte frontal. Estará dividido en los siguientes paneles:

- Panel de control del generador 1
- Panel de control del generador 2
- Panel de control del generador 3
- Panel de sincronismo de generadores
- Panel de distribución de energía de los servicios esenciales
- Panel de distribución de energía de los servicios no esenciales
- Panel de distribución de energía de los servicios a 220 V

En él se instalarán todos los interruptores, relés, amperímetros, voltímetros, mandos, señalizaciones, fusibles, etc, necesarios por cada panel, siendo la precisión de éstos instrumentos dentro del 1.5 % a plena carga.

El cuadro principal estará en la cámara de control de la cámara de máquinas, y la distribución será en derivaciones sucesivas, ya que los tramos de línea se dimensionan según la demanda de los consumidores, permitiendo un diseño de protecciones más sencillo.

Sobre la cubierta y en todo su contorno, llevará un piso aislante y espacio libre en la parte posterior de unos 600 mm como mínimo. Las partes metálicas no activas estarán conectadas a tierra.

Las barras y conexiones serán de cobre templado y estirado de alta conductibilidad y de sección calculada para soportar la carga máxima prevista sin calentamiento peligroso.

Asimismo, llevará una alarma visual acústica para cuando se inicie la desconexión de los servicios no esenciales.

A partir del cuadro principal saldrán líneas hacia cuadros secundarios, que alimentarán consumidores con similar aplicación y localización en el buque. Para los servicios esenciales, la normativa obliga a instalar una alimentación doble desde el cuadro principal, que no incluyan cuadros de distribución comunes, y con tendido de los cables lo más separados posible. Los grupos principales acoplados en paralelo, y a través del cuadro principal podrán alimentar los servicios y receptores esenciales y no esenciales del buque en cualquier condición de carga, y a través de su interconexión con el cuadro eléctrico de emergencia, los servicios y receptores que lo requieran. La distribución fuerza se hará mediante cables de tres conductores.

Los interruptores automáticos de los generadores están provistos de dispositivos de disparo automático por sobrecarga, cortocircuito, potencia inversa y baja tensión.

Para la alimentación de los servicios a 220 V se dispondrán en la cámara de máquinas de dos transformadores trifásicos de 100 kVA, 440/220, uno de ellos de reserva.

Los enchufes de fuerza serán estancos de tipo marino, con borne para conexión a masa y protegidos con tapas. Los que vayan sobre cubierta irán instalados a su vez dentro de cajas estancas.

En la consola del puente se montarán dos cuadros para los servicios de luces de navegación, señales y alumbrado exterior. El cuadro de luces de navegación llevará alarma óptica y acústica para el fallo del filamento de las lámparas. Este cuadro llevará dos alimentaciones independientes.

En cuanto a la fuente transitoria de energía, el buque dispondrá de baterías de acumuladores de 24 V, capaces de alimentar durante 30 minutos los servicios de alumbrado, luces de navegación y aparatos de ayuda a la navegación.

### **Cables y bandejas**

Para el cálculo de las secciones de cableado, se supondrá en general una temperatura de 45 °C y una caída de tensión inferior siempre al 6% desde las barras del cuadro principal al receptor más lejano.

Los cables podrán ser de recubrimientos sencillo normal y reforzado, según las necesidades de cada caso.

Los cables especiales tales como coaxiales y otros para ciertos circuitos electrónicos y conexiones de antenas, serán según las recomendaciones del fabricante de los equipos.

Los cables irán debidamente soportados sobre bandejas metálicas perforadas con recorridos adecuados, y en las zonas de habilitación irán ocultos en mamparos divisorios, superficies forradas y falsos techos.

### **Sistema de puesta a tierra**

Serán conectados a masa todos los aparatos eléctricos metálicos fijos en el buque, por medios adecuados.

### **Alumbrado**

El alumbrado normal del buque se realizará a 220 V y por medio de luces incandescentes o fluorescentes según convenga.

Cada subcircuito final de alumbrado alimentará como máximo 1500 W y un máximo de 18 puntos de luz.

Las luces de pasillos y cubiertas intemperie irán agrupadas convenientemente de modo que cada grupo dispondrá de un interruptor en el cuadro de distribución.

En general, en los espacios interiores de la habitación, los aparatos de alumbrado serán de tipo no estanco. En los aseos se colocarán aparatos a prueba de humedad.

En el pañol de pinturas y local de baterías, se dispondrá alumbrado antideflagrante.

En los locales de Cámara de máquinas, servomotor, gambuza, pañoles, CO<sub>2</sub>, cocina, oficinas y otros espacios similares, se colocarán aparatos estancos.

Para el alumbrado de bodegas, zonas de escotillas en cubiertas, escala real, maniobra de botes, etc., se instalarán proyectores y reflectores con protección a la intemperie adecuada, como se ha indicado en el cuadernillo de equipos y servicios.

### **Conexión a tierra**

A popa de la superestructura se instalará una caja estanca para conexión de los cables portátiles de tierra de 200 amperes, provistas de bornes de conexión y de un seccionador-fusible.

En su parte frontal, la caja llevará un indicador de secuencias de fases y una lámpara piloto indicadora de tensión.

En sus proximidades habrá un carretel para la estiba de 150 m de cable flexible, portátil, para toma de tierra.

### **BIBLIOGRAFIA**

- "Electricidad aplicada al buque". Manuel Baquerizo. FEIN.
- "Electricidad aplicada al buque. Distribución eléctrica a bordo". Amable López Piñeiro. ETSIN

FIN