

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Tutor:



Escuela Técnica Superior de Ingeniería naval y oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## **Índice.**

- Capítulo 1. Memoria explicativa.
- Capítulo 2. Dimensionamiento.
- Capítulo 3. Definición de formas.
- Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos.
- Capítulo 5. Disposición general.
- Capítulo 6. Resistencia al avance, motorización y propulsión.
- Capítulo 7. Situaciones de carga y resistencia longitudinal.

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 1. Memoria explicativa.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería naval y oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## Contenido

1. Introducción .....	2
2. Buques graneleros .....	2
2.1 Según su tonelaje .....	2
2.2 Según la carga que transportan .....	3
2.3 Según sus medios de carga y descarga .....	3
3. Proyecto actual .....	4
3.1 Dimensionamiento .....	4
3.2 Definición de formas .....	4
3.3 Cálculos hidrostáticos .....	4
3.4 Disposición general.....	4
3.5 Resistencia al avance , propulsión y motorización .....	4
3.6 Condiciones de carga y resistencia longitudinal.....	4

## 1. Introducción

Durante siglos, el transporte marítimo de mercancías a granel ha desempeñado un papel central en la economía mundial, siendo un pilar clave en el ámbito del comercio internacional. Su característica distintiva radica en su capacidad para mover grandes volúmenes de productos sin la necesidad de embalarlos individualmente, lo que lo convierte en una alternativa altamente eficiente y rentable para el traslado de recursos esenciales como minerales, granos, petróleo crudo y otros materiales naturales.

A lo largo de la historia, este método de transporte ha experimentado una evolución significativa, desde los antiguos barcos de vela hasta los modernos buques cargueros, desempeñando un rol fundamental en la expansión del comercio global y la interconexión de las economías del mundo. En este trabajo, exploraremos los aspectos fundamentales de esta modalidad de transporte, analizando su importancia en la logística internacional, los desafíos contemporáneos que enfrenta, los avances tecnológicos que están reconfigurando la industria, sus implicaciones ambientales y las tendencias futuras que podrían influir en su desarrollo. El transporte marítimo de carga a granel representa un sector dinámico y esencial en el contexto económico global, cuya comprensión resulta crucial para una visión completa del comercio internacional y la distribución de recursos a nivel mundial.

## 2. Buques graneleros

Se pueden encontrar diferentes clasificaciones de buques graneleros. La clasificación más común es según su tonelaje, aunque también podemos distinguirlos según la carga que llevan.

### 2.1 Según su tonelaje

Atendiendo al tonelaje del buque, se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- **Buques Handysize.** Este tipo de buques es muy numeroso en la flota de graneleros, tienen entre 10000 y 39000 toneladas de peso muerto (TPM), suelen contar con equipos de carga y descarga propios, de manera que no dependen de los equipos del puerto en el que hacen escala.
- **Buques Handy Max.** En este caso, suelen contar con, entre 40000 y 59999 TPM.
- **Buques Panamax.** Son los siguientes en orden ascendente de tonelaje, este tipo de buque está diseñado para el paso por el canal de Panamá, tienen entre 60000 y 99999 TPM.
- **Capesize.** Por último, encontramos los buques Capesize, estos son aquellos que superan las 100000 TPM.

La clasificación mostrada incluye los buques más comunes o principales, aunque se pueden encontrar categorías intermedias. En la siguiente imagen se muestra un resumen:



Ilustración 1. Tipos de buque granelero según su tonelaje.

## 2.2 Según la carga que transportan

A parte de la clasificación ya mostrada, también se puede clasificar los buques graneleros en función a la carga que transportan. Se puede diferenciar:

- **Mineraleros.** Buques que transportan mineral a granel.
- **Open Hatch.** Buques graneleros que no cuentan con tapa de escotilla, transportan cargas como madera o cemento.
- **Combinados.** Transportan carga tanto líquida como sólida.
- **Wood Chip.** Transportan madera.
- **Ore Bulk Carrier.** Buques graneleros que pueden ser usados para transportar petróleo.

## 2.3 Según sus medios de carga y descarga

- **Buques equipados.** Buques que cuentan con sus propios medios de carga y descarga. Generalmente son Handysize o Handymax. Tienen una mayor versatilidad ya que pueden cargar y descargar en cualquier puerto-
- **Buques combinados.** Estos buques cuentan con medios de carga, pero no son completamente autosuficientes.
- **Buques no equipados.** Estos buques no cuentan con medios propios de carga y descarga, normalmente se da en los buques de mayor tonelaje.
- **Auto descargables.** Son buques equipados con cintas transportadoras que son capaces de descargar las bodegas sin el uso de grúas.

### 3. Proyecto actual

A continuación, se va a describir el proyecto actual. Se trata de realizar el anteproyecto de un buque de carga a granel, de manera que ese tenga un tonelaje de 45000 TPM, por lo que se tratará de un buque tipo Handy Max. Como características principales del buque a diseñar se conoce:

- Dispondrá de doble casco.
- La velocidad de servicio estará entre 12 y 15 nudos.
- No contará con medios de carga y descarga.
- La cámara de máquinas irá situada a popa.

A continuación, se hace una breve descripción de los diferentes capítulos en los que se va a tratar de llegar al buque final con la mayor exactitud posible.

#### 3.1 Dimensionamiento

En el primero de los capítulos, se van a estimar las dimensiones y características principales del buque, para ello, se van a realizar regresiones lineales a partir de una base de datos de buques similares. De la misma manera, se realizará una estimación del peso en rosca del buque.

#### 3.2 Definición de formas

En este capítulo, se procederá a obtener las formas de la carena del buque, para ello se va a emplear el software '*Maxsurf*'. Obteniendo el plano de formas del buque.

#### 3.3 Cálculos hidrostáticos

Una vez definidas las formas, se va a seguir empleando el software para realizar cálculos hidrostáticos del buque, obteniendo las curvas hidrostáticas, las curvas de Bonjean y las curvas KN para diferentes valores de trimado. De la misma forma, se procede a realizar los cálculos de arqueo y francobordo.

#### 3.4 Disposición general

Una vez obtenidas las formas de la carena, y realizado los cálculos hidrostáticos, se procede al diseño de la disposición general del buque, en base a buques similares y a las Sociedades de Clasificación. Se diseñan los espacios de carga, así como los espacios destinados a la cámara de máquinas y a la habilitación.

#### 3.5 Resistencia al avance , propulsión y motorización

En este capítulo, se calcula la resistencia al avance del buque, de manera que sea posible seleccionar los motores para propulsar este, de la misma forma se diseña el timón y el propulsor. Una vez obtenida la motorización, se calcula también la capacidad de los tanques para, mas adelante, poder realizar la partida de pesos.

#### 3.6 Condiciones de carga y resistencia longitudinal

Para finalizar, se diseñan diferentes situaciones de carga a las que puede estar sometido el buque durante su operación, introduciendo todos los pesos que forman parte del buque.

## Capítulo 1. Memoria explicativa.

Una vez obtenidas las partidas de pesos, se realizan con el software '*Maxsurf*', diferentes análisis de equilibrio, resistencia longitudinal y estabilidad a grandes ángulos, para las distintas situaciones de buque intacto, así como de buque en averías.



## 4. Referencias

[1] Web sobre el transporte de carga a granel:

<https://es.linkedin.com/pulse/capitulo-1013-tipos-de-buques-graneleros-carga-seca-rojas-figari#:~:text=Esta%20clasificaci%C3%B3n%20se%20puede%20resumir,que%20superan%20las%20100.000%20DWT.>

[2] ESTEVE PÉREZ, J.A (2018) “Fundamentos de tráfico marítimo”. Universidad Politécnica de Cartagena.

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 2. Dimensionamiento



Escuela Técnica Superior de Ingeniería naval y oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## Contenido

1.	Introducción.....	3
2.	Base de datos.....	3
3.	Cálculo de las dimensiones principales.....	4
3.1.	Eslora.....	4
3.2.	Eslora entre perpendiculares.....	4
3.3.	Manga.....	6
3.4.	Puntal.....	8
3.5.	Calado.....	9
3.6.	Volumen de carga.....	10
3.7.	Resumen de dimensiones principales.....	10
4.	Relaciones adimensionales.....	11
4.1.	Relación Eslora/Manga.....	11
4.2.	Relación Manga/Puntal.....	11
4.3.	Relación Eslora/Puntal.....	12
4.4.	Relación Manga/Calado.....	12
4.5.	Resumen de relaciones adimensionales.....	12
5.	Cálculo de los coeficientes de formas.....	13
5.1.	Coficiente de bloque.....	13
5.1.1.	Fórmula de Alexander.....	14
5.1.2.	Fórmula de Towsin.....	15
5.1.3.	Fórmula de Schneekluth.....	15
5.1.4.	Fórmula de Kerlen.....	15
5.1.5.	Fórmula de Minorsky.....	15
5.2.	Coficiente de la maestra.....	15
5.2.1.	Fórmula de Kerlen.....	16
5.2.2.	Fórmula del HSV A.....	16
5.2.3.	Fórmula de Torroja.....	16
5.3.	Coficiente prismático longitudinal.....	16
5.3.1.	Fórmula de Troost.....	17
5.4.	Coficiente de la flotación.....	17
5.4.1.	Formulación aproximada.....	17
5.4.2.	Fórmula de Schneekluth.....	17
6.	Posición longitudinal del centro de carena.....	18
7.	Longitud del cuerpo cilíndrico.....	18

## Capítulo 2: Dimensionamiento

8.	Semiángulo de entrada en la flotación.....	18
9.	Cálculo del peso en rosca. ....	19
9.1.	Peso de la estructura de acero.....	20
9.1.1.	Fórmula de A. Osorio. ....	20
9.1.2.	Método de D.G.M Watson y A.W. Gilfillan. ....	20
9.1.3.	Altura del centro de gravedad.....	21
9.2.	Peso de equipos y habilitación. ....	21
9.2.1.	Altura del centro de gravedad.....	21
9.3.	Peso de la maquinaria. ....	21
9.3.1.	Altura del centro de gravedad.....	23
9.4.	Peso en rosca. ....	24
9.4.1.	Altura del centro de gravedad.....	24
10.	Resumen de características.....	24
11.	Referencias .....	25

## 1. Introducción.

El anteproyecto de un buque se trata de un proceso largo e iterativo con el objetivo de conocer las características finales de manera más concreta posible de nuestro buque.

A la hora de encargar un buque, se aportan una serie de requisitos que deben ser cumplidos, en este caso el requisito fundamental es el peso muerto del buque, establecido en 45000 toneladas.

En el presente cuadernillo se realizará la estimación del dimensionamiento del buque, uno de los procesos más iniciales en el proyecto, de manera que se pueda empezar a recorrer la espiral de proyecto con unos datos de partida. Se pueden encontrar diversos métodos para realizar el dimensionamiento, en este caso el método utilizado es la utilización de regresiones lineales a partir de los datos de buques ya existentes. Este es uno de los procesos más fiables siempre y cuando los buques utilizados en las regresiones tengan características similares al buque que se desea proyectar.

## 2. Base de datos.

La base de datos utilizada para la realización de regresiones ha sido obtenida de diferentes sitios como diferentes páginas de armadores o la revista ‘*Significant Ships*’ en sus ediciones más actuales. Seleccionando buques que reúnen características similares al que se quiere diseñar se ha generado la siguiente base de datos:

Nombre	L (m)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	TPM	V (Kn)	Año	V. Carga (m3)
BEIRA	179,84	177,00	32,01	15,00	10,77	40047,00	-	2017	50800,00
NORD HONG KONG	179,90	171,50	28,40	14,10	10,15	32290,00	13,80	2011	-
ANDALUCIAN ZEPHYR	179,96	174,00	30,00	14,05	9,80	34436,00	-	2014	-
SIDER OLYMPIA	179,97	173,00	29,80	14,40	10,583,00	38182,00	-	2015	47126,10
NORDIC YARRA	180,00	176,75	30,00	14,70	10,65	37205,00	-	2014	46700,00
DRAGONERA	180,00	176,78	30,00	14,70	10,10	34613,00	14,00	2011	46733,00
BUNUN ELEGANCE	182,99	178,00	30,40	16,50	11,61	45556,00	-	2014	53620,50
SIDER ONDA	183,00	177,00	30,60	14,50	10,45	40482,00	-	2015	47125,00
ROJEN	185,00	179,00	31,00	15,00	10,50	41550,00	-	2019	57753,50
ARRILAH I	186,40	178,82	27,83	14,75	10,40	36490,00	-	2011	-
HALKI	186,40	178,00	27,80	15,60	10,90	36850,00	14,80	2011	47900,00
VENTURE GOAL	189,99	187,05	30,00	15,00	10,70	43500,00	14,00	2015	54000,00
OKOLCHITSA	190,00	182,10	31,84	15,50	10,80	45494,00	-	2020	59804,00
STAR AQUARIUS	198,00	195,00	32,26	18,60	13,04	60873,00	-	2015	77240,00
NAVARRA	199,90	192,00	32,26	17,00	12,50	50000,00	-	2010	45069,00
WOLVERLINE	199,90	197,00	32,24	18,60	13,03	61268,00	-	2015	77546,00
LIBERTAS	225,00	216,20	32,24	19,70	12,20	75511,00	14,50	2007	-
FRAMURA	223,00	217,00	32,26	19,90	14,22	76832,00	15,01	2014	-

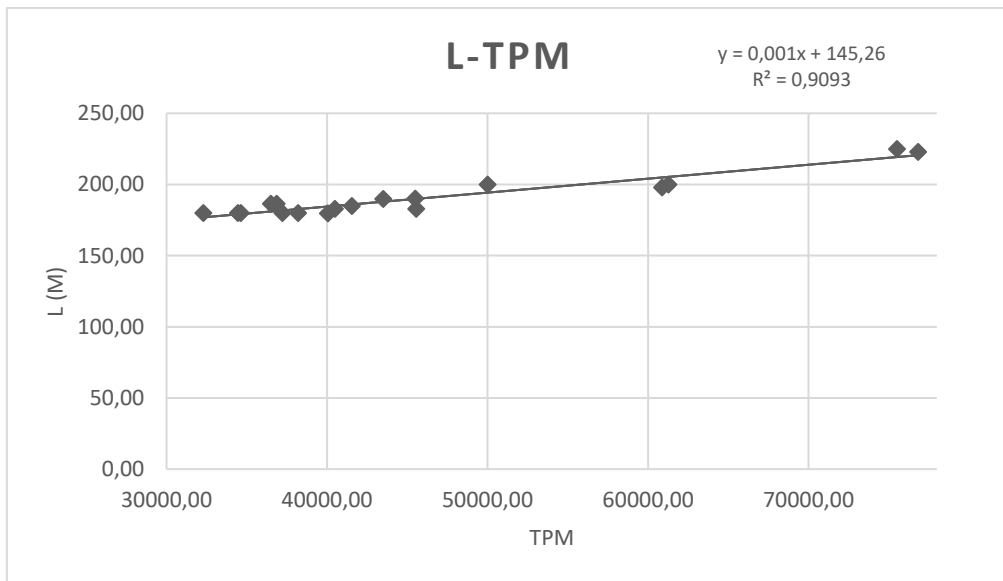
Tabla 1. Base de datos.

Una vez completada la base de datos se puede comenzar a realizar las regresiones.

### 3. Cálculo de las dimensiones principales.

#### 3.1. Eslora

Se trata de la dimensión principal del buque, medida entre los untos extremos de proa y popa del buque. Realizando una regresión a partir de los valores de peso muerto de los buques base, se obtiene la siguiente línea de tendencia:



Gráfica 1. Regresión lineal de la eslora frente al peso muerto.

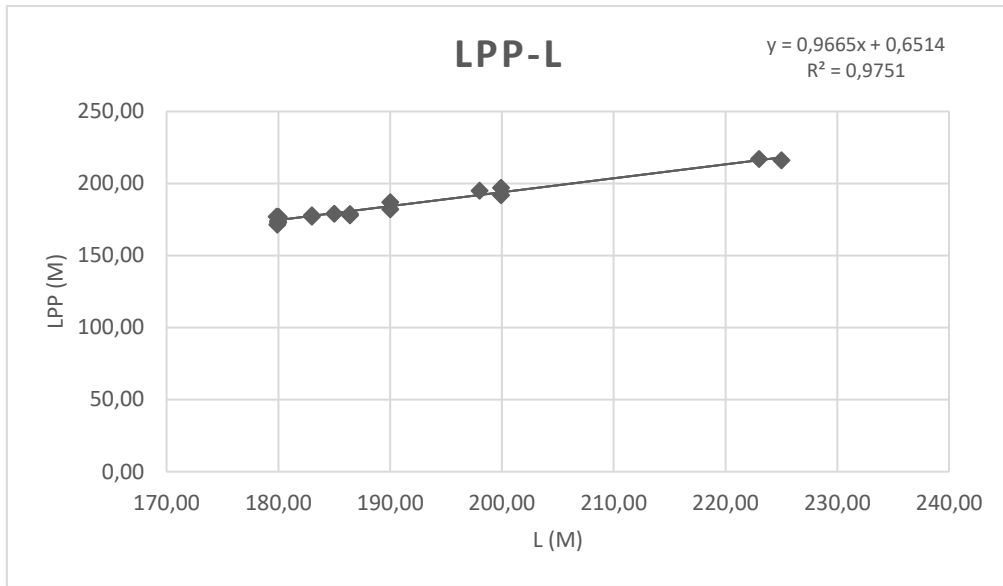
Se observa que se obtiene un valor de  $R^2$  elevado, por lo que la regresión es válida para el cálculo de la eslora. Aplicando la fórmula generada obtenemos:

$$L = 0.001 * TPM + 145.26 = 0.001 * 45000 + 145.26 = \mathbf{190.26m}$$

#### 3.2. Eslora entre perpendiculares.

La eslora entre perpendiculares está altamente relacionada con la eslora total, pero siendo más significativa, ya que de ahora en adelante será la dimensión utilizada para la realización de los cálculos. Se realizará la regresión enfrentando esta a la eslora total obteniéndose:

## Capítulo 2: Dimensionamiento



Gráfica 2. Regresión lineal de la eslora entre perpendiculares frente a la eslora.

En este caso volvemos a observar un valor de  $R^2$  alto por lo que la regresión es válida, calculando el valor de la eslora entre perpendiculares:

$$L_{pp} = 0.9665 * L + 0.6514 = 0.9665 * 190.26 + 0.6514 = \mathbf{184.54m}$$

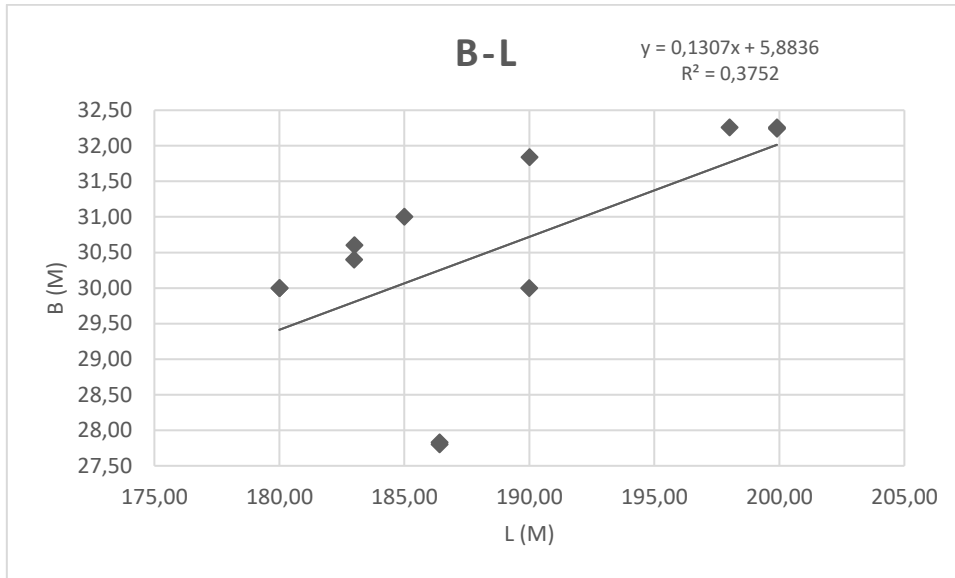
Una vez calculado el valor de la eslora que tendrá el buque, se puede eliminar de la tabla los buques que más difieran de dichos valores con el objetivo de aumentar la exactitud de las regresiones futuras, en este caso se eliminarán los buques cuya eslora sea inferior a 180m o superior a 200m, quedando la base de datos como:

Nombre	L (m)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	TPM	V (Kn)	Año	V. Carga (m3)
NORDIC YARRA	180,00	176,75	30,00	14,70	10,65	37205,00	-	2014	46700,00
DRAGONERA	180,00	176,78	30,00	14,70	10,10	34613,00	14,00	2011	46733,00
BUNUN ELEGANCE	182,99	178,00	30,40	16,50	11,61	45556,00	-	2014	53620,50
SIDER ONDA	183,00	177,00	30,60	14,50	10,45	40482,00	-	2015	47125,00
ROJEN	185,00	179,00	31,00	15,00	10,50	41550,00	-	2019	57753,50
ARRILAH I	186,40	178,82	27,83	14,75	10,40	36490,00	-	2011	-
HALKI	186,40	178,00	27,80	15,60	10,90	36850,00	14,80	2011	47900,00
VENTURE GOAL	189,99	187,05	30,00	15,00	10,70	43500,00	14,00	2015	54000,00
OKOLCHITSA	190,00	182,10	31,84	15,50	10,80	45494,00	-	2020	59804,00
STAR AQUARIUS	198,00	195,00	32,26	18,60	13,04	60873,00	-	2015	77240,00
NAVARRA	199,90	192,00	32,26	17,00	12,50	50000,00	-	2010	45069,00
WOLVERLINE	199,90	197,00	32,24	18,60	13,03	61268,00	-	2015	77546,00

Tabla 2. Base de datos actualizada.

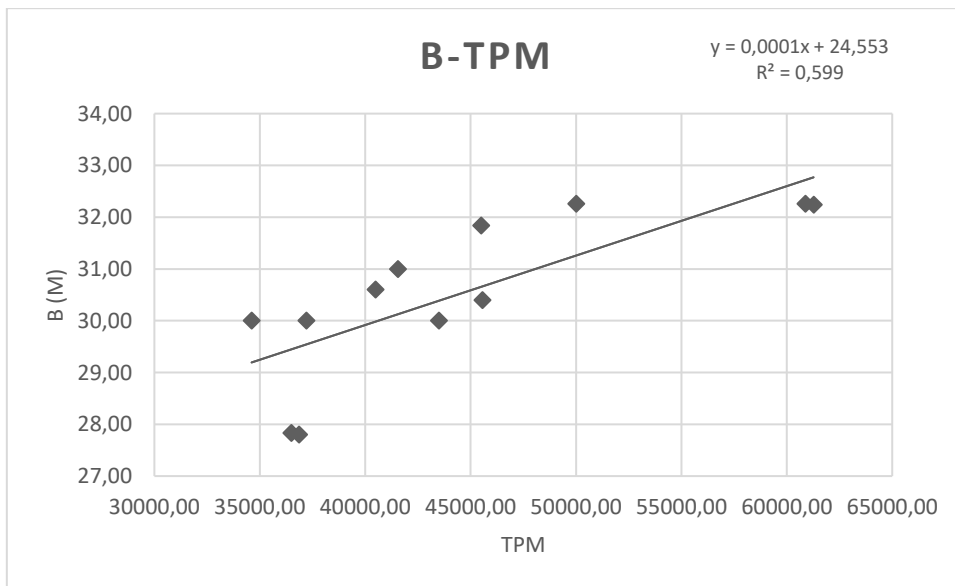
### 3.3. Manga.

La manga es una dimensión muy determinante en cuanto a la resistencia de avance del buque, dada su relación con la eslora parece adecuado realizar la regresión con esta dimensión, obteniendo la siguiente gráfica:



Gráfica 3. Regresión lineal de la manga frente a la eslora.

Como se puede observar, la regresión arroja un valor de  $R^2$  muy bajo por lo que no se puede tomar por válida. Dado que nuestro requisito principal era el peso muerto, se realiza la regresión frente a este, obteniendo:



Gráfica 4. Regresión lineal de la manga frente al peso muerto.

Se obtiene un valor de  $R^2$  igual a 0.599. Este valor es superior al obtenido frente a la eslora, pero todavía se encuentra en el límite de lo aceptable. Observando la 'Gráfica 3'



## Capítulo 2: Dimensionamiento

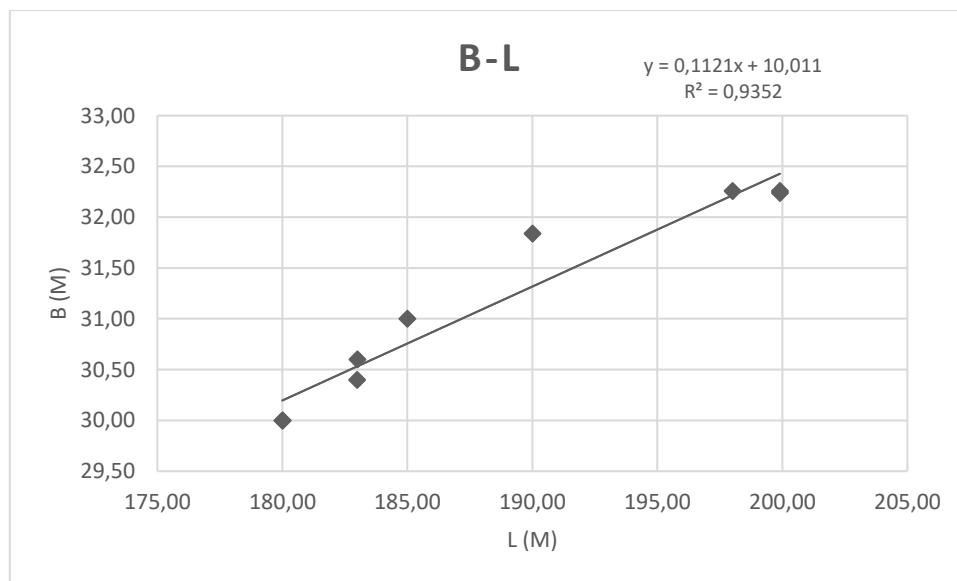
se ve que la regresión ha estado muy alterada por dos buques puntuales, ya que el resto de buques parece comportarse de forma muy lineal, se procede a eliminar los buques que están alterando la regresión para comprobar si de esta forma se obtiene un mejor valor de  $R^2$ .

La base de datos quedaría de la siguiente forma:

Nombre	L (m)	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	TPM	V (Kn)	Año	V. Carga (m3)
NORDIC YARRA	180,00	176,75	30,00	14,70	10,65	37205,00	-	2014	46700,00
DRAGONERA	180,00	176,78	30,00	14,70	10,10	34613,00	14,00	2011	46733,00
BUNUN ELEGANCE	182,99	178,00	30,40	16,50	11,61	45556,00	-	2014	53620,50
SIDER ONDA	183,00	177,00	30,60	14,50	10,45	40482,00	-	2015	47125,00
ROJEN	185,00	179,00	31,00	15,00	10,50	41550,00	-	2019	57753,50
OKOLCHITSA	190,00	182,10	31,84	15,50	10,80	45494,00	-	2020	59804,00
STAR AQUARIUS	198,00	195,00	32,26	18,60	13,04	60873,00	-	2015	77240,00
NAVARRA	199,90	192,00	32,26	17,00	12,50	50000,00	-	2010	45069,00
WOLVERLINE	199,90	197,00	32,24	18,60	13,03	61268,00	-	2015	77546,00

Tabla 3. Base de datos actualizada para el cálculo de la manga.

Con la nueva base de datos se procede a realizar la regresión de nuevo, obteniendo:



Gráfica 5. Regresión lineal de la manga frente a la eslora.2.

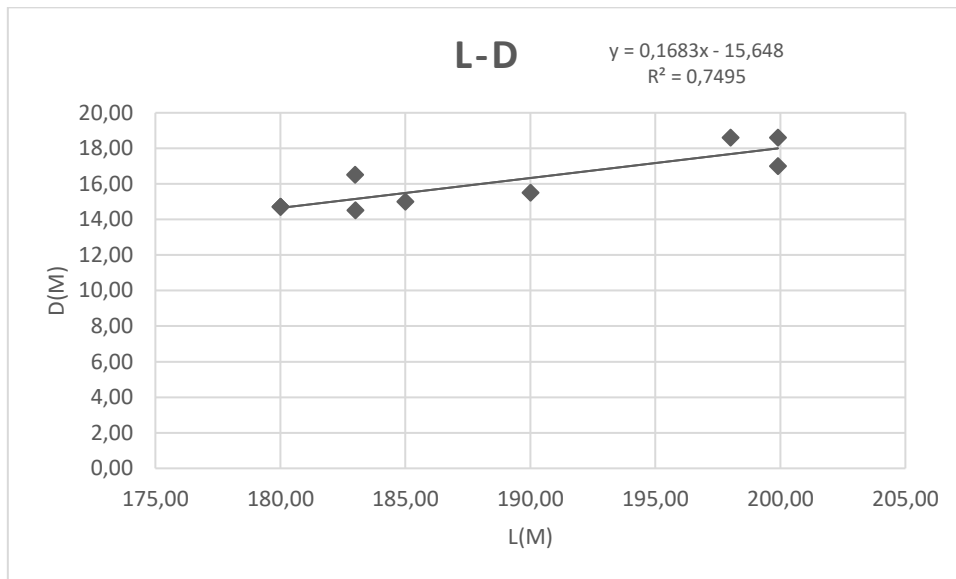
En esta ocasión se obtiene un valor de  $R^2$  mucho más aceptable, por lo que se da por válida esta regresión. Se calcula el valor de la manga:

$$B = 0.1121 * L + 10.011 = 0.1121 * 190.26 + 10.011 = 31.34m$$

## Capítulo 2: Dimensionamiento

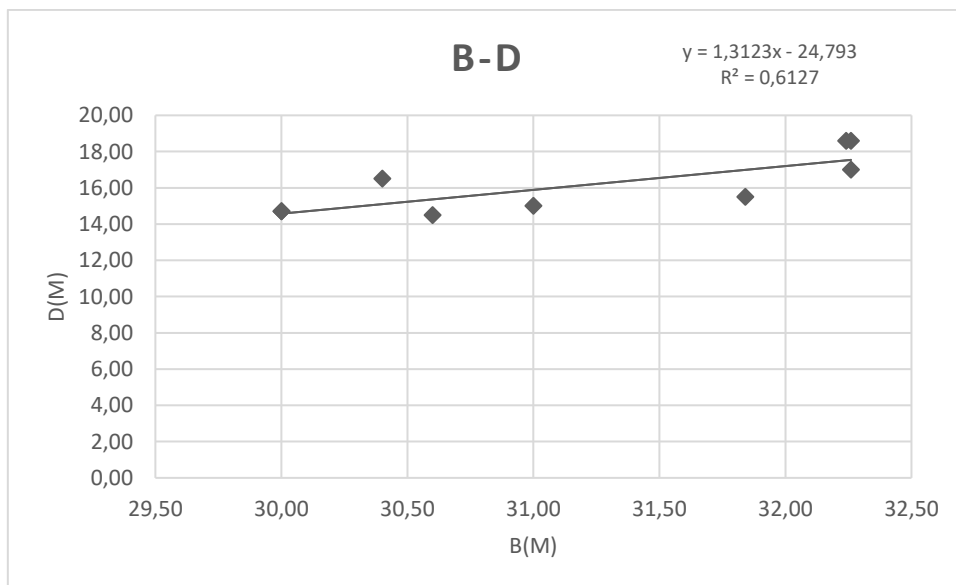
### 3.4. Puntal.

Como primera iteración se realiza una regresión enfrentando el puntal a la eslora.



Gráfica 6. Regresión lineal del puntal frente a la eslora.

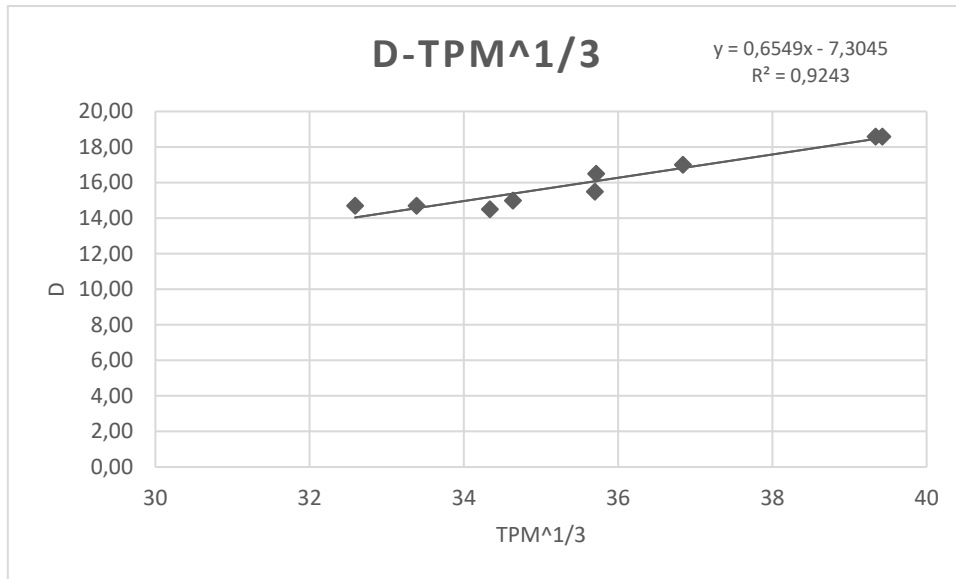
Se obtiene un valor de  $R^2$  que está dentro de lo aceptable, pero no es muy alto por lo que se prueba con otros parámetros. Se realiza la regresión enfrentando el puntal a la manga.



Gráfica 7. Regresión lineal del puntal frente a la manga.

Como se puede observar, la regresión obtenida es peor que la anterior, por lo que esta quedaría descartada. De la misma forma, representando el puntal frente al peso muerto se obtiene un valor de  $R^2$  insuficiente, por lo que se prueba con el valor de  $TPM^{1/3}$ .

## Capítulo 2: Dimensionamiento



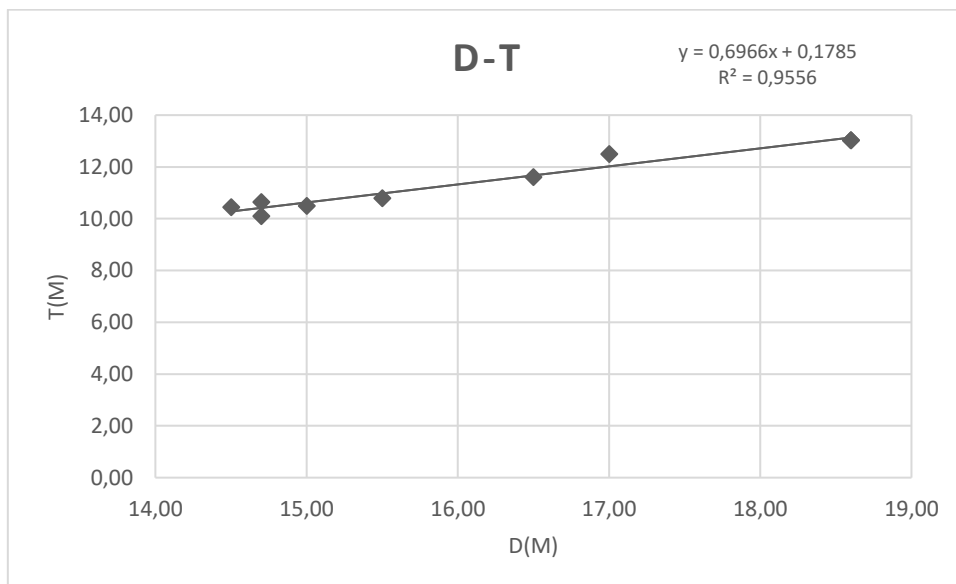
Gráfica 8. Regresión lineal del puntal frente a  $TPM^{1/3}$ .

Esta vez sí que se ha obtenido un valor de  $R^2$  bastante alto, por lo que se procede a calcular la dimensión del puntal.

$$D = 0.6549 * TPM^{\frac{1}{3}} - 7.3045 = 0.6549 * 45000^{\frac{1}{3}} - 7.3045 = \mathbf{15.99m}$$

### 3.5. Calado.

El calado está estrechamente relacionado con el puntal, por lo que se utiliza esta dimensión para la regresión.



Gráfica 9. Regresión lineal del calado frente al puntal.

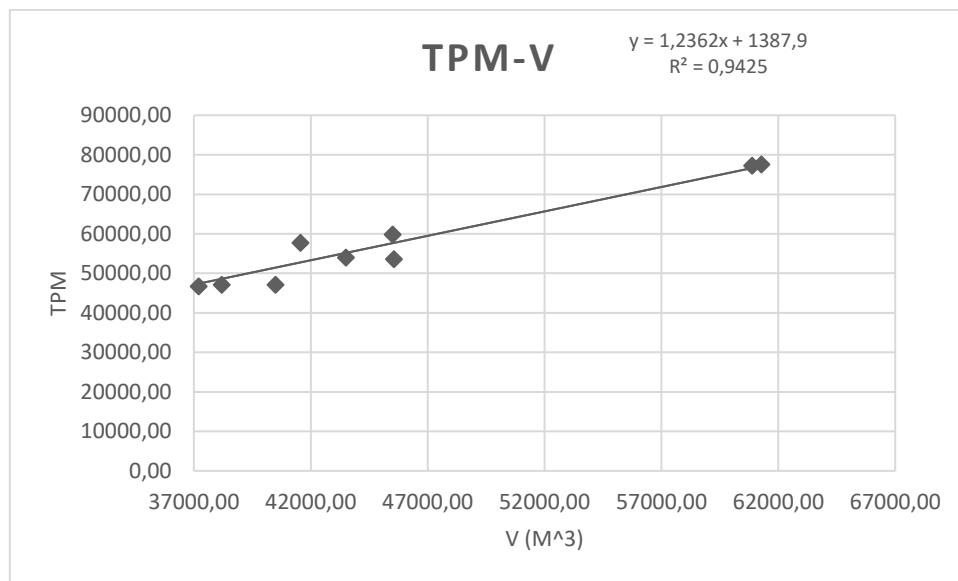
## Capítulo 2: Dimensionamiento

Se observa que el valor de  $R^2$  obtenido es bastante alto, por lo que se tomará la regresión por válida, obteniendo el valor del calado.

$$T = 0.6966 * D + 0.1785 = 0.6966 * 15.99 + 0.1785 = \mathbf{11.32m}$$

### 3.6. Volumen de carga.

El volumen de carga parece muy relacionado con el valor del peso muerto, por lo que se realiza la regresión utilizando este parámetro.



Gráfica 10. Regresión lineal del volumen de carga frente al peso muerto.

El valor de  $R^2$  obtenido es bastante bueno, por lo que se utiliza esta regresión para el cálculo del volumen de carga.

$$V = 1.2362 * TPM + 1387.9 = 1.2362 * 45000 + 1387.9 = \mathbf{57016.9m^3}$$

### 3.7. Resumen de dimensiones principales.

Dimensión	Valor
L (m)	190,260
Lpp (m)	184,538
B (m)	31,339
T (m)	11,317
D (m)	15,990
V (m <sup>3</sup> )	57016,900

Tabla 4. Resumen de dimensiones.

## 4. Relaciones adimensionales.

Existen una serie de relaciones adimensionales que nos pueden ayudar a conocer si las dimensiones principales del buque que se está diseñando se encuentran dentro de los valores normales y, por tanto, nos van a generar un buque de unas características aceptables, en función del tipo de buque que se está diseñando.

En los apuntes de la asignatura ‘*Proyectos*’ encontramos unos valores recomendados para el diseño de un granelero de tamaño mediano y lento.

Relación	Rango
L/B	5.50-6.50
B/D	1.50-1.80
B/T	2.30-2.80
L/D	10.50-12.80

Tabla 5. Valores recomendados.

### 4.1. Relación Eslora/Manga.

Esta relación tiene bastante influencia en la resistencia al avance del buque, así como en la potencia propulsora, se debe tener en cuenta a la hora de diseñar. Si nuestro buque tiene una relación L/D muy baja, la resistencia al avance será muy elevada, por lo que los consumos de combustible también lo serán. En cambio, si nuestro buque tiene una relación L/B muy alta, la resistencia por fricción será mayor, sin olvidar que la eslora es la dimensión más determinante en el precio del buque, por lo que una alta relación L/B supondrá un buque más caro. En el caso del buque que se está diseñando, la relación L/B será:

$$\frac{L}{B} = \frac{190.26}{31.34} = \mathbf{6.07}$$

### 4.2. Relación Manga/Puntal.

Esta relación tiene un gran vínculo con la estabilidad del buque, ya que la manga y el puntal tienen influencia directa sobre el KM y el KG respectivamente. En el caso de este buque, como se trata de un buque estable, el valor de B/D debería estar próximo a 1,8. Se calcula dicho valor:

$$\frac{B}{D} = \frac{31.34}{15.99} = \mathbf{1.96}$$

Como se puede observar, el valor de B/D ha salido un poco elevado. Más adelante se realizarán correcciones en las dimensiones para intentar que el valor esté dentro del rango óptimo.

### 4.3. Relación Eslora/Puntal.

Esta relación repercute en la resistencia longitudinal del buque. Si esta relación es demasiado elevada, se producirá un aumento de las tensiones debidas a los momentos flectores. Según las sociedades de clasificación, el valor de L/D tiene como límite 15 o 16, aunque es recomendado que los valores sean inferiores. En el caso del buque que se está diseñando:

$$\frac{L}{D} = \frac{190.26}{15.99} = \mathbf{11.89}$$

### 4.4. Relación Manga/Calado.

Esta relación repercute tanto en la estabilidad inicial como en la resistencia al avance. Por lo general, al aumentar el valor de esta relación, mejora la estabilidad del buque. De la misma forma, un aumento de la relación B/T conlleva un aumento de la resistencia al avance, por lo que se debe encontrar un valor que nos proporcione un equilibrio.

$$\frac{B}{T} = \frac{31.34}{11.32} = \mathbf{2.769}$$

El valor obtenido se encuentra dentro del rango recomendado para buques graneleros (2.3-2.8) por lo que se puede considerar válida la relación.

### 4.5. Resumen de relaciones adimensionales.

A continuación, se muestra una tabla resumen con las relaciones calculadas para el buque a diseñar:

Relación	Rango	Valor
L/B	5.50-6.50	6,071
B/D	1.50-1.80	1,960
B/T	2.30-2.80	2,769
L/D	10.50-12.80	11,899

Tabla 6. Relaciones adimensionales.

Como se puede observar, la única relación que se encuentra fuera del rango óptimo es la relación Manga/Puntal. Para solventar este problema se decide modificar ambas dimensiones en una pequeña cantidad antes que modificar solo una de ellas en una mayor cantidad. A continuación, se muestra una tabla con las dimensiones iniciales calculadas y las dimensiones corregidas expresadas como 'Valor\*'. .

## Capítulo 2: Dimensionamiento

Dimensión	Valor	Valor *
L	190,260	190,260
Lpp	184,538	184,538
B	31,339	30,250
T	11,317	11,317
D	15,990	16,750
V	57016,900	57016,900

Tabla 7. Dimensiones principales corregidas.

A partir de las nuevas dimensiones principales se vuelven a calcular las relaciones adimensionales, obteniendo los nuevos valores.

Relación	Rango	Valor	Valor*
L/B	5.50-6.50	6,071	6,290
B/D	1.50-1.80	1,960	1,806
B/T	2.30-2.80	2,769	2,673
L/D	10.50-12.80	11,899	11,359

Tabla 8. Relaciones adimensionales con valores corregidos.

Como se puede observar, con las nuevas dimensiones principales del buque, todas las relaciones adimensionales se encuentran dentro del rango óptimo, por lo que, de aquí en adelante se trabajará con las nuevas dimensiones.

## 5. Cálculo de los coeficientes de formas.

A continuación, se procede al cálculo de los diferentes coeficientes de formas, en este caso se emplearán diversas formas analíticas que arrojarán estimaciones de los coeficientes. Para algunas de estas estimaciones será necesario conocer el número de Froude, que, estimando una velocidad de servicio de 14 nudos será:

$$Fn = \frac{V \left(\frac{m}{s}\right)}{\sqrt{g * Lpp}} = \frac{7.201}{\sqrt{9.810 * 184.538}} = \mathbf{0.169}$$

### 5.1. Coeficiente de bloque.

El coeficiente de bloque representa la relación que existe entre el volumen desplazado del buque y el paralelepípedo que tiene de lados la eslora, la manga y el calado del buque. Este coeficiente es de gran importancia ya que nos brinda una idea de cómo serán las formas del buque, además, nos permite conocer también si el buque tendrá una alta resistencia al avance. Un coeficiente de bloque bajo nos indica que el buque tendrá una

## Capítulo 2: Dimensionamiento

menor resistencia al avance y, por tanto, una mayor velocidad. Para un buque granelero, el valor recomendado de coeficiente de bloque se encuentra entre 0.80 y 0.85. A continuación, se emplean diversas fórmulas analíticas para el cálculo del coeficiente de bloque.

### 5.1.1. Fórmula de Alexander.

Para la aplicación de esta fórmula es necesario conocer el valor del coeficiente K, el cual lo podemos extraer de la siguiente figura:

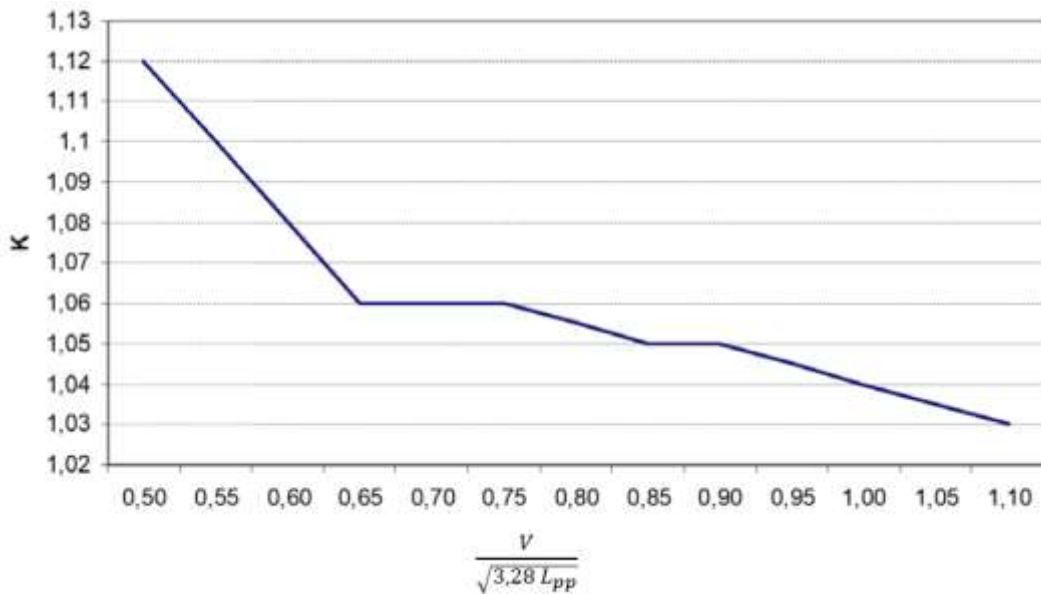


Ilustración 1. Obtención del coeficiente K.

En este caso, el valor de la abscisa será:

$$x = \frac{V}{\sqrt{3.28 * L_{pp}}} = \frac{14}{\sqrt{3.8 * 184.538}} = \mathbf{0.569}$$

Obteniendo un valor de 'K' igual a 1.085. Aplicando la fórmula de Alexander:

$$Cb = K - \frac{V}{2 * \sqrt{3.28 * L_{pp}}} = \mathbf{0.80}$$

El resultado se encuentra en el límite inferior del rango recomendado.



## Capítulo 2: Dimensionamiento

### 5.1.2. Fórmula de Towsin.

A partir de esta fórmula, podemos aproximar el coeficiente de bloque en función del número de Froude.

$$Cb = 0.7 + 0.125 * \text{atan}(25 * (0.23 - Fn)) = \mathbf{0.82}$$

El resultado se encuentra dentro del rango recomendado.

### 5.1.3. Fórmula de Schneekluth.

Se calcula el coeficiente de bloque en función del número de Froude y de las dimensiones principales del buque.

$$Cb = \frac{0.14 * (\frac{Lpp}{B} + 20)}{Fn * 26} = \mathbf{0.83}$$

También es un resultado válido.

### 5.1.4. Fórmula de Kerlen.

Esta fórmula es correcta para buque llenos con  $Cb > 0.78$ .

$$Cb = 1.179 - 2.026 * Fn = \mathbf{0.83}$$

### 5.1.5. Fórmula de Minorsky.

Al igual que las anteriores, se calcula en función del número de Froude.

$$Cb = 1.22 - 2.38 * Fn = \mathbf{0.82}$$

Realizando la media aritmética de los valores obtenidos, se consigue una estimación del coeficiente de bloque de:

$$Cb = \frac{0.80 + 0.82 + 0.83 + 0.83 + 0.82}{5} = \mathbf{0.82}$$

## 5.2. Coeficiente de la maestra.

El coeficiente de la maestra o coeficiente de la sección media se define como la relación entre el área sumergida de la sección media del buque, y el paralelogramo formado por la manga en la flotación y el calado. Este coeficiente, al igual que el coeficiente de bloque, tiene relación con la resistencia al avance. El coeficiente de la maestra está estrechamente

## Capítulo 2: Dimensionamiento

relacionado con el coeficiente de bloque, y debe variar con este para evitar efectos no deseables.

Al igual que en el caso del coeficiente de bloque, se puede estimar el valor del coeficiente de la maestra mediante fórmulas analíticas.

### 5.2.1. Fórmula de Kerlen.

Calcula el coeficiente de la maestra en función del coeficiente de bloque.

$$Cm = 1.006 - 0.0056 * Cb^{-3.56} = \mathbf{0.99}$$

### 5.2.2. Fórmula del HSVA.

Al igual que la fórmula de Kerlen, se utiliza el coeficiente de bloque.

$$Cm = \frac{1}{1 + (1 - Cb)^{3.5}} = \mathbf{0.99}$$

### 5.2.3. Fórmula de Torroja.

Esta fórmula estima el coeficiente de la maestra en función del número de Froude. Para  $Fn < 0.5$ :

$$Cm = 1 - 2 * Fn^4 = \mathbf{0.99}$$

Tras realizar las tres estimaciones, se puede afirmar que el valor del coeficiente de la maestra será **Cm=0.99**. Es decir, el buque tendrá una sección media prácticamente rectangular.

## 5.3. Coeficiente prismático longitudinal.

El coeficiente prismático longitudinal indica la relación entre el volumen de carena del buque y el producto del área de la sección media por la eslora entre perpendiculares. Al igual que los coeficientes anteriores, tiene gran relación con la resistencia al avance. Un alto coeficiente prismático indica que el buque tiene los extremos con secciones de gran área, es decir, el desplazamiento del buque estará distribuido a lo largo de la eslora y no concentrado en el centro. En el caso del buque que se está diseñando, al tener un coeficiente de la maestra de valor prácticamente 1, el coeficiente prismático debe tener

## Capítulo 2: Dimensionamiento

un valor muy parecido al coeficiente de bloque, ya que el coeficiente prismático se define como:

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} = \frac{0.82}{0.99} = \mathbf{0.824}$$

Al igual que los coeficientes anteriores, se puede estimar el coeficiente prismático mediante fórmulas analíticas.

### 5.3.1. Fórmula de Troost.

Esta fórmula estima el coeficiente prismático para buques de una hélice como:

$$C_p = 1.20 - 2.12 * Fn = \mathbf{0.84}$$

Se observa que el valor no difiere mucho, aunque es preferible utilizar el valor que se ha obtenido mediante la definición del coeficiente, ya que esta relación debe cumplirse siempre.

### 5.4. Coeficiente de la flotación.

El coeficiente de flotación indica la relación entre el área de flotación al calado de proyecto y el área del paralelogramo de lados la manga de flotación y la eslora de flotación. El coeficiente de la flotación se calcula en función del resto de coeficientes calculados.

#### 5.4.1. Formulación aproximada.

Se propone una solución particular para el cálculo del coeficiente de flotación.

$$C_f = 0.248 + 0.778 * C_b = \mathbf{0.88}$$

#### 5.4.2. Fórmula de Schneekluth.

También calcula el coeficiente de flotación en función del coeficiente de bloque.

$$C_f = \frac{1 + 2 * C_b}{3} = \mathbf{0.88}$$

Se puede dar por válido un valor de **Cf=0.88** para el buque que se está diseñando.

Para buques con formas en U se debe cumplir que  $0.90 \leq C_b/C_f < 0.95$ .

Para un coeficiente de flotación igual a 0.88 se cumple este requisito.

## 6. Posición longitudinal del centro de carena.

La posición longitudinal del centro de carena ( $XB$ ) indica la distancia entre el centro de carena del buque y la sección media de este, normalmente este valor se expresa en porcentaje de la eslora entre perpendiculares. Este parámetro nos permite conocer aproximadamente la distribución que tendrá el volumen de carena del buque. Una posición longitudinal del centro de carena retrasada con respecto a la cuaderna maestra genera una alta incidencia de la resistencia por formación de olas, esto se verá en buques rápidos. En el caso del buque que se está diseñando, como buque lento, la posición del centro de carena estará próxima a la cuaderna maestra. El valor óptimo de  $XB$  es el que coincide con el centro de gravedad del buque, aunque esto no siempre es posible debido a las diferentes condiciones de carga, por lo que se debe buscar el valor que nos genere una situación aceptable en todas las condiciones de carga.

El cálculo de la posición longitudinal del centro de carena puede hacerse mediante la fórmula de Troost.

$$XB = \frac{(17.5 * Cp - 12.5) * Lpp}{100} = \mathbf{3.546m}$$

Expresado en porcentaje de la eslora entre perpendiculares arroja un valor de **1.92%**.

## 7. Longitud del cuerpo cilíndrico.

La longitud del cuerpo cilíndrico es la eslora del buque en metros, o en porcentaje de la eslora entre perpendiculares, que mantiene la sección de la cuaderna maestra. Esta longitud depende de las formas del buque y a mayor cuerpo cilíndrico, más barata será la fabricación del buque. Para buques con coeficiente de bloque igual a 0.81, la longitud del cuerpo cilíndrico recomendada es de un 44% de la eslora entre perpendiculares.

Se puede aproximar mediante la siguiente fórmula:

$$LP = -658 + 1607 * Cb - 914 * Cb^2 = \mathbf{45.33\% Lpp}$$

Que, para este buque, arroja un valor de **83.65m**.

## 8. Semiángulo de entrada en la flotación.

Este ángulo tiene influencia en la resistencia al avance. Un ángulo muy alto provocaría un aumento de la resistencia viscosa. Se puede estimar mediante la siguiente fórmula.

$$\alpha = 125.68 * \frac{B}{L_{pp}} - 165.25 * Cp^2 + 234.32 * Cp^3 + 0.1551 * \left( XB + 6.8 * \left( \frac{T_{pp} - T_{pr}}{T} \right) \right)^3 = 46.42^\circ$$

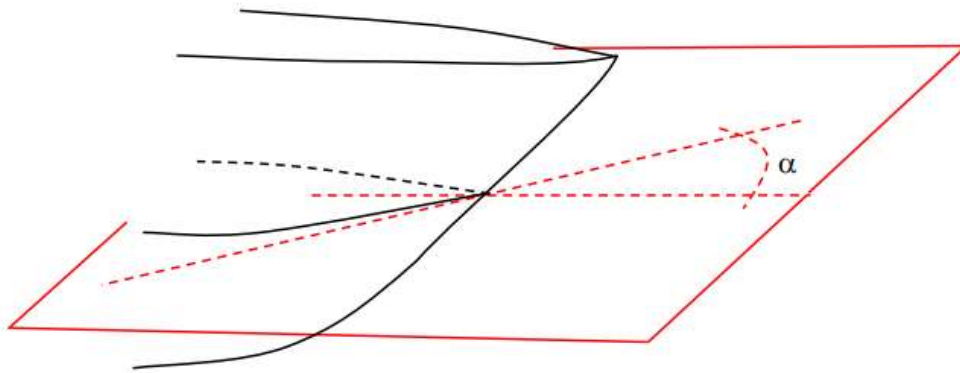


Ilustración 2. Semiángulo de entrada en la flotación. "Proyecto del Buque. García-Espinosa J".

Este valor ha sido calculado suponiendo que el barco no tiene trimado. El resultado es un poco elevado, ya que para un buque con coeficiente de bloque igual a 0.8, el valor óptimo de este ángulo es de unos 33°.

## 9. Cálculo del peso en rosca.

El desplazamiento del buque es la suma del peso muerto y el peso en rosca. El peso en rosca corresponde al buque vacío, es decir, sin carga, personas, pertrechos ni combustibles. Pero si incluye los fluidos en las tuberías y aparatos. El peso muerto incluye todo lo excluido del peso en rosca, en este caso, el valor del peso muerto es conocido y es el requisito principal del proyecto.

$$\Delta = PM + PR$$

El valor exacto del peso en rosca no es posible conocerlo hasta la puesta a flote del buque, por lo que los cálculos que se realizarán a continuación no son más que una estimación, además, para los cálculos serán necesarios una serie de datos que todavía no se conocen, por lo que se deberán estimar.

El peso en rosca se puede dividir en tres paridas importantes:

- Peso de la estructura de acero.
- Peso de equipo y habilitación.
- Peso de la maquinaria.

## Capítulo 2: Dimensionamiento

### 9.1. Peso de la estructura de acero.

Se dispone de diversos métodos para aproximar el peso que tendrá la estructura de acero del buque, en este caso se emplean dos de ellas.

#### 9.1.1. Fórmula de A. Osorio.

La formulación de A. Osorio tiene la siguiente forma:

$$P_{st} = \left(\frac{L}{B}\right)^{1.376} \left(\frac{BD}{100}\right)^{0.7449} (0.0542 - 0.0017 C_B) * 1000 = \mathbf{2220.88t}$$

#### 9.1.2. Método de D.G.M Watson y A.W. Gilfillan.

Este método permite estimar el peso en rosca a partir de un coeficiente K, que depende del tipo de buque, así como de algunas dimensiones del buque y su coeficiente de bloque. La fórmula es la siguiente:

$$P_{st} = K * E^{1.36} * (1 + 0.5 * (CB80D - 0.7))$$

Del libro “*El proyecto básico de un buque mercante*”, en la página 614, se obtienen los valores entre los que se encuentran los parámetros K y E. Para el caso de un granelero, estos parámetros se encontrarán en los siguientes intervalos:

$$K=[0.029-0.032]$$

$$E=[3000-15000]$$

En el libro también se especifica que los buques actuales tienen tendencia a los valores más bajos de K, por lo que se trabajará con el valor mínimo de esta.  $K=0.029$ .

Para calcular el valor de E, se emplea la siguiente fórmula:

$$E = L_{pp} * (B + D) + 0.85 * L_{pp}(D - T) + 0.85 * \sum l_1 * h_1 + 0.75 * \sum l_2 * h_2$$

Donde los valores ‘l’ y ‘h’ están referidos a la superestructura del buque, por lo que no son conocidas. Se puede realizar una estimación de los dos sumatorios como  $1.45 * L_{pp} - 11$ .

$$1.45 * L_{pp} - 11 = 256.58$$

Obteniendo un valor de E igual a:

$$E = 9782.087$$

De esta forma solo quedaría por calcular el coeficiente CB80D de la siguiente forma:

$$CB80D = C_b + \frac{(1 - C_b) * (0.8 * D - T)}{3 * T} = 0.8324$$

## Capítulo 2: Dimensionamiento

Introduciendo los diferentes parámetros calculados en la fórmula inicial se obtiene la estimación del peso en rosca.

$$P_{st} = 0.029 * 9782.087^{1.36} * (1 + 0.5 * (0.8324 - 0.7)) = \mathbf{8264.91t}$$

Como se puede observar, las dos estimaciones no difieren mucho pero tampoco son muy próximas, por lo que se decide utilizar el valor medio entre las dos como aproximación del peso de la estructura de acero, siendo el valor final:

$$P_{st} = \mathbf{9240.38t}$$

### 9.1.3. Altura del centro de gravedad.

Se puede estimar la altura del centro de gravedad de la estructura de acero mediante la siguiente fórmula:

$$Kg_{Pst} = D * \left[ 0.01 * (46.6 + 0.135 * (0.81 - Cb) * \left(\frac{Lpp}{D}\right)^2) + \left(\frac{Lpp}{B} - 6.5\right)^2 * 0.008 \right] = \mathbf{7.8m}$$

## 9.2. Peso de equipos y habilitación.

De la misma forma que es peso de la estructura de acero, el peso de equipos y habilitación se puede estimar mediante fórmulas. En el libro “*Proyecto básico de un buque mercante*”, se obtiene una aproximación para buques graneleros de la siguiente forma:

$$P_{eq} = w_2 * Lpp^{0.8} * B^{0.6} * Cb^{0.1}$$

El valor de  $w_2$  tomará un valor entre 1 y 1.25, dependiendo del buque. Eligiendo un valor de  $w_2=1.2$ , se obtiene como aproximación para el peso de equipos y habilitación de **Peq=591.49t**.

### 9.2.1. Altura del centro de gravedad.

La ordenada del centro de gravedad de los equipos y habilitación se puede estimar como:

$$Kg_{eq} = D + 1.25 + 0.01 * (lpp - 125) = \mathbf{18.59m}$$

## 9.3. Peso de la maquinaria.

El peso de la maquinaria se suele dividir en diferentes partidas, por un lado, se calcula el peso de la maquinaria propulsora, y por otro lado el resto de maquinaria.

Para la estimación del peso de la maquinaria propulsora, Lloyd's Register ofrece la siguiente fórmula para motores lentos.

Capítulo 2: Dimensionamiento

$$Pmp = a * \left(\frac{BHP}{rpm}\right)^b + c * BHP^d$$

El valor de la potencia propulsora BHP es desconocido, ya que no se ha elegido el motor principal, pero este se puede aproximar mediante la fórmula de D.G.M Watson.

$$BHP = \frac{0.889 * \Delta^{\frac{2}{3}} * (40 - \frac{Lpp}{61} + 400 * (K - 1)^2 - 12 * CB)}{1500 - 1.81 * N * \sqrt{Lpp}} * Vp^3$$

Siendo:

- Δ el valor del desplazamiento calculado a partir de las dimensiones del buque y el coeficiente de bloque.
- Vp la velocidad del buque en pruebas. Esta se supondrá un 110% de la velocidad nominal del buque.
- K la constante de la fórmula de Alexander utilizada para el cálculo del coeficiente de bloque.
- N la velocidad de giro del motor en revoluciones por minuto.
- CB al parámetro calculado como:  $CB = K - \frac{0.5 * V}{\sqrt{3.28 * Lpp}}$ .

Aplicando la fórmula se obtiene un valor de BHP igual a:

$$BHP = 11540.35CV = 8605.64KW$$

Una vez conocida la potencia propulsora BHP, con los parámetros extraídos de la tabla de (Meizoso Fernandez et al, 2000) para buques graneleros:

Coefficiente	Petrolero	Carguero	Portacontenedor	Granelero	OBO
DIESEL LENTOS					
a	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38
b	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
c	0,59	0,56	0,63	0,56	0,62
d	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
e	0,00015	0,00019	0,00012	0,00015	0,00015
f	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
g	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
DIESEL SEMIRRÁPIDOS					
a	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38
b	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
c	0,59	0,59	0,59	0,56	0,56
d	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
e	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
f	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
g	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
RESTO					
k	0,0395	0,0217	0,0295	0,0295	0,0295
l	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
UNA HÉLICE					
i	0,67	0,71	0,67	0,67	0,67
h	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
j	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
DOS HÉLICES					
i	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
h	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
j	0,0164	0,0115	0,0164	0,0164	0,0164

Tabla 9. Valores de los parámetros para el cálculo del Pmp.



## Capítulo 2: Dimensionamiento

Se puede sustituir en la fórmula del peso de maquinaria propulsora, obteniendo un valor de :

$$Pmp = 657.63t$$

El peso de maquinaria restante incluye todas las máquinas que sean independientes de la propulsión del buque. Loyd's Register sugiere la siguiente fórmula para estimar dicho peso:

$$Prm = k * Vcm^l + h + Lej * (j * Lej + 5)$$

Siendo:

- Vcm el volumen de la cámara de máquinas.
- Lej la longitud de la línea de ejes.
- Los coeficientes l y j extraídos de la tabla 9.

El volumen de la cámara de máquinas se puede aproximar como:

$$Vcm = Lpp * B * D * \left( \frac{0.042 * D}{T} - 0.04 * Cb + \frac{(Lcm + Lap) * (Cb - 0.02)}{Lpp} - 0.08 \right)$$

Siendo Lap la eslora del pique de proa, que para buques de más de 100 metros de eslora se puede aproximar como un 4% de la eslora entre perpendiculares.

Siendo Lcm la longitud de la cámara de máquinas, que para graneleros se puede aproximar como:

$$Lcm = 2.53 * Lpp^{0.34} + 3.87 * 10^{-6} * BHP^{1.5}$$

Se obtienen los siguientes valores:

$$Lap = 7.38m$$

$$Lcm = 18m$$

Suponiendo una longitud de línea de ejes de 5 metros y sustituyendo en la fórmula del peso del resto de maquinaria.

$$Prm = 190.7t$$

Obteniendo un peso total de la maquinaria de:

$$PM = 657.63 + 190.7 = 848.33t$$

### 9.3.1. Altura del centro de gravedad.

La ordenada del centro de gravedad de la maquinaria se puede estimar como:

$$Kg_M = 0.17 * T + 0.36 * D = 7.95m$$

## Capítulo 2: Dimensionamiento

### 9.4. Peso en rosca.

Realizando el sumatorio de las diferentes partidas de peso se obtiene un peso en rosca de:

$$PR = 10680.19t$$

Arrojando un valor de desplazamiento de:

$$\Delta = 55680t$$

El cual no difiere mucho del calculado a partir de las dimensiones del buque y el coeficiente de bloque (53248t).

#### 9.4.1. Altura del centro de gravedad.

Para el valor de peso en rosca obtenido, se calcula la ordenada del centro de gravedad:

$$KG = \frac{(9240 * 7.8) + (591.5 * 18.6) + (848.33 * 7.95)}{55680} = 8.4m$$

## 10. Resumen de características.

A continuación, se muestra una tabla resumen con las características del buque calculadas hasta ahora:

Referencia	Valor
L (m)	190,26
Lpp (m)	184,54
B (m)	30,25
T (m)	11,32
D (m)	16,75
V (m3)	57016,90
L/B	6,10
B/D	1,81
B/T	2,67
L/D	11,02
Cb	0,82
Cm	0,997
Cp	0,82
Cf	0,88
XB (m)	3,55
Longitud del cuerpo cilíndrico (m)	83,65
Semiángulo de entrada en flotación (°)	46,43
$\Delta$ (t)	53247,59
V kn	14,00
V m/s	7,20
PR (t)	10680,20
KG rosca (m)	8,41
$\Delta^*$ (t)	55680,20

Tabla 10. Características del buque.

## 11. Referencias

- [1] LEGAZ ALMANSA, M. J. (2020-2021). Apuntes “Proyectos”. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [2] ALVARIÑO CASTRO, R., AZPÍROZ AZÍROZ, J., & MEIZOSO FERNÁNDEZ, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
- [3] The Royal Institution of Naval Architects. (2009- 2015). *Significant Ships*.
- [4] FERNÁNDEZ MEIZOSO, M. (1997). Apuntes de Proyectos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. Universidad Politécnica de Madrid.
- [5] H. Schneekluth, V. Bertram. “Ship Design for Efficiency and Economy” (Second edition), Butterworth - Heinemann, 1998.

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 3. Definición de formas.



Escuela técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## Contenido

1. Introducción.....	2
2. Formas del buque. ....	2
2.1. Formas en la zona de proa. ....	2
2.1.1. Secciones en U o en V.....	3
2.1.2. Semiángulo de entrada en flotación.....	3
2.1.3. Diseño de la roda. ....	3
2.1.4. Bulbo de proa. ....	3
2.2. Formas en la zona central .....	5
2.3. Formas en la popa.....	5
2.4. Curva de áreas. ....	6
3. Dimensiones tras la transformación. ....	6
4. Referencias .....	7
5. Anexos.....	8

## 1. Introducción.

La definición de formas es un proceso con mucha importancia en la proyección de un buque, tras obtener una serie de parámetros o dimensiones principales, se deben definir las fórmulas de forma que, los parámetros y dimensiones calculadas, creen un buque que cumpla con todo tipo de exigencias. Ya sean de carácter económico, hidrodinámico, o de carácter funcional (Capacidad de carga, criterios de estabilidad, etc.).

Una vez terminada la definición de las formas se obtendrá el plano de formas, en el cual se plasmará como será el buque finalmente, por lo que se trata de un proceso con mucha importancia. Al final de este proceso se conocerán las dimensiones, coeficientes y desplazamiento que tendrá el buque con un mayor grado de exactitud.

Existen diversos métodos para la definición de las formas, en este caso se realizará mediante el software '*Maxsurf*'. En dicho software se partirá de un buque modelo que se encuentra en la base de datos del programa. A partir de este modelo se realiza una transformación paramétrica, indicando las características del buque que se quiere obtener, y el programa adaptará el modelo existente a nuestras exigencias. Es común que al realizar la transformación, no sea posible cumplir con todos los requisitos que se imponen y que el programa varíe algunas dimensiones o coeficientes. Si se da este caso, habrá que evaluar si los cambios aportados por el programa suponen un problema para el buque que se quiere diseñar.

## 2. Formas del buque.

Antes de realizar la transformación del buque modelo, se expone a continuación una serie de indicaciones que deben cumplir estas en los buques graneleros, en función de la zona del buque.

### 2.1. Formas en la zona de proa.

En el diseño de las formas de proa se deben estudiar diferentes parámetros como puede ser:

- Secciones en U o en V.
- Semiángulo de entrada en la flotación.
- Diseño de la roda.
- Implementación de un bulbo de proa.

## Capítulo 3: Definición de formas

### 2.1.1. Secciones en U o en V.

Las secciones en la zona de proa tendrán una forma de U o de V en función del número de Froude principalmente. Las secciones en V aportan un mejor comportamiento en la mar, pero a su vez tienen gran influencia en la resistencia por generación de olas, por lo que serán utilizadas en buques que tienen un número de Froude o muy alto o muy bajo, aproximadamente buques con Froude inferior a 0.18 o superior a 0.25.

En el caso de buques con número de Froude intermedios, como es el caso del buque que se está diseñando, serán más apropiadas las proas con secciones en U.

### 2.1.2. Semiángulo de entrada en flotación.

Como se ha explicado anteriormente, se trata del ángulo que genera la línea de flotación en la roda con la línea de crujía. El valor obtenido mediante fórmulas arrojaba un valor por encima del recomendado. Se comprobará si el valor arrojado por el programa al realizar la transformación paramétrica se acerca más al valor de 33° recomendado.

**En maxsurf tiene 20°**

### 2.1.3. Diseño de la roda.

El ángulo que genera la roda con respecto a vertical también es de importancia, ya que este va a influir tanto en el cabeceo como en el embarque de agua.

Para un buque con formas llenas, como es el caso del buque que se está diseñando, el ángulo de lanzamiento debe tener un valor entre 15° y 30°.

**En maxsurf tiene 16°**

### 2.1.4. Bulbo de proa.

La implementación de un bulbo de proa debe ser estudiada minuciosamente, ya que este puede ayudar a disminuir en gran medida la resistencia por formación de olas, pero, a su vez aumenta la superficie mojada del buque, aumentando así la resistencia por fricción, teniendo que valorar si el resultado final es favorable. Existen diferentes criterios que indican si será necesaria la implantación de un bulbo de proa:

- Será recomendable el uso del bulbo de proa en aquellos buques cuyo coeficiente de bloque se encuentre entre 0.65 y 0.82.
- Será recomendable el uso del bulbo de proa en aquellos buques cuya relación Eslora/Manga se encuentre entre 5.5 y 7.
- Será recomendable el uso del bulbo de proa en aquellos buques cuyo producto  $\frac{Cb*B}{L}$  sea inferior a 0.135.

### Capítulo 3: Definición de formas

Estos criterios son orientativos, es decir, no son reglas que nos garanticen que el uso del bulbo de proa disminuya la resistencia total del buque.

Si aplicamos los criterios al buque que se está diseñando:

	Rango	Valor
Cb	0,65-0,82	0,822
Lpp/B	5,5-7	6,100
Cb*B/Lpp	0-0,135	0,135

Tabla 1. Criterios de implementación del bulbo.

Como se puede observar, hay dos de los tres criterios que se encuentran en el límite del rango óptimo, por lo que, de momento, es difícil valorar si será necesario implantar un bulbo de proa. Para tomar la decisión, esta se va a basar en buques de características similares. Analizando la base de datos se toma la decisión de que implantar un bulbo de proa será necesario. El tipo de bulbo a utilizar será el tipo delta o gota de agua. Este tipo de bulbos es perjudicial desde el punto de vista del slamming, pero, es beneficioso para buques que realizan numerosos viajes en lastre. Ya que al disminuir el calado, la parte de mayor manga de bulbo sigue sumergida y cercana a la superficie.

Los parámetros dimensionales del bulbo serán:

- **Altura de la nariz (Z<sub>B</sub>).**

La nariz del bulbo debe encontrarse por debajo de la superficie, pero sin llegar a sobrepasar esta para que el rendimiento del bulbo sea el óptimo. La altura de esta se puede estimar a partir del calado, sabiendo que:  $0.35 < Hx/T < 0.55$ . En este caso el calado a emplear es algo menor que el de proyecto, siendo este de 11.32m, por lo que la altura de la nariz se podría estimar de:

$$\frac{Hx}{8} = 0.4 \rightarrow Hx = 3.2 \text{ m}$$

- **Eslora del bulbo (L<sub>PR</sub>).**

Se suele considerar desde la perpendicular de proa hasta la nariz, esta distancia se puede estimar como:

$$\frac{Xb}{Lpp} = 0.1811 * Cb * \frac{B}{Lpp} + 0.0074$$

Sustituyendo en las dimensiones del buque se obtiene un valor de 5.857 m.

Como referencia, se puede observar a que corresponden las dimensiones calculadas en la siguiente imagen:



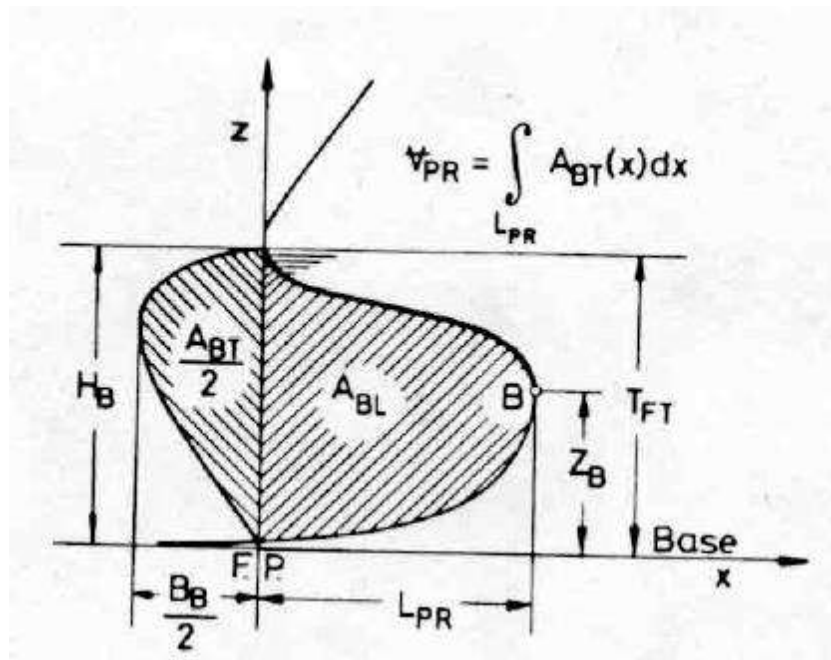


Ilustración 1. Parámetros del bulbo.

## 2.2. Formas en la zona central.

Al tratarse de un buque con un coeficiente de la maestra muy elevado, la zona central de este tendrá una sección prácticamente cuadrada, manteniendo esta a lo largo de una gran parte de la eslora. En los cálculos realizados en el cuadernillo 2 se estimó una longitud del cuerpo cilíndrico de casi 84 metros, una vez se tenga definido el modelo en el programa se podrá observar en la curva de áreas una longitud del cuerpo cilíndrico más exacta.

El fondo del buque será plano, como es común en buques de gran desplazamiento, y no tendrá astilla muerta, esto representa grandes estabilidades en aguas tranquilas.

## 2.3. Formas en la popa.

Se trata de un buque de una hélice, por lo que las cuadernas en popa tendrán forma de U, de manera que se facilita la entrada del flujo a la hélice. Para mejorar aún más la entrada, se optará por la colocación de un bulbo de popa. En este caso la función principal del bulbo no es disminuir la resistencia por formación de olas, como en el caso del bulbo de proa. El bulbo de popa ayudará a eliminar el fenómeno de ola rompiente, de origen viscoso.

A su vez el buque contará con una popa en espejo, ya que el buque cuenta con un cuerpo cilíndrico muy largo, y se podrían producir grandes desprendimientos en la

## Capítulo 3: Definición de formas

popa. La colocación de una popa en forma de espejo ayudará a controlar los desprendimientos.

### 2.4. Curva de áreas.

En este caso, se trata de un buque lento, por lo que la curva de áreas debe representar un aspecto continuo, con un gran cuerpo cilíndrico y con shoulds suaves cercanos a los extremos. La curva de áreas obtenida cumple con las previsiones, esta queda mostrada en el Anexo I.

## 3. Dimensiones tras la transformación.

Tras realizar la transformación paramétrica del buque modelo e implantar el bulbo con las características calculadas, las dimensiones y coeficientes del buque quedan de la siguiente forma:

Referencia	Valor
L (m)	190,87
Lpp (m)	184,76
B (m)	30,25
T (m)	11,32
D (m)	16,19
L/B	6,11
B/D	1,87
B/T	2,67
L/D	11,79
Cb	0,82
Cm	0,997
Cp	0,82
Cf	0,90
XB (m)	1,98
Longitud del cuerpo cilíndrico (m)	92,40
Semiángulo de entrada en flotación (°)	47,00
$\Delta$ (t)	53537,00
V kn	14,00
V m/s	7,20
PR (t)	10680,20
KG rosca (m)	8,41
$\Delta^*$ (t)	55680,20

Tabla 2. Dimensiones tras la transformación.

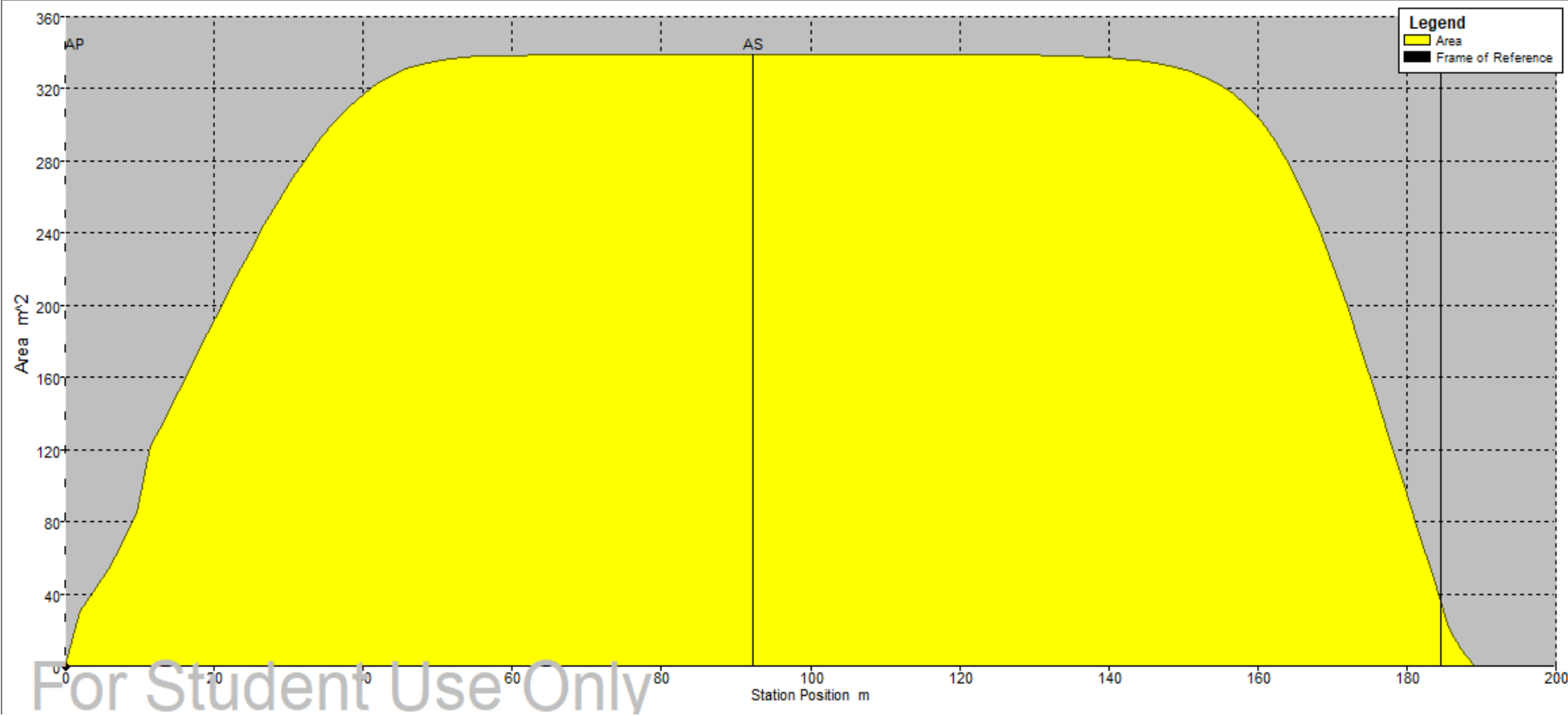
## 4. Referencias

- [1] ALONSO PARDO, B. (2023). Apuntes “Hidrodinámica naval avanzada”. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [2] ALVARIÑO CASTRO, R., AZPÍROZ AZÍROZ, J., & MEIZOSO FERNÁNDEZ, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
- [3] LEGAZ ALMANSA, M. J. (2020-2021). Apuntes “Proyectos”. Universidad Politécnica de Cartagena.

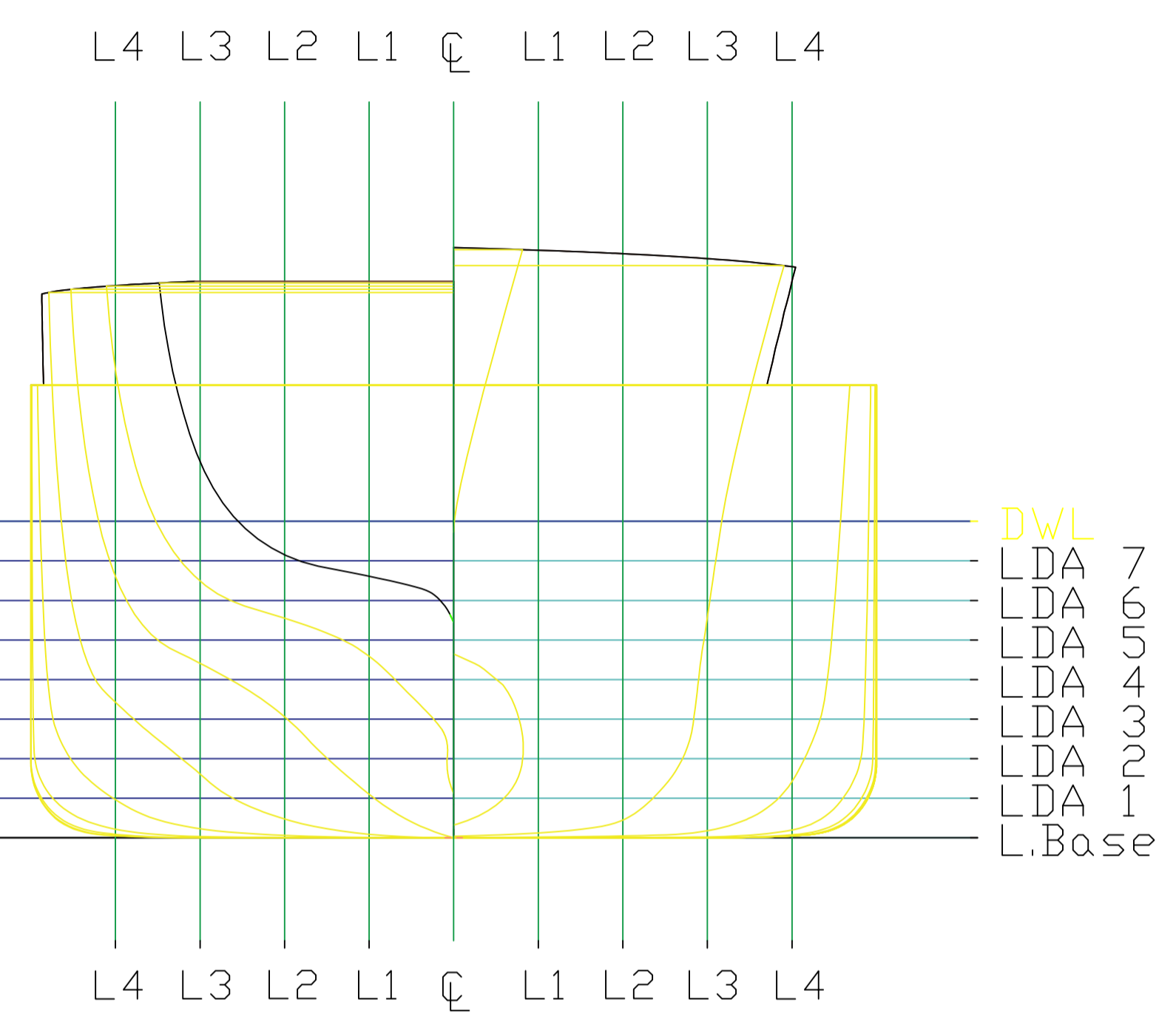
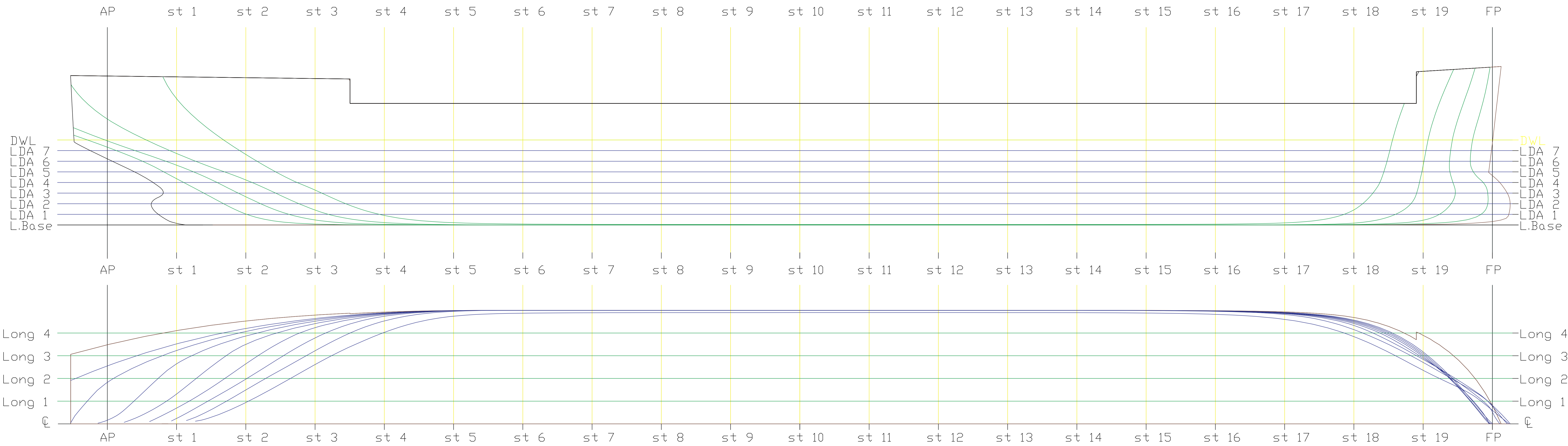
## 5. Anexos

### ANEXO I. CURVA DE ÁREAS

Capítulo 3: Definición de formas



## ANEXO II. PLANO DE FORMAS



- Características principales
- Eslora entre perpendiculares: 184.76m.
  - Manga de trazado: 30.25m.
  - Calado de trazado: 11.32m.
- Características de trazado
- Distancia entre secciones: 9.238m.
  - Distancia entre longitudinales: 3.025m.
  - Distancia entre líneas de agua: 1.415m.

Universidad Politécnica de Cartagena	
Buque granelero 45000 TPM	
Escala	Juan Murcia de la Hoz
1:200	Junio 2023

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023



## Contenido

1. Introducción.....	2
2. Curvas hidrostáticas.....	2
2.1. Trimado: 0m.....	3
2.2. Trimado: -1.5m.....	9
2.3 Trimado: -1m.....	15
2.4 Trimado: -0.5m.....	21
2.5 Trimado: 1.5m.....	27
2.6 Trimado: 1m.....	33
2.7 Trimado: 0.5m.....	39
3. Curvas de Bonjean.....	45
3.1 Trimado: 0m.....	45
3.2 Trimado: -1.5m.....	46
3.3 Trimado: -1m.....	47
3.4 Trimado: -0.5m.....	48
3.5 Trimado: 0.5m.....	49
3.6 Trimado: 1m.....	50
3.7 Trimado: 1.5m.....	51
4. Curvas KN.....	52
4.1 Trimado: 0m.....	52
4.2 Trimado: -1m.....	54
4.3 Trimado: -0.5m.....	56
4.4 Trimado: 0.5m.....	58
4.5 Trimado: 1m.....	60
5. Arqueo.....	62
5.1 Arqueo bruto.....	62
5.2 Arqueo neto.....	63
6. Francobordo.....	64
6.1 Generalidades.....	65
6.2 Francobordos.....	65
6.2.1 Francobordo final.....	66
6.2.2 Francobordo en agua dulce o aguas tropicales.....	66
6.2.3 Francobordo de invierno.....	67

## 1. Introducción.

A continuación, se van a realizar los cálculos hidrostáticos correspondientes al modelo obtenido. Estos cálculos serán realizados mediante el software *Maxsurf* teniendo en cuenta diferentes situaciones de calado, obteniendo para cada uno de ellos las curvas hidrostáticas, las curvas de Bonjean y las curvas KN. A continuación, se realizará el cálculo de arqueo y francobordo.

## 2. Curvas hidrostáticas.

En primer lugar, se muestran las características hidrostáticas del buque:

Datos	Columna1
Desplazamiento (t)	53537
Escora (º)	0
Calado en Ppr (m)	11,32
Calado en Ppp (m)	11,32
Calado en flotación media (m)	11,32
Trimado (+ por popa)	0
Eslora de flotación (m)	186,049
Maxima manga en flotación (m)	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8354,418
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5082,481
Coeficiente prismático	0,828
Coeficiente de bloque	0,82
Coeficiente de la maestra	0,99
Coeficiente de flotación	0,903
Posición longitudinal del centro de carena	96,353
Posición longitudinal del centro de flotación	91,293
KB (m)	5,912
KG (m)	11,32
BMt (m)	6,7
BML (m)	237,554
GMt (m)	1,293
GML (m)	232,146
KMt (m)	12,613
KML (m)	243,466
Toneladas por cm de inmersión	52,095
Momento para alterar el trimado 1cm	668,196
Momento adrizante(t.m)	1207,681

Tabla 1. Características hidrostáticas.

A continuación, se obtienen los y curvas para los diferentes trimados

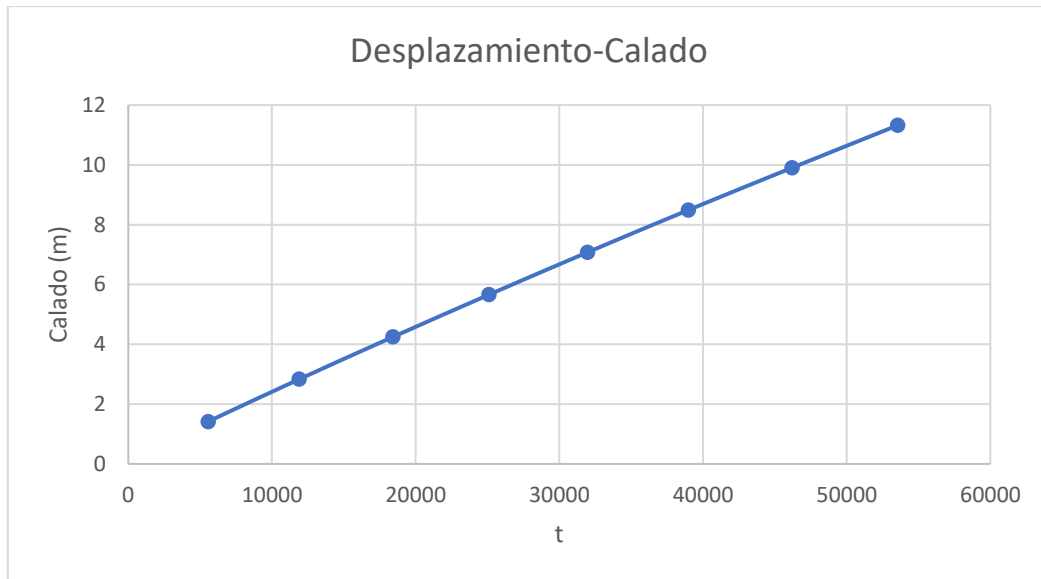
## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

### 2.1. Trimado:0m

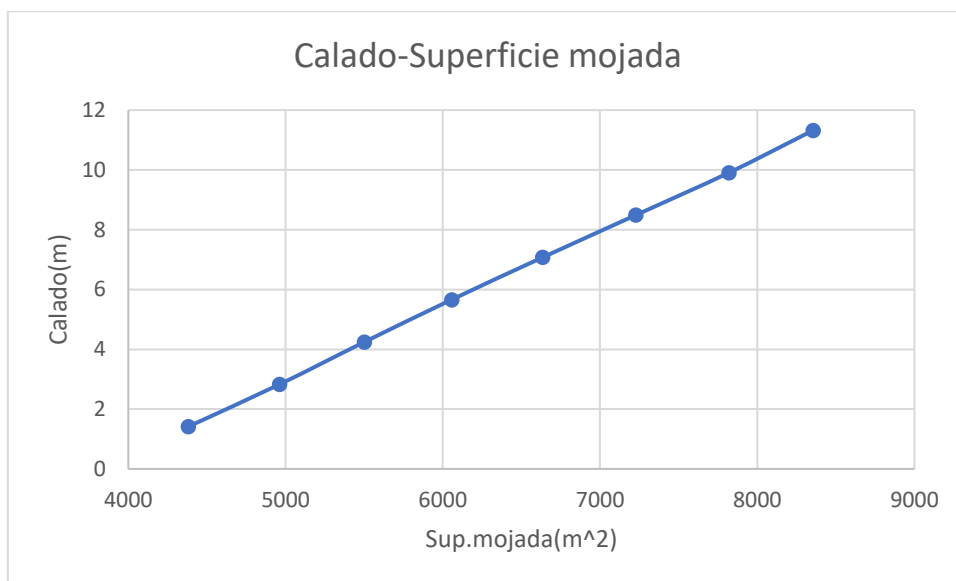
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	0	5545	11881	18416	25105	31954	38985	46203	53537
Calado en Ppr (m)	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Calado en Ppp (m)	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Calado en flotación media (m)	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Trimado (+ por popa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eslora de flotación (m)	139,687	178,91	177,88	178,223	179,509	180,884	184,228	185,706	186,049
Maxima manga en flotación (m)	0	29,641	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	0	4381,159	4962,044	5501,266	6056,116	6635,059	7227,889	7819,206	8354,418
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	0	4233,653	4452,681	4558,047	4664,975	4781,164	4914,142	5027,231	5082,481
Coeficiente prismático	0,035	0,763	0,793	0,807	0,813	0,818	0,815	0,819	0,828
Coeficiente de bloque	0	0,721	0,761	0,785	0,797	0,805	0,804	0,81	0,82
Coeficiente de la maestra	0	0,945	0,96	0,973	0,98	0,984	0,987	0,989	0,99
Coeficiente de flotación	0	0,798	0,828	0,845	0,859	0,874	0,882	0,895	0,903
Posición longitudinal del centro de care	109,285	100,641	100,248	99,896	99,41	98,759	97,974	97,119	96,353
Posición longitudinal del centro de flota	75,862	100,237	99,654	98,758	97,303	95,411	93,419	91,829	91,293
KB (m)	2,863	0,746	1,483	2,213	2,944	3,678	4,419	5,166	5,912
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	0	49,715	25,846	17,254	13,047	10,541	8,862	7,643	6,7
BML (m)	0	1422,047	730,793	501,582	392,395	331,114	295,159	266,96	237,554
GMt (m)	-8,457	39,141	16,01	8,147	4,671	2,899	1,961	1,489	1,293
GML (m)	-8,457	1411,473	720,956	492,475	384,019	323,472	288,258	260,806	232,146
KMt (m)	2,863	50,461	27,33	19,467	15,991	14,219	13,281	12,809	12,613
KML (m)	2,863	1422,793	732,276	503,795	395,339	334,792	299,578	272,126	243,466
Toneladas por cm de inmersión	0	43,395	45,64	46,72	47,816	49,007	50,37	51,529	52,095
Momento para alterar el trimado 1cm	0	420,805	460,533	487,613	518,32	555,716	604,173	647,854	668,196
Momento adrizante <sup>TM</sup>	0	3787,958	3319,718	2618,519	2046,363	1616,728	1334,174	1200,936	1207,681
Maáxima inclinación de cubierta	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trimado (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2. Datos hidrostáticos para calado 0.

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

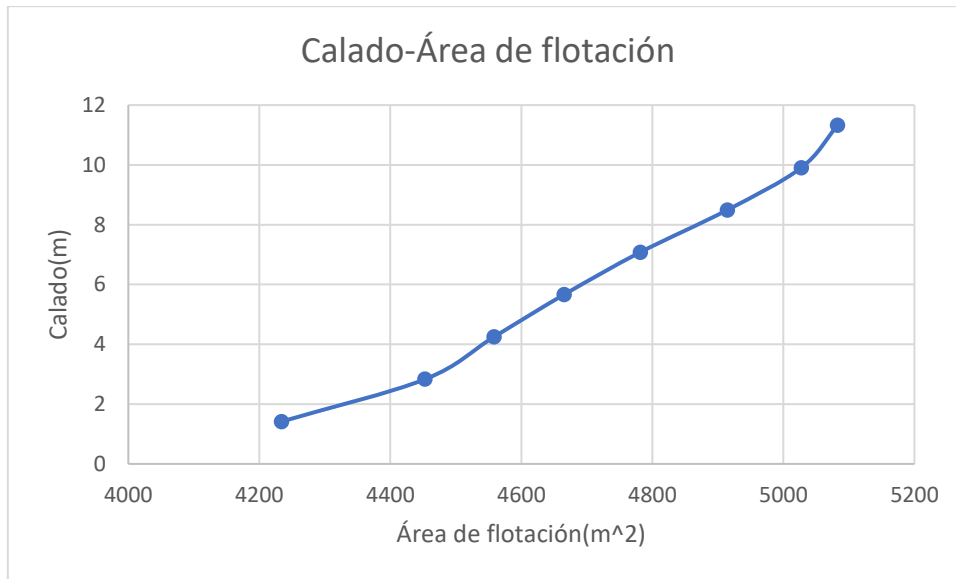


Gráfica 1. Desplazamiento frente a calado.

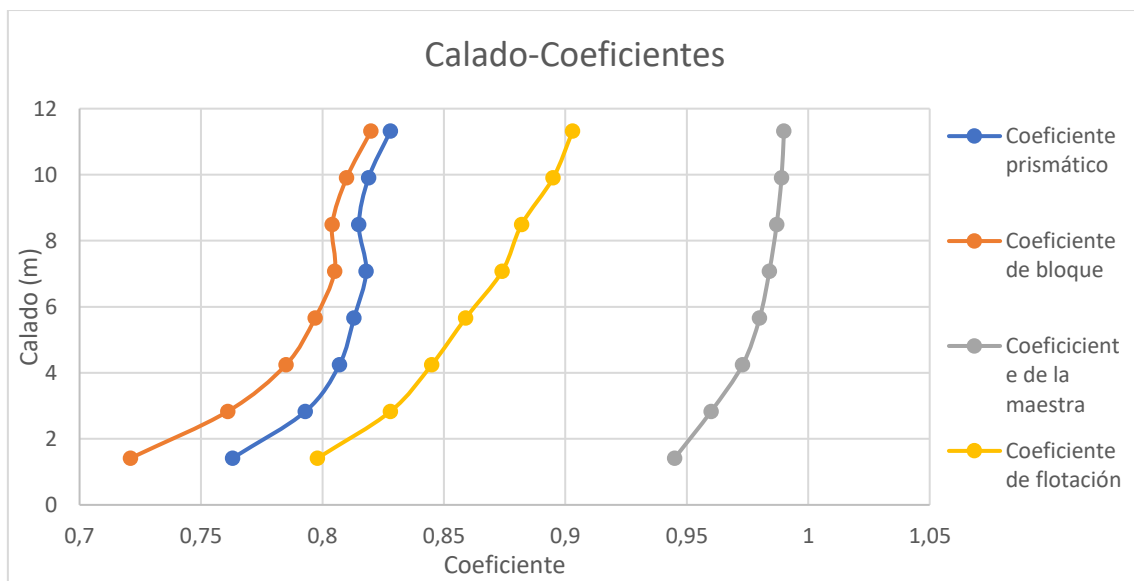


Gráfica 2. Calado frente a superficie mojada.

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

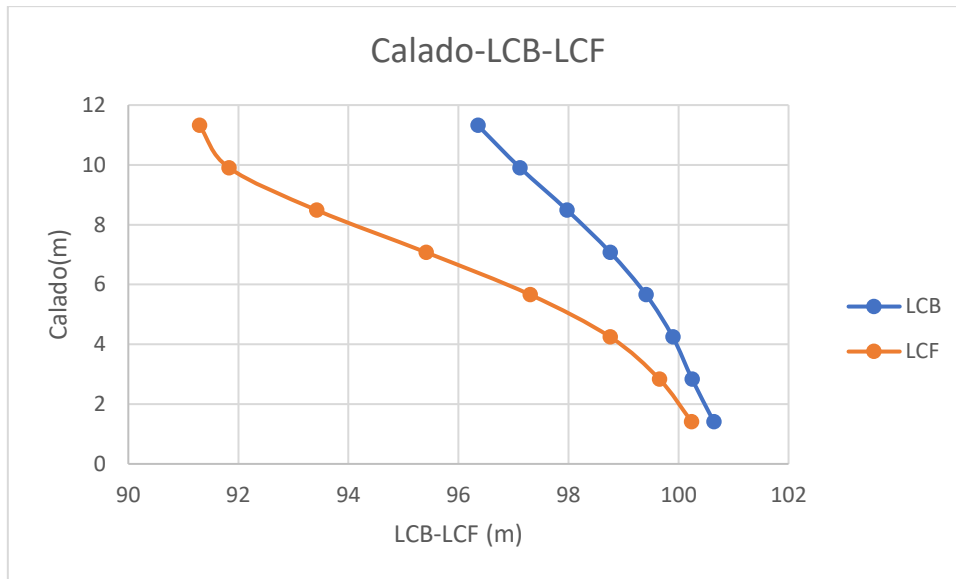


Gráfica 3. Calado frente a área de flotación.

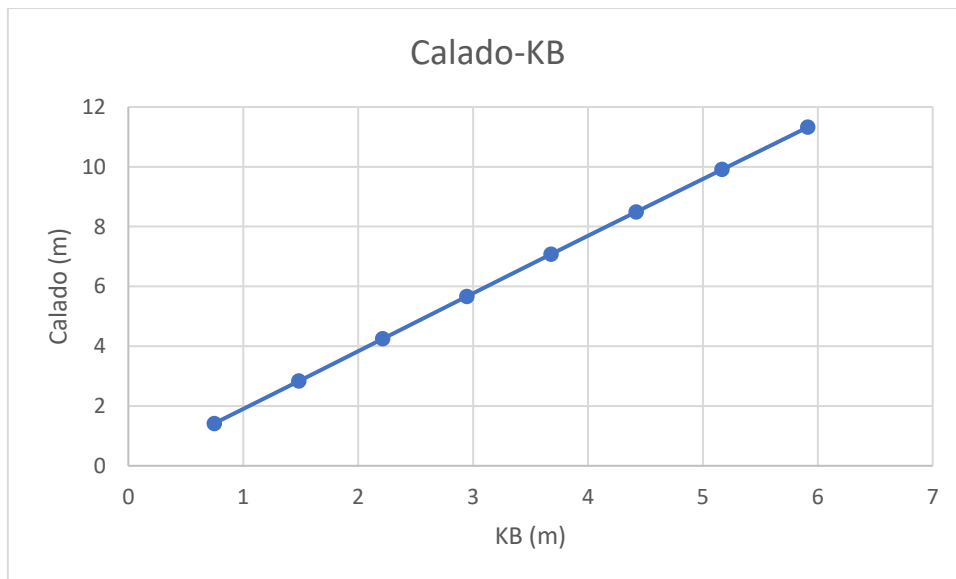


Gráfica 4. Calado frente a coeficientes.

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

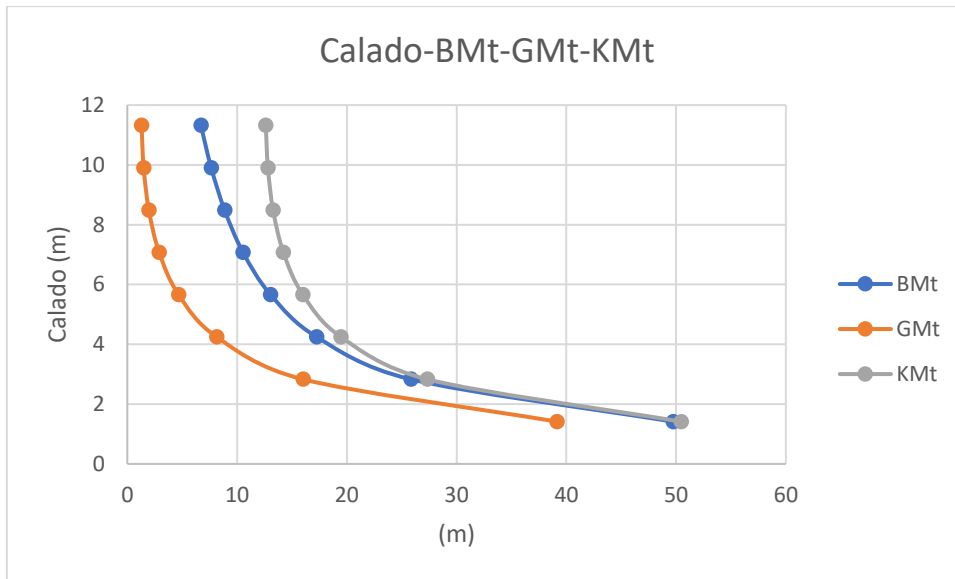


Gráfica 5. Calado frente a LCB y LCF.

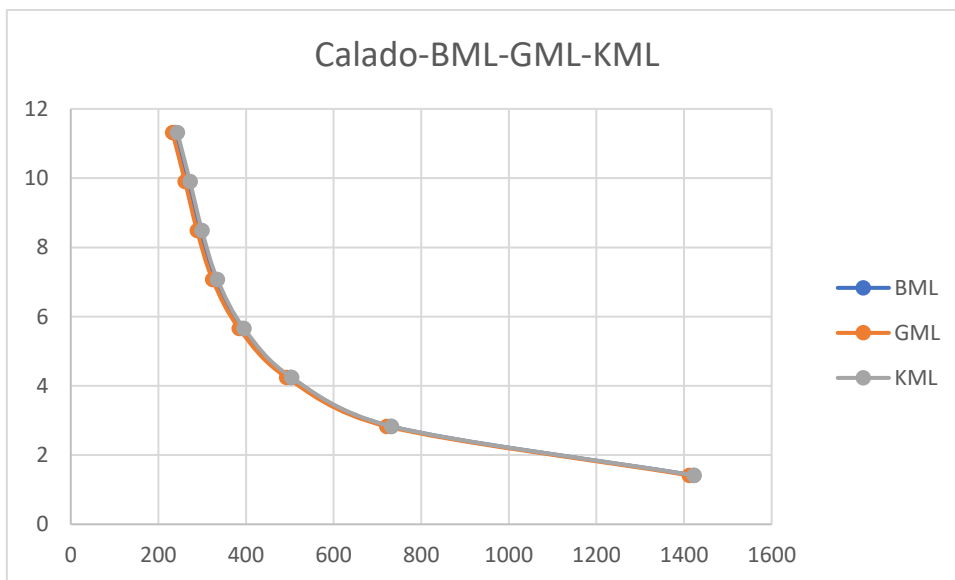


Gráfica 6. Calado frente a KB.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

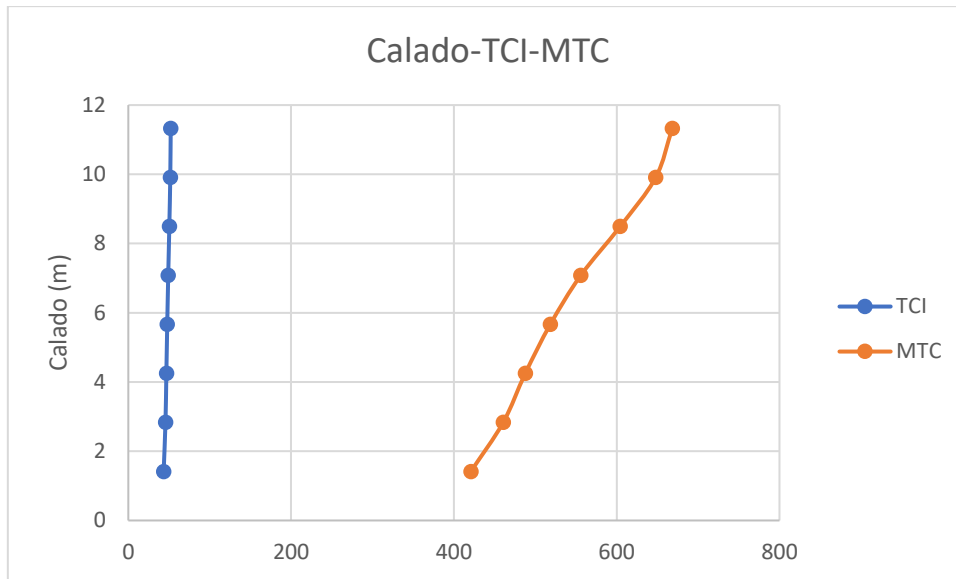


Gráfica 7. Calado frente a BMt, GMt, KMt.



Gráfica 8. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Gráfica 9. Calado frente a TCI, MTC.



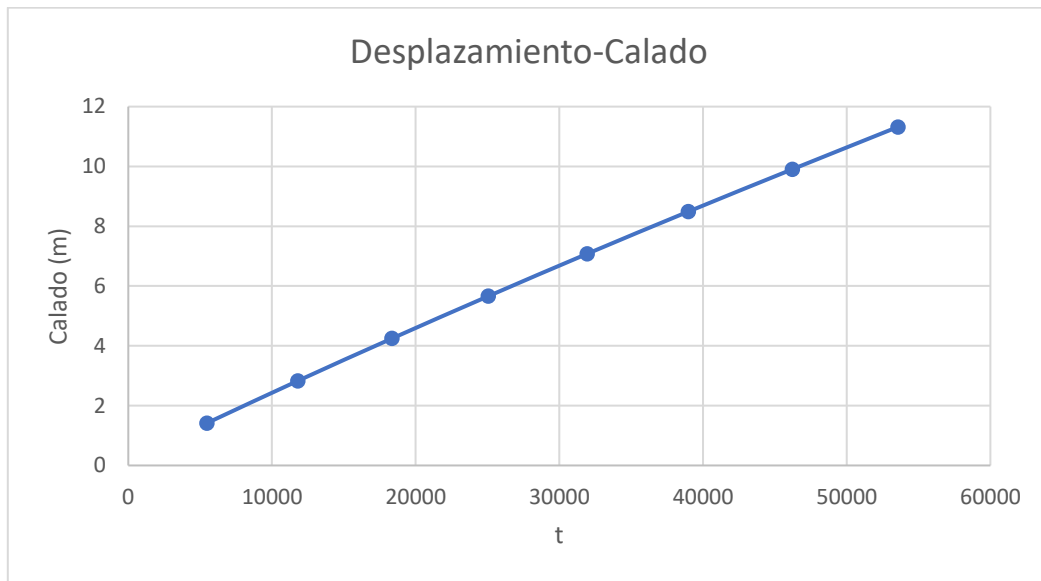
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

2.2. Trimado: -1.5m

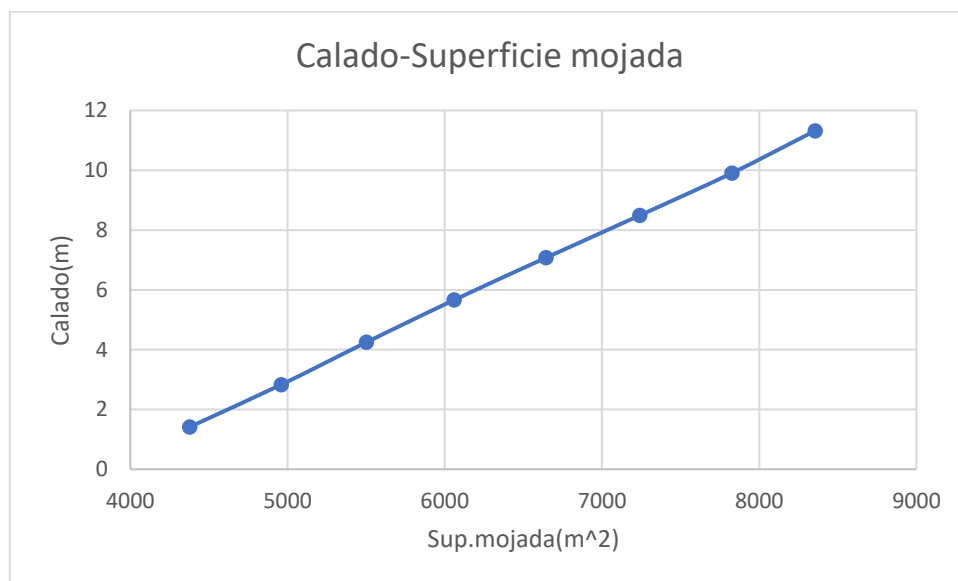
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	582	5827	12136	18645	25284	32067	39023	46169	53474
Calado en Ppr (m)	0,75	2,165	3,58	4,995	6,41	7,825	9,24	10,655	12,07
Calado en Ppp (m)	-0,75	0,665	2,08	3,495	4,91	6,325	7,74	9,155	10,57
Calado en flotación media (m)	0,328	1,487	2,888	4,296	5,7	7,102	8,502	9,902	11,309
Trimado (+ por popa)	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
Eslora de flotación (m)	95,112	178,448	178,878	176,786	177,2	179,206	182,684	185,798	186,121
Maxima manga en flotación (m)	27,156	29,87	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	2046,659	4375,601	4968,91	5507,597	6056,392	6612,103	7193,541	7791,576	8364,276
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	2038,928	4206,217	4440,394	4531,581	4624,046	4733,639	4860,354	4991,942	5071,066
Coeficiente prismático	0,547	0,629	0,713	0,76	0,782	0,791	0,792	0,792	0,804
Coeficiente de bloque	0,366	0,529	0,638	0,702	0,735	0,752	0,758	0,763	0,777
Coeficiente de la maestra	0,885	0,936	0,957	0,969	0,977	0,981	0,985	0,987	0,988
Coeficiente de flotación	0,789	0,789	0,821	0,847	0,863	0,873	0,88	0,888	0,901
P. long del centro de carena (m)	144,837	111,483	105,994	103,842	102,495	101,367	100,306	99,257	98,269
P. long del centro de flotación (m)	133,65	101,948	100,246	99,368	98	96,323	94,499	92,593	91,679
KB (m)	0,233	0,823	1,535	2,254	2,975	3,701	4,432	5,171	5,913
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	180,611	47,174	25,235	16,968	12,867	10,423	8,784	7,598	6,683
BML (m)	1953,384	1322,322	709,745	486,283	378,934	319,769	284,676	261,415	236,368
GMt (m)	169,106	36,529	15,346	7,815	4,446	2,737	1,838	1,398	1,234
GML (m)	1941,879	1311,676	699,856	477,13	370,513	312,082	277,73	255,216	230,919
KMt (m)	180,838	47,996	26,77	19,222	15,842	14,123	13,216	12,768	12,596
KML (m)	1953,554	1323,102	711,257	488,521	381,897	323,459	289,099	266,578	242,273
Toneladas por cm de inmersión	20,899	43,114	45,514	46,449	47,396	48,52	49,819	51,167	51,978
Momento para alterar el trimado 1cm	60,762	410,945	456,646	478,284	503,654	538,038	582,684	633,492	663,884
Momento adrizante <sup>™</sup>	1717,656	3715,044	3250,367	2543,086	1962,017	1531,513	1251,726	1126,784	1151,605
Maáxima inclinación de cubierta	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621
Trimado (°)	-0,4621	-0,4621	-0,4621	-0,4621	-0,4621	-0,4621	-0,4621	-0,4621	-0,4621

Tabla 3. Datos hidrostáticos para trimado -1.5m.

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

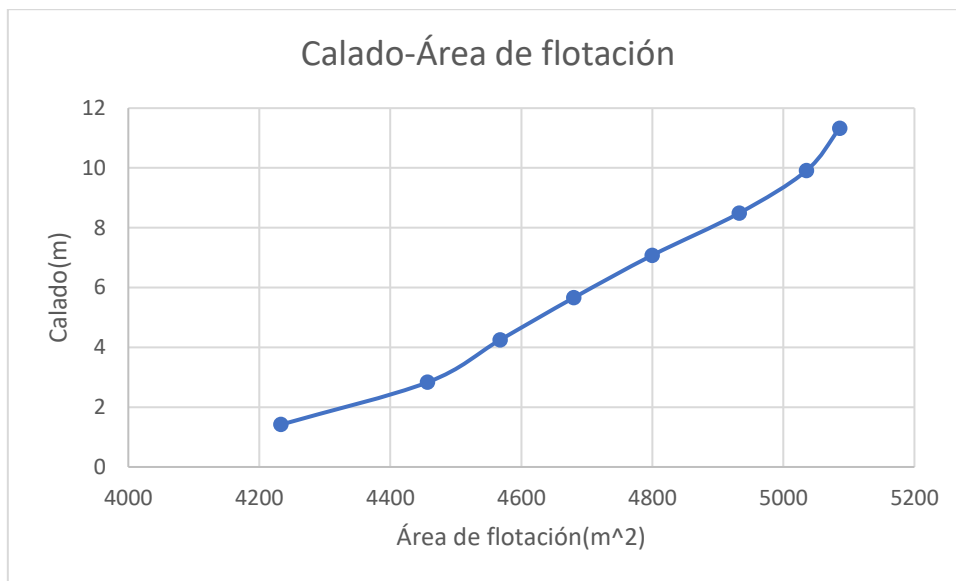


Gráfica 10. Desplazamiento frente a calado.

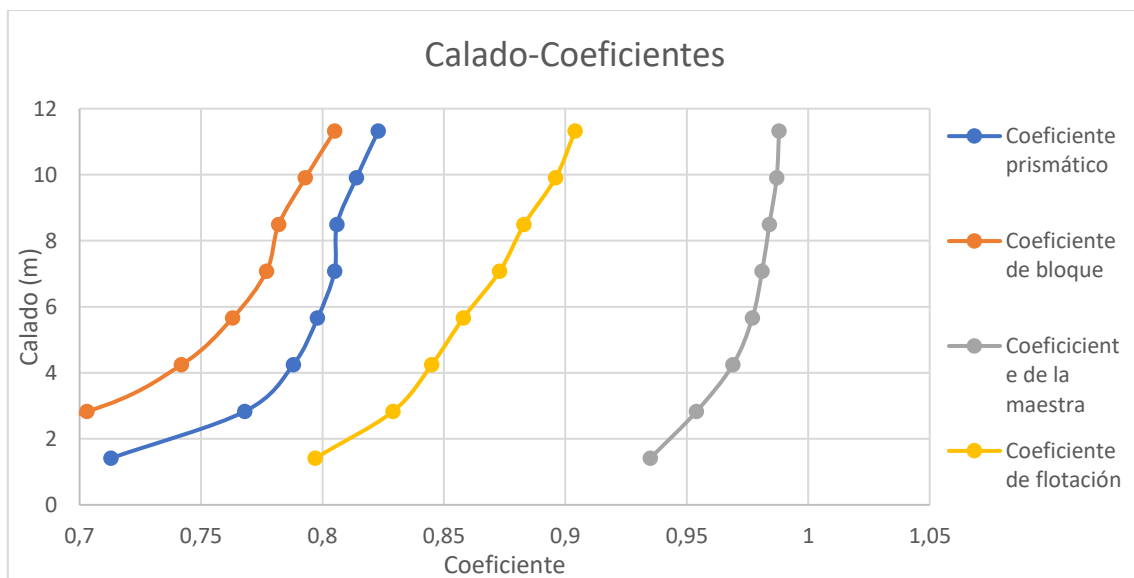


Gráfica 11. Calado frente a superficie mojada..

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

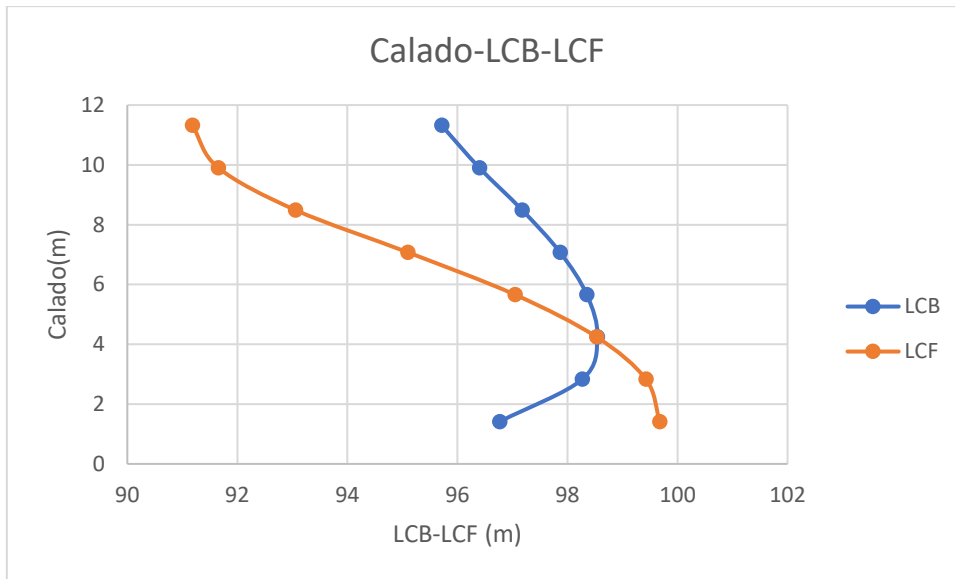


Gráfica 12. Calado frente a área de flotación.

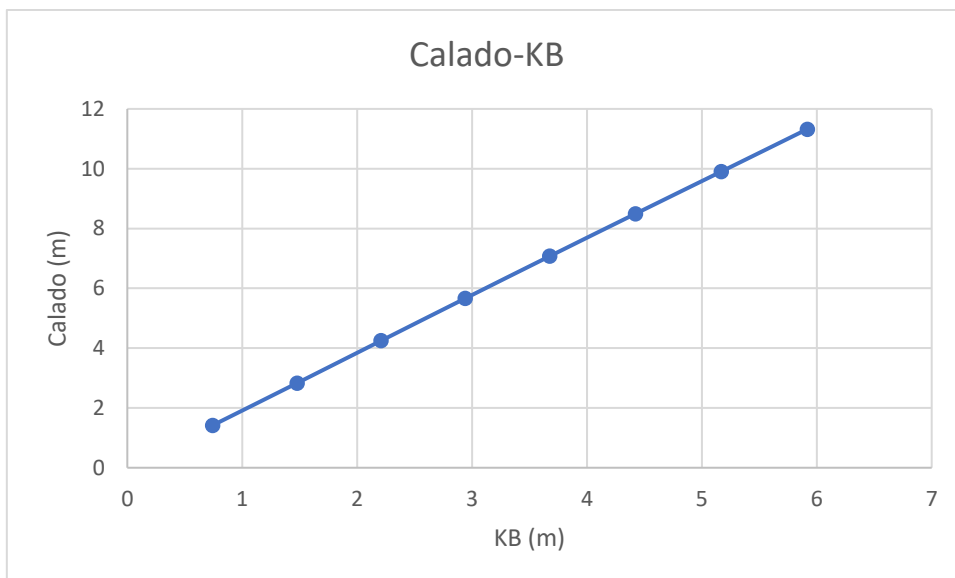


Gráfica 13. Calado frente a coeficientes.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

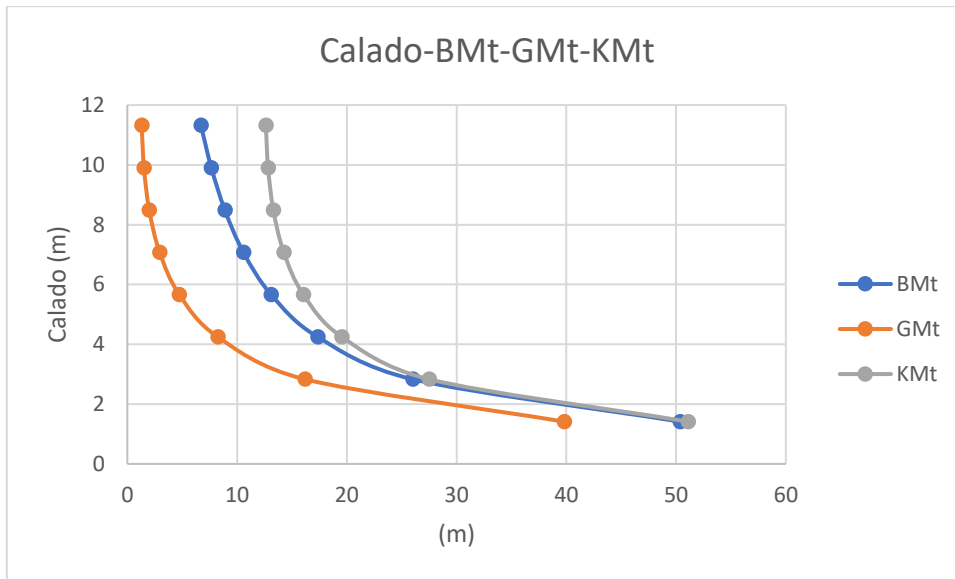


Gráfica 14. Calado frente a FCB y FCF.

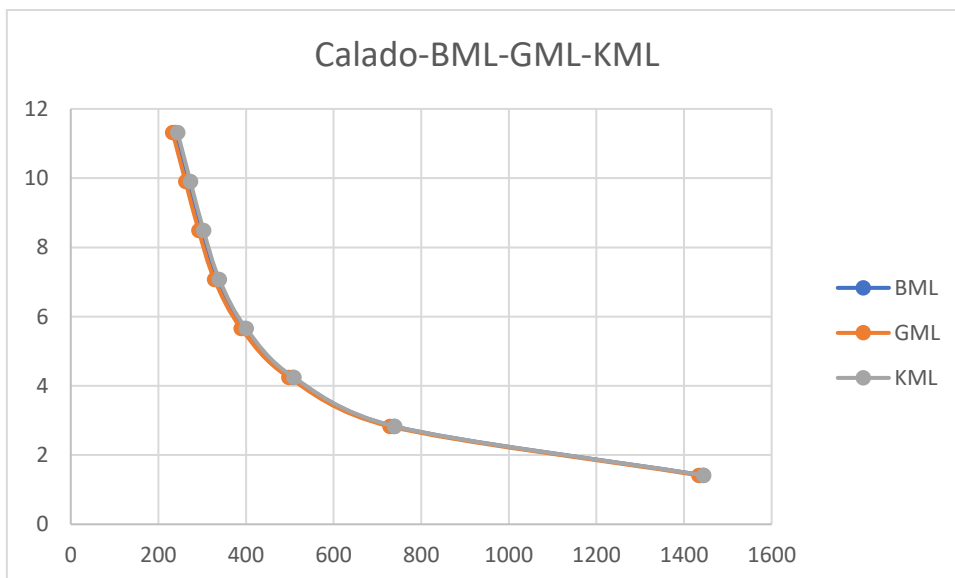


Gráfica 15. Calado frente a KB.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

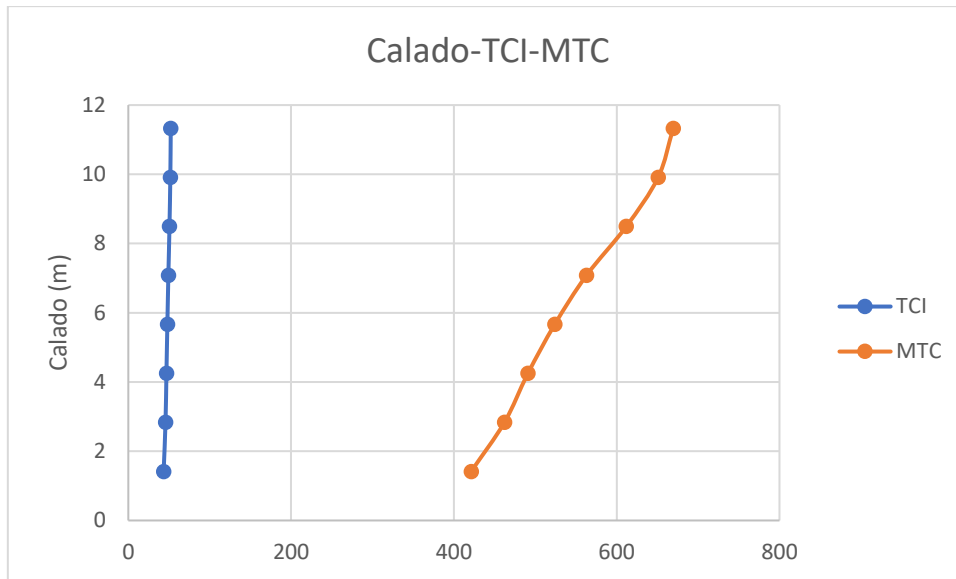


Gráfica 16. c



Gráfica 17. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Gráfica 18. Calado frente a TCI, MTC.

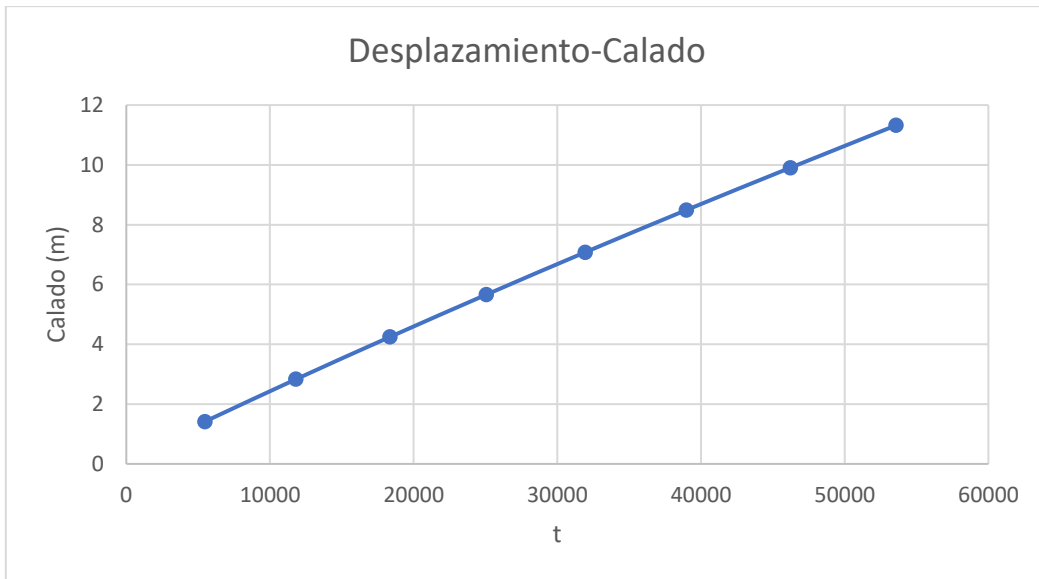
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

2.3 Trimado: -1m

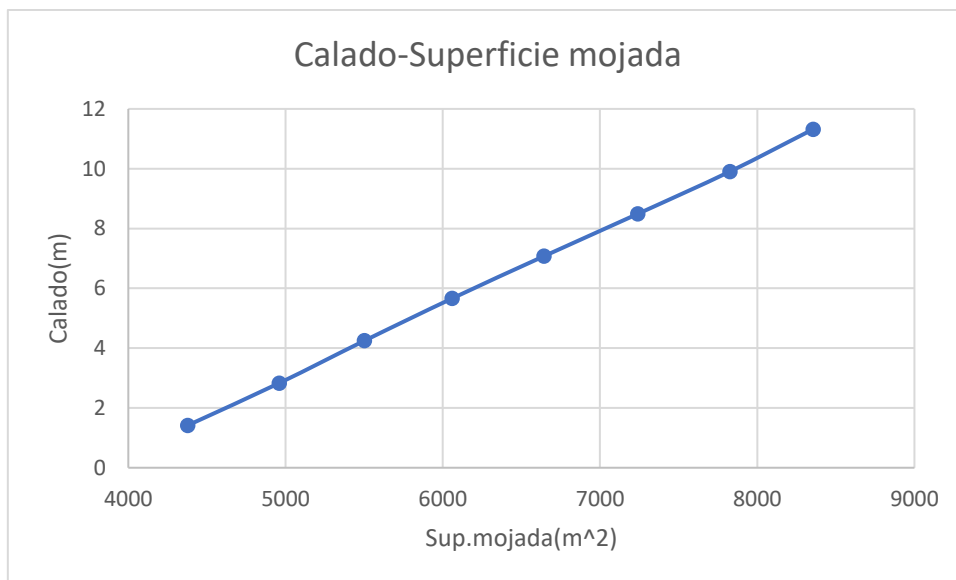
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	359,7	5727	12049	18566	25221	32026	39005	46176	53494
Calado en Ppr (m)	0,5	1,915	3,33	4,745	6,16	7,575	8,99	10,405	11,82
Calado en Ppp (m)	-0,5	0,915	2,33	3,745	5,16	6,575	7,99	9,405	10,82
Calado en flotación media (m)	0,215	1,46	2,868	4,278	5,686	7,091	8,496	9,901	11,312
Trimado (+ por popa)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Eslora de flotación (m)	93,53	178,678	178,623	177,226	177,967	179,693	183,19	185,766	186,095
Maxima manga en flotación (m)	26,478	29,791	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	1954,358	4380,619	4966,482	5503,659	6051,324	6618,901	7203,798	7802,94	8369,461
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	1950,96	4220,125	4446,111	4539,908	4637,127	4748,577	4877,217	5006,951	5075,343
Coeficiente prismático	0,544	0,671	0,74	0,777	0,794	0,802	0,8	0,802	0,813
Coeficiente de bloque	0,364	0,582	0,676	0,729	0,756	0,77	0,773	0,779	0,792
Coeficiente de la maestra	0,879	0,938	0,957	0,971	0,978	0,982	0,985	0,987	0,989
Coeficiente de flotación	0,788	0,793	0,823	0,847	0,861	0,874	0,88	0,891	0,902
P. long del centro de carena (m)	143,719	108,017	104,11	102,546	101,481	100,509	99,539	98,55	97,63
P. long del centro de flotación (m)	133,041	101,35	100,041	99,185	97,786	96,027	94,157	92,278	91,538
KB (m)	0,153	0,788	1,513	2,237	2,962	3,691	4,425	5,167	5,911
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	264,502	48,106	25,449	17,065	12,928	10,463	8,811	7,615	6,689
BML (m)	2921,417	1360,425	717,644	491,19	383,257	323,342	287,949	263,867	236,835
GMt (m)	253,062	37,493	15,582	7,93	4,524	2,793	1,881	1,432	1,256
GML (m)	2909,977	1349,812	707,777	482,055	374,854	315,672	281,02	257,684	231,402
KMt (m)	264,651	48,893	26,961	19,301	15,889	14,153	13,236	12,782	12,601
KML (m)	2921,527	1361,193	719,146	493,419	386,214	327,028	292,371	269,03	242,743
Toneladas por cm de inmersión	19,997	43,256	45,573	46,534	47,531	48,673	49,991	51,321	52,022
Momento para alterar el trimado 1cm	56,267	415,601	458,495	481,183	508,298	543,525	589,318	639,728	665,519
Momento adrizante <sup>™</sup>	1588,411	3747,312	3276,571	2569,568	1991,436	1561,187	1280,639	1154,01	1172,43
Maáxima inclinación de cubierta	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308
Trimado (°)	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308	-0,308

Tabla 4. Datos hidrostáticos para trimado -1m.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



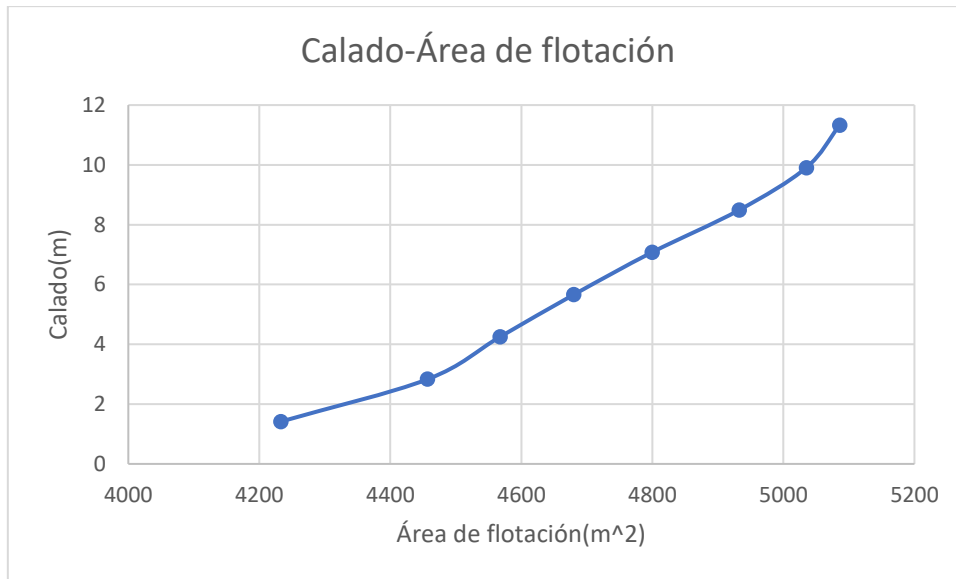
Gráfica 19. Desplazamiento frente a calado.



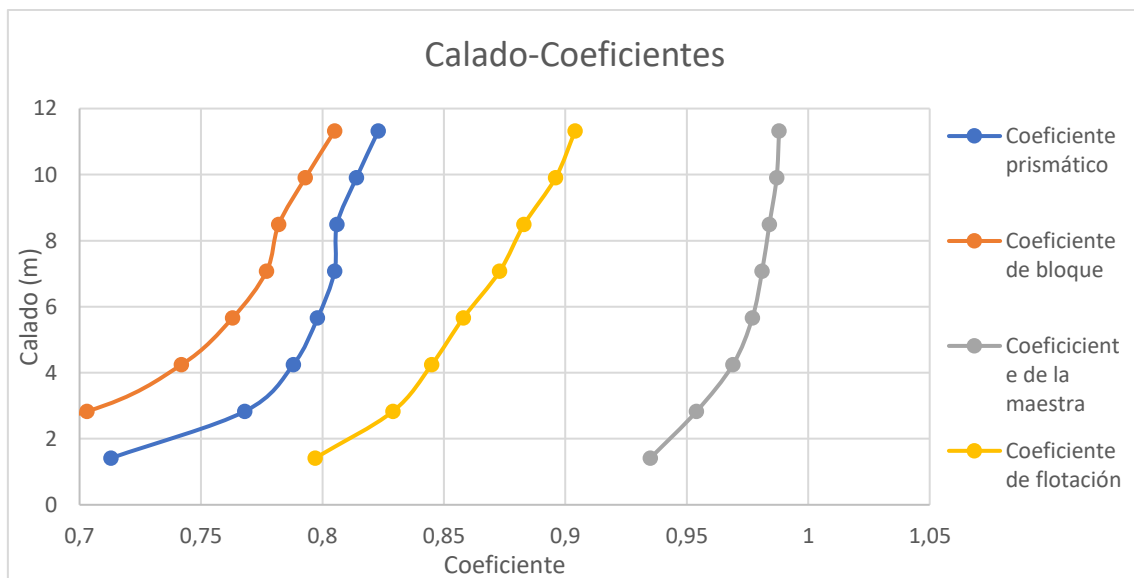
Gráfica 20. Calado frente a superficie mojada..



#### Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

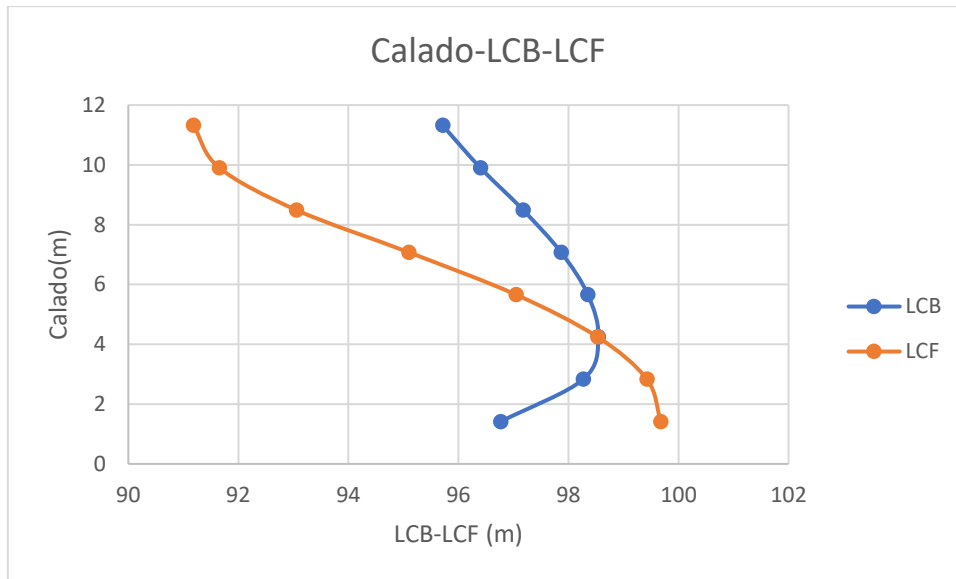


Gráfica 21. Calado frente a área de flotación.

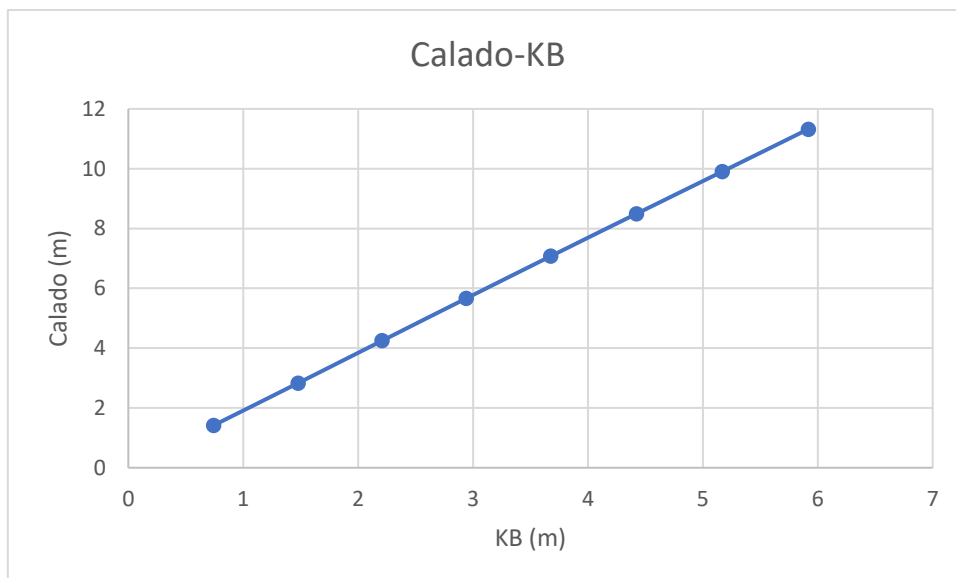


Gráfica 22. Calado frente a coeficientes.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

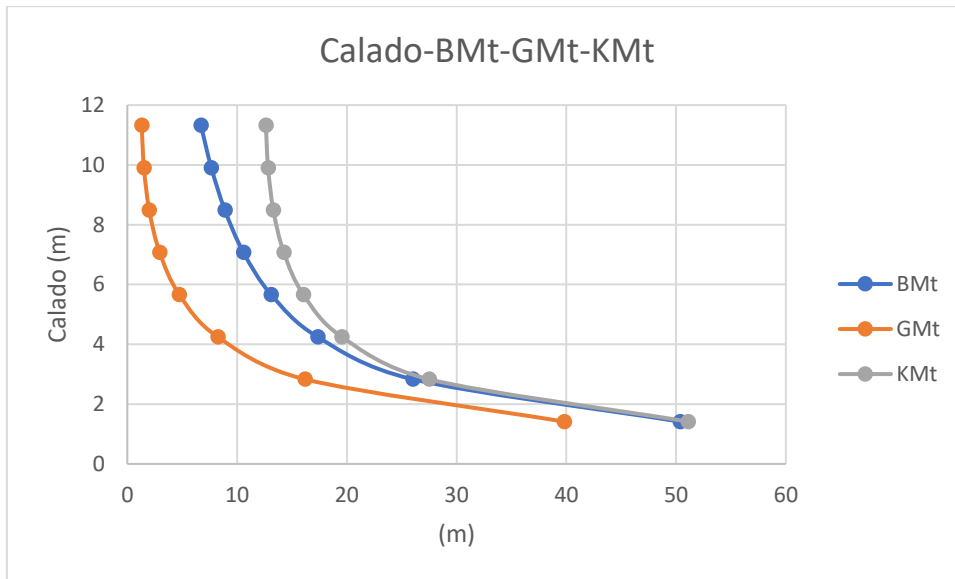


Gráfica 23. Calado frente a LCB y LCF.

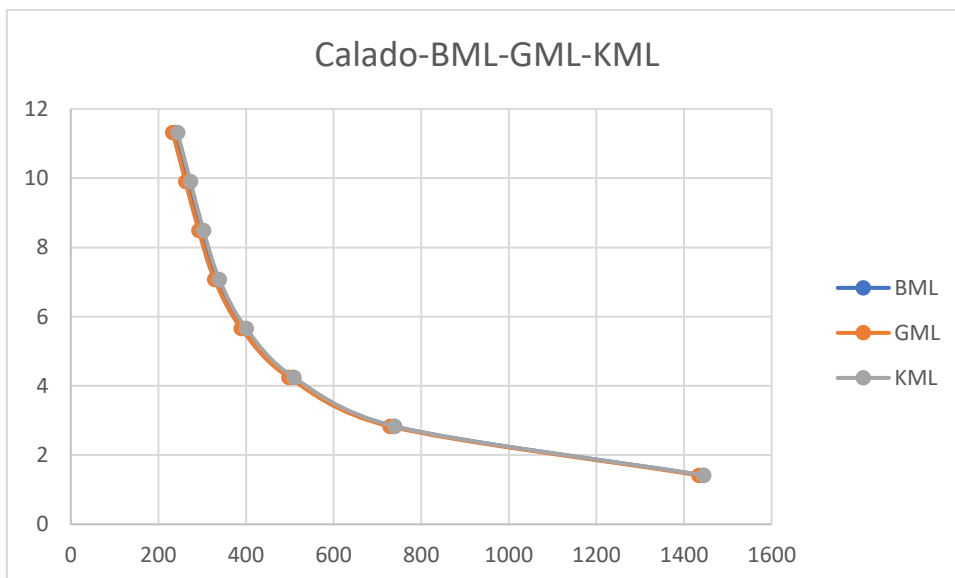


Gráfica 24. Calado frente a KB.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

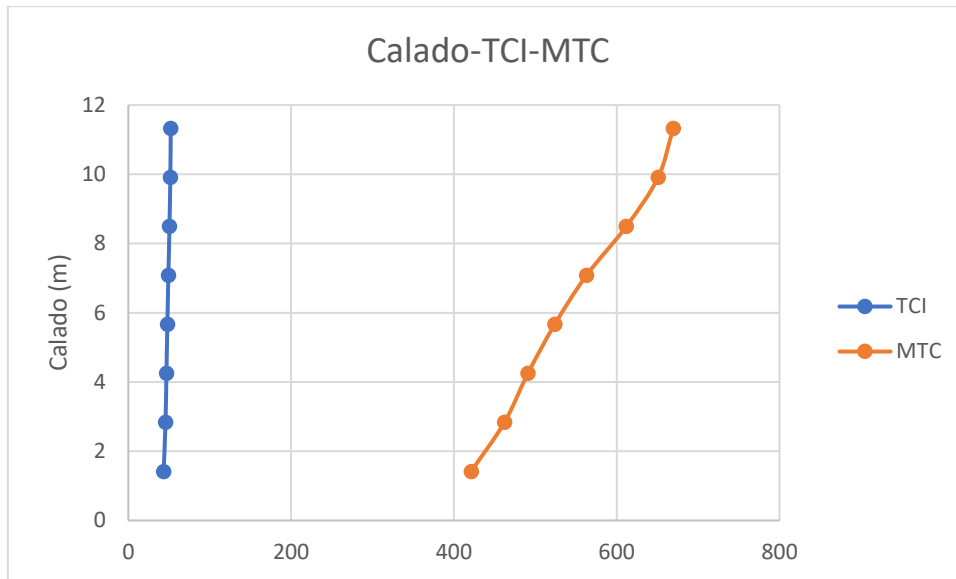


Gráfica 25. Calado frente a BMt, GMt, KMt.



Gráfica 26. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Gráfica 27. Calado frente a TCI, MTC.

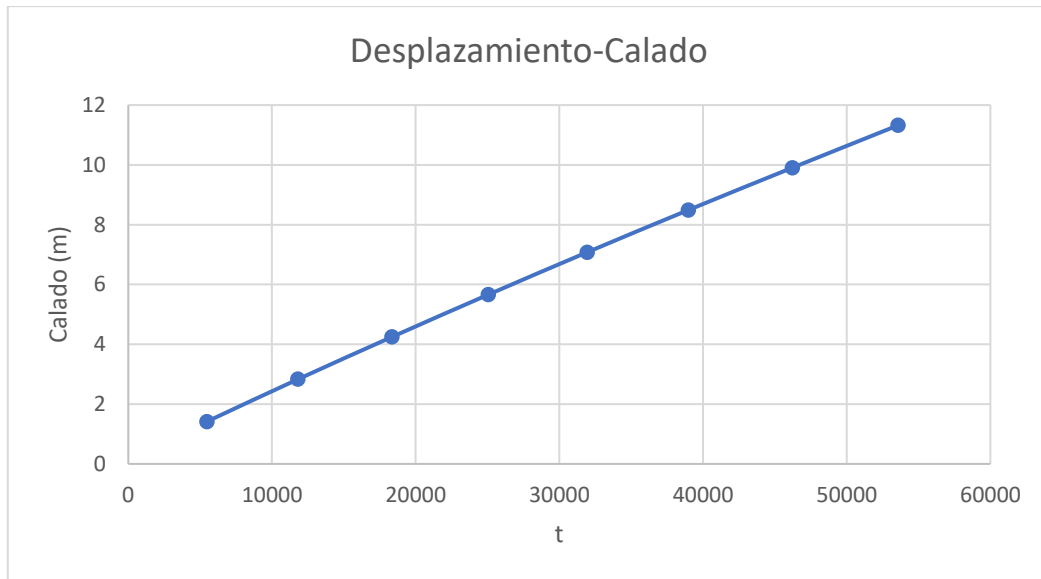
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

2.4 Trimado: -0.5m

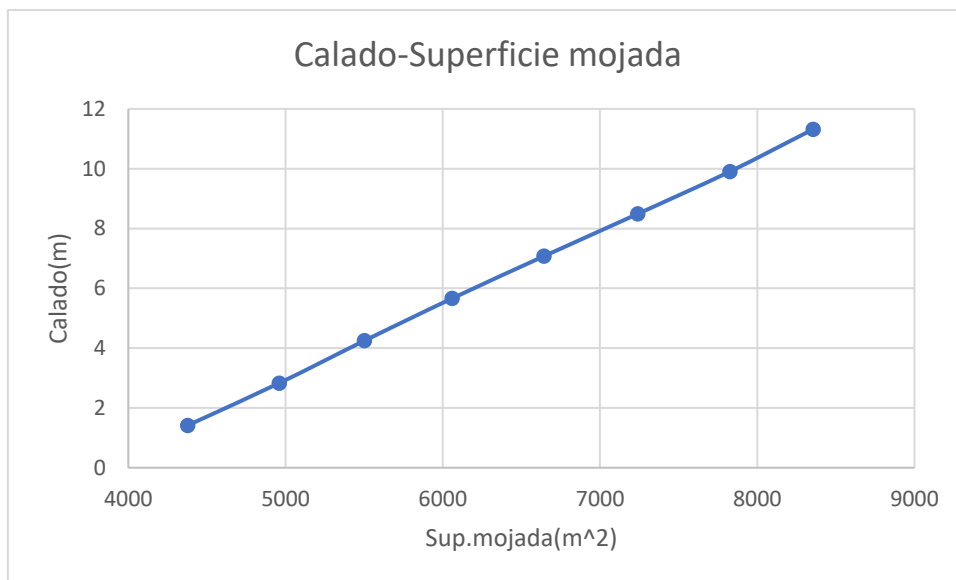
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	155,4	5633	11964	18490	25162	31988	38992	46188	53516
Calado en Ppr (m)	0,25	1,665	3,08	4,495	5,91	7,325	8,74	10,155	11,57
Calado en Ppp (m)	-0,25	1,165	2,58	3,995	5,41	6,825	8,24	9,655	11,07
Calado en flotación media (m)	0,104	1,436	2,848	4,261	5,672	7,082	8,492	9,902	11,316
Trimado (+ por popa)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Eslora de flotación (m)	89,83	178,834	178,163	177,707	178,736	180,187	183,705	185,735	186,071
Maxima manga en flotación (m)	25,175	29,712	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	1782,718	4382,39	4966,148	5502,518	6053,416	6626,585	7215,615	7811,926	8374,468
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	1781,723	4229,301	4448,623	4549,108	4650,786	4764,263	4895,55	5018,376	5079,127
Coefficiente prismático	0,544	0,719	0,769	0,794	0,805	0,812	0,808	0,812	0,821
Coefficiente de bloque	0,357	0,645	0,718	0,757	0,776	0,788	0,789	0,795	0,806
Coefficiente de la maestra	0,865	0,94	0,959	0,972	0,979	0,983	0,986	0,988	0,989
Coefficiente de flotación	0,788	0,796	0,825	0,846	0,86	0,874	0,881	0,893	0,902
P. long del centro de carena (m)	141,532	104,397	102,193	101,231	100,453	99,639	98,762	97,837	96,99
P. long del centro de flotación (m)	131,663	100,788	99,88	98,974	97,554	95,723	93,789	92,03	91,409
KB (m)	0,074	0,762	1,495	2,223	2,951	3,683	4,421	5,165	5,911
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	501,256	48,954	25,652	17,16	12,988	10,502	8,837	7,63	6,695
BML (m)	5735,167	1393,872	723,598	496,455	387,748	327,079	291,529	265,651	237,224
GMt (m)	489,879	38,365	15,803	8,041	4,599	2,847	1,922	1,462	1,275
GML (m)	5723,79	1383,283	713,748	487,336	379,359	319,424	284,614	259,483	231,804
KMt (m)	501,328	49,715	27,147	19,383	15,939	14,185	13,258	12,795	12,606
KML (m)	5735,22	1394,629	725,09	498,676	390,698	330,761	295,949	270,815	243,134
Toneladas por cm de inmersión	18,263	43,35	45,598	46,628	47,671	48,834	50,179	51,438	52,061
Momento para alterar el trimado 1cm	47,808	418,916	459,107	484,452	513,189	549,342	596,657	644,36	666,948
Momento adrizante <sup>TM</sup>	1328,229	3771,5	3299,634	2594,783	2019,61	1589,62	1308,203	1178,849	1191,07
Maáxima inclinación de cubierta	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
Trimado (º)	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154	-0,154

Tabla 5. Datos hidrostáticos para calado -0.5

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

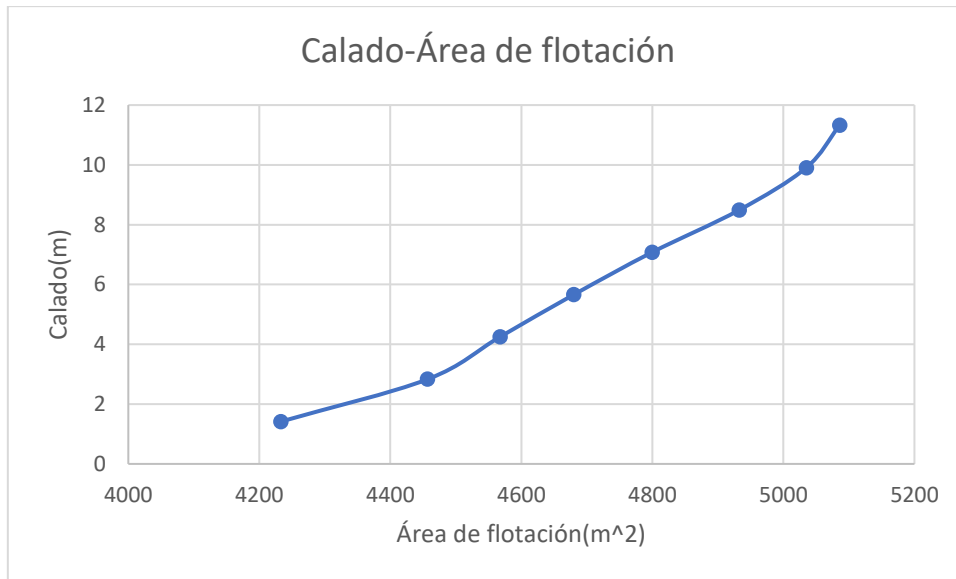


Gráfica 28. Desplazamiento frente a calado.

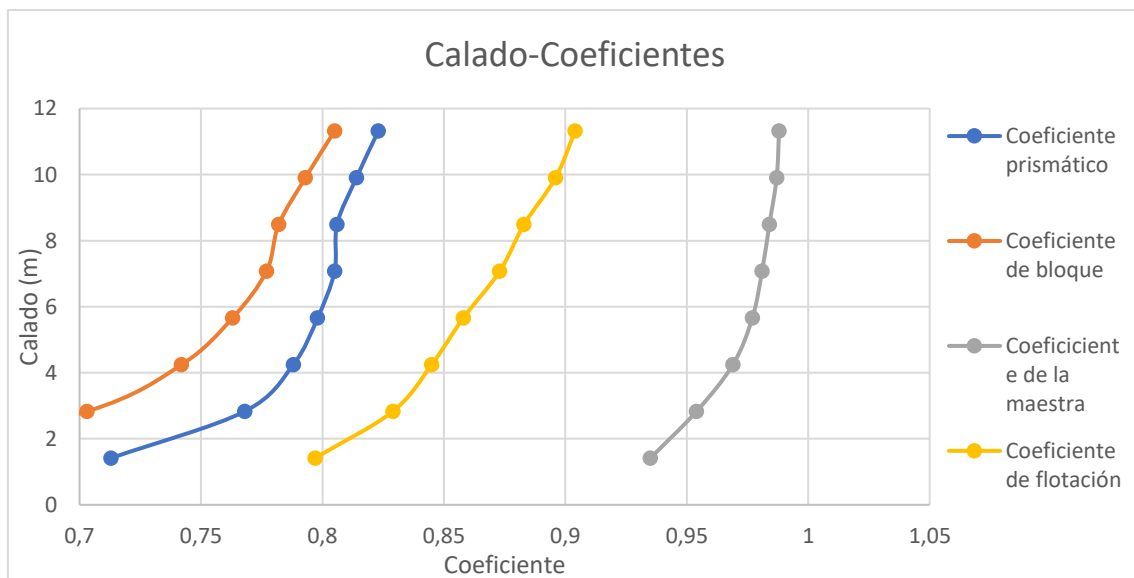


Gráfica 29. Calado frente a superficie mojada.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

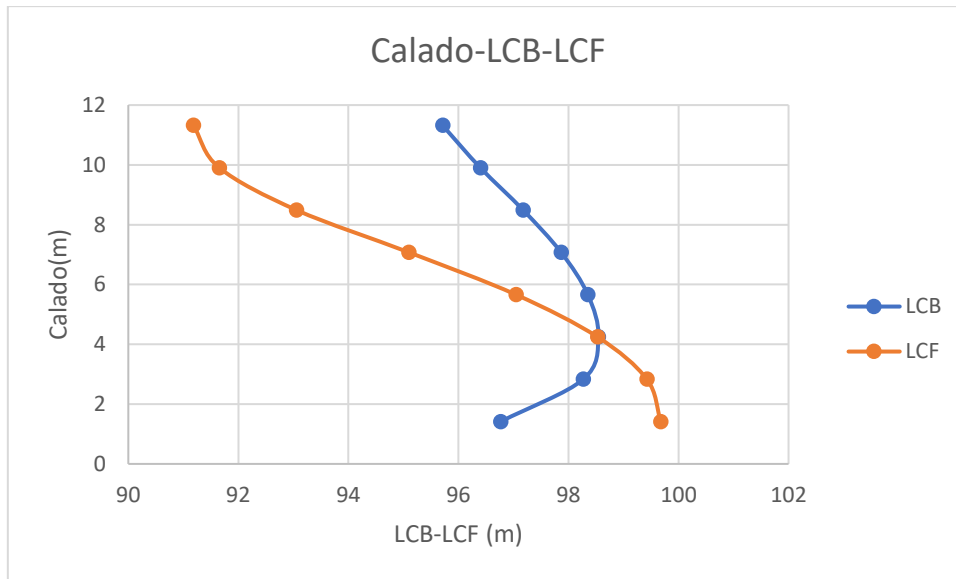


Gráfica 30. Calado frente a área de flotación.

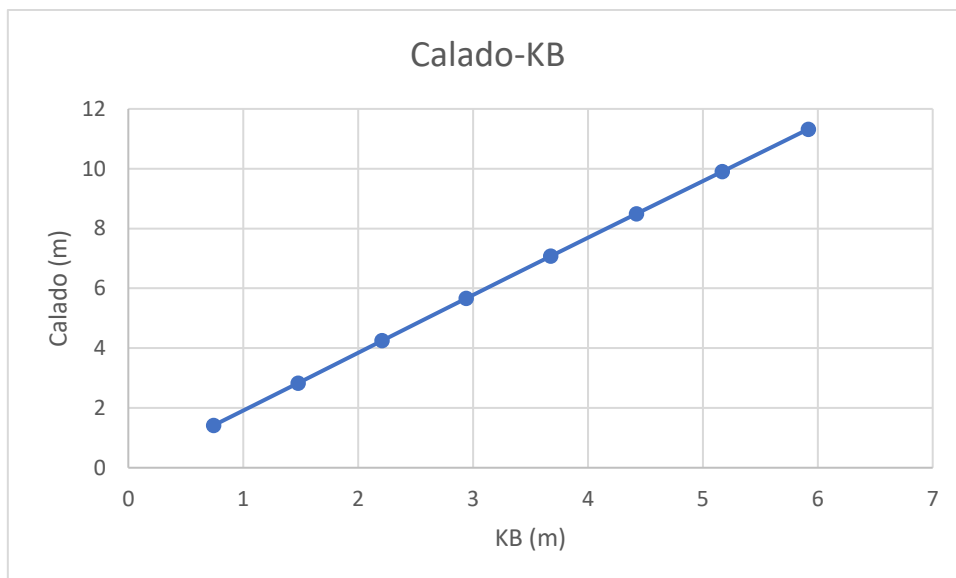


Gráfica 31. Calado frente a coeficientes.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



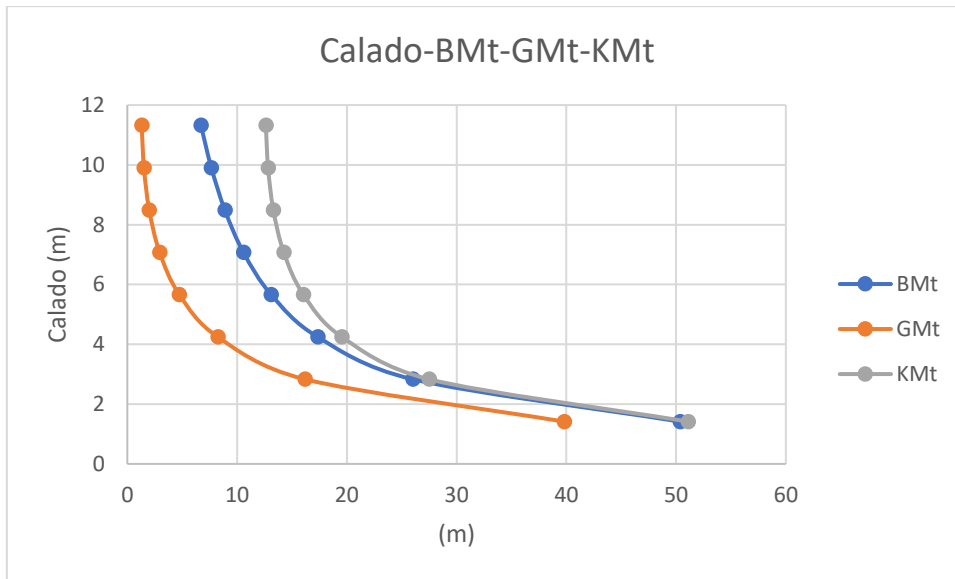
Gráfica 32. Calado frente a LCB y LCF.



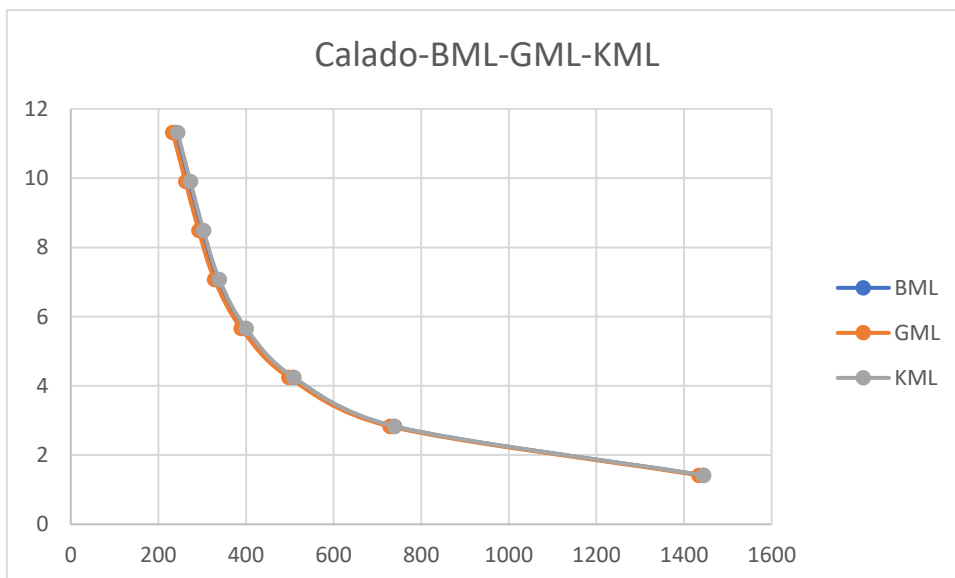
Gráfica 33. Calado frente a KB.



Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

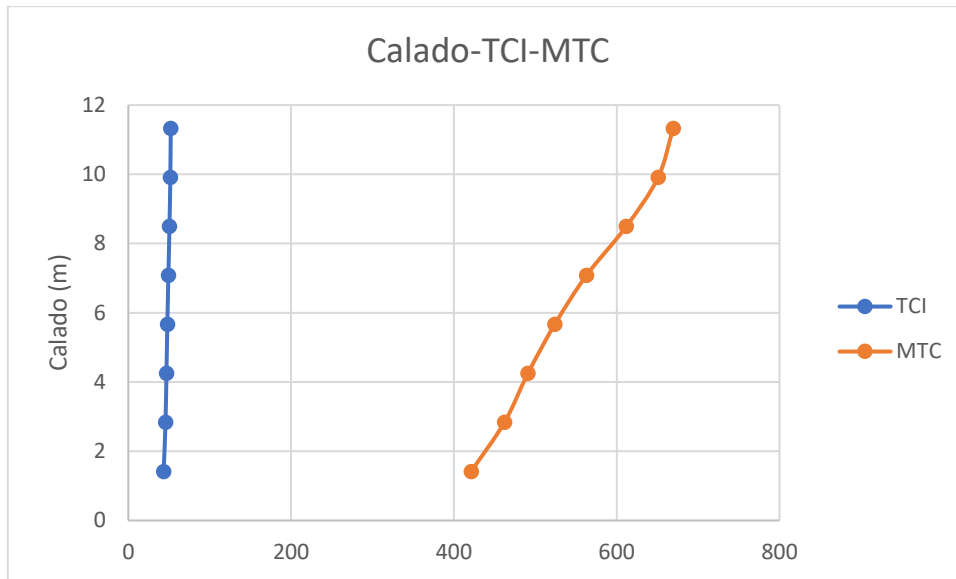


Gráfica 34. Calado frente a BMt, GMt, KMt.



Gráfica 35. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Gráfica 36. Calado frente a TCI, MTC.

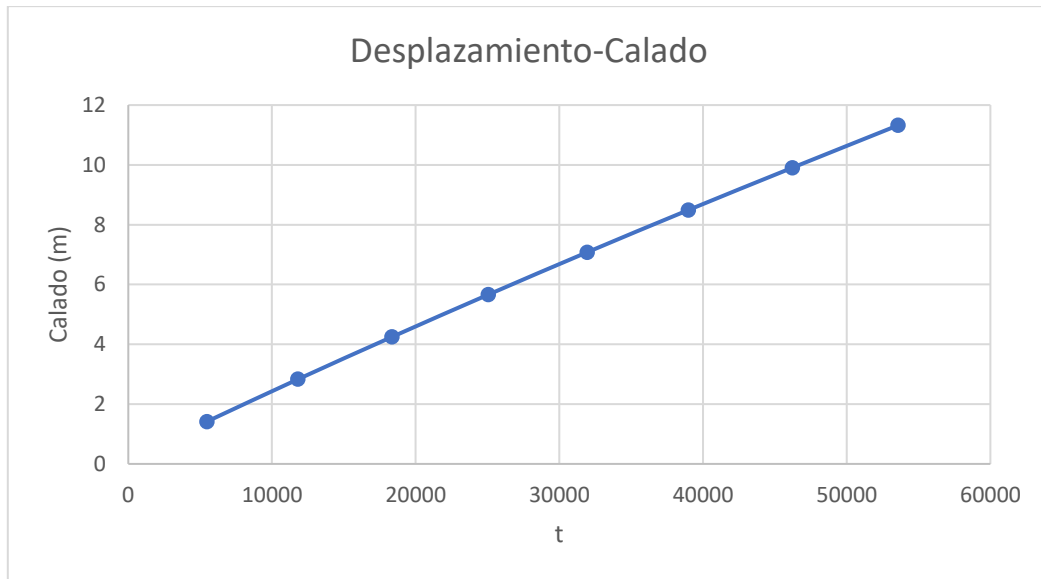
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

2.5 Trimado: 1.5m

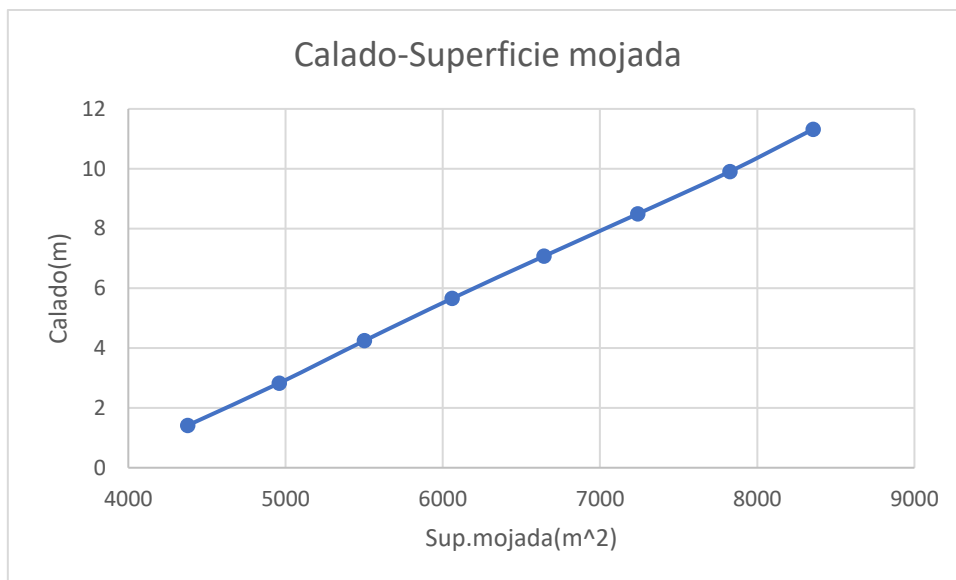
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	347,3	5323	11649	18213	24954	31878	38990	46263	53616
Calado en Ppr (m)	-0,75	0,665	2,08	3,495	4,91	6,325	7,74	9,155	10,57
Calado en Ppp (m)	0,75	2,165	3,58	4,995	6,41	7,825	9,24	10,655	12,07
Calado en flotación media (m)	0,26	1,371	2,782	4,204	5,632	7,063	8,496	9,918	11,336
Trimado (+ por popa)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Eslora de flotación (m)	82,142	177,476	177,842	179,77	181,874	183,629	185,281	185,628	185,978
Maxima manga en flotación (m)	26,484	29,822	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	1576,865	4354,395	4948,267	5500,834	6067,43	6662,194	7267,099	7837,924	8357,411
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	1568,856	4210,921	4461,225	4586,055	4710,125	4838,091	4970,492	5047,252	5090,782
Coeficiente prismático	0,526	0,612	0,707	0,742	0,761	0,774	0,785	0,799	0,81
Coeficiente de bloque	0,241	0,476	0,608	0,668	0,702	0,725	0,743	0,762	0,777
Coeficiente de la maestra	0,864	0,926	0,949	0,964	0,973	0,978	0,983	0,985	0,987
Coeficiente de flotación	0,721	0,796	0,829	0,843	0,856	0,871	0,887	0,899	0,905
P. long del centro de carena (m)	51,665	88,77	94,227	95,781	96,192	96,041	95,549	94,948	94,428
P. long del centro de flotación (m)	60,754	98,401	98,894	98,032	96,49	94,454	92,31	91,351	90,991
KB (m)	0,186	0,767	1,481	2,207	2,941	3,681	4,43	5,181	5,928
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	216,952	51,33	26,359	17,526	13,218	10,65	8,93	7,674	6,711
BML (m)	1636,928	1462,75	750,858	517,253	407,067	344,791	306,162	269,692	238,24
GMt (m)	205,485	40,744	16,53	8,436	4,865	3,036	2,06	1,551	1,33
GML (m)	1625,461	1452,163	741,029	508,163	398,714	337,177	299,293	263,569	232,86
KMt (m)	217,131	52,096	27,839	19,733	16,158	14,331	13,359	12,855	12,638
KML (m)	1637,06	1463,469	752,315	519,444	409,995	348,461	310,582	274,864	244,16
Toneladas por cm de inmersión	16,081	43,162	45,728	47,007	48,279	49,59	50,948	51,734	52,181
Momento para alterar el trimado 1cm	30,346	415,591	464,101	497,579	534,911	577,87	627,394	655,567	671,234
Momento adrizante <sup>TM</sup>	1245,312	3785,101	3360,632	2681,512	2118,663	1688,87	1401,862	1252,479	1244,857
Maáxima inclinación de cubierta	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621
Trimado (º)	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621	0,4621

Tabla 6. Datos hidrostáticos para trimado 1.5m.

#### Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

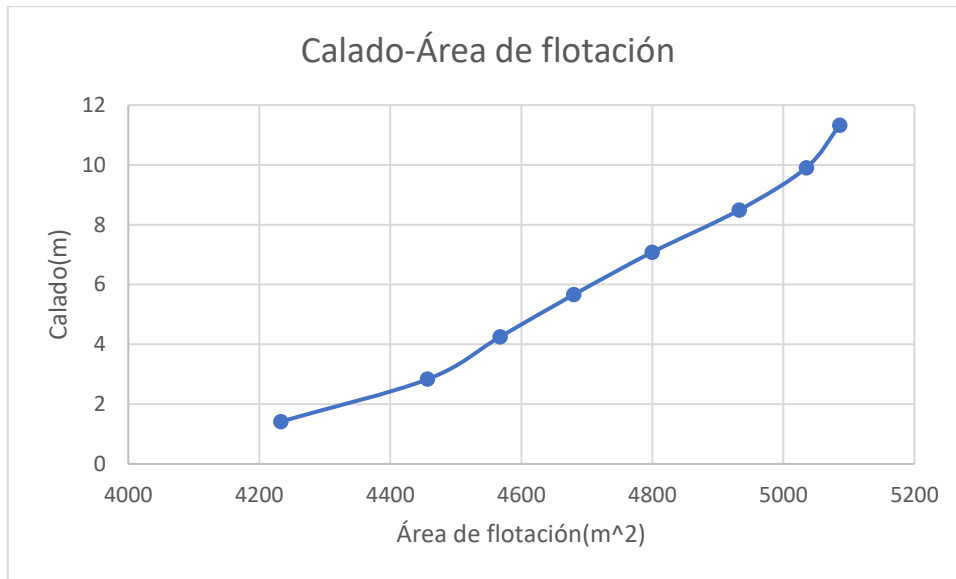


Gráfica 37. Desplazamiento frente a calado.

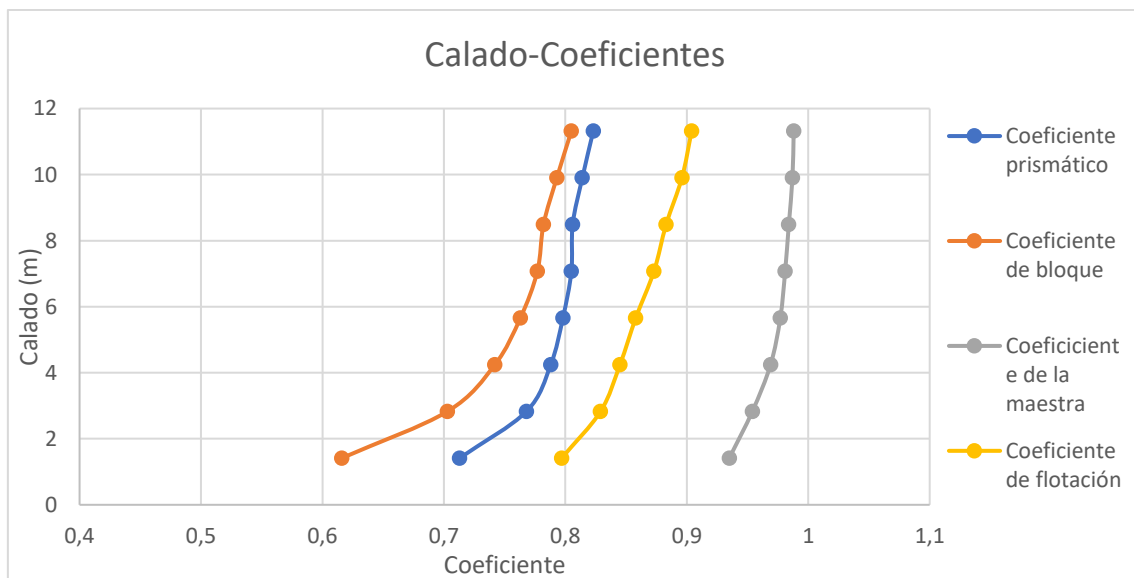


Gráfica 38. Calado frente a superficie mojada.

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

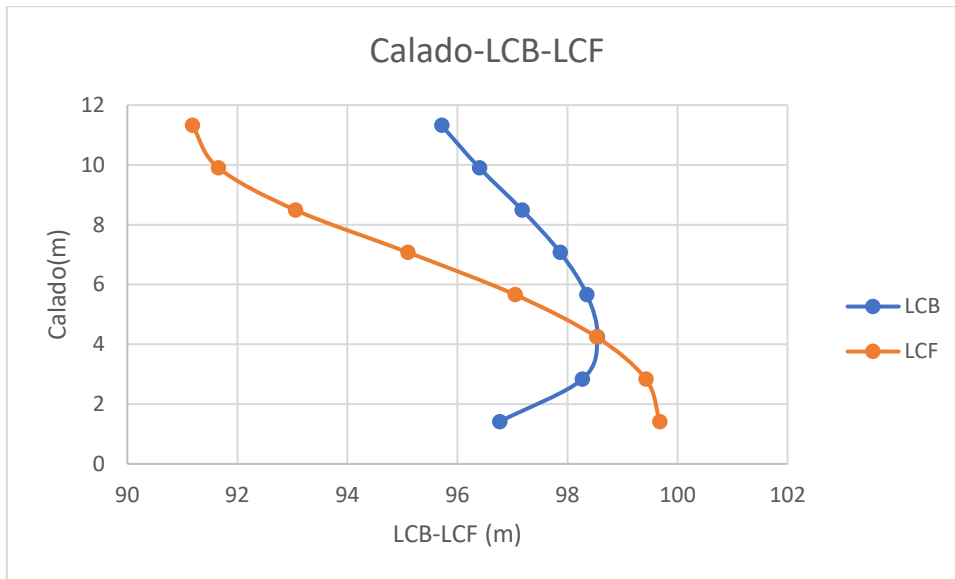


Gráfica 39. Calado frente a área de flotación.

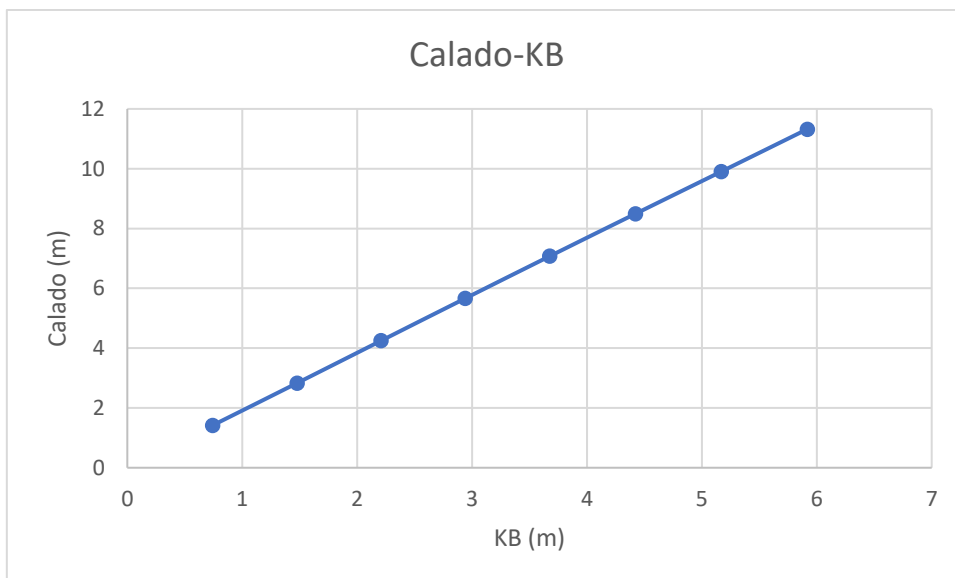


Gráfica 40. Calado frente a coeficientes.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

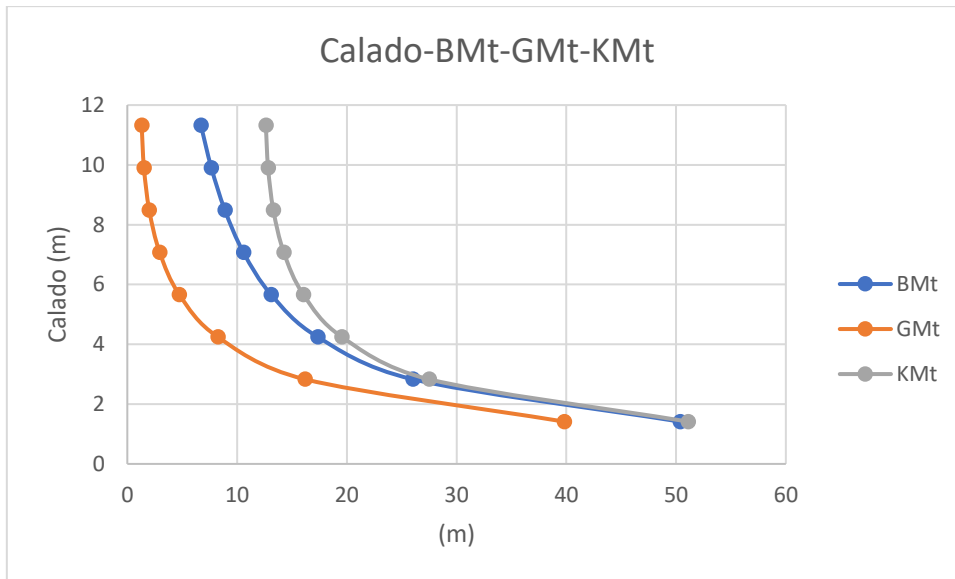


Gráfica 41. Calado frente a LCB y LCF.

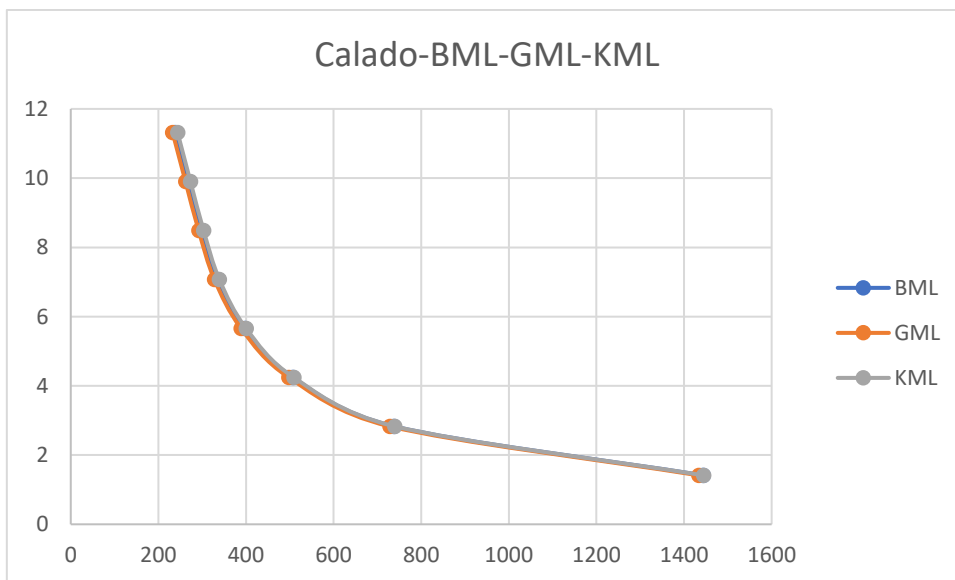


Gráfica 42. Calado frente a KB.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

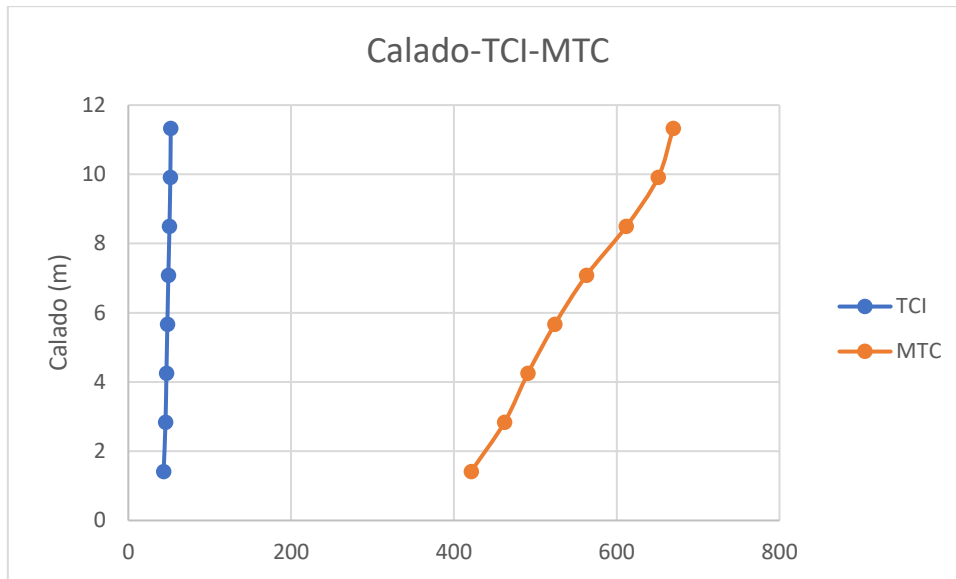


Gráfica 43. Calado frente a BMt, GMt, KMt.



Gráfica 44. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Gráfica 45. Calado frente a TCI, MTC.



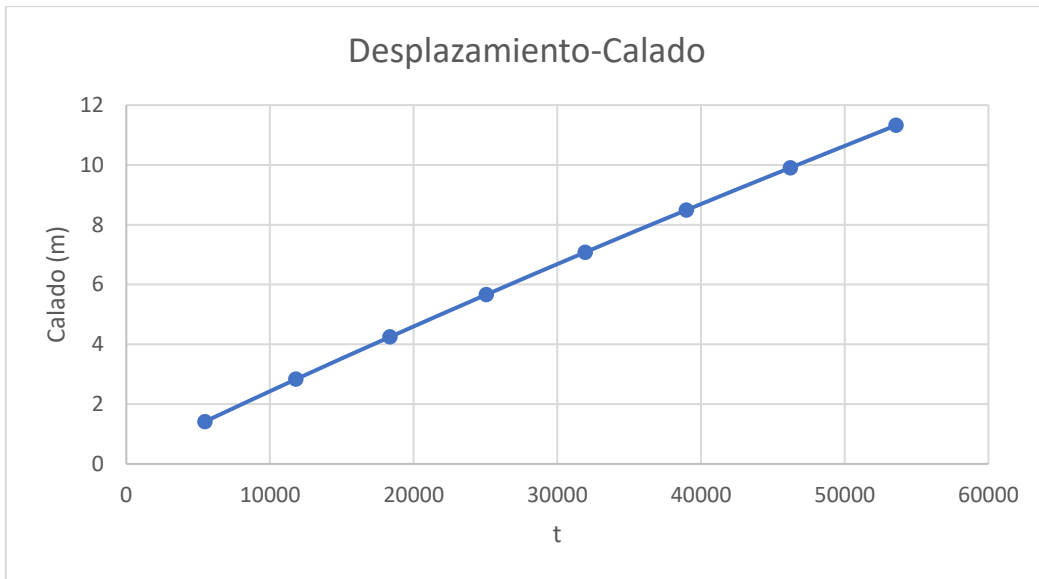
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

2.6 Trimado: 1m

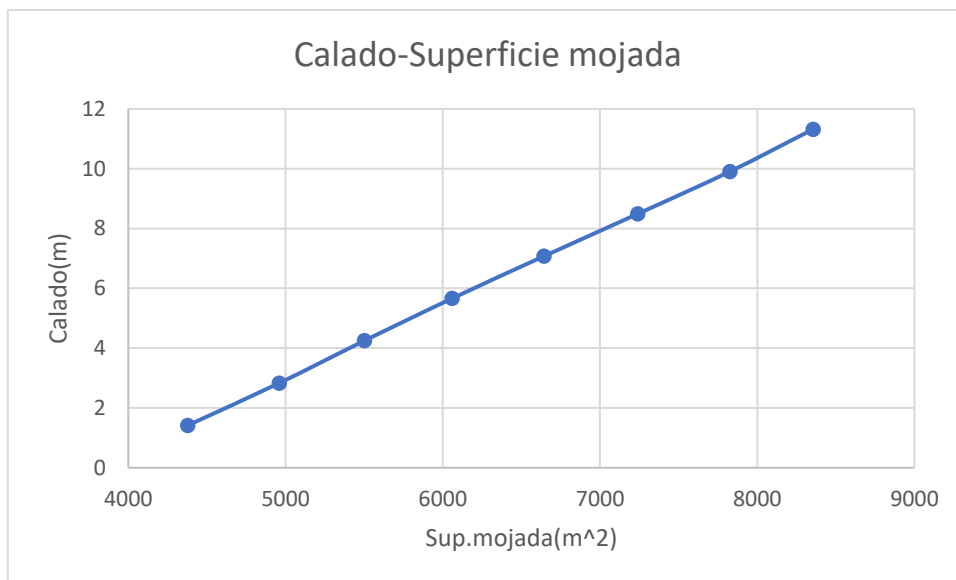
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	213,2	5390	11723	18278	25001	31899	38983	46241	53588
Calado en Ppr (m)	-0,5	0,915	2,33	3,745	5,16	6,575	7,99	9,405	10,82
Calado en Ppp (m)	0,5	1,915	3,33	4,745	6,16	7,575	8,99	10,405	11,82
Calado en flotación media (m)	0,169	1,382	2,797	4,217	5,64	7,065	8,492	9,913	11,33
Trimado (+ por popa)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Eslora de flotación (m)	81,782	178,547	177,769	179,259	181,079	182,704	185,3	185,653	186,002
Maxima manga en flotación (m)	25,673	29,752	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	1485,169	4368,367	4954,097	5500,35	6062,514	6652,422	7253,662	7832,07	8356,549
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	1480,137	4225,803	4459,446	4576,542	4694,463	4817,939	4951,867	5041,424	5088,328
Coeficiente prismático	0,518	0,659	0,738	0,765	0,779	0,79	0,794	0,807	0,817
Coeficiente de bloque	0,23	0,536	0,652	0,703	0,731	0,75	0,761	0,777	0,791
Coeficiente de la maestra	0,871	0,93	0,951	0,966	0,974	0,979	0,983	0,985	0,987
Coeficiente de flotación	0,705	0,795	0,829	0,844	0,857	0,872	0,883	0,898	0,904
P. long del centro de carena (m)	52,537	92,8	96,262	97,171	97,279	96,96	96,368	95,674	95,07
P. long del centro de flotación (m)	61,501	99,082	99,173	98,286	96,784	94,786	92,674	91,494	91,084
KB (m)	0,121	0,748	1,476	2,205	2,938	3,677	4,423	5,174	5,921
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	310,367	50,921	26,202	17,437	13,162	10,614	8,908	7,665	6,708
BML (m)	2410,948	1458,706	744,76	511,995	401,998	339,927	302,534	268,935	238,061
GMt (m)	298,951	40,348	16,375	8,345	4,804	2,993	2,03	1,534	1,32
GML (m)	2399,532	1448,133	734,934	502,902	393,639	332,306	295,656	262,804	232,673
KMt (m)	310,484	51,669	27,677	19,642	16,1	14,292	13,332	12,839	12,629
KML (m)	2411,034	1459,433	746,225	514,192	404,93	343,599	306,953	274,105	243,978
Toneladas por cm de inmersión	15,171	43,314	45,709	46,91	48,118	49,384	50,757	51,675	52,155
Momento para alterar el trimado 1cm	27,499	419,632	463,22	494,184	529,1	569,905	619,659	653,348	670,349
Momento adrizante <sup>TM</sup>	1112,143	3795,368	3350,417	2661,927	2095,949	1666,32	1381,052	1237,715	1234,529
Maáxima inclinación de cubierta	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308
Trimado (°)	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308	0,308

Tabla 7. Datos hidrostáticos para trimado 1m.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

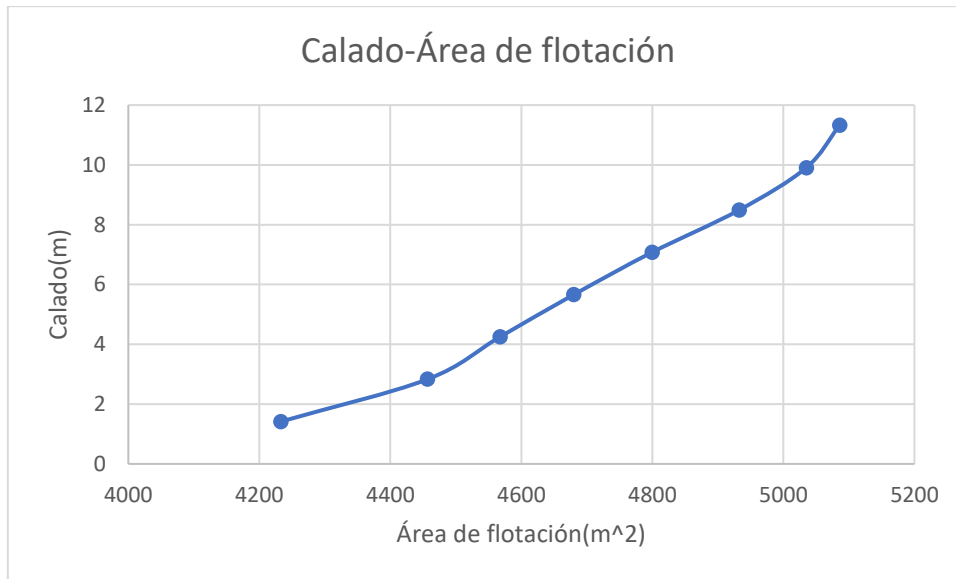


Gráfica 46. Desplazamiento frente a calado.

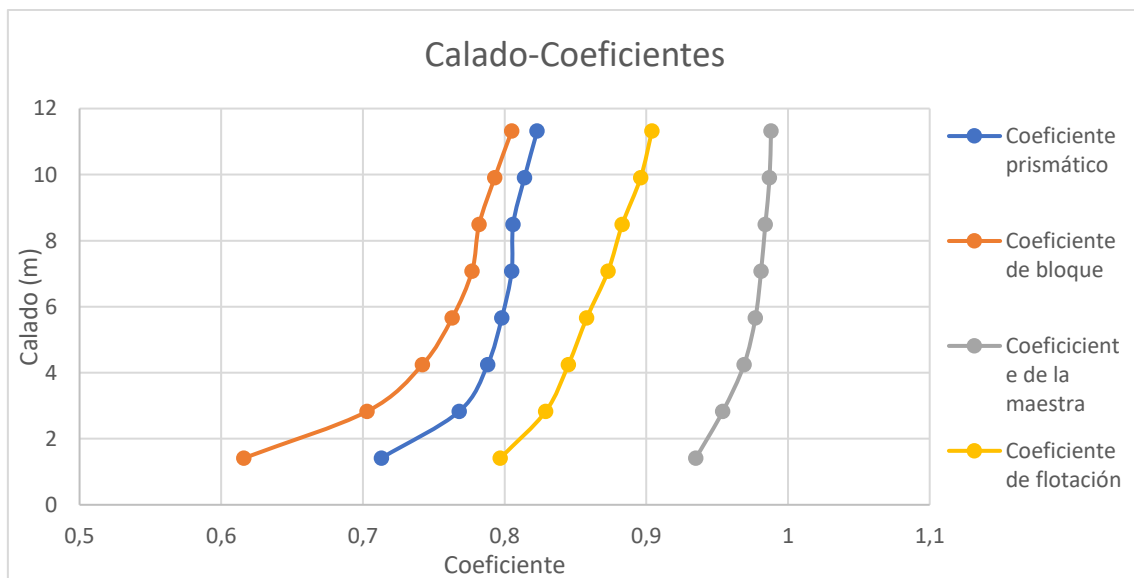


Gráfica 47. Calado frente a superficie mojada.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

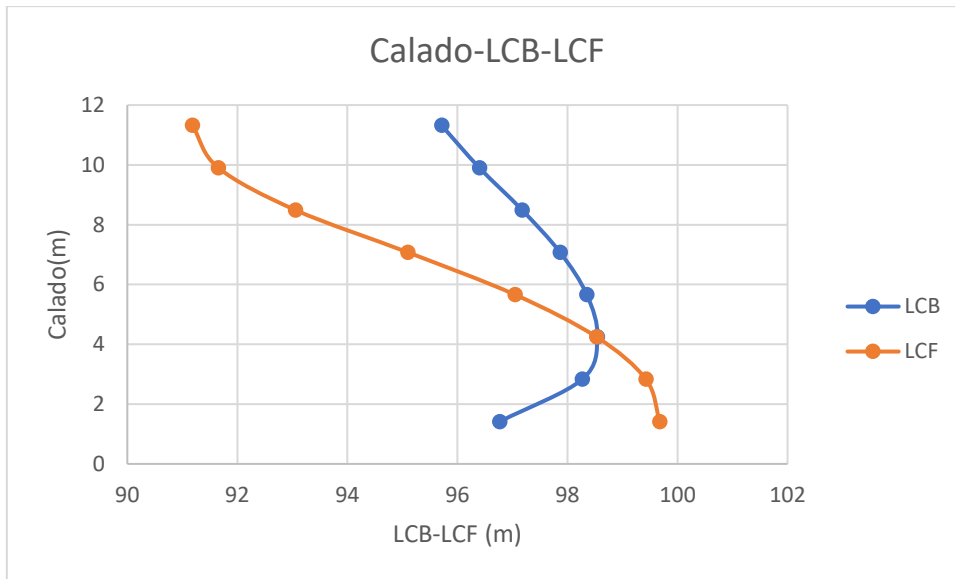


Gráfica 48. Calado frente a área de flotación.

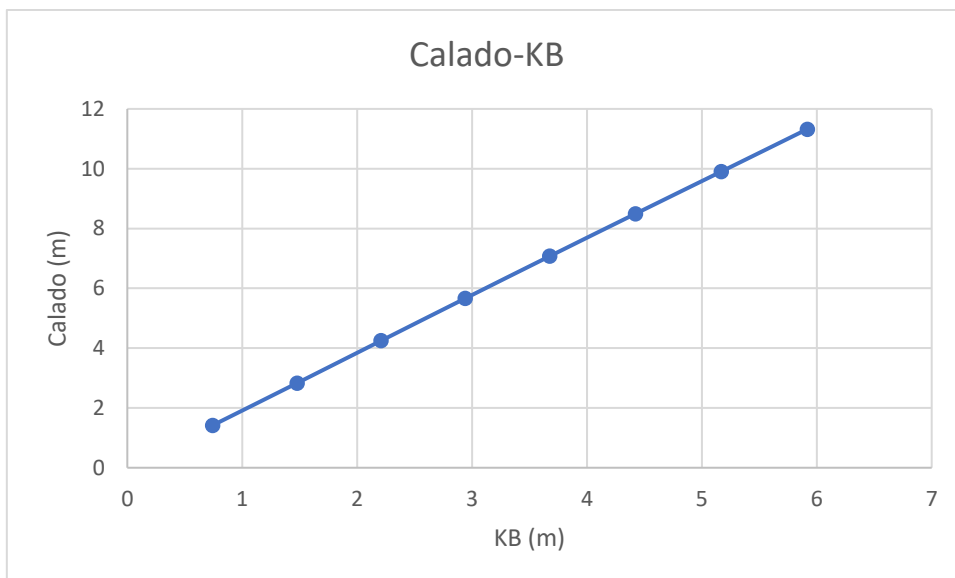


Gráfica 49. Calado frente a coeficientes.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

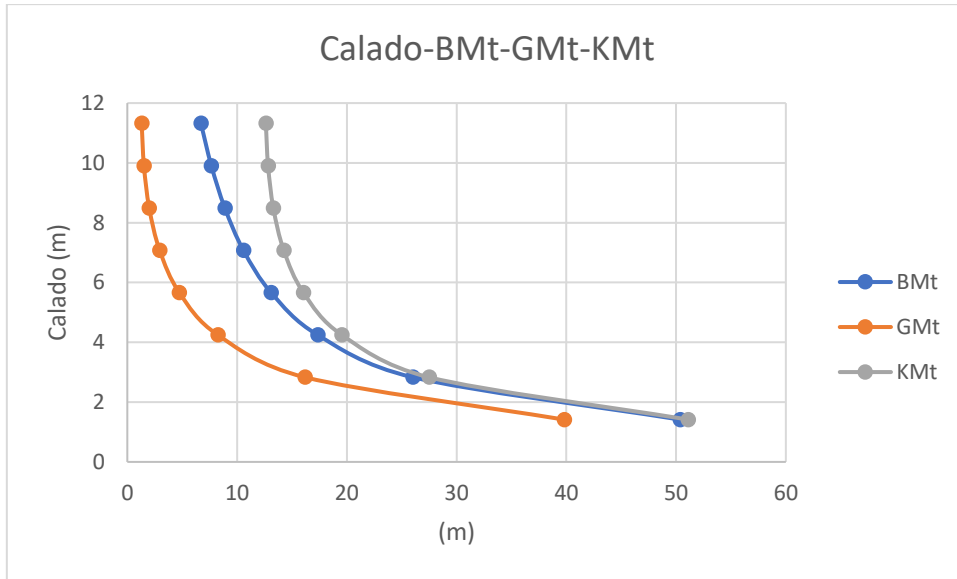


Gráfica 50. Calado frente a LCB y LCF.

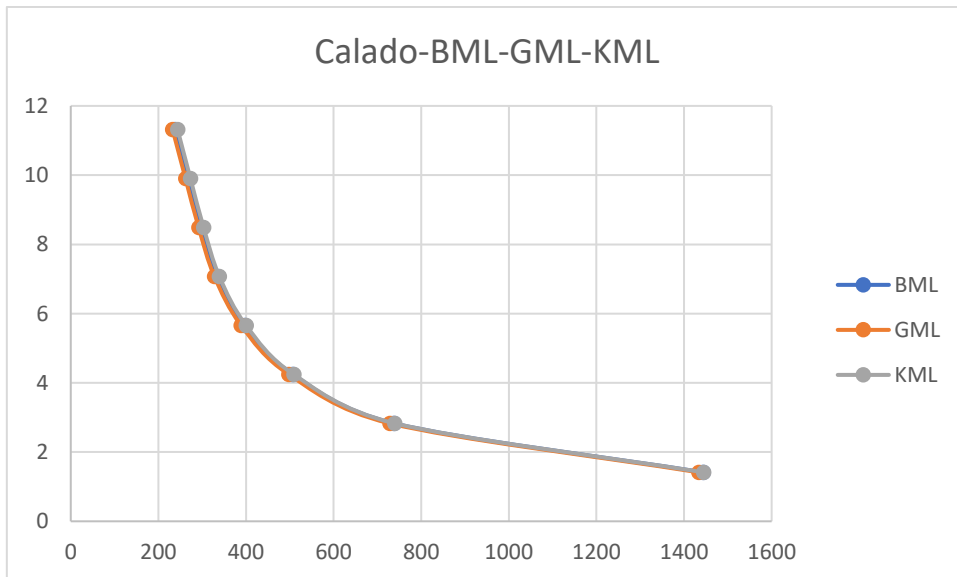


Gráfica 51. Calado frente a KB.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

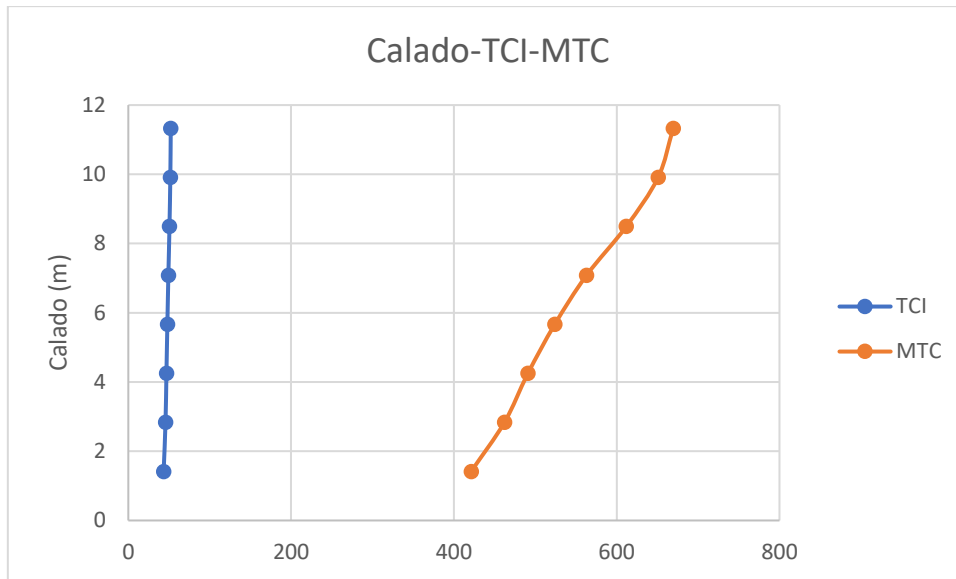


Gráfica 52. Calado frente a BMt, GMt, KMt.



Gráfica 53. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



Gráfica 54. Calado frente a TCI, MTC.

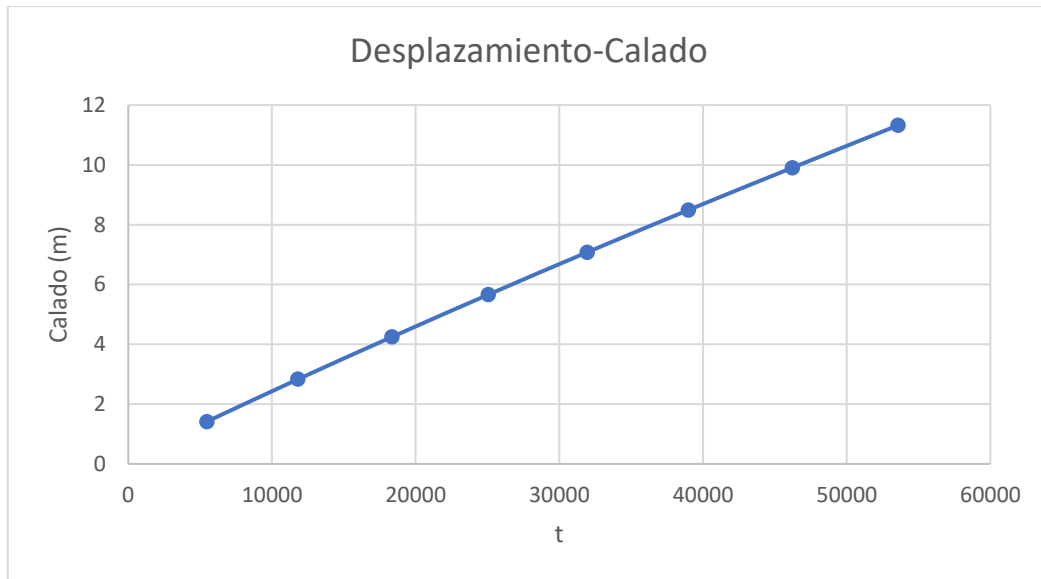
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

2.7 Trimado: 0.5m

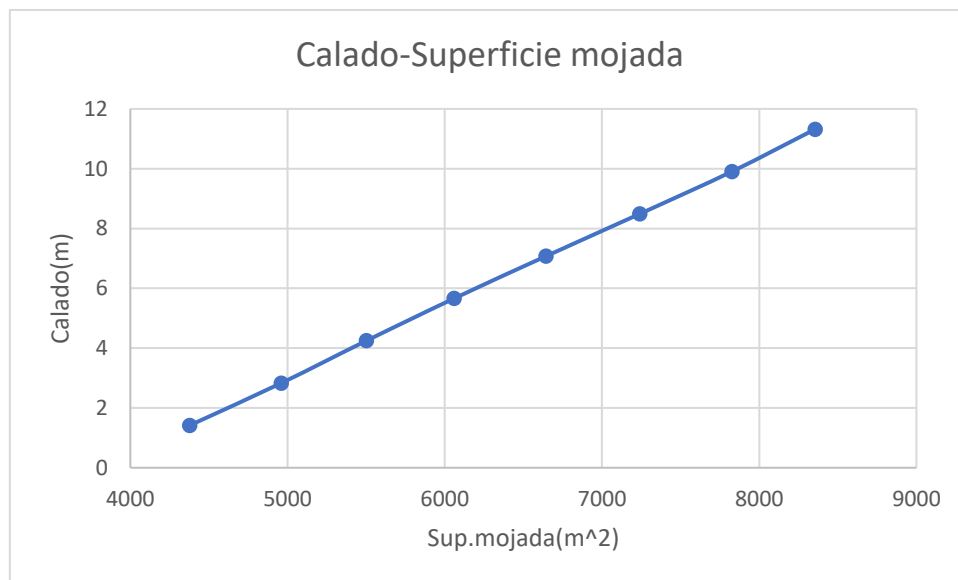
Draft Amidships	0	1,415	2,83	4,245	5,66	7,075	8,49	9,905	11,32
Desplazamiento (t)	92,48	5464	11801	18346	25051	31925	38981	46221	53562
Calado en Ppr (m)	-0,25	1,165	2,58	3,995	5,41	6,825	8,24	9,655	11,07
Calado en Ppp (m)	0,25	1,665	3,08	4,495	5,91	7,325	8,74	10,155	11,57
Calado en flotación media (m)	0,081	1,397	2,813	4,23	5,649	7,069	8,49	9,909	11,325
Trimado (+ por popa)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Eslora de flotación (m)	81,382	178,897	177,771	178,744	180,29	181,788	184,76	185,679	186,027
Maxima manga en flotación (m)	23,951	29,684	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25	30,25
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	1337,058	4376,677	4959,564	5500,537	6058,697	6643,668	7240,169	7825,865	8355,567
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	1334,975	4232,699	4456,562	4567,185	4679,916	4799,328	4932,488	5034,797	5085,582
Coeficiente prismático	0,502	0,713	0,768	0,788	0,798	0,805	0,806	0,814	0,823
Coeficiente de bloque	0,215	0,616	0,703	0,742	0,763	0,777	0,782	0,793	0,805
Coeficiente de la maestra	0,871	0,935	0,954	0,969	0,977	0,981	0,984	0,987	0,988
Coeficiente de flotación	0,685	0,797	0,829	0,845	0,858	0,873	0,883	0,896	0,904
P. long del centro de carena (m)	54,033	96,768	98,269	98,543	98,352	97,866	97,176	96,398	95,712
P. long del centro de flotación (m)	62,737	99,678	99,425	98,529	97,046	95,099	93,055	91,653	91,184
KB (m)	0,058	0,741	1,477	2,207	2,939	3,676	4,42	5,169	5,916
KG (m)	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32	11,32
BMt (m)	564,087	50,373	26,031	17,346	13,105	10,578	8,886	7,655	6,705
BML (m)	4698,025	1444,127	738,049	506,762	397,269	335,466	298,737	268,033	237,835
GMt (m)	552,721	39,805	16,201	8,248	4,739	2,947	1,997	1,513	1,307
GML (m)	4686,659	1433,559	728,22	497,664	388,903	327,835	291,848	261,891	232,438
KMt (m)	564,143	51,114	27,507	19,553	16,044	14,254	13,305	12,824	12,62
KML (m)	4698,066	1444,863	739,523	508,967	400,207	339,141	303,156	273,201	243,75
Toneladas por cm de inmersión	13,683	43,385	45,68	46,814	47,969	49,193	50,558	51,607	52,127
Momento para alterar el trimado 1cm	23,303	421,136	462,019	490,856	523,791	562,689	611,646	650,798	669,346
Momento adrizante <sup>TM</sup>	892,107	3795,856	3336,723	2640,901	2071,836	1642,222	1358,427	1220,534	1222,135
Maáxima inclinación de cubierta	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
Trimado (°)	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154

Tabla 8. Datos hidrostáticos para trimado 0.5m.

#### Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.



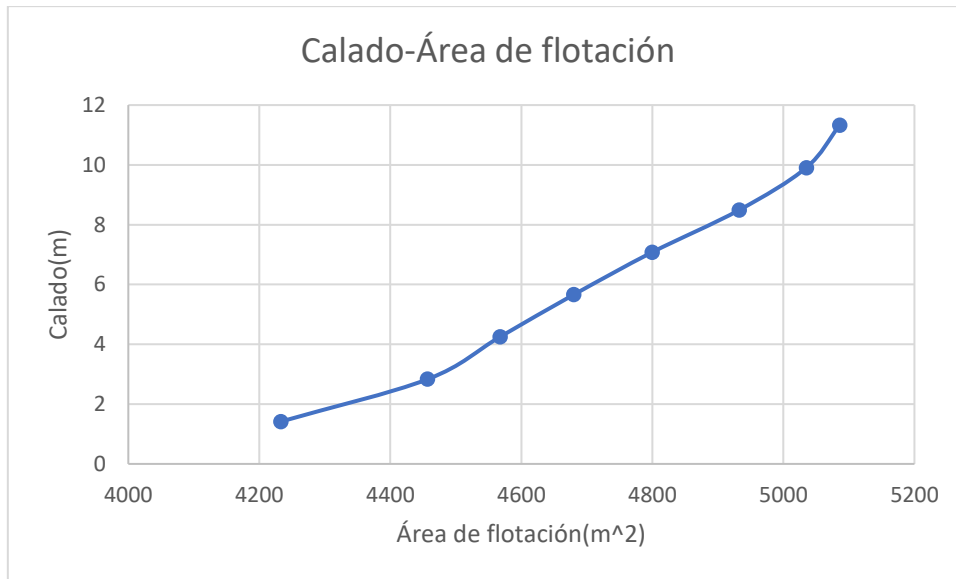
Gráfica 55. Calado frente a desplazamiento.



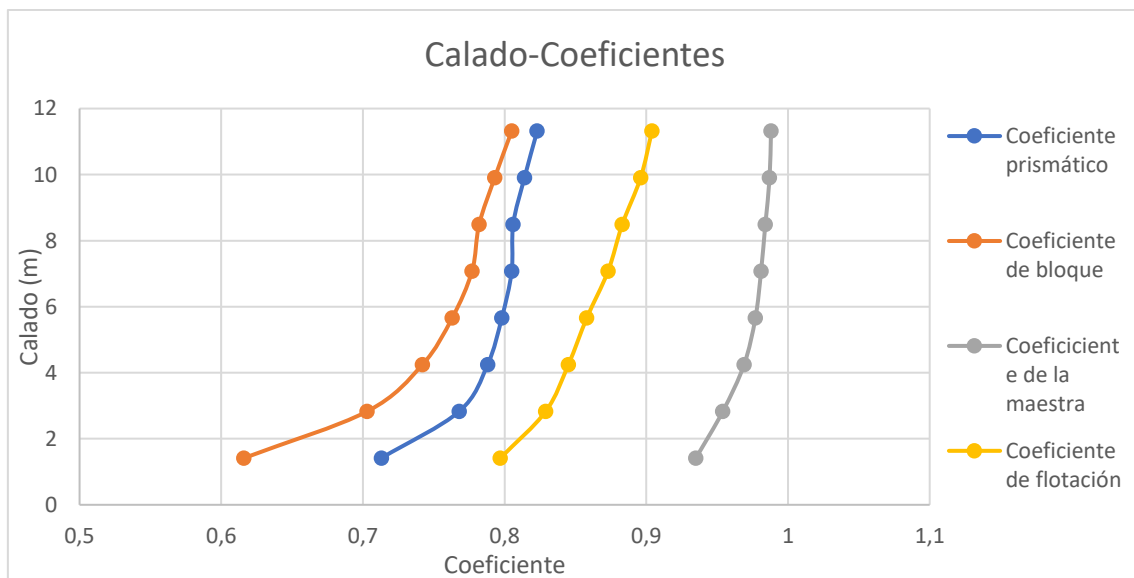
Gráfica 56. Calado frente a superficie mojada.



## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

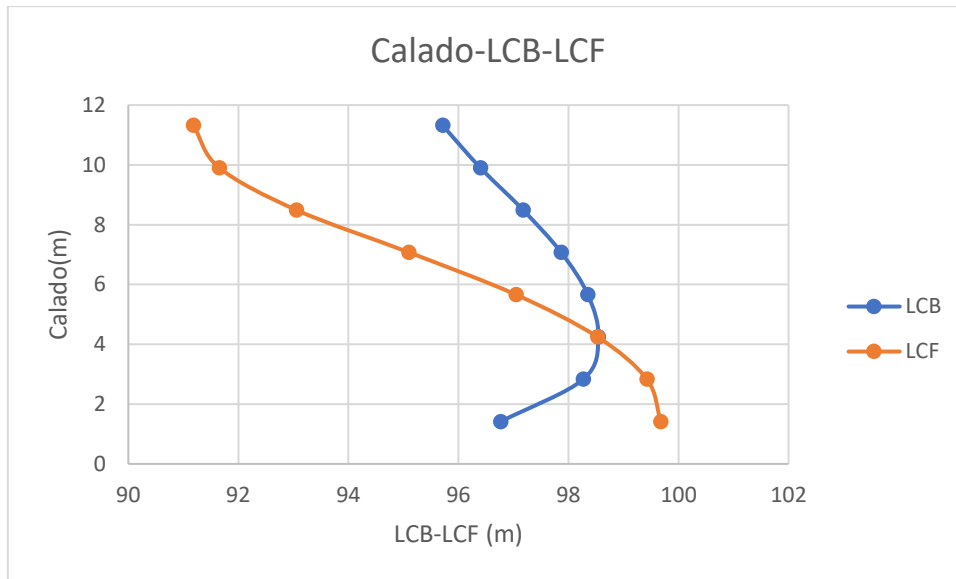


Gráfica 57. Calado frente a área de flotación.

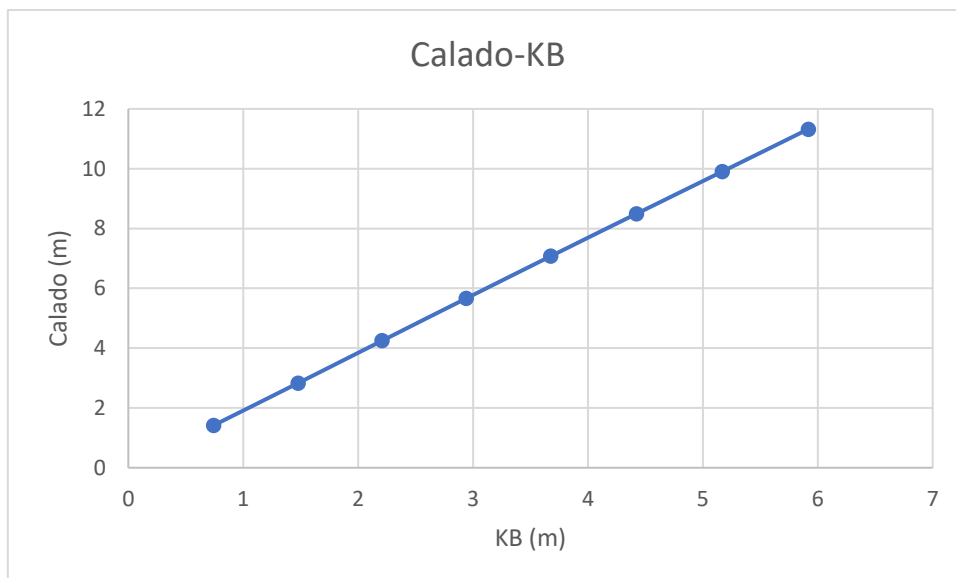


Gráfica 58. Calado frente a coeficientes.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

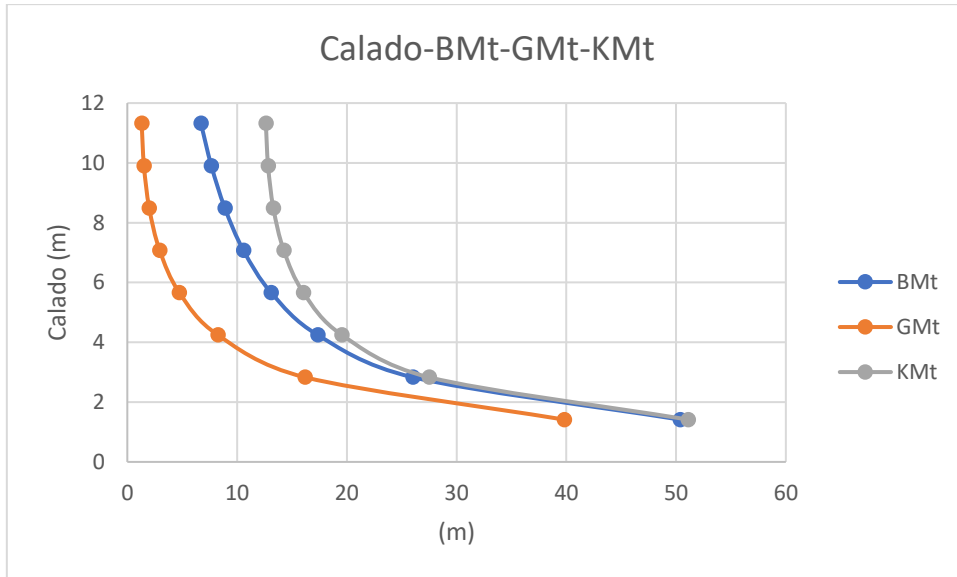


Gráfica 59. Calado frente a LCB y LCF.

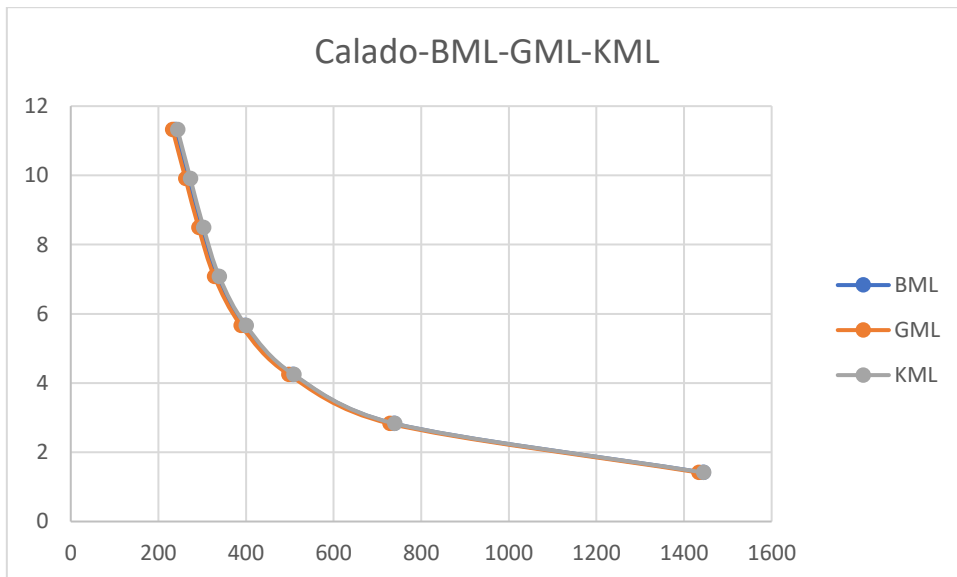


Gráfica 60. Calado frente a KB.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

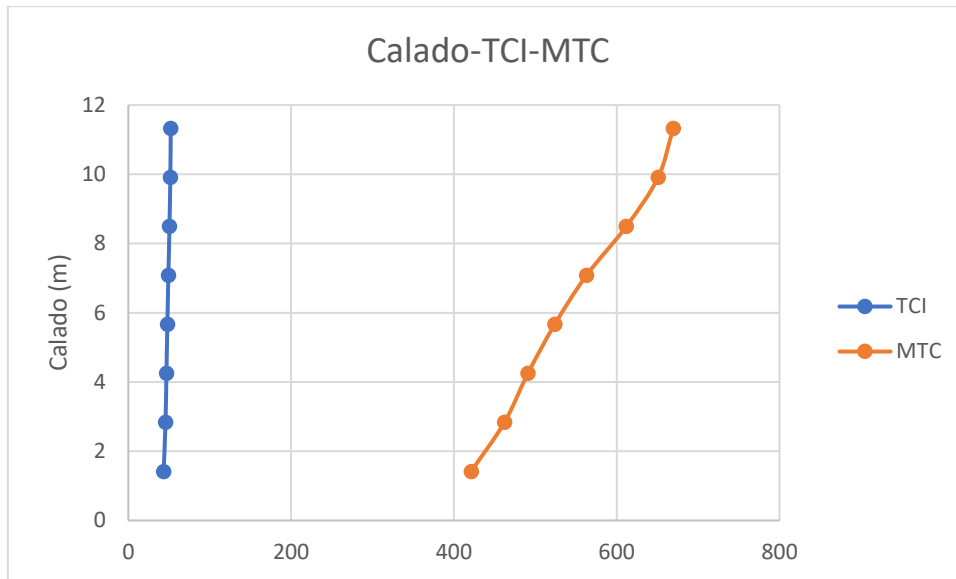


Gráfica 61. Calado frente a BMt, GMt, KMt.



Gráfica 62. Calado frente a BML, GML, KML.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

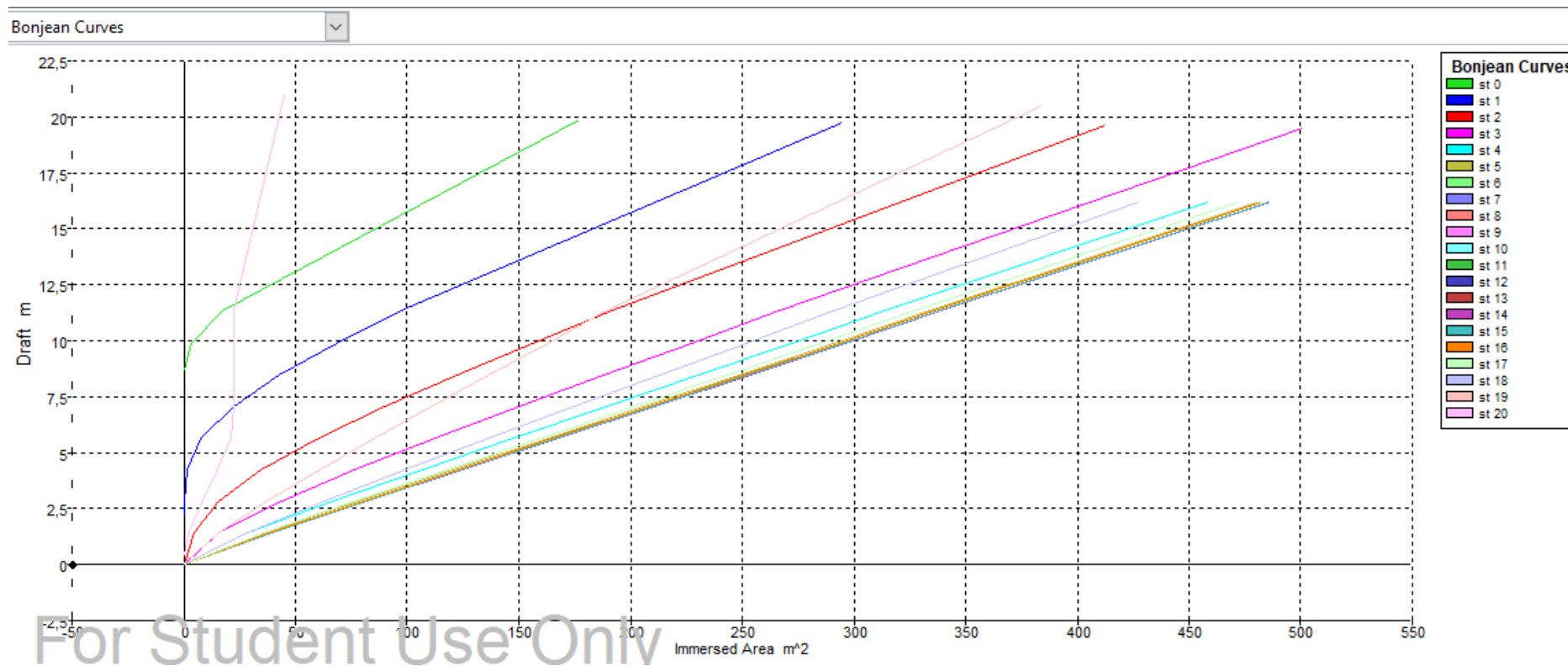


Gráfica 63. Calado frente a TCI, MTC.

### 3. Curvas de Bonjean

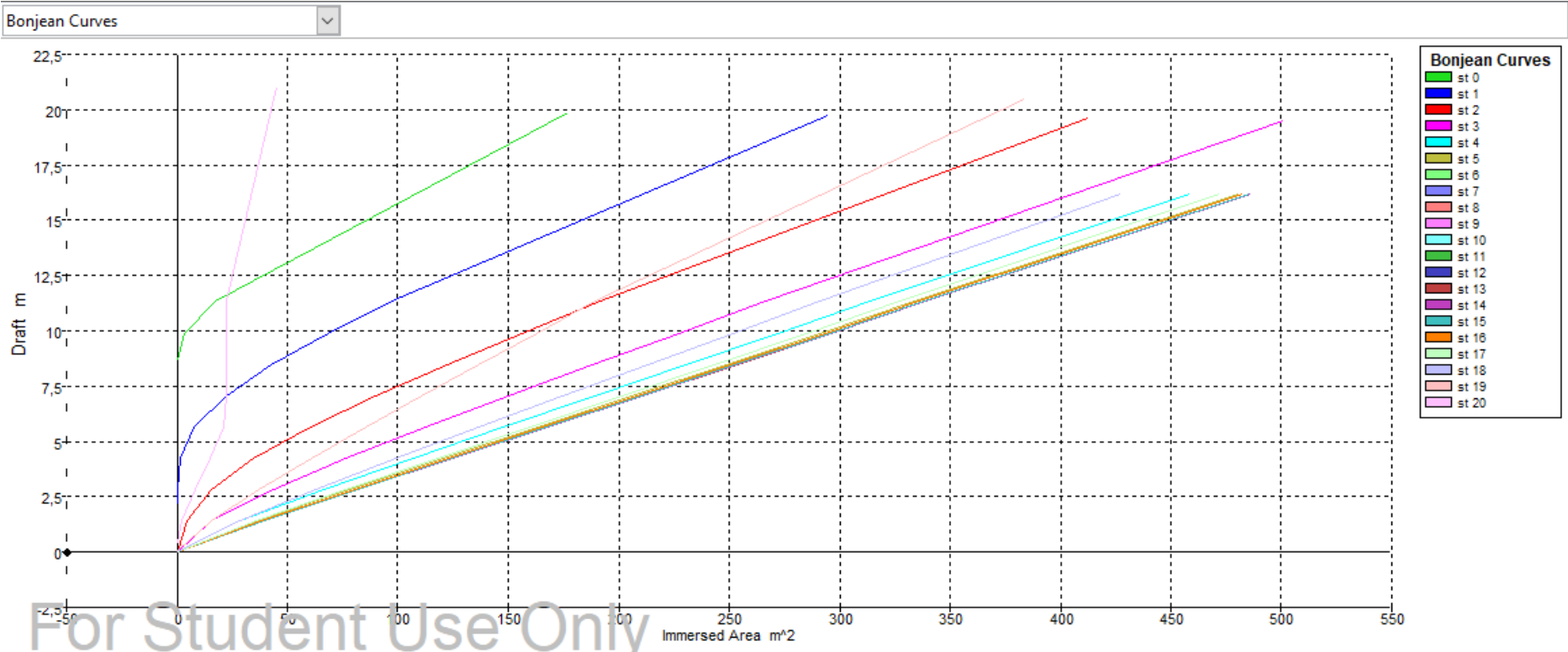
A continuación, se muestran las curvas de Bonjean para los distintos trimados.

#### 3.1 Trimado: 0m



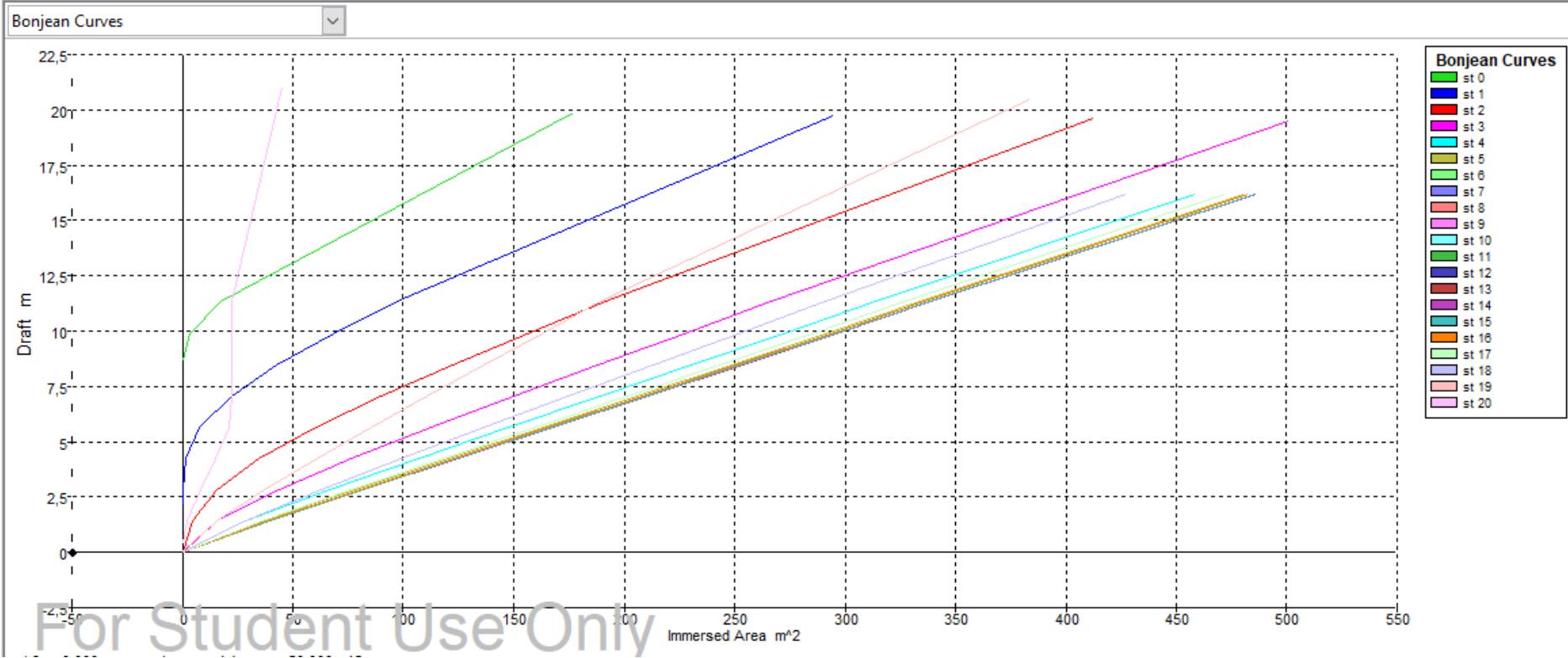
Gráfica 64. Curvas de Bonjean para trimado 0.

3.2 Trimado: -1.5m



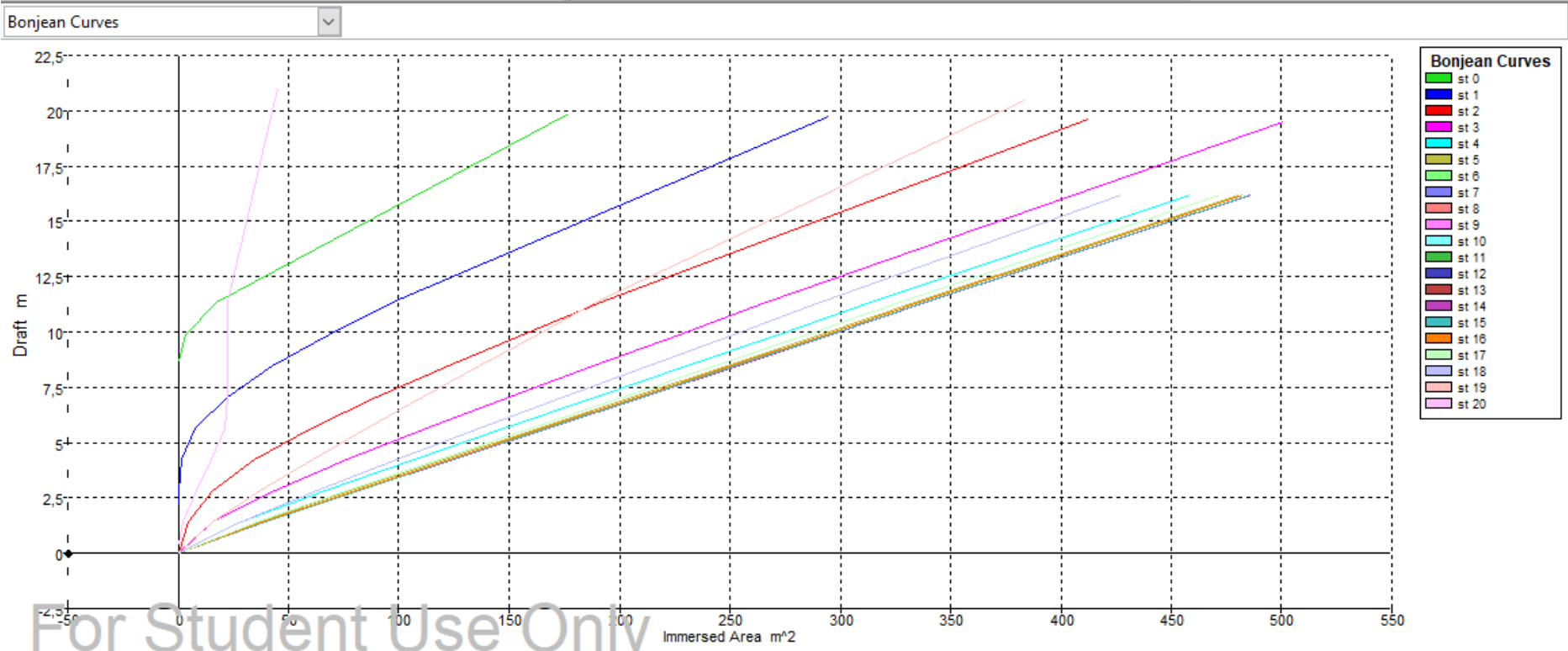
Gráfica 65. Curvas de Bonjean para trimado -1.5.

3.3 Trimado: -1m



Gráfica 66. Curvas de Bonjean para trimado -1.

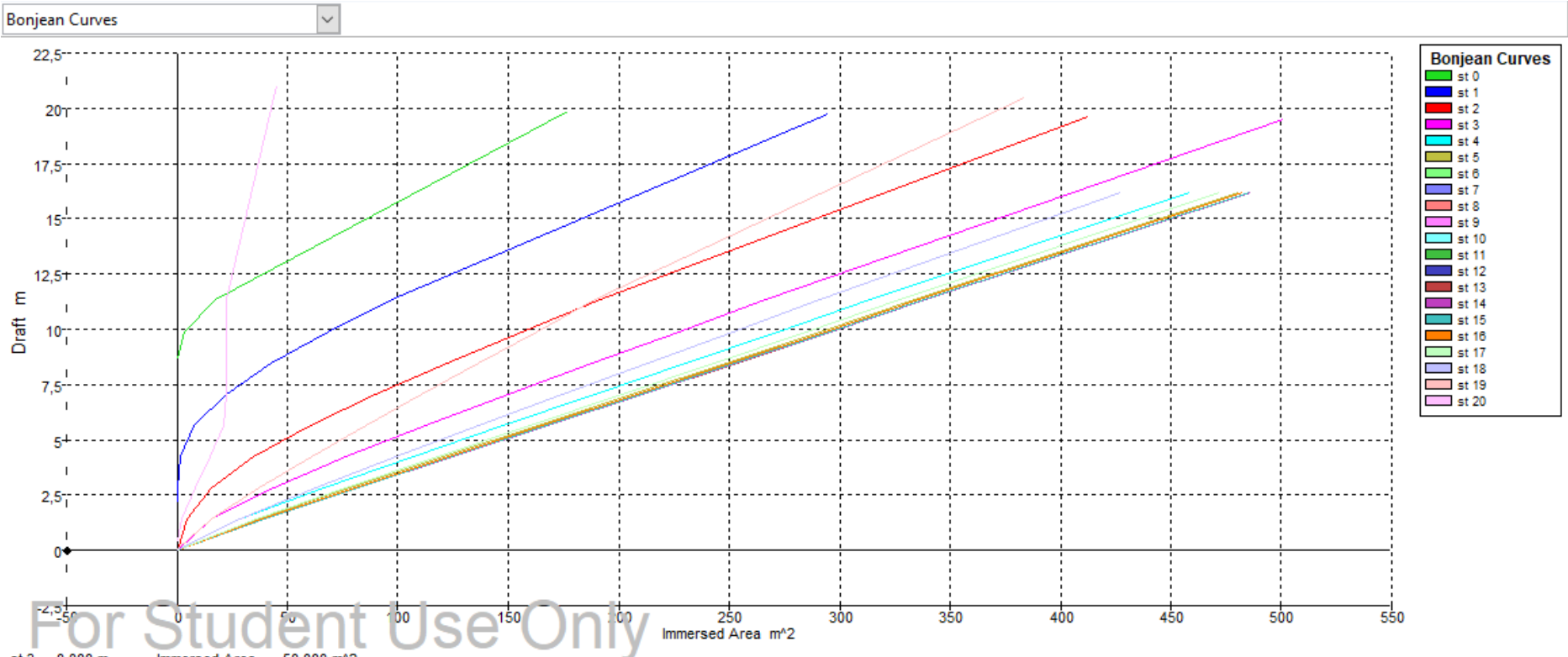
3.4 Trimado: -0.5m



Gráfica 67. Curvas de Bonjean para trimado -0.5.

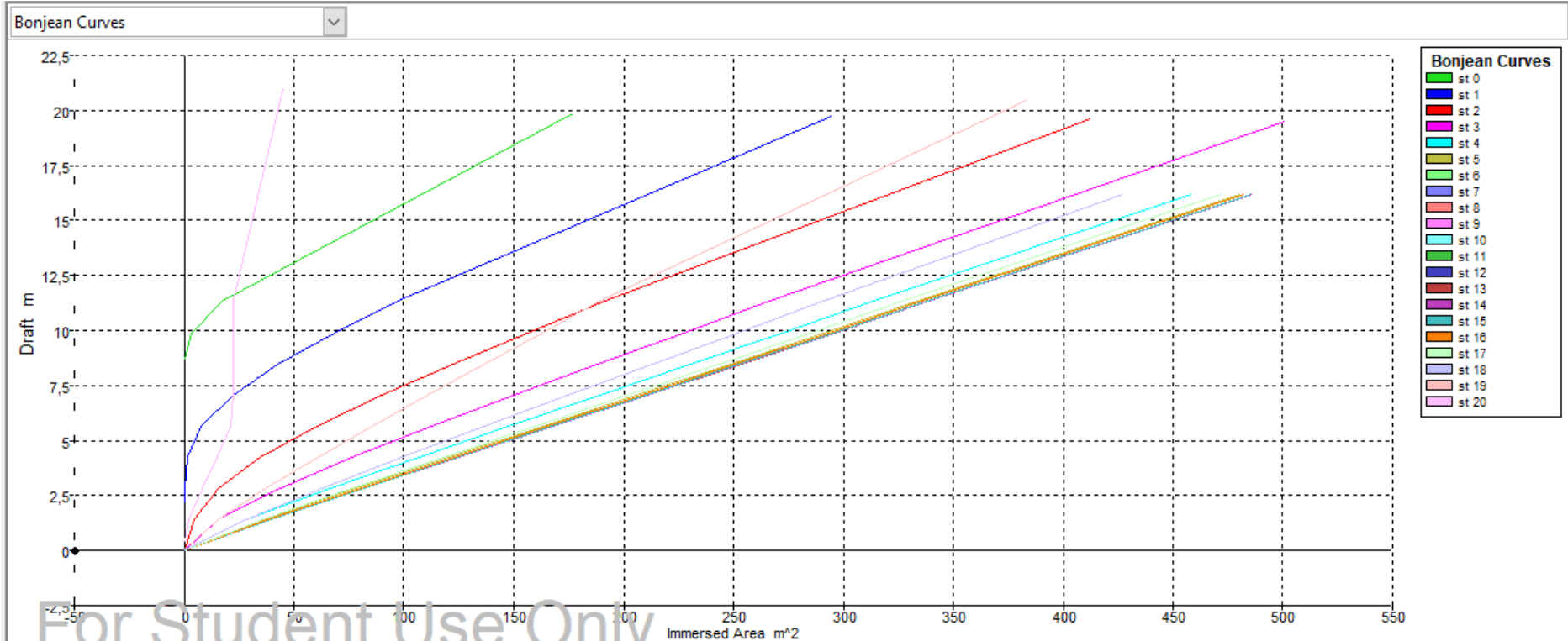


3.5 Trimado: 0.5m



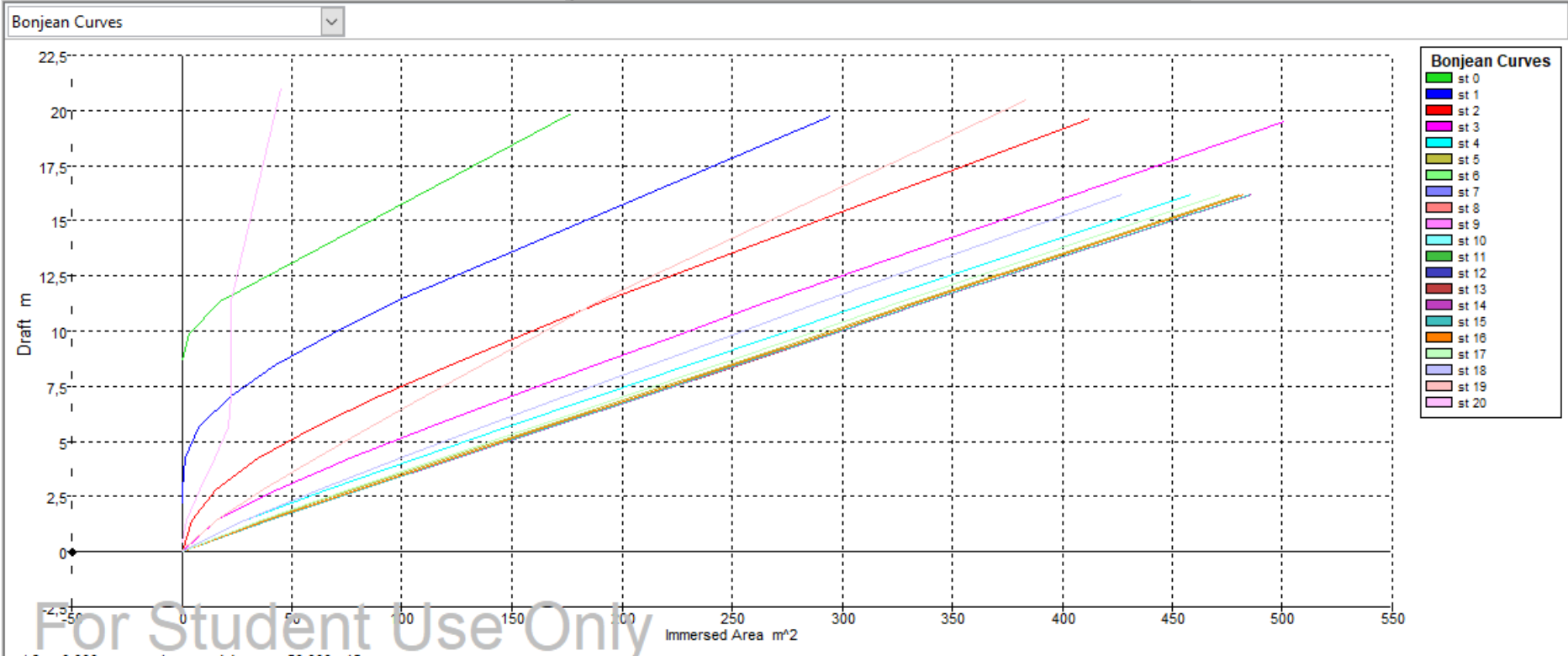
Gráfica 68. Curvas de Bonjean para trimado 0.5

3.6 Trimado: 1m



Gráfica 69. Curvas de Bonjean para trimado 1.

3.7 Trimado: 1.5m



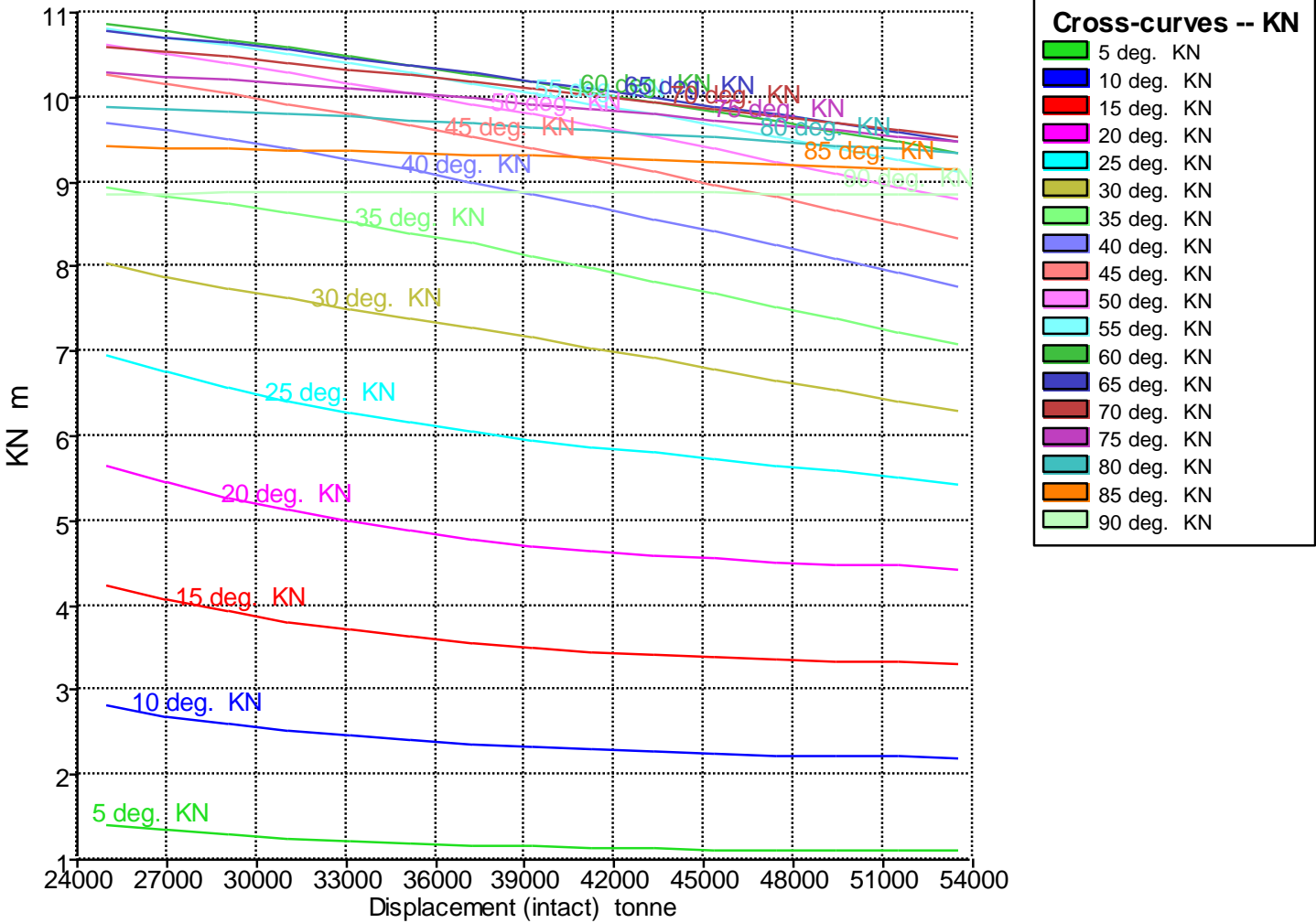
Gráfica 70. Bonjean para trimado 1.5.

## 4. Curvas KN

### 4.1 Trimado: 0m

Desplazamiento (t)	Calado (m)	KN (5)	KN (10)	KN (15)	KN (20)	KN (25)	KN (30)	KN (35)	KN (40)	KN (45)	KN (50)	KN (55)	KN (60)	KN (65)	KN (70)	KN (75)	KN (80)	KN (85)	KN (90)
25000	5,638	1,4	2,813	4,245	5,657	6,948	8,027	8,935	9,704	10,258	10,612	10,807	10,859	10,782	10,589	10,29	9,897	9,417	8,86
27038	6,063	1,342	2,696	4,072	5,45	6,755	7,881	8,836	9,617	10,157	10,51	10,713	10,777	10,713	10,532	10,25	9,871	9,406	8,865
29077	6,485	1,295	2,601	3,928	5,273	6,578	7,745	8,744	9,513	10,045	10,401	10,612	10,687	10,636	10,472	10,203	9,841	9,393	8,868
31115	6,903	1,256	2,522	3,808	5,12	6,418	7,618	8,644	9,397	9,926	10,288	10,505	10,591	10,554	10,405	10,152	9,807	9,377	8,871
33153	7,319	1,224	2,457	3,709	4,99	6,276	7,499	8,53	9,272	9,803	10,17	10,395	10,49	10,468	10,334	10,099	9,77	9,359	8,873
35192	7,731	1,198	2,403	3,627	4,88	6,151	7,388	8,404	9,14	9,675	10,049	10,281	10,386	10,376	10,26	10,041	9,733	9,342	8,874
37230	8,141	1,176	2,359	3,559	4,787	6,043	7,277	8,269	9,002	9,543	9,924	10,164	10,28	10,282	10,181	9,983	9,695	9,323	8,875
39269	8,546	1,158	2,323	3,503	4,709	5,949	7,159	8,128	8,86	9,407	9,795	10,045	10,171	10,187	10,1	9,922	9,654	9,302	8,875
41307	8,949	1,143	2,293	3,457	4,645	5,869	7,037	7,981	8,714	9,266	9,662	9,922	10,061	10,09	10,02	9,859	9,611	9,281	8,874
43345	9,349	1,131	2,269	3,42	4,593	5,8	6,912	7,831	8,564	9,122	9,526	9,797	9,948	9,993	9,94	9,796	9,567	9,258	8,872
45384	9,746	1,122	2,249	3,389	4,55	5,732	6,787	7,681	8,412	8,974	9,387	9,668	9,833	9,895	9,859	9,733	9,522	9,233	8,87
47422	10,142	1,114	2,234	3,365	4,515	5,659	6,661	7,531	8,256	8,822	9,243	9,537	9,717	9,795	9,776	9,669	9,478	9,208	8,866
49460	10,536	1,108	2,222	3,346	4,488	5,583	6,537	7,381	8,097	8,667	9,096	9,402	9,598	9,692	9,693	9,605	9,433	9,184	8,862
51499	10,929	1,104	2,213	3,331	4,466	5,502	6,415	7,233	7,937	8,508	8,946	9,265	9,477	9,589	9,608	9,54	9,389	9,161	8,861
53537	11,32	1,101	2,207	3,322	4,435	5,419	6,295	7,087	7,776	8,346	8,793	9,126	9,353	9,483	9,522	9,474	9,344	9,139	8,86

Tabla 9. Valores KN para trimado 0m.



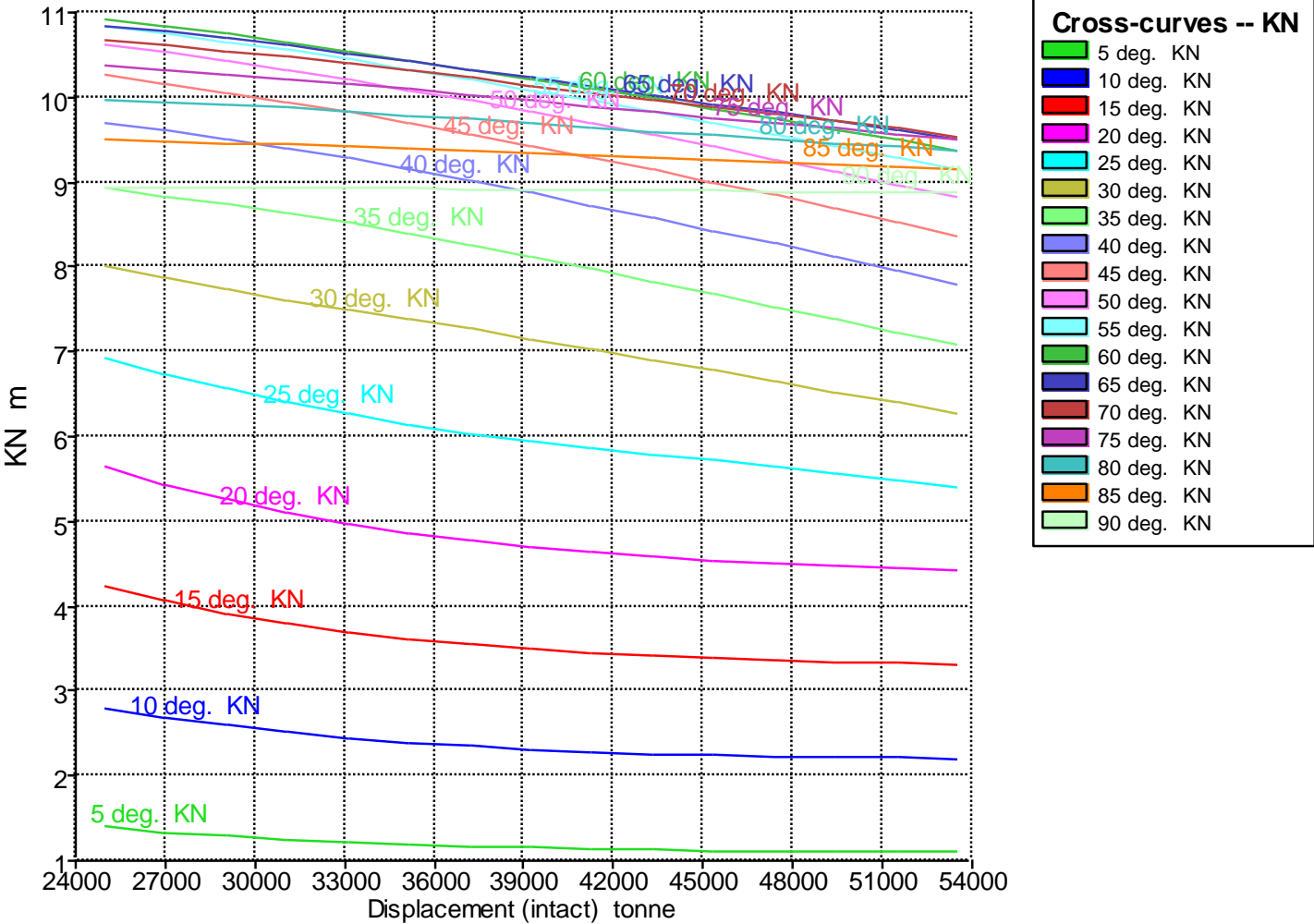
Gráfica 71. Curvas KN para trimado 0m.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

4.2 Trimado: -1m

Desplazamiento (t)	Calado (m)	KN (5)	KN (10)	KN (15)	KN (20)	KN (25)	KN (30)	KN (35)	KN (40)	KN (45)	KN (50)	KN (55)	KN (60)	KN (65)	KN (70)	KN (75)	KN (80)	KN (85)	KN (90)
25000	5,613	1,395	2,804	4,233	5,643	6,934	8,019	8,931	9,706	10,267	10,633	10,846	10,914	10,85	10,666	10,373	9,979	9,496	8,931
27038	6,041	1,338	2,687	4,061	5,437	6,743	7,874	8,833	9,619	10,169	10,538	10,755	10,834	10,782	10,61	10,328	9,949	9,481	8,933
29077	6,466	1,29	2,592	3,917	5,26	6,567	7,738	8,741	9,517	10,062	10,435	10,657	10,744	10,703	10,545	10,277	9,914	9,462	8,932
31115	6,888	1,252	2,513	3,797	5,108	6,408	7,611	8,642	9,404	9,947	10,325	10,553	10,647	10,617	10,471	10,221	9,873	9,441	8,93
33153	7,306	1,22	2,449	3,698	4,978	6,266	7,492	8,528	9,281	9,827	10,209	10,443	10,544	10,524	10,393	10,159	9,831	9,418	8,927
35192	7,722	1,193	2,396	3,617	4,868	6,141	7,381	8,403	9,15	9,702	10,088	10,329	10,438	10,428	10,31	10,094	9,786	9,393	8,922
37230	8,134	1,172	2,352	3,549	4,776	6,033	7,269	8,269	9,015	9,571	9,963	10,21	10,328	10,33	10,226	10,027	9,737	9,367	8,918
39269	8,543	1,154	2,316	3,494	4,699	5,94	7,151	8,127	8,875	9,435	9,833	10,088	10,216	10,231	10,143	9,959	9,689	9,339	8,912
41307	8,948	1,14	2,287	3,449	4,636	5,86	7,028	7,981	8,73	9,295	9,699	9,962	10,101	10,131	10,058	9,893	9,641	9,311	8,906
43345	9,351	1,128	2,263	3,412	4,584	5,79	6,903	7,831	8,58	9,149	9,56	9,833	9,985	10,029	9,973	9,827	9,595	9,284	8,9
45384	9,75	1,119	2,244	3,382	4,542	5,721	6,776	7,681	8,427	9	9,417	9,701	9,867	9,926	9,889	9,762	9,55	9,259	8,894
47422	10,147	1,112	2,23	3,359	4,508	5,647	6,65	7,531	8,27	8,846	9,271	9,566	9,746	9,823	9,805	9,697	9,505	9,235	8,891
49460	10,543	1,107	2,218	3,341	4,482	5,57	6,526	7,382	8,111	8,688	9,121	9,429	9,624	9,719	9,719	9,631	9,46	9,211	8,889
51499	10,937	1,103	2,21	3,327	4,458	5,489	6,404	7,235	7,949	8,527	8,968	9,289	9,501	9,613	9,633	9,565	9,415	9,188	8,887
53537	11,329	1,1	2,205	3,318	4,426	5,405	6,285	7,088	7,787	8,363	8,813	9,147	9,375	9,506	9,546	9,499	9,371	9,165	8,887

Tabla 10. Valores KN para trimado -1m



Gráfica 72. Curvas KN para trimado -1m

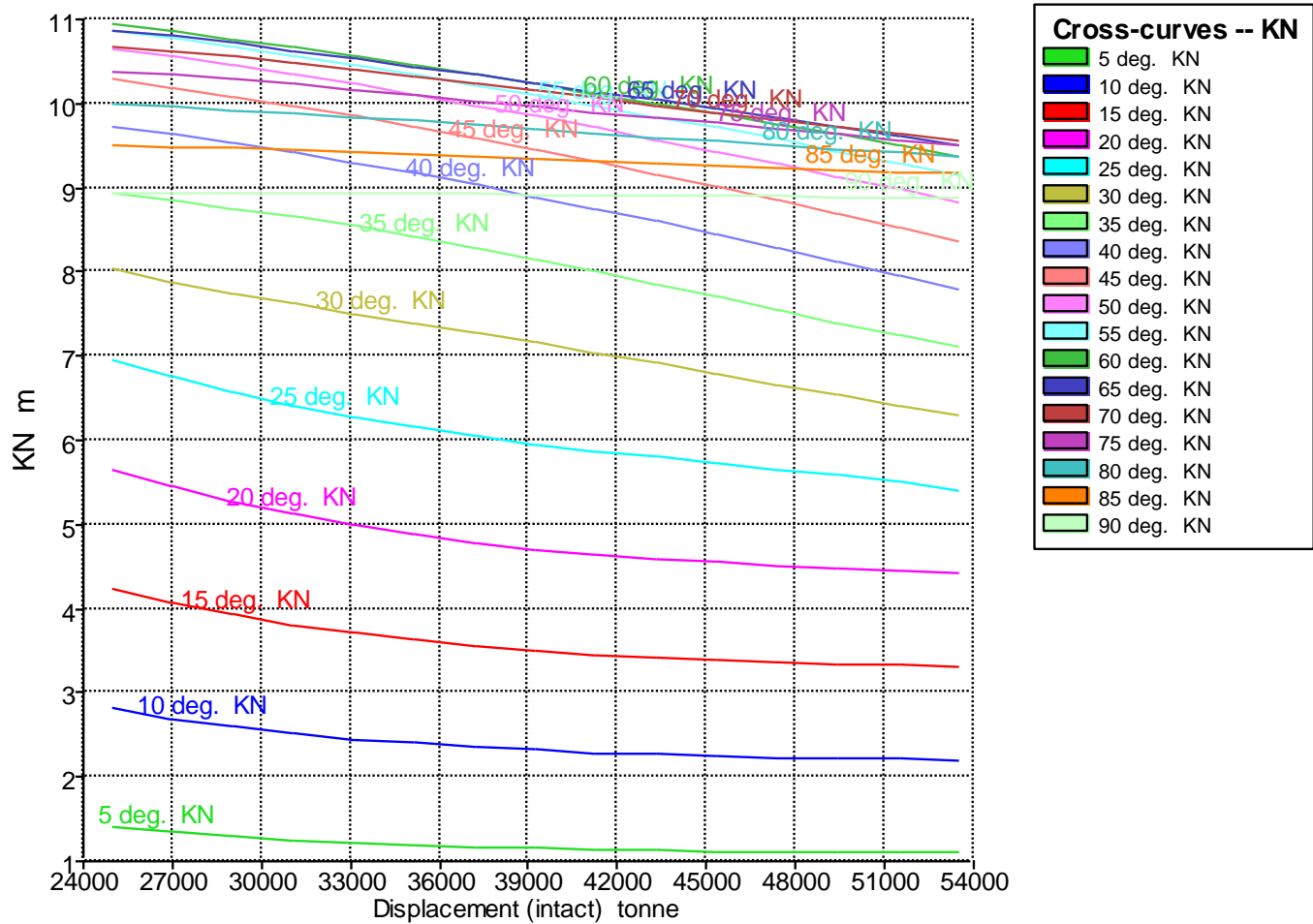
Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

4.3 Trimado: -0.5m

Desplazamiento (t)	Calado (m)	KN (5)	KN (10)	KN (15)	KN (20)	KN (25)	KN (30)	KN (35)	KN (40)	KN (45)	KN (50)	KN (55)	KN (60)	KN (65)	KN (70)	KN (75)	KN (80)	KN (85)	KN (90)
25000	5,626	1,398	2,809	4,24	5,653	6,947	8,031	8,943	9,72	10,282	10,652	10,866	10,934	10,869	10,683	10,388	9,992	9,507	8,942
27038	6,052	1,34	2,692	4,068	5,447	6,755	7,886	8,845	9,634	10,187	10,558	10,775	10,853	10,799	10,625	10,342	9,961	9,492	8,942
29077	6,476	1,293	2,596	3,924	5,269	6,579	7,75	8,754	9,533	10,08	10,455	10,676	10,761	10,719	10,558	10,289	9,924	9,472	8,941
31115	6,896	1,254	2,518	3,804	5,117	6,419	7,623	8,655	9,42	9,967	10,345	10,571	10,662	10,63	10,483	10,232	9,883	9,45	8,938
33153	7,313	1,222	2,453	3,705	4,987	6,277	7,504	8,543	9,298	9,847	10,228	10,46	10,559	10,536	10,403	10,169	9,84	9,426	8,934
35192	7,727	1,195	2,4	3,623	4,877	6,152	7,393	8,418	9,169	9,721	10,106	10,345	10,451	10,439	10,32	10,102	9,794	9,4	8,929
37230	8,138	1,174	2,356	3,555	4,784	6,043	7,282	8,285	9,034	9,59	9,979	10,224	10,34	10,34	10,234	10,035	9,744	9,373	8,924
39269	8,545	1,156	2,32	3,499	4,706	5,949	7,164	8,144	8,894	9,453	9,848	10,1	10,226	10,24	10,15	9,966	9,694	9,344	8,918
41307	8,949	1,141	2,29	3,454	4,642	5,868	7,041	7,999	8,748	9,311	9,712	9,973	10,111	10,139	10,065	9,898	9,646	9,316	8,911
43345	9,35	1,13	2,266	3,416	4,59	5,799	6,916	7,85	8,598	9,165	9,572	9,843	9,993	10,036	9,98	9,833	9,6	9,288	8,904
45384	9,748	1,121	2,247	3,386	4,547	5,73	6,79	7,699	8,444	9,014	9,428	9,71	9,874	9,933	9,895	9,767	9,555	9,263	8,899
47422	10,144	1,113	2,232	3,362	4,513	5,656	6,665	7,549	8,286	8,859	9,281	9,574	9,753	9,829	9,81	9,702	9,509	9,239	8,895
49460	10,54	1,108	2,22	3,343	4,486	5,579	6,541	7,399	8,125	8,7	9,13	9,436	9,631	9,724	9,725	9,636	9,465	9,215	8,893
51499	10,933	1,103	2,211	3,329	4,463	5,499	6,419	7,25	7,962	8,537	8,976	9,296	9,506	9,619	9,638	9,57	9,42	9,192	8,892
53537	11,325	1,101	2,206	3,32	4,432	5,415	6,3	7,102	7,799	8,372	8,821	9,153	9,381	9,511	9,55	9,503	9,375	9,169	8,892

Tabla 11. Valores KN para trimado -0.5m





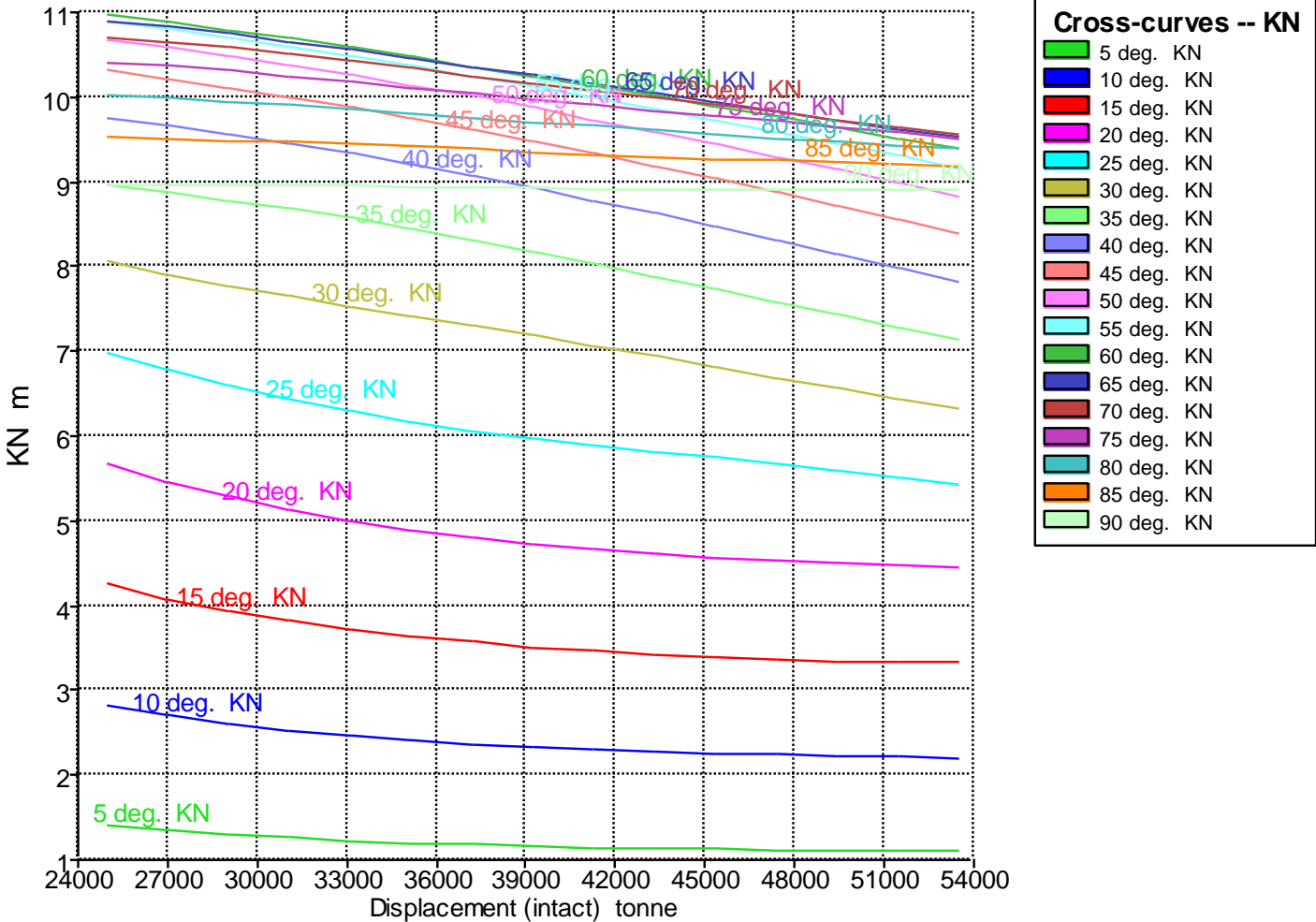
Gráfica 73. Curvas KN para trimado -0.5m.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

4.4 Trimado: 0.5m

Desplazamiento (t)	Calado (m)	KN (5)	KN (10)	KN (15)	KN (20)	KN (25)	KN (30)	KN (35)	KN (40)	KN (45)	KN (50)	KN (55)	KN (60)	KN (65)	KN (70)	KN (75)	KN (80)	KN (85)	KN (90)
25000	5,649	1,404	2,82	4,257	5,674	6,97	8,056	8,968	9,745	10,311	10,687	10,903	10,971	10,903	10,715	10,415	10,018	9,53	8,963
27038	6,073	1,346	2,703	4,084	5,468	6,779	7,91	8,87	9,661	10,219	10,596	10,812	10,886	10,83	10,653	10,367	9,983	9,512	8,961
29077	6,493	1,298	2,607	3,94	5,29	6,602	7,774	8,778	9,562	10,116	10,494	10,712	10,792	10,746	10,582	10,311	9,944	9,491	8,958
31115	6,91	1,259	2,528	3,82	5,137	6,442	7,647	8,68	9,45	10,005	10,383	10,604	10,691	10,653	10,505	10,25	9,901	9,466	8,954
33153	7,324	1,227	2,463	3,72	5,007	6,3	7,528	8,568	9,33	9,885	10,264	10,491	10,585	10,558	10,421	10,186	9,856	9,441	8,949
35192	7,735	1,2	2,409	3,637	4,896	6,174	7,417	8,446	9,203	9,758	10,139	10,373	10,475	10,459	10,337	10,117	9,808	9,414	8,942
37230	8,142	1,178	2,365	3,569	4,802	6,064	7,306	8,314	9,069	9,624	10,009	10,25	10,361	10,358	10,251	10,048	9,757	9,385	8,935
39269	8,547	1,16	2,328	3,512	4,723	5,969	7,188	8,176	8,929	9,485	9,875	10,123	10,245	10,257	10,164	9,979	9,706	9,355	8,928
41307	8,948	1,145	2,298	3,465	4,657	5,887	7,066	8,032	8,783	9,341	9,736	9,993	10,128	10,153	10,079	9,911	9,657	9,325	8,919
43345	9,346	1,133	2,273	3,426	4,603	5,816	6,942	7,884	8,632	9,192	9,594	9,86	10,008	10,05	9,992	9,843	9,61	9,298	8,913
45384	9,743	1,123	2,253	3,395	4,559	5,746	6,817	7,734	8,475	9,038	9,448	9,725	9,887	9,945	9,905	9,777	9,564	9,272	8,908
47422	10,138	1,116	2,236	3,369	4,523	5,673	6,692	7,582	8,315	8,881	9,298	9,588	9,765	9,839	9,819	9,711	9,519	9,248	8,905
49460	10,532	1,11	2,224	3,35	4,495	5,597	6,569	7,43	8,151	8,719	9,146	9,449	9,641	9,733	9,733	9,644	9,473	9,224	8,903
51499	10,924	1,105	2,215	3,335	4,471	5,517	6,447	7,279	7,986	8,555	8,991	9,307	9,516	9,627	9,646	9,578	9,428	9,201	8,901
53537	11,315	1,102	2,208	3,324	4,441	5,434	6,327	7,128	7,819	8,389	8,834	9,164	9,39	9,519	9,558	9,511	9,383	9,178	8,901

Tabla 12. Valores KN para trimado 0.5m.



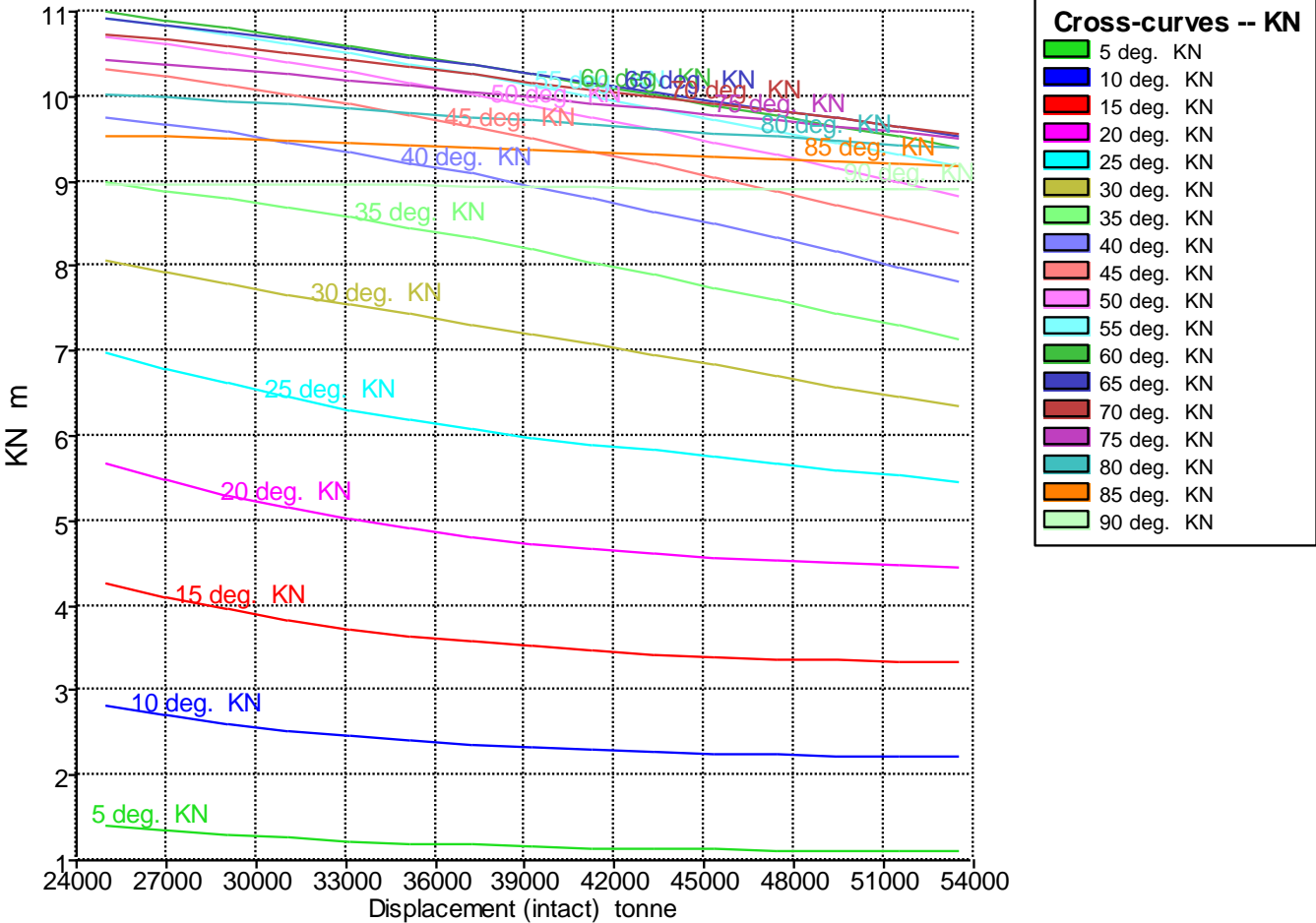
Gráfica 74. Curvas KN para trimado 0.5m.

Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

4.5 Trimado: 1m

Desplazamiento (t)	Calado (m)	KN (5)	KN (10)	KN (15)	KN (20)	KN (25)	KN (30)	KN (35)	KN (40)	KN (45)	KN (50)	KN (55)	KN (60)	KN (65)	KN (70)	KN (75)	KN (80)	KN (85)	KN (90)
25000	5,66	1,407	2,826	4,266	5,685	6,982	8,067	8,981	9,756	10,325	10,704	10,921	10,987	10,919	10,727	10,428	10,03	9,54	8,973
27038	6,082	1,349	2,71	4,093	5,479	6,791	7,922	8,882	9,673	10,235	10,614	10,829	10,901	10,844	10,665	10,378	9,994	9,521	8,97
29077	6,501	1,301	2,614	3,949	5,301	6,615	7,786	8,79	9,575	10,133	10,512	10,728	10,806	10,757	10,592	10,321	9,954	9,5	8,966
31115	6,916	1,262	2,534	3,828	5,148	6,455	7,659	8,691	9,465	10,023	10,4	10,62	10,704	10,664	10,514	10,259	9,91	9,475	8,961
33153	7,328	1,229	2,469	3,728	5,018	6,312	7,54	8,58	9,345	9,903	10,28	10,505	10,597	10,567	10,43	10,193	9,863	9,448	8,956
35192	7,738	1,203	2,414	3,645	4,906	6,186	7,428	8,458	9,219	9,775	10,154	10,386	10,485	10,468	10,345	10,124	9,813	9,42	8,949
37230	8,143	1,181	2,37	3,576	4,812	6,075	7,316	8,327	9,086	9,64	10,023	10,261	10,371	10,367	10,258	10,054	9,762	9,39	8,941
39269	8,546	1,162	2,332	3,519	4,732	5,979	7,199	8,19	8,946	9,5	9,887	10,133	10,254	10,264	10,171	9,986	9,711	9,359	8,933
41307	8,946	1,147	2,302	3,471	4,666	5,897	7,077	8,047	8,799	9,354	9,747	10,002	10,135	10,16	10,085	9,917	9,662	9,33	8,925
43345	9,343	1,135	2,276	3,431	4,611	5,824	6,954	7,9	8,647	9,204	9,603	9,868	10,015	10,055	9,998	9,848	9,614	9,303	8,917
45384	9,74	1,125	2,256	3,399	4,565	5,754	6,829	7,75	8,489	9,049	9,456	9,732	9,893	9,95	9,91	9,781	9,568	9,277	8,913
47422	10,134	1,117	2,239	3,373	4,529	5,681	6,705	7,598	8,328	8,89	9,306	9,594	9,77	9,844	9,823	9,715	9,523	9,253	8,91
49460	10,527	1,111	2,226	3,353	4,5	5,604	6,582	7,445	8,163	8,728	9,152	9,454	9,646	9,738	9,737	9,648	9,477	9,229	8,907
51499	10,919	1,106	2,217	3,338	4,474	5,525	6,461	7,291	7,996	8,563	8,997	9,312	9,52	9,631	9,65	9,581	9,432	9,205	8,906
53537	11,311	1,103	2,21	3,327	4,444	5,443	6,34	7,14	7,828	8,395	8,839	9,168	9,393	9,523	9,561	9,515	9,387	9,182	8,906

Tabla 13. Valores KN para trimado 1m.



Gráfica 75. Curvas KN para trimado Im.

## 5. Arqueo

El arqueo de un buque es una medida utilizada para cuantificar el volumen total de espacio interior de un buque. Es una forma de medir la capacidad de carga, el espacio de almacenamiento y la capacidad de transporte de la embarcación. El arqueo se utiliza para propósitos legales, operativos y de diseño en la industria marítima.

Todo buque cuya eslora sea superior a 24 metros debe tener el certificado internacional de Arqueo. Se puede distinguir dos tipos de arqueo: arqueo bruto y arqueo neto.

### 5.1 Arqueo bruto

Representa el volumen total de todos los espacios cerrados del buque, incluidos los espacios de carga, pasajeros, tripulación y equipos. Puede ser estimado de la siguiente forma:

$$GT = K_1 * V$$

Siendo  $K_1$  una constante que puede ser estimada como:

$$K_1 = 0.20 + 0.02 * \log (V)$$

Siendo  $V$  en ambos casos el volumen de espacios cerrados en el buque. Este volumen incluye:

- Volumen encerrado bajo la cubierta principal.
- Volumen debido a superestructuras y casetas.
- Volumen generado por brusca y arrufo.
- Volumen de brazolas y escotillas.

Los volúmenes exactos no son conocidos hasta obtener los planos finales, pero se puede realizar una aproximación.

Espacio	Volumen (m3)
Guardacalor	435,449616
Castillo de proa	582,494196
Toldilla	1367,010732
Brazolas	2535,624
Cubierta A	833,7888
Cubierta B	865,4445
Cubierta C	685,3329
Cubierta D	371,92824
Cubierta E	371,92824
Puente	197,01864
Cubierta principal	74480
<b>Total</b>	<b>82726,01986</b>

Tabla 14. Volúmenes encerrados.

$$\text{Arqueo bruto} = 24681.54 \text{ GT}$$

## 5.2 Arqueo neto

Representa el volumen utilizado para el transporte de carga comercial. Se calcula restando del arqueo bruto ciertas áreas y volúmenes que no se utilizan para el transporte de carga o pasajeros. El arqueo neto da una idea más precisa de la capacidad de carga del buque.

Este se puede calcular con la siguiente expresión:

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

Siendo:

- $V_C$  el volumen de los espacios de carga.
- $d$  el calado.
- $D$  el puntal.
- $N_1$  y  $N_2$  el número de pasajeros y tripulantes.
- $K_2$  y  $K_3$  constantes que pueden aproximarse como:

$$K_2 = K_1$$

$$K_3 = 1.25 * \frac{GT + 10000}{10000}$$

Además, se debe cumplir que:

- El coeficiente  $\left( \frac{4d}{3D} \right)^2$  debe ser menor que la unidad, cogiendo valor 1 si es superior.
- $K_2 \cdot V_C \cdot \left( \frac{4d}{3D} \right)^2$  debe ser superior al 25% del valor GT.
- El valor de Arqueo neto debe ser como mínimo, un 30% del arqueo bruto.

Se introducen las fórmulas en una hoja Excel y se obtienen los siguientes resultados:

NT	
K2	0,29835284
K3	3,46815432
d	11,32
D	16,75
N1	0
N2	28
$(4d/3D)^2$	0,81197135
$k2*vc*(4d/3D)^2$	20040,7059
0,25gt	6170,3858
NT	<b>20050,4167</b>
0,3GT	7404,46295

Tabla 15. Resultados Arqueo Neto.

Obteniendo el valor de Arqueo Neto y comprobando que se cumplen todos los requisitos.

## 6. Francobordo

Se define francobordo como la distancia vertical medida entre la línea de cubierta hasta la línea de agua correspondiente a la flotación para una carga correspondiente. Este valor se calcula a partir del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, creado por la DGMM. Los francobordos correspondientes a las diferentes líneas de un buque se marcan en estos mediante el disco de francobordo. Este debe ir soldado al forro y es inalterable, sus medidas y posición están normalizadas.

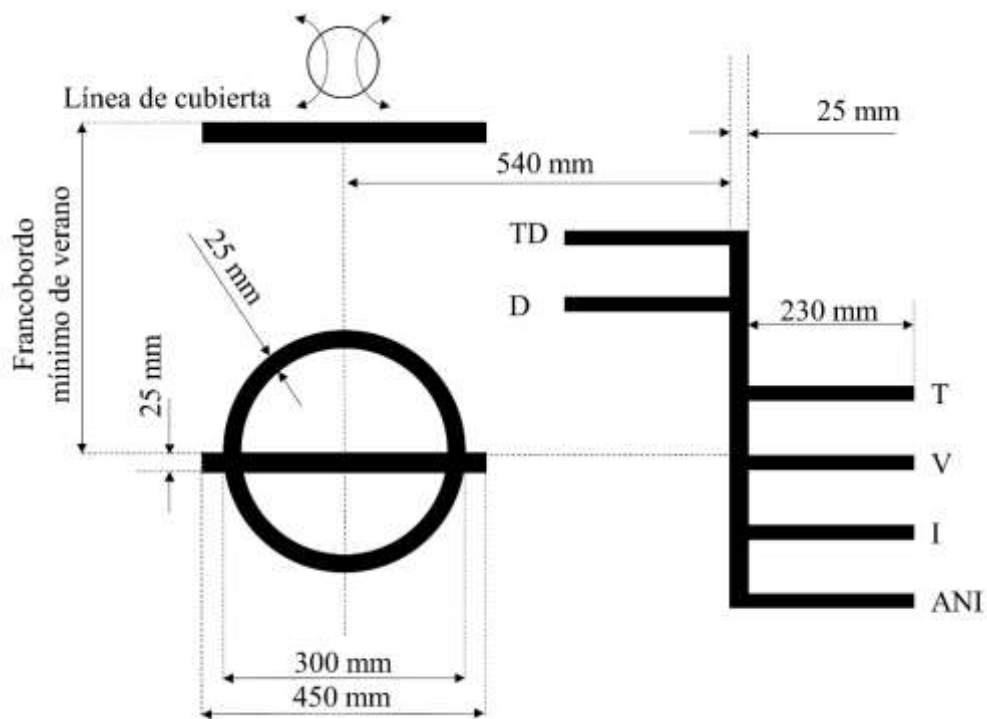


Ilustración 1. Disco de Francobordo.



## 6.1 Generalidades

### - Eslora (R.3.1).

El valor de la eslora empleado para el cálculo del francobordo se escogerá como el mayor entre: El 96% de la eslora tota o la eslora entre la roda y la mecha del timón. En este caso el valor máximo es el de la eslora entre perpendiculares.

$$L = 184.73m$$

### - Manga (R.3.4).

El valor de la manga empleado será el de la manga máxima del buque.

$$B = 30.22m$$

### - Puntal de trazado (R3.5).

El valor del puntal será el correspondiente al medido en la mitad de la eslora de francobordo.

$$D_t = 16.19m$$

### - Puntal de francobordo (R3.6).

El puntal de francobordo se obtendrá sumando al puntal de trazado el espesor de la cubierta. Se supone un espesor de chapa de 20mm.

$$D_f = 16212mm$$

### - Coeficiente de bloque (R.3.7).

El coeficiente de bloque se calculará con el volumen sumergido, las dimensiones de eslora y manga máximas, y el 85% del puntal de trazado.

$$C_B = 0.679$$

## 6.2 Francobordos

### - Tipo de buque (R27).

Un buque se considerará de tipo 'A' si ha sido proyectado para el transporte único de cargas líquidas a granel, teniendo gran integridad en su cubierta expuesta o una baja permeabilidad en sus espacios de carga llenos. Se considerará buque de tipo 'B' todo aquel que no cumpla dichos requisitos. Por lo que, en este caso, se trata de un buque tipo 'B'.

### - Francobordo tabular (R.28).

Al tratarse de un buque de tipo 'B', se obtiene un valor inicial de francobordo de la tabla número 28.2 del convenio, la cual ofrece valores de francobordo según la eslora. Interpolando en la tabla:

L (m)	F (mm)
184	2988
<b>184,73</b>	<b>3001,87</b>
185	3007

Tabla 16. Francobordo tabular.

- **Corrección por coeficiente de bloque (R.30).**

En el caso de buques con coeficiente de bloque superior a 0.68, el valor del francobordo tabular debe ser corregido, en este caso, al ser el coeficiente de bloque igual a 0.679, esto no es necesario.

- **Corrección por puntal (R.31).**

En el caso de que  $D > \frac{L}{15}$ , el valor del francobordo se debe aumentar en  $\left(D - \frac{L}{15}\right)R$ , teniendo R un valor de 250 en buques con eslora superior a 120m. En caso de que  $D < \frac{L}{15}$ , no se realizarán correcciones a menos que exista una superestructura cerrada que cubra por lo menos una longitud de 0.6L.

Para este buque:

$$D = 16.75 \text{ m} > \frac{L}{15} = 12.31 \text{ m}$$

$$(16.75 - 12.31) * 250 = 1108.67$$

$$F_{Co} = 4110.53 \text{ mm}$$

- **Reducción por superestructuras y troncos (R.37).**

En el caso de que la longitud de las superestructuras es igual a la eslora, se debe aplicar una corrección de 1070mm en el caso de buques de tipo 'B' y eslora superior a 122m. En el caso de que la longitud de las superestructuras no sea igual a la eslora, se aplica la siguiente reducción, siendo el coeficiente 'K' en buques de tipo 'B' 10 en el caso de la toldilla y 8 en el caso del castillo.

$$R = \frac{De * K}{100} \text{ (mm)} = \frac{1070}{100} * (10 + 8) = 192.60 \text{ mm}$$

6.2.1 Francobordo final

El francobordo de verano se obtendrá aplicando las correcciones al francobordo tabular.

$$F_{Verano} = 3947.94 \text{ mm}$$

El calado máximo será:

$$T_{Max} = 12.8 \text{ m}$$

6.2.2 Francobordo en agua dulce o aguas tropicales

En este caso, se le ha de restar al francobordo la cantidad de 1/48 veces el calado de verano.

$$F_{AD} = 3681.23 \text{ mm}$$

## Capítulo 4. Cálculos hidrostáticos básicos.

### 6.2.3 Francobordo de invierno

El valor del francobordo de invierno se obtendrá añadiendo al de verano la cantidad de 1/48 veces el calado de verano.

$$F_i = 4214.65mm$$

## 7. Referencias

- [1] LEGAZ ALMANSA, M. J. (2020-2021). Apuntes “Proyectos”. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [2] ALVARIÑO CASTRO, R., AZPÍROZ AZÍROZ, J., & MEIZOSO FERNÁNDEZ, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
- [3] OMI, (1969), “Convenio Internacional Sobre Arqueo de Buques”
- [4] DGMM. (2004). *Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1966 y Protocolo de 1988*. Madrid: Dirección General de la Marina Mercante. Ministerio de Fomento.
- [5] PEDREÑO GAITÁN. S. (2022) .*Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [6] NAVARRO ORTEGA. P. (2022). *Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 5. Disposición general.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## Contenido

1. Introducción .....	2
2. Compartimentación transversal.....	2
2.1 Pique de popa.....	3
2.2 Pique de proa .....	3
2.3 Cámara de Máquinas .....	3
2.4 Bodegas.....	4
2.5 Resumen.....	4
3. Compartimentación longitudinal.....	5
3.1 Mamparo de doble fondo .....	5
3.2 Doble casco.....	5
4. Habilitación .....	6
5. Tanques.....	7
5.1 Tanques de lastre .....	7
5.2 Tanques de consumo .....	8
6 .Referencias .....	9
7. Anexos.....	10

## 1. Introducción

En el presente cuadernillo, se va a proceder a realizar la disposición general del buque, para esta se tendrá en cuenta todos los datos dimensionales que se han obtenido hasta el momento, así como la funcionalidad del buque. Para ello, se han de tener en cuenta las consideraciones que imponen las Sociedades de Clasificación.

En esta primera disposición general se podrán distinguir diferentes zonas:

- Zonas destinadas a la estiba de la carga.
- Zonas destinadas a la habilitación.
- Zonas destinadas a los diferentes tanques.
- Zonas destinadas a maquinaria.

## 2. Compartimentación transversal

Todo buque debe contar con un mínimo de mamparos estancos, el número de mamparos con el que contará el buque se debe diseñar en función a la flotabilidad o a la estabilidad en averías. Atendiendo al convenio SOLAS, para buques cuya eslora es superior a 150 metros, que cuentan con la cámara de máquinas a popa, el número de mamparos estancos que debe tener el buque será de:

Length (m)	Number of bulkheads for ships with aft machinery (1)	Number of bulkheads for other ships
$L < 65$	3	4
$65 \leq L < 85$	4	5
$85 \leq L < 105$	4	5
$105 \leq L < 120$	5	6
$120 \leq L < 145$	6	7
$145 \leq L < 165$	7	8
$165 \leq L < 190$	8	9
$L \geq 190$	to be defined on a case by case basis	

(1) After peak bulkhead and aft machinery bulkhead are the same.

Tabla 1. Divisiones estancas en función de la eslora.

En este caso, la eslora del buque se encuentra en el intervalo  $165 < L < 190$ , por lo que el buque debe contar con un total de 8 mamparos estancos a lo largo de la eslora, intentando que estos estén distribuidos lo más uniformemente. Entre estos mamparos se debe encontrar obligatoriamente:

- Pique de proa.
- Pique de popa.
- Mamparo a proa de la cámara de máquinas.

El resto de los mamparos estancos serán posicionados entre las bodegas de carga. De esta manera, se puede establecer que el buque contará con un total de 6 bodegas de carga, separadas entre sí por los mamparos estancos.

## 2.1 Pique de popa

El pique de popa es el espacio encerrado entre la popa del buque y el primer mamparo estanco, este coincide con el mamparo de popa de la Cámara de Máquinas. Se establece como una estimación que, el pique de popa debe tener una longitud mínima del 4% de la eslora entre perpendiculares. En este caso este valor es del orden de 7.4 metros. Sin embargo, debido a las formas del buque, en este caso va a ser un poco mayor. La eslora del pique de popa debe ser múltiplo del espaciado entre cuadernas, de manera que el mamparo que lo delimita pueda apoyar en una cuaderna. Para los extremos del buque, se suele emplear un espaciado entre cuadernas de 600mm. De esta forma, el pique de popa tendrá finalmente una eslora de 9 metros, contando con un total de 15 cuadernas.

## 2.2 Pique de proa

En cuanto al mamparo que delimita el pique de proa o mamparo de colisión, encontramos algunas directrices en: “*Common Structural Rules for Bulk Carriers and Double Hull Oil Tankers*”, las cuales indican que este debe situarse a cierta distancia de la perpendicular de proa. Para este buque en concreto, al disponer de bulbo de proa y tener una eslora es inferior a 200 metros, la distancia a la que se encuentra el mamparo de colisión se define como:

Distancia	Norma	Elección
Mínimo	$0,05 * L$ ; 10	9,238
Máximo	$0,08 * L$ ; $0,05 * L + 3$	14,7808

Tabla 2. Distancia al mamparo de colisión.

Una vez obtenido el rango en el que se debe de encontrar la distancia al mamparo de colisión, al igual que en el caso del pique de popa, atendiendo a las formas del buque y al espaciado entre cuadernas, cuyo valor será de 600 mm también, se escoge una distancia de 12 metros, contando con 20 cuadernas.

## 2.3 Cámara de Máquinas

La longitud de la cámara de máquinas depende en gran medida de la potencia a instalar del buque, este dato no es conocido con certeza, pero en el Cuadernillo 2 se realizó una estimación de 11540 CV de potencia al freno. Con esta aproximación, se estimó una eslora de 18 metros. No existe una recomendación clara sobre el espaciado de cuadernas en la cámara de máquinas, pero el reglamento indica que este puede ser del orden del espaciado utilizado en la zona de bodegas, en este caso, para la cámara de máquinas se va a emplear un espaciado entre cuadernas de 800 mm. Las dimensiones finales de la Cámara de Máquinas atendiendo a la aproximación y la distancia entre cuadernas será de 20.8 metros, con un total de 26 cuadernas.



## Capítulo 5. Disposición general.

### 2.4 Bodegas

La zona de bodegas será la encontrada entre el mamparo de proa de la Cámara de Máquinas y el pique de proa, dejando un cofferdam en ambos extremos. En este caso se dispone de 139.9 metros disponibles para este fin.

En este caso, el espaciado entre cuadernas tiene un valor mínimo, establecido por Bureau Veritas, este tiene el siguiente valor:

$$Eo = 0.720 * \left(\frac{L}{100}\right)^{0.25} (m)$$

Aplicando la fórmula, se obtiene un espaciado mínimo de 0.8394 metros, por lo que se empleará una clara de cuadernas de 840 mm.

Una vez conocida la eslora total de la zona de bodegas y la clara de cuadernas que se va a emplear, se puede distribuir la eslora disponible en las 6 bodegas. En este caso, la disposición será la siguiente:

- Bodegas 1, 2, 3: 23.52 metros de bodega con 28 cuadernas.
- Bodegas 4, 5, 6: 22.68 metros de bodega con 27 cuadernas.

Se puede estimar con mas precisión el volumen de carga conociendo las dimensiones de las bodegas, para ello se va a estimar que los refuerzos estructurales van a ocupar un 2% del volumen. Se obtienen los siguientes valores:

Bodega	Eslora	Manga	Puntal	Refuerzos	Volumen (m <sup>3</sup> )
Bodega 6	22,68	27,705	14,17	2%	8725,636778
Bodega 5	22,68	28,14	14,17	2%	8862,639196
Bodega 4	22,68	28,14	14,17	2%	8862,639196
Bodega 3	23,52	28,14	14,17	2%	9190,885092
Bodega 2	23,52	28,14	14,17	2%	9190,885092
Bodega 1	23,52	25,79	14,17	2%	8423,344937
<b>Total</b>					<b>53256,03029</b>

Tabla 3. Volumen de bodegas.

### 2.5 Resumen

A continuación, se muestra un resumen en forma de tabla de la disposición de los espacios principales en la eslora del buque.

Local	Eslora	Nº cuadernas	Clara (m)
Pique popa	9	15	0,6
Cofferdam 3	1,5	2	0,75
Cámara máquinas	20,8	26	0,8
Cofferdam 2	1,52	2	0,76
Bodega 6	22,68	27	0,84
Bodega 5	22,68	27	0,84
Bodega 4	22,68	27	0,84
Bodega 3	23,52	28	0,84
Bodega 2	23,52	28	0,84
Bodega 1	23,52	28	0,84
Cofferdam 1	1,34	2	0,67
Pique proa	12	20	0,6

Tabla 4. Compartimentación en eslora.

### 3. Compartimentación longitudinal

A continuación, se procede al diseño de los principales mamparos longitudinales.

#### 3.1 Mamparo de doble fondo

Las directrices para el diseño del doble fondo, al igual que anteriormente, se encuentran en: “*Common Structural Rules for Bulk Carriers and Double Hull Oil Tankers*”, Pt1, Ch2, Sec 3, [2]. Indica que el mamparo de doble fondo debe ir desde el pique de proa al pique de popa, siempre y cuando sea posible.

De la misma forma, indica la altura mínima que debe tener el doble fondo, pudiendo aproximar esta como  $B/20$ , no siendo nunca inferior a 2 metros. En este caso, la altura del doble fondo será de 2 metros.

#### 3.2 Doble casco

En el caso del doble casco, en Pt 1, Ch 2, Sec 3, [3] de la bibliografía nombrada anteriormente, indica que el doble casco debe estar separado del forro una distancia mínima de 1 metro.

## 4. Habilitación

Los espacios de habilitación son todos aquellos destinados a la vida cotidiana de la tripulación, es decir, alojamiento, ocio, entretenimiento etc. Estos espacios también deben ser diseñados de manera que proporcionen una vida a bordo lo más cómoda posible.

Dentro de los diferentes espacios de habilitación se pueden encontrar:

- **Espacios individuales.** Estos espacios serán utilizados por una sola persona, como puede ser el caso de camarotes o aseos, en algunos casos se puede tratar de oficinas.
- **Espacios comunes.** Estos espacios son utilizados por la totalidad de la tripulación, un ejemplo podría ser un comedor o una sala de estar.
- **Espacios dedicados al servicio.** En estos espacios son realizadas labores para el correcto funcionamiento de la vida a bordo. En este grupo se puede incluir la cocina, la gambuza, hospital...

El número de tripulantes que van a bordo del buque depende en gran medida de sus dimensiones, a partir de una base de datos, se estima que, en el buque a proyectar, la tripulación contará con:

Personal mando		Personal servicios	
Capitán	1	Jefe cocina	1
1er oficial puente	1	Ayudante cocina	2
2º oficial puente	1	Camarero	1
3er oficial puente	1	Enfermería	1
Contraestre	1		
Marinería	5		
Oficial radio	1		
Personal máquinas		Otros	
Jefe máquinas	1	Práctico	1
1er oficial máquinas	1	Armador	1
2º oficial máquinas	1	Oficial extra	1
3er oficial máquinas	1	Marinero extra	1
Engrasadores	3		
Electricista	1	<b>Total</b>	<b>28</b>

Tabla 5. Tripulación.

La habilitación será distribuida a lo largo de 5 cubiertas situadas en la toldilla.

- **Cubierta de toldilla.** En esta cubierta se situará la cocina, gambuza, comedor y diferentes oficinas, así como el cuarto de aparatos de ventilación.
- **Cubierta A.** En la cubierta A se localizan los camarotes destinados marinería, engrasadores, ayudantes de cocina y camareros.
- **Cubierta B.** En la cubierta B se localizan los camarotes del armador, enfermero, jefe de cocina, contraestre y 3er oficial de puente y de máquinas. Así como la enfermería.

## Capítulo 5. Disposición general.

- **Cubierta C.** En la cubierta C se encuentran los camarotes de 1er y 2º oficial de puente y 1er y 2º oficial de máquinas.
- **Cubierta D.** En esta cubierta se encontrarán los camarotes del capitán, el oficial de radio, el electricista, el jefe de máquinas y el práctico.
- **Cubierta E.** En esta cubierta se sitúa el puente de mando, con los sistemas necesarios para la navegación.

## 5. Tanques

El buque dispondrá de tanques de lastre, así como de tanques de consumo. Los tanques de lastre irán distribuidos a lo largo del espacio de carga, así como en los piques de proa y popa, mientras que los tanques de consumo deberán situarse cerca de la cámara de máquinas y de la habilitación.

### 5.1 Tanques de lastre

Los tanques de lastre situados en los espacios de carga serán de tres tipos: Tanques de doble fondo, tanques laterales y tanques superiores.

Según referencias de buques de características similares, los tanques de lastre deben tener un volumen entre 15000 m<sup>3</sup> y 20000 m<sup>3</sup>. Estos deben tener la suficiente capacidad para que el buque pueda realizar viajes en lastre sin que el propulsor emerja. Los diferentes tipos de tanques son:

- **Tanques de lastre en piques de proa y popa.** Estos tanques abarcan el mayor volumen de lastre, ya que se encuentran en grandes espacios vacíos, dada su situación, son de gran utilidad para alterar el trimado del buque.
- **Tanques de doble fondo (DF).** Se dispondrá de 12 tanques de doble fondo, 2 por bodega. Estos tanques, a parte de proporcionar el calado mínimo para los viajes en lastre, tienen gran influencia en la estabilidad del buque.
- **Tanques laterales (L).** Al igual que los tanques de doble fondo, hay uno por bodega y costado, ocupan el espacio que queda entre las bodegas y el costado del buque.
- **Tanques superiores (S).** Estos tanques aprovechan el espacio generado al dar forma de tolva a las bodegas para facilitar la estiba de la carga. Son de gran utilidad para ascender el centro de gravedad del buque en caso de transportar cargas de alta densidad.

Con la ayuda del software, y suponiendo que los refuerzos ocupan un 2% del volumen bruto, al igual que en las bodegas, se calcula el volumen de lastre que es capaz de llevar el buque con la disposición general actual.

Capítulo 5. Disposición general.

Tanque	Volumen bruto (m3)	Volumen real (m3)	Densidad (t/m3)	Peso (t)
Pique de popa	2870,7195	2813,30511	1,025	2883,637738
Bodega 6 DF (Er)	596,82	584,8836	1,025	599,50569
Bodega 6 DF (Br)	596,82	584,8836	1,025	599,50569
Bodega 6 L (Er)	408,8909311	400,7131125	1,025	410,7309403
Bodega 6 L (Br)	408,8909311	400,7131125	1,025	410,7309403
Bodega 6 S (Er)	177,9001056	174,3421035	1,025	178,7006561
Bodega 6 S (Br)	177,9001056	174,3421035	1,025	178,7006561
Bodega 5 DF (Er)	514,5	504,21	1,025	516,81525
Bodega 5 DF (Br)	514,5	504,21	1,025	516,81525
Bodega 5 L (Er)	352,492182	345,4423384	1,025	354,0783968
Bodega 5 L (Br)	352,492182	345,4423384	1,025	354,0783968
Bodega 5 S (Er)	153,36216	150,2949168	1,025	154,0522897
Bodega 5 S (Br)	153,36216	150,2949168	1,025	154,0522897
Bodega 4 DF (Er)	596,82	584,8836	1,025	599,50569
Bodega 4 DF (Br)	596,82	584,8836	1,025	599,50569
Bodega 4 L (Er)	408,8909311	400,7131125	1,025	410,7309403
Bodega 4 L (Br)	408,8909311	400,7131125	1,025	410,7309403
Bodega 4 S (Er)	177,9001056	174,3421035	1,025	178,7006561
Bodega 4 S (Br)	177,9001056	174,3421035	1,025	178,7006561
Bodega 3 DF (Er)	514,5	504,21	1,025	516,81525
Bodega 3 DF (Br)	514,5	504,21	1,025	516,81525
Bodega 3 L (Er)	352,492182	345,4423384	1,025	354,0783968
Bodega 3 L (Br)	352,492182	345,4423384	1,025	354,0783968
Bodega 3 S (Er)	153,36216	150,2949168	1,025	154,0522897
Bodega 3 S (Br)	153,36216	150,2949168	1,025	154,0522897
Bodega 2 DF (Er)	596,82	584,8836	1,025	599,50569
Bodega 2 DF (Br)	596,82	584,8836	1,025	599,50569
Bodega 2 L (Er)	408,8909311	400,7131125	1,025	410,7309403
Bodega 2 L (Br)	408,8909311	400,7131125	1,025	410,7309403
Bodega 2 S (Er)	177,9001056	174,3421035	1,025	178,7006561
Bodega 2 S (Br)	177,9001056	174,3421035	1,025	178,7006561
Bodega 1 DF (Er)	423,120684	414,6582703	1,025	425,0247271
Bodega 1 DF (Br)	423,120684	414,6582703	1,025	425,0247271
Bodega 1 L (Er)	352,492182	345,4423384	1,025	354,0783968
Bodega 1 L (Br)	352,492182	345,4423384	1,025	354,0783968
Bodega 1 S (Er)	153,36216	150,2949168	1,025	154,0522897
Bodega 1 S (Br)	153,36216	150,2949168	1,025	154,0522897
Pique de proa	1361,4469	1334,217962	1,025	1367,573411
<b>Total</b>	<b>17273,20004</b>	<b>16927,73604</b>		<b>17350,92944</b>

Tabla 6. Tanques de lastre.

## 5.2 Tanques de consumo

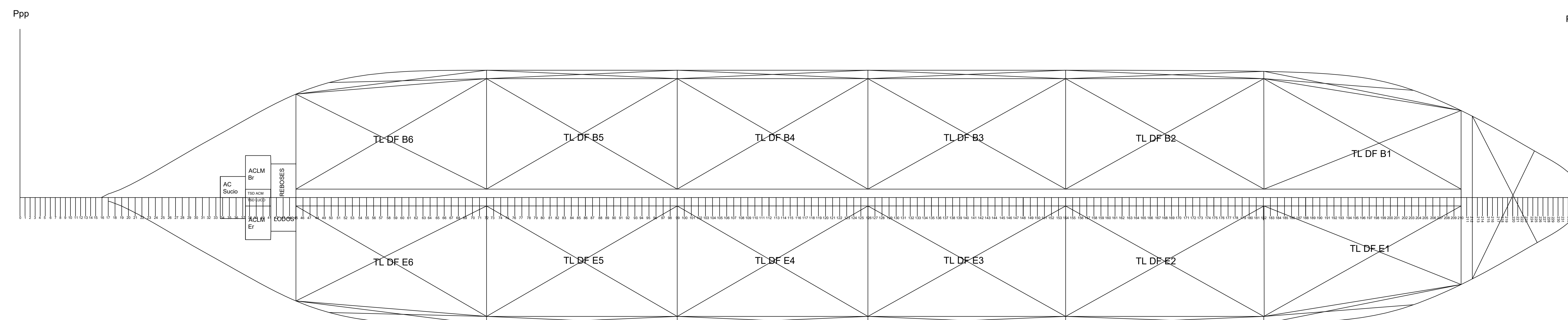
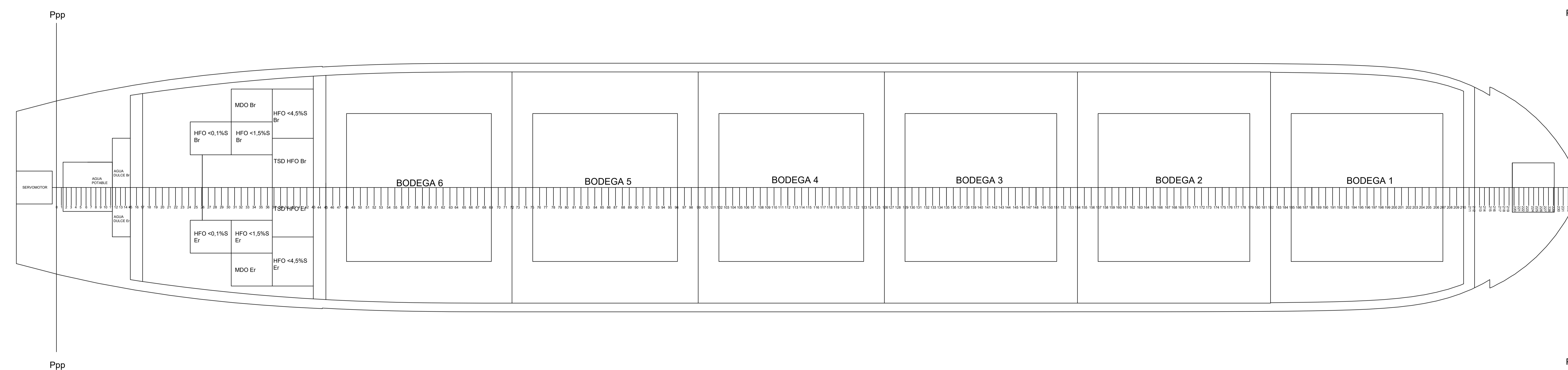
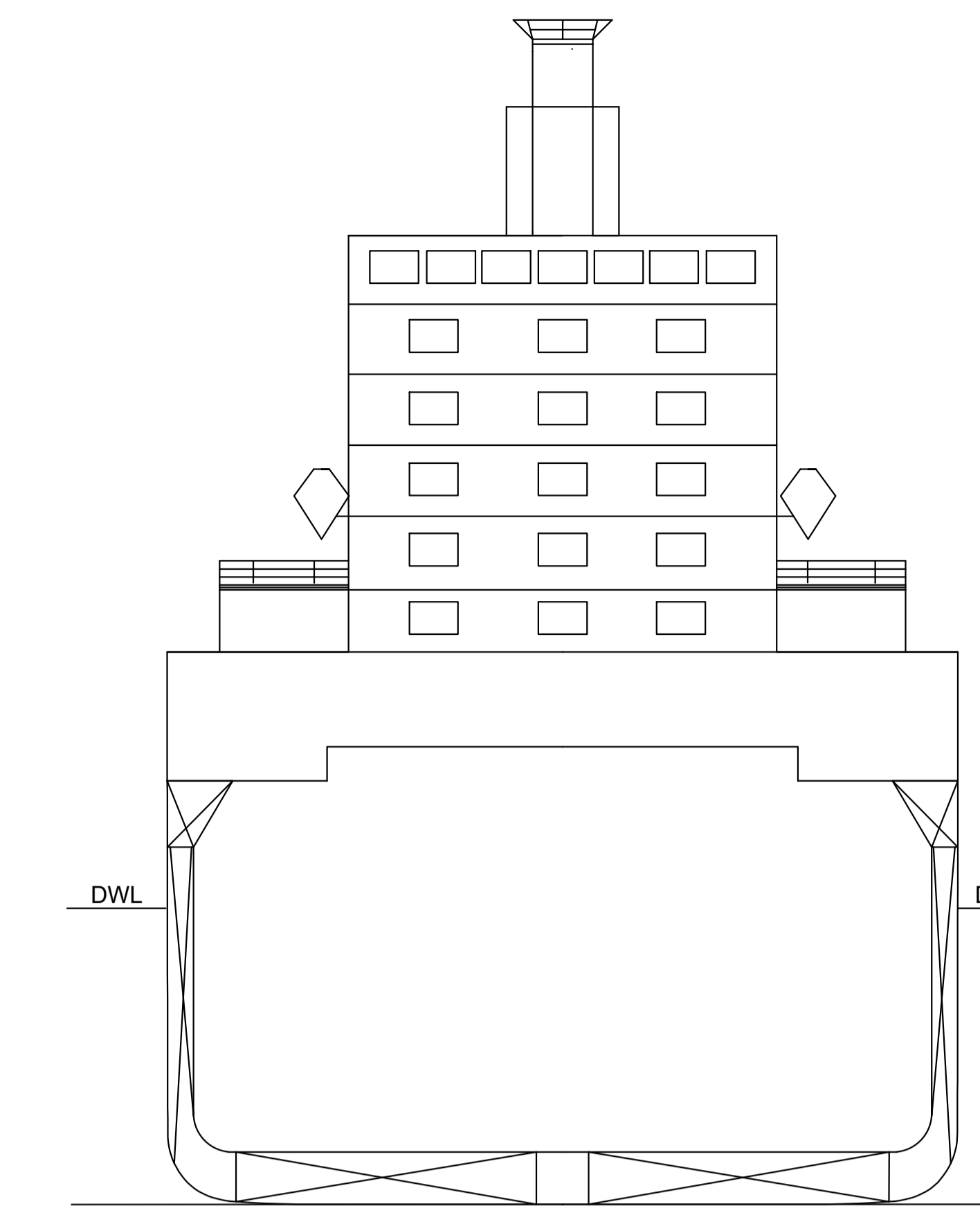
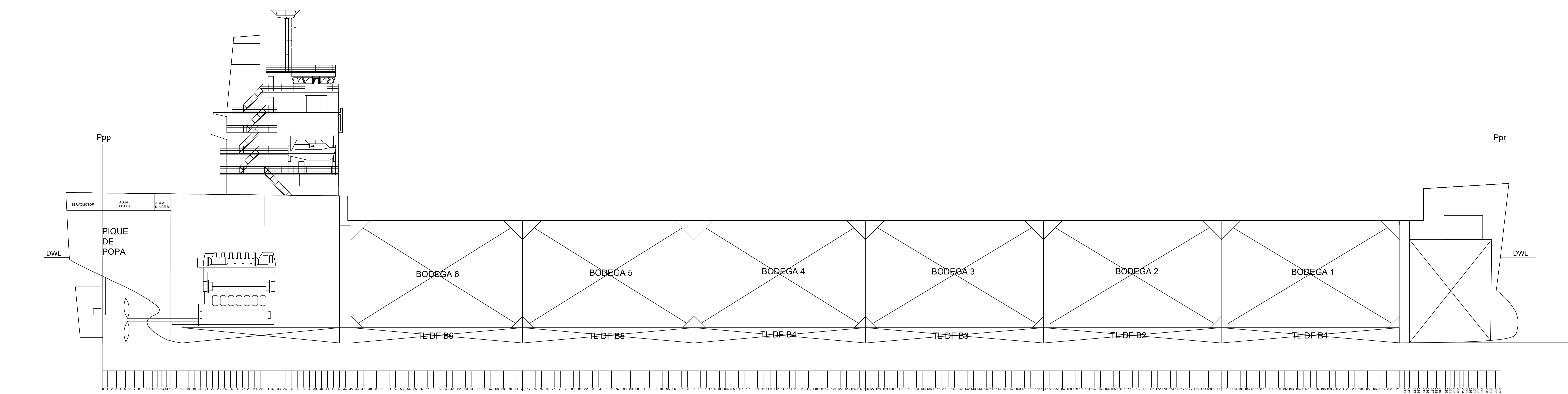
El volumen necesario de los tanques de consumo no podrá ser calculado hasta que no se conozca la planta propulsora con la que va a contar el buque. Estos irán situados en las inmediaciones de la Cámara de Máquinas, empleando de la misma forma el doble fondo y los costados.

## 6 .Referencias

- [1] LEGAZ ALMANSA, M. J. (2020-2021). Apuntes “Proyectos”. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [2] ALVARIÑO CASTRO, R., AZPIROZ AZÍROZ, J., & MEIZOSO FERNÁNDEZ, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
- [3] ESTEVE PÉREZ, J. (2017). Apuntes “Tráfico Marítimo”. *Tema 6. Tipos de tapas de escotillas*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [4] ESTEVE PÉREZ, J. (2017). Apuntes de Construcción Naval. *Tema 12. Espacio de habilitación de buques*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [5] Convenio SOLAS. Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar. *Capítulo V: Seguridad en la navegación*. (1 de noviembre de 1974).
- [6] International Association of Classification Societies (IACS) . (Julio de 2012). Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers.
- [7] PEDREÑO GAITÁN. S. (2022) .*Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [8] NAVARRO ORTEGA. P. (2022). *Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.

## 7. Anexos

# ANEXOS



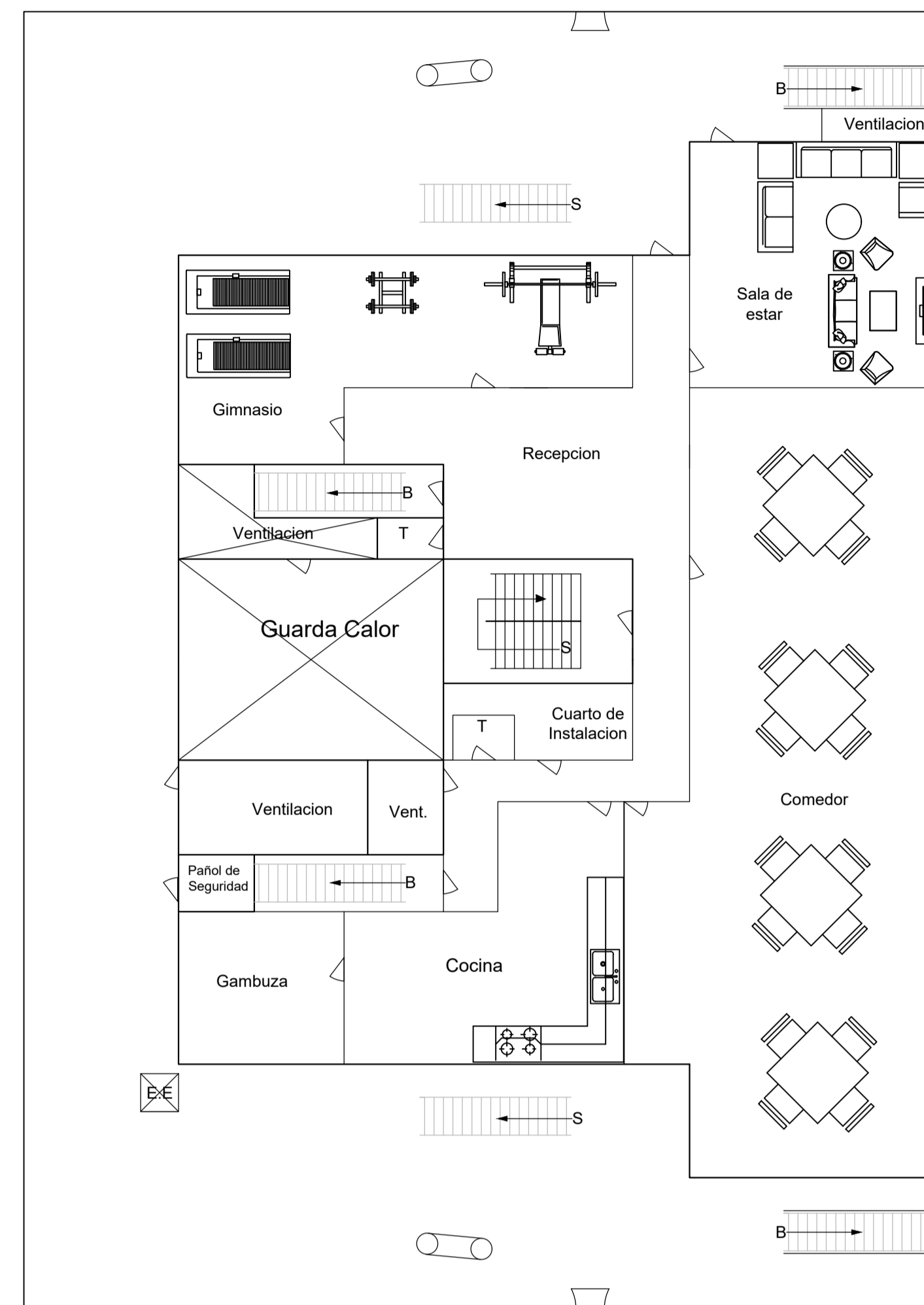
- Características principales:**
- Eslora entre perpendiculares: 184.76m.
  - Eslora en flotación: 189.18m.
  - Manga de trazado: 30.25m.
  - Calado de trazado: 11.32m.
  - Puntal de trazado: 16.19m.
  - Desplazamiento: 53537 t.
  - Clara de cuadernas:
    - Piques de popa y proa: 600mm.
    - Cámara de máquinas: 800mm.
    - Bodegas: 840mm.

- Volumen de bodegas:**
- Bodegas 1,2,3: 9391.69 m<sup>3</sup>.
  - Bodegas 4,5,6: 9056.27 m<sup>3</sup>.

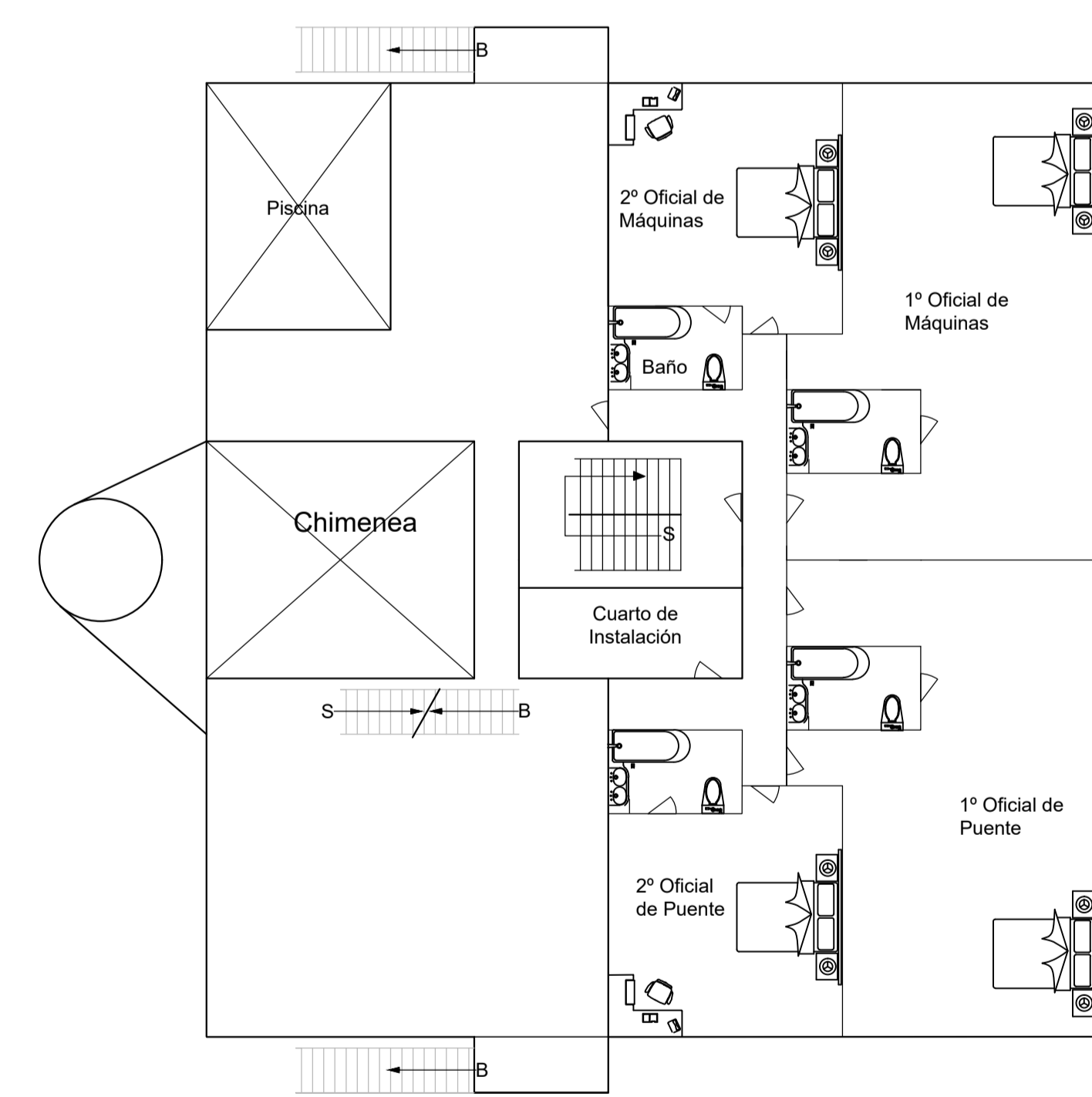
Universidad Politécnica de Cartagena	
Disposición general Buque granelero 45000 TPM.	
Escala	Juan Murcia de la Hoz
1:200	Junio 2023



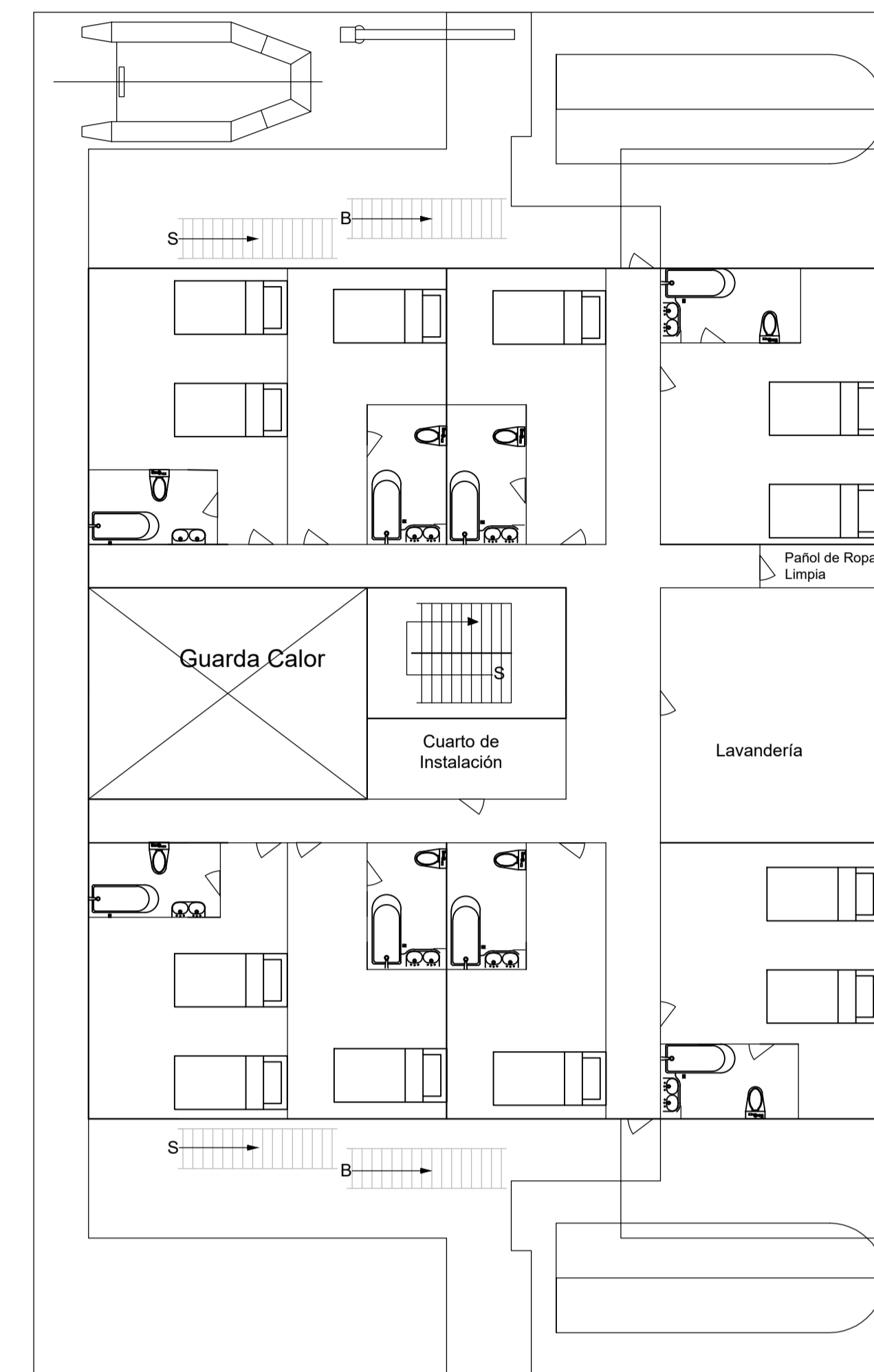
CUBIERTA DE TOLDILLA



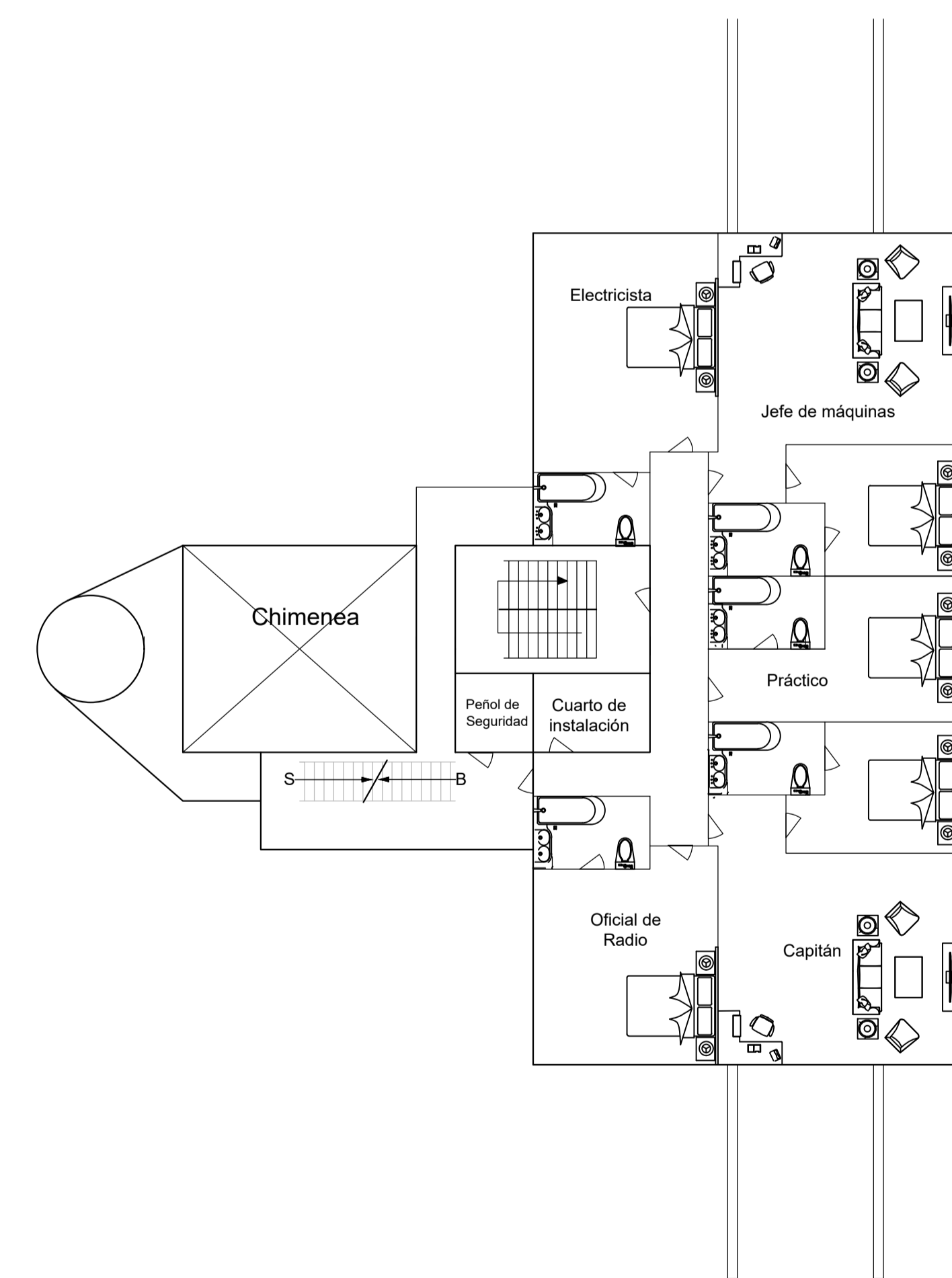
CUBIERTA C



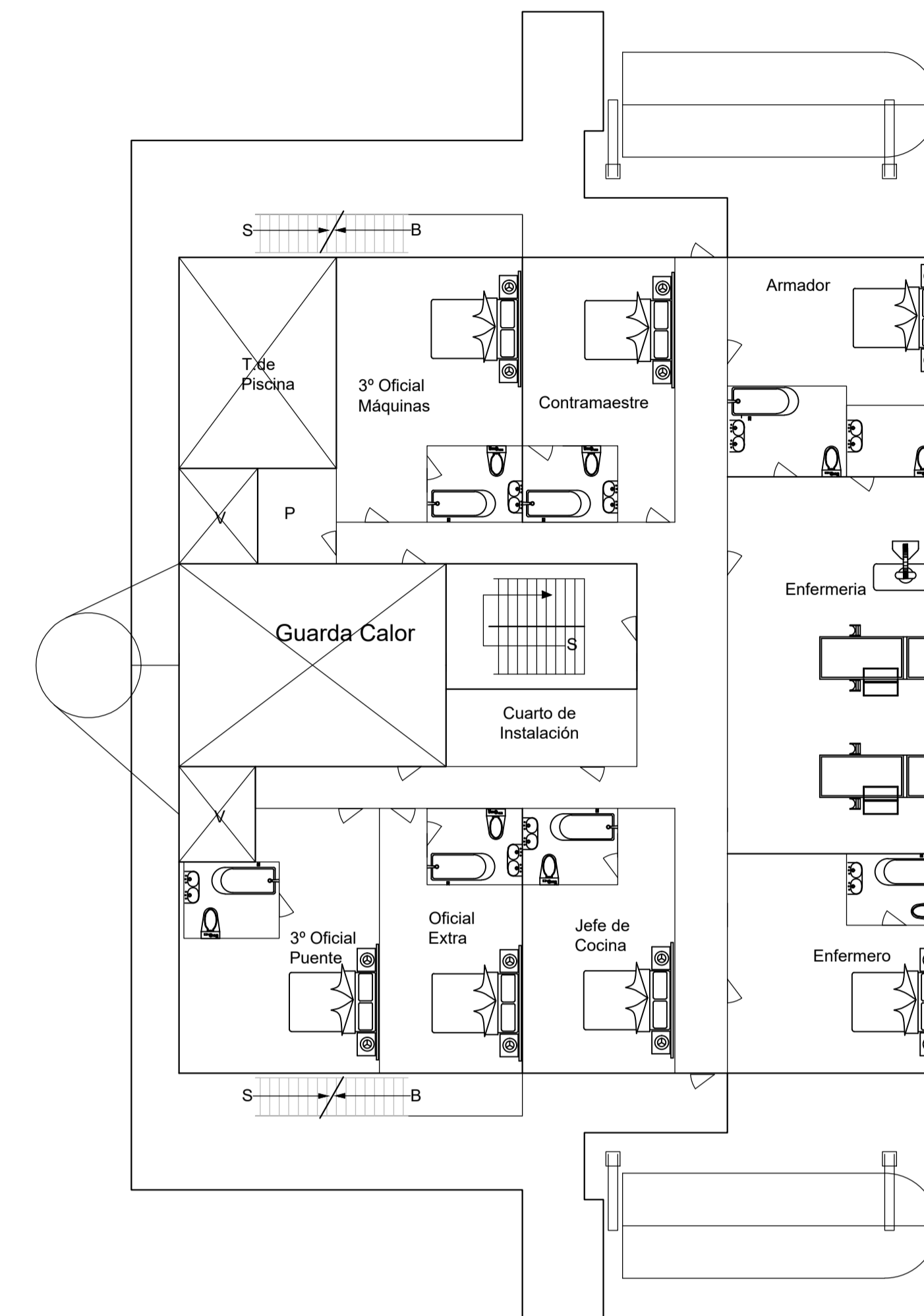
CUBIERTA A



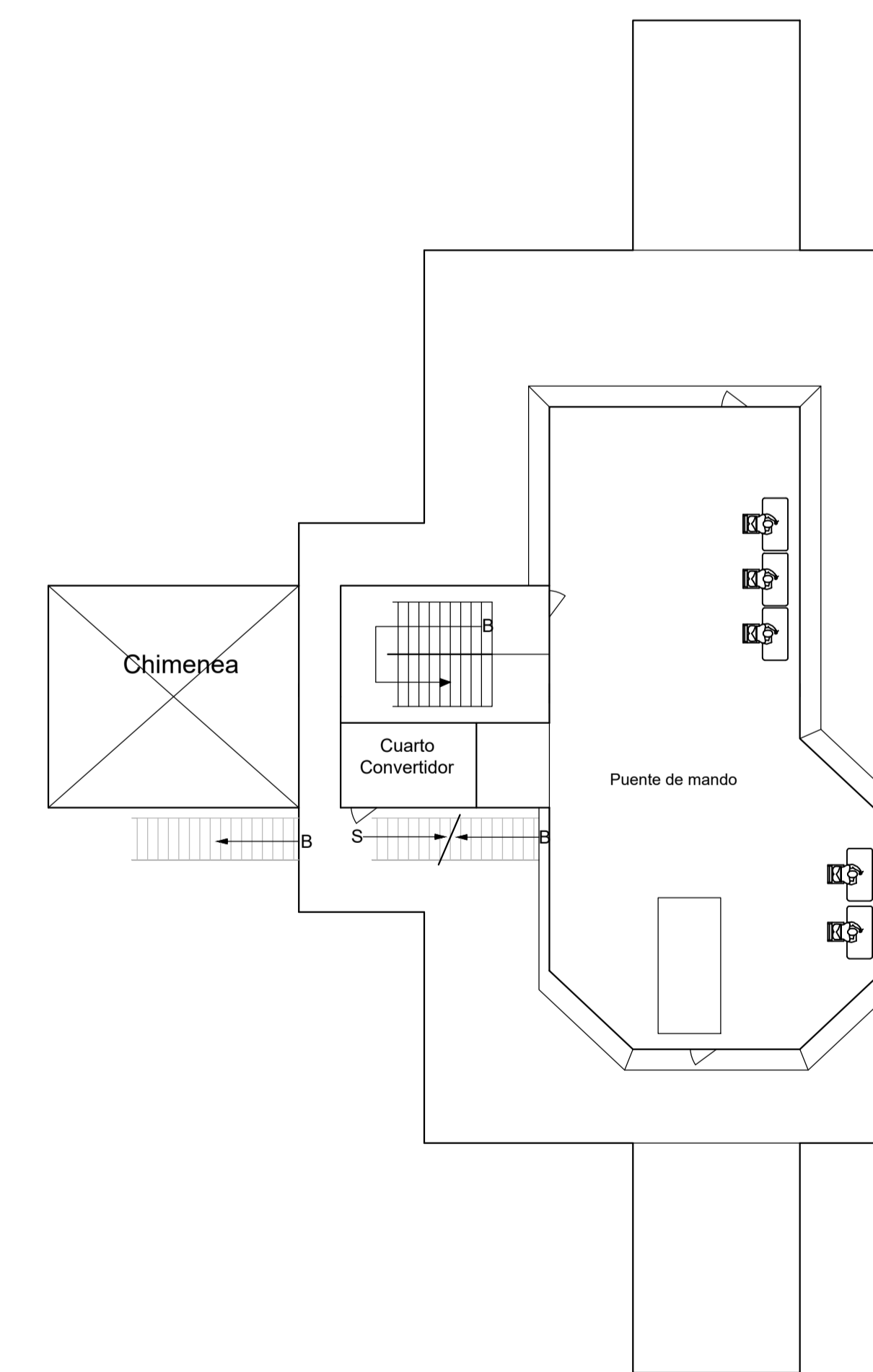
CUBIERTA D



CUBIERTA B



PUENTE DE GOBIERNO



Universidad Politécnica de Cartagena

Habilitación Buque granelero 45000 TPM.

Escala

Juan Murcia de la Hoz

1:100

Junio 2023

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## Contenido

1.	Introducción.....	3
2.	Potencia efectiva.....	3
2.1	Cálculo de la resistencia total .....	3
2.1.1	Resistencia viscosa .....	4
2.1.2	Resistencia debida a los apéndices .....	5
2.1.3	Resistencia por formación de olas .....	5
2.1.5	Resistencia por presión en popas de estampa.....	7
2.1.6	Resistencia por correlación modelo – buque.....	7
2.1.7	Resistencia total y EHP .....	7
3.	Huelgos de la hélice.....	8
4.	Potencia entregada.....	10
4.1	Rendimiento del propulsor aislado .....	11
4.2	Rendimiento de la carena.....	11
4.2.1	Coeficiente de succión.....	11
4.2.2	Coeficiente de estela.....	12
4.3	Rendimiento rotativo-relativo .....	12
5.	BHP y selección del motor .....	13
5.1	Cálculo de línea de ejes .....	17
6.	Motores auxiliares .....	17
6.1	Diésel generadores .....	17
6.2	Generador de emergencia .....	18
6.3	Generador de cola .....	19
7.	Propulsor.....	20
7.1	Curva de funcionamiento.....	21
8.	Elección del timón .....	23
8.1	Introducción .....	23
8.2	Dimensiones del timón .....	23
8.2.1	Área del timón .....	23
8.2.2	Altura .....	24
8.2.3	Cuerda.....	24
8.3	Relaciones .....	24
8.3.1	Relación de alargamiento .....	24
8.3.2	Relación de espesor .....	24
8.3.3	Relación de compensación .....	25

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

8.4	Momentos y fuerzas del timón.....	25
8.4.1	Avante.....	25
8.4.2	Ciando.....	26
8.5	Mecha del timón .....	26
8.6	Maniobrabilidad.....	27
8.6.1	Facilidad de evolución.....	27
8.6.2	Estabilidad en ruta .....	28
8.6.3	Facilidad de parada.....	29
8.7	Potencia del servomotor.....	29
9.	Tanques.....	30
9.1	Consumo de combustible.....	30
9.2	Tanques auxiliares .....	31
9.2.1	Tanque de servicio diario de HFO.....	31
9.2.2	Tanque de sedimentación HFO .....	31
9.2.3	Tanque de lodos HFO.....	31
9.2.4	Tanque de rebose HFO .....	32
9.2.5	Tanques almacén HFO .....	32
9.2.6	Tanque servicio diario MDO.....	32
9.2.7	Tanque de rebose MDO.....	32
9.2.8	Tanques almacén MDO .....	32
9.2.9	Tanques de agua dulce.....	33
9.2.10	Tanques de aceite.....	33
9.3	Resumen.....	33
10.	Referencias .....	35

## 1. Introducción

Uno de los desafíos más significativos en el diseño de un barco está relacionado con determinar la potencia requerida para su sistema de propulsión y las características óptimas del propulsor, de manera que el barco pueda navegar a una velocidad específica. Esta cuestión se aborda a través de dos disciplinas en el campo de la hidrodinámica: Resistencia y Propulsión.

La rama de Resistencia se dedica al análisis de las fuerzas de resistencia que actúan sobre el casco del barco mientras se desplaza en el agua. La rama de Propulsión, por su parte, se enfoca en el comportamiento del propulsor y en los fenómenos físicos resultantes de la interacción entre el propulsor y el casco del barco.

Cuando un barco se mueve en línea recta y a una velocidad constante en aguas tranquilas, debe vencer una resistencia al avance. Esta resistencia al avance se define como la fuerza necesaria para mover el barco a una velocidad determinada en condiciones de aguas tranquilas, asumiendo que no hay influencia externa. La potencia requerida para superar esta resistencia recibe el nombre de potencia efectiva o potencia de avance.

Por lo tanto, en el presente documento se llevará a cabo el cálculo de la resistencia al avance que enfrenta el diseño del barco, así como la potencia necesaria para superar esta resistencia. El objetivo es seleccionar un motor diésel que tenga la capacidad de superar esta resistencia al avance.

## 2. Potencia efectiva

A continuación, se va a realizar una aproximación más exhaustiva de la potencia efectiva necesaria para propulsar el buque. La potencia efectiva se puede calcular de la siguiente forma:

$$EHP = \frac{R_T V}{75}$$

Por lo que para conocer esta, debemos conocer primero la resistencia total del buque.

### 2.1 Cálculo de la resistencia total

Para conocer la resistencia total del buque se pueden emplear diversos métodos. En este caso se va a emplear el método de Holtrop and Mennen. Este método no es aplicable a todos los buques, ya que se deben cumplir una serie de características, las cuales se comprueban a continuación. Para buques graneleros:

Parámetro	Rango óptimo	Rango real
Fn máx	0,24	0,169
Cp	0,73-0,85	0,828
L/B	5,1-7,1	6,108
B/T	2,4-3,2	2,672

Tabla 1. Requisitos para Holtrop and Mennen.

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

Como se puede observar, el buque cumple todos los requisitos necesarios para el empleo del método citado, por lo que se procede al cálculo.

El método Holtrop and Mennen, realiza el cálculo de la resistencia empleando la línea de fricción correspondiente a la ITTC-57, dividiendo la resistencia total del buque en 6 componentes diferentes.

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

Donde:

- $R_V$  es la resistencia viscosa.
- $R_{AP}$  es la resistencia correspondiente a los apéndices.
- $R_W$  es la resistencia por formación de olas.
- $R_B$  es la resistencia generada por el bulbo de proa.
- $R_{TR}$  es la resistencia de presión generada por las popas de estampa si estas se encuentran sumergidas.
- $R_A$  es la resistencia debida a la correlación modelo – buque.

Una vez conocidas las diferentes variables que emplea el método se procede al cálculo.

### 2.1.1 Resistencia viscosa

La resistencia viscosa se calcula como:

$$R_V = \frac{1}{2} S V^2 C_F \rho (1 + k_1)$$

Donde:

- $S$  es la superficie mojada del buque ( $m^2$ ).
- $V$  es la velocidad del buque (Kn).
- $C_F$  es el coeficiente de resistencia de fricción según la ITTC-57

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$Rn = \frac{V \left(\frac{m}{s}\right) * L(m)}{v_{a.s.} \left(\frac{m^2}{s}\right)}$$

- $\rho$  es la densidad del agua ( $N/m^3$ ).
- $(1 + k_1)$  se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$(1 + k_1) = 0.93 + 0.487118 C_{14} \left(\frac{B}{L_F}\right)^{1.06806} \left(\frac{T}{L_F}\right)^{0.46106} \left(\frac{L_F}{L_R}\right)^{0.121563} \left(\frac{L_F^3}{V}\right)^{0.36486} (1 - C_P)^{-0.604247}$$

Donde:

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

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

$$C_{14} = 1 + 0.011 * C_{STERN}$$

Y el valor de  $C_{STERN}$  es igual a 10 para cuadernas en U.

Se realizan los cálculos para distintas velocidades.

2.1.2 Resistencia debida a los apéndices

Con el método empleado, la resistencia de los apéndices se calcula como:

$$R_{AP} = \frac{1}{2} S_{AP} V^2 C_F \rho (1 + k_2)_{eq}$$

Donde:

- $S_{AP}$  es la superficie mojada de cada apéndice ( $m^2$ ).
- $(1 + k_2)_{eq}$  se calcula como:

$$(1 + k_2)_{eq} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i}$$

El valor de  $1+k_2$  se obtiene de :

Tipo de apéndice	(1+k2)
Timón buque 1 hélice	1,3- 1,5
Timón buque 2 hélices	2,8
Timón y quillote	1,5- 2,0
Quillote solo	1,5- 2,0
Arbotantes	3,0
Henchimientos protectores	3,0
Henchimientos integrados	2,0
Ejes	2,0- 4,0
Aletas estabilizadoras	2,8
Domo	2,7
Quillas de balance	1,4

Tabla 2. Valor de  $1+k_2$ .

Como el buque cuenta con una sola hélice, se escoge un valor de 1.4.

2.1.3 Resistencia por formación de olas

Para números de Froude inferiores a 0.4, la resistencia por formación de olas se puede calcular como:

$$R_W = \rho g \nabla C_1 C_2 C_5 e^{m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})}$$

Donde:

$$C_1 = 2223105 * C_7^{3.78613} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.07961} (90 - i_E)^{-1.37565}$$

- $i_E$  el semiángulo de entrada a la flotación ( $^\circ$ ).

$$C_7 = \frac{B}{L_F}$$

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

$$C_3 = \frac{0.56 * A_{BT}^{1.5}}{B T (0.31 * \sqrt{A_{BT}} + T_{PR} - h_B)}$$

- $A_{BT}$  el área transversal perteneciente al bulbo en la vertical de la intersección de la roda con la flotación.
- $h_B$  la altura del centro de gravedad del bulbo.

$$C_5 = 1 - \frac{0.8 A_{TR}}{B T_m C_M}$$

$$m_1 = 0.014047 \frac{L_F}{T} - 1.75254 \frac{\sqrt[3]{V}}{L_F} - 4.79323 \frac{B}{L_F} - C_{16}$$

$$C_{16} = 8.07981 C_P - 13.8673 C_P^2 + 6.984388 C_P^3 \text{ para } C_P < 0.80$$

- $d$  tiene valor igual a  $-0.9$ .

$$m_2 = C_{15} C_P^2 0.4 e^{-0.1 Fn^{-2}}$$

$$C_{15} = -1.69385 \text{ para } \frac{L_F^3}{V} < 512$$

$$\lambda = 1.446 C_P - 0.03 \frac{L_F}{B}; \text{ para } \frac{L_F}{B} < 12$$

#### 2.1.4 Resistencia generada por el bulbo de proa

Esta resistencia se genera debido a que el bulbo genera un tren de olas al encontrarse próximo a la superficie. Tiene el siguiente valor:

$$R_B = 0.11 e^{-P_B^{-2}} \frac{Fn_i^3 A_{BT}^{1.5} \rho g}{(1 + Fn_i^2)}$$

Donde:

$$P_B = \frac{0.56 \sqrt{A_{BT}}}{(T_{PR} - 1.5 h_B)}$$

$$Fn_i = \frac{V}{\sqrt{g (T_{PR} - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 V^2}}$$



## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

### 2.1.5 Resistencia por presión en popas de estampa

Esta resistencia tiene un valor significativo cuando la popa de estampa se encuentra sumergida, en este caso tendrá valor nulo.

### 2.1.6 Resistencia por correlación modelo – buque

Esta parte de la resistencia es debida a la rugosidad del casco, así como a la resistencia que genera este con el aire, se puede calcular como:

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

Donde:

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

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

$$C_3 = 1 - \frac{0.8 A_{TR}}{B T_m C_M}$$

$$C_4 = 0.04 \text{ para } \frac{T_{PR}}{L_F} > 0.06$$

Se supone la rugosidad de la carena igual a 150  $\mu\text{m}$ .

### 2.1.7 Resistencia total y EHP

Aplicando todas las fórmulas aportadas en una hoja Excel para distintos valores de velocidad, e introduciendo los parámetros obtenidos hasta el momento del buque, se procede a calcular la resistencia total, pudiendo obtener de esa forma la potencia efectiva necesaria para propulsar el buque, recordando que:

$$EHP = \frac{R_T V}{75}$$

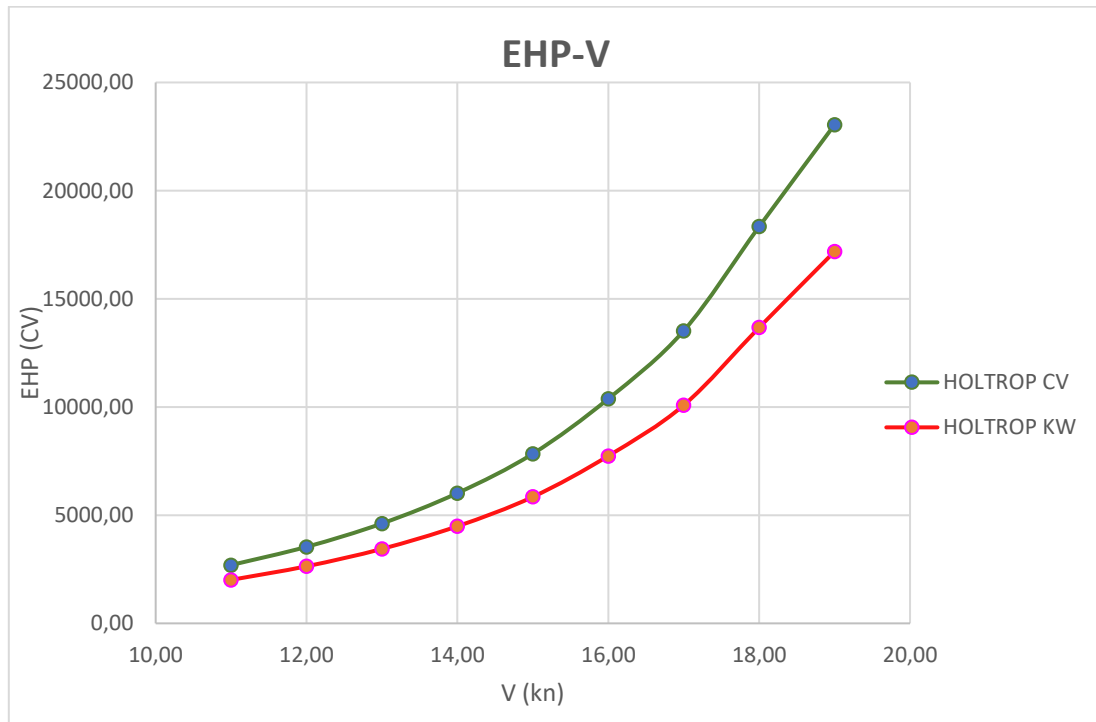
$$1 \text{ CV} = 0.7457 \text{ KW}$$

Se obtienen los siguientes resultados:

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

RESISTENCIA TOTAL (RT)									
Vb (kn)	Vb (m/s)	Rvb	Rw	RB	RA	Rap	RT	EHP (CV)	EHP (KW)
11,00	5,6590	29489,85	597,91	68,35	5218,84	136,62	35511,57	2679,44	1998,06
12,00	6,1734	34717,08	1537,89	82,53	6210,85	160,84	42709,19	3515,48	2621,49
13,00	6,6879	40342,26	3468,09	97,43	7289,12	186,90	51383,81	4581,96	3416,77
14,00	7,2023	46361,85	6944,37	112,88	8453,65	214,79	62087,54	5962,31	4446,09
15,00	7,7168	52772,60	12509,63	128,70	9704,45	244,49	75359,87	7753,78	5781,99
16,00	8,2312	59571,54	22379,34	144,74	11041,51	275,99	93413,12	10252,03	7644,94
17,00	8,7457	66755,90	34023,04	160,88	12464,83	309,28	113713,92	13260,03	9888,00
18,00	9,2601	74323,13	56766,83	177,00	13974,41	344,33	145585,70	17975,18	13404,09
19,00	9,7746	82270,82	75287,16	193,02	15570,25	381,16	173702,41	22638,17	16881,28

Tabla 3. Valores de Rt y EHP.



Gráfica 1. Representación gráfica de resultados.

### 3. Huelgos de la hélice

Los huelgos son las distancias mínimas que se deben respetar entre la hélice y diferentes puntos del casco, estas distancias vienen impuestas por las Sociedades de Clasificación, según Lloyd's Register, los huelgos mínimos para buques con una hélice son:

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

Buques de 1 hélice	a	b	c	d
3 palas	1,20 K DP	1,8 K DP	0,12 DP	0,03 DP
4 palas	1 K DP	1,5 K DP	0,12 DP	0,03 DP
5 palas	0,85 K DP	1,275 K DP	0,12 DP	0,03 DP
6 palas	0,75 K DP	1,125 K DP	0,12 DP	0,03 DP

Tabla 4. Huelgos mínimos de la hélice según Lloyd's Register.

Mientras que la Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas ofrece los siguientes valores:

Buques de 1 hélice	a	b	c	d
3 palas	0,21 DP	0,29 DP	0,1 DP	0,035 DP
4 palas	0,20 DP	0,27 DP	0,1 DP	0,035 DP
5 palas	0,19 DP	0,25 DP	0,1 DP	0,035 DP
6 palas	0,18 DP	0,23 DP	0,1 DP	0,035 DP

Tabla 5. Huelgos mínimos de la hélice según Det Norske Veritas.

Donde los valores a, b, c y d son las siguientes distancias:

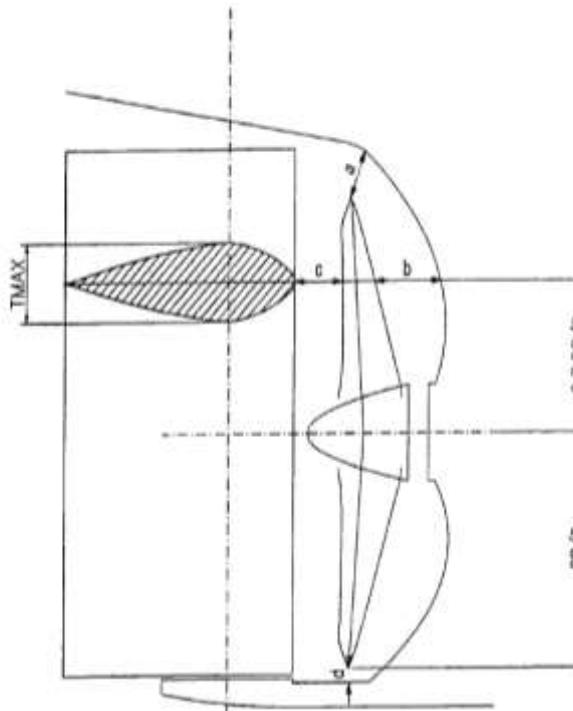


Ilustración 1. Representación de los huelgos.

Para calcular los huelgos mínimos, debemos conocer  $D_p$ , así como  $K$ , para el cálculo de  $D_p$ , se emplea la siguiente expresión:

$$D_p = 15.75 \frac{MCO^{0.2}}{N^{0.6}}$$

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

Donde se introduce la potencia máxima en HP y la velocidad de giro en revoluciones por minuto. En el caso actual, el diámetro del propulsor, al no tener mucho margen se va a calcular como el máximo diámetro que se puede emplear antes de sobrepasar la línea base con el propulsor.

Donde K se puede calcular como:

$$K = \left(0.10 + \frac{L_{PP}}{3050}\right) \left(2.56 C_B \frac{MCO}{L_{PP}^2} + 0.30\right)$$

Por último, el valor DP se va a obtener como:

$$DP = Dmax - 0.03 * 2 * Rmax$$

Obteniendo:

h	3,2
d min	0,192
DP	6,016
k	0,10762887

Tabla 6. Parámetros necesarios.

Por tanto, se pueden obtener los huelgos mínimos para un buque granelero de una hélice.

Buques de 1 hélice	a	b	c	d
3 palas	0,77699431	1,16549146	0,72192	0,18048
4 palas	0,64749526	0,97124289	0,72192	0,18048
5 palas	0,55037097	0,82555645	0,72192	0,18048
6 palas	0,48562144	0,72843216	0,72192	0,18048

Tabla 7. Huelgos mínimos.

### 4. Potencia entregada

Se puede estimar la potencia entregada a la hélice como:

$$DHP = \frac{2 \pi n Q_h}{75} = \frac{EHP}{\eta_D}$$

Donde  $\eta_D$  es el rendimiento cuasi-propulsivo, que se calcula como:

$$\eta_D = \eta_0 * \eta_H * \eta_R$$

Donde:

- $\eta_0$  es el rendimiento de propulsor aislado.
- $\eta_H$  es el rendimiento de la carena.
- $\eta_R$  es el rendimiento rotativo-relativo.

#### 4.1 Rendimiento del propulsor aislado

Este rendimiento relaciona la potencia del propulsor en aguas libres o situada tras el casco, tiene la siguiente forma:

$$\eta_0 = \frac{K_T}{K_Q} \frac{J}{2\pi}$$

Siendo:

- $K_T$  el coeficiente de empuje.

$$K_T = \frac{T}{\rho N^2 D_p^4}$$

- $K_Q$  el coeficiente de par.

$$K_Q = \frac{Q}{\rho N^2 D_p^5}$$

- $J$  el grado de avance.

$$J = \frac{V_A}{N D_p} = \frac{V(1-w)}{N D_p}$$

- $V_A$  la velocidad de avance.
- $N$  las revoluciones por segundo del propulsor.
- $D_p$  el diámetro del propulsor.

#### 4.2 Rendimiento de la carena

El rendimiento de la carena puede tener un valor superior a 1 y tiene la siguiente expresión:

$$\eta_H = \frac{EHP}{THP} = \frac{1-t}{1-w}$$

Donde:

- $t$  es el coeficiente de succión.
- $w$  es el coeficiente de estela.

Los coeficientes de estela y succión se pueden calcular de la siguiente forma.

##### 4.2.1 Coeficiente de succión

Tiene la siguiente expresión:

$$t = \frac{0.25014 \left(\frac{B}{L_{wl}}\right)^{0.28956} \left(\frac{\sqrt{BT}}{D_P}\right)^{0.2624}}{(1 - C_P + 0.0225 X_B)^{0.01762}} + 0.00015 C_{stern}$$

#### 4.2.2 Coeficiente de estela

El método de Holtrop and Mennen arroja la siguiente expresión:

$$w = C_9 C_{20} C_V \frac{L_{wl}}{T_{PP}} \left(0.050776 + 0.93405 C_{11} \frac{C_V}{1 - C_{P1}}\right) + 0.27915 C_{20} \sqrt{\frac{B}{L_{wl}}(1 - C_{P1})} + C_{19} C_{20}$$

Donde los coeficientes se calculan como:

$$C_8 = \frac{B S_m}{L_{wl} D_P T_{PP}} \text{ si } \frac{B}{T_{PP}} < 5$$

$$C_9 = C_8 \text{ si } C_8 < 28$$

$$C_{11} = 0.0833333 \left(\frac{T_{PP}}{D_P}\right)^3 + 1.33333 \text{ si } \frac{T_{PP}}{D_P} > 2$$

$$C_{19} = \frac{0.18567}{1.3571 - C_M} - 0.71276 + 0.38648 C_P \text{ si } C_P > 0.70$$

$$C_{20} = 1 + 0.015 C_{stern}$$

$$C_{P1} = 1.45 * C_P - 0.315 - 0.0225 X_B$$

$$C_V = (1 + k) C_F + C_A - 1.3219 * 1.496 * 10^{-3} + 3.7 * 10^{-4}$$

#### 4.3 Rendimiento rotativo-relativo

Se trata de la relación entre el funcionamiento del propulsor en la estela real y en un flujo uniforme. Tiene la siguiente expresión:

$$\eta_R = 0.9922 - 0.05908 \frac{A_E}{A_O} + 0.07424 (C_P - 0.0225 X_B)$$

## 5. BHP y selección del motor

BHP o potencia al freno es aquella medida en el volante de inercia de un motor de combustión. Este es un dato importante a la hora de seleccionar el motor propulsor con el que va a contar el buque. Se puede calcular a partir de la EHP.

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_P}$$

Donde el rendimiento propulsivo puede calcularse como:

$$\eta_P = \eta_D * \eta_M * Kp$$

Siendo:

- $\eta_D$  el rendimiento cuasi-propulsivo.
- $\eta_M$  el rendimiento mecánico de la línea de ejes.
- $Kp$  es un coeficiente debido a que el motor no va a funcionar al 100%, por lo que el motor escogido debe tener una BHP ligeramente superior a la necesaria. Este coeficiente se estima como 0.85, es decir, el motor funcionará al 85% de su capacidad máxima.

Los valores de rendimiento mecánico y rendimiento cuasi-propulsivo exactos no son conocidos por el momento, por lo que estos se deben estimar con fórmulas. Para la estimación del rendimiento mecánico se empleará la fórmula propuesta por el Canal del Prado.

$$\eta_D = 0.943 - 0.000187 N \sqrt{L_{PP}} + 0.023 \frac{B}{T} - 0.2 C_B + 0.00013 N C_B \sqrt{L_{PP}}$$

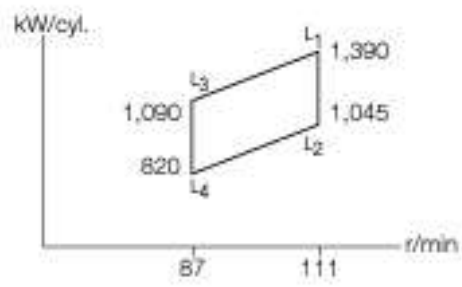
Empleando esta fórmula se obtiene un valor del rendimiento cuasi-propulsivo del 70.9%.

Por tanto, se puede realizar el cálculo de la potencia al freno, obteniendo un valor de:

$$BHP = \frac{4446.093 (kW)}{0.709 * 0.98 * 0.85} = 7527.97 kW$$

Con los datos que se tienen, se ha decidido que el motor a instalar en el buque para su propulsión será un MAN B&W G45ME-C9.5-TII. Se trata de un motor Man de 2 tiempos, en este caso se va a implementar la versión de 6 cilindros en línea, que otorga una potencia de 8340 KW a 111 rpm. Del catálogo del fabricante obteneos la gráfica potencia/cilindro – rpm:

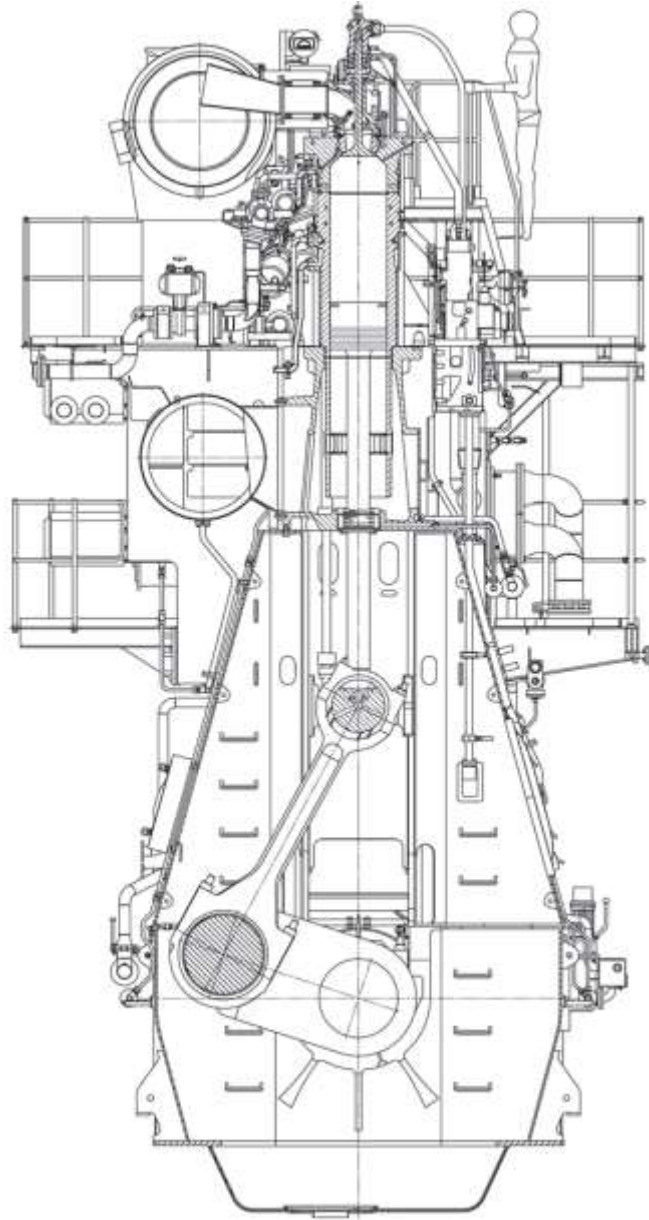
Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.



Gráfica 2. Gráfica potencia-rpm.

Así como una sección transversal del mismo:



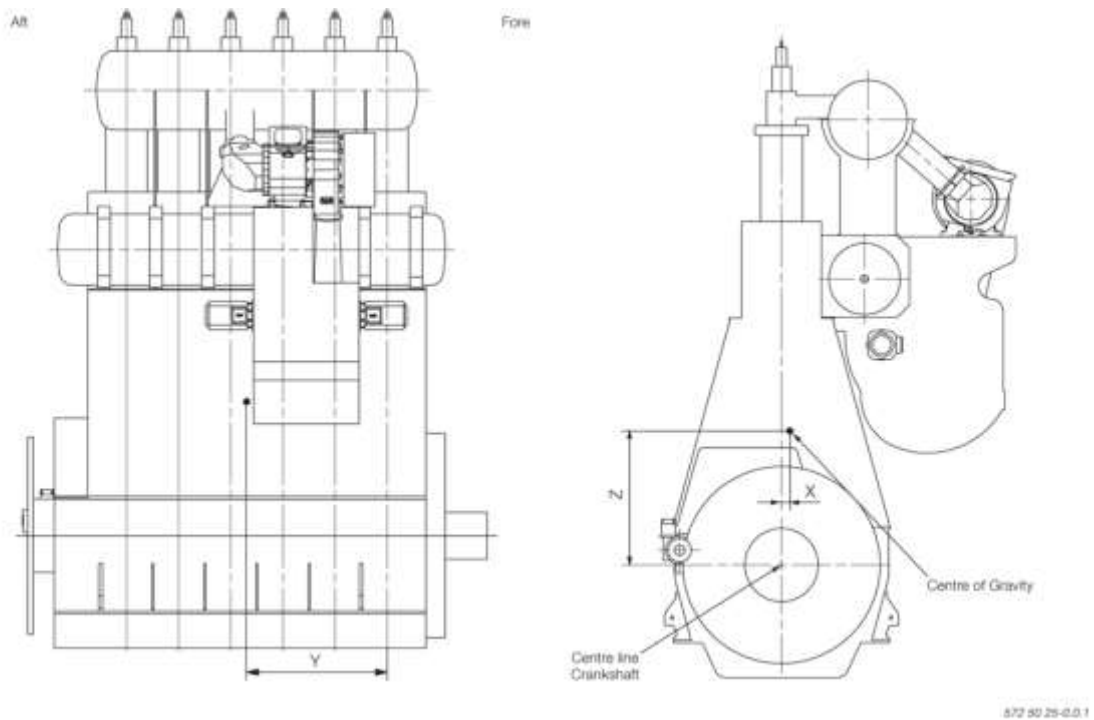


500 29.57-7.0.1

*Ilustración 2. Sección transversal del motor.*

El fabricante nos aporta también los datos referentes al centro de gravedad del motor:

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.



No. of cylinders	5	6
Distance X mm	218	126
Distance Y mm	1,683	2,115
Distance Z mm	2,167	2,021

Ilustración 3. Valores del centro de gravedad.

A continuación, se muestra una tabla resumen del motor escogido:

Motor	MAN B&W G45ME-C9.5-TII
BHP (KW)	8340
Cilindrada	6L
rpm 100%	110
SFOC 100% (g/KWh)	170
rpm 85%	93,5
SFOC 85% (g/KWh)	167,6
Diámetro cilindro (cm)	45
Carrera (mm)	2250
PME (bar)	21

Tabla 8. Características del motor escogido.

### 5.1 Cálculo de línea de ejes

El reglamento de DNV, mediante el documento “Rules for Classification and Construction”, en su apartado Pt 1, Ch 2, Sec C, [C.2], establece que el diámetro mínimo que deben tener los ejes es:

$$d_a \geq d \geq F \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P_w C_w}{n \cdot \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right]}}$$

Siendo:

- $d_a$  el diámetro del eje.
- $d$  el diámetro mínimo.
- $F$  factor que depende de la máquina, en este caso toma valor 100.
- $k$  un coeficiente que toma valor 1 cuando se trata de ejes intermedios y valor 1.2 cuando se trata de ejes de cola.
- $P_w$  la potencia del motor medida en KW.
- $C_w$  se trata de un factor del material, tiene como valor  $560/(R_m + 160)$ , donde  $R_m$  es la resistencia mínima del material a tracción medida en  $N/mm^2$ . Según el documento nombrado anteriormente, este valor debe de estar entre 400 y 800, por lo que se va a estimar un valor de  $600 N/mm^2$ .
- $n$  revoluciones por minuto.
- $d_i$  es el diámetro que tiene el agujero del eje, como es prácticamente despreciable en comparación con el agujero del eje, la relación  $1 - \frac{d_i}{d_a}$  puede considerarse 1.

Obteniendo:

Ejes	D min
Intermedio	313,21
Cola	375,85

Tabla 9. Valores de diámetro mínimo.

## 6. Motores auxiliares

A continuación, se va a realizar la elección de los motores que llevara el buque y que no están dedicados a la propulsión de este, principalmente aquellos dedicados a la producción de energía eléctrica a bordo para el correcto funcionamiento de todos los sistemas del buque. Estos motores, se buscarán en los catálogos de Man, ya que el motor principal es de este fabricante.

### 6.1 Diésel generadores

La generación de energía eléctrica a bordo es algo fundamental, para ello se utilizan Diesel generadores, estos suelen ser motores rápidos. Según las Sociedades de Clasificación, es de carácter obligatorio la redundancia en los Diesel generadores. No se conoce el balance eléctrico del buque, por lo que la potencia que deben generar los grupos

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

Diesel tampoco, esta potencia se va a estimar a partir de buques similares, buscando un conjunto de motores que aporte una potencia entre 2600 y 3000 KW.

Entre los generadores que ofrece el fabricante, se opta por la siguiente opción. Se trata del Diesel generador MAN L 23/30 H Mk3. A continuación se muestran las diferentes configuraciones de este motor:

Output						
Speed r/min	750	750	720	720	900	900
Frequency Hz	50	50	60	60	60	60
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L23/30H Mk3 ECR	-	-	500	475	-	- kW
5L23/30H Mk3	885	840	850	810	-	- kW
6L23/30H Mk3	1,082	1,010	1,020	970	1,200	1,140 kW
7L23/30H Mk3	1,239	1,180	1,190	1,130	1,400	1,330 kW
8L23/30H Mk3	1,416	1,345	1,380	1,290	1,600	1,520 kW
9L23/30H Mk3	1,593	1,515	1,530	1,455	1,800	1,710 kW

\*Based on nominal generator efficiencies of 95%

Tabla 10. Potencias generadas por diferentes configuraciones.

Se ha elegido este motor ya que el rango de potencias generadas coincide bastante con los requisitos. Se van a instalar 2 unidades de la versión de 8 cilindros, abarcando entre ambos el rango entre 26690 KW y 3040 KW. De la misma forma, se instalará un tercer motor, en este caso la versión de 5 cilindros, empleando este en caso de emergencia o combinándolo con uno de los dos principales en caso de que la demanda de energía eléctrica sea inferior, de manera que los generadores estén trabajando en su punto óptimo de funcionamiento.

### 6.2 Generador de emergencia

A parte de los equipos generadores seleccionados, se debe contar con uno más que será usado en caso de emergencia, es decir, en caso de que se haya perdido todo lo demás y el buque esté en modo 'supervivencia'. Este generador debe de ser capaz de alimentar los sistemas vitales del barco para evitar que este quede a la deriva. Al igual que en el caso anterior, la potencia que debe de aportar este generador se obtiene de proyectos similares, siendo en este caso entre 500 KW y 600 KW. Se vuelve a buscar entre la gama de generadores del fabricante, seleccionando como generador de emergencia la versión MAN L23/30 DF, que ofrece las siguientes configuraciones:

Output							
Speed	750	750	720	720	900	900	r/min
Frequency	50	50	60	60	60	60	Hz
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*	
MAN 5L23/30DF	625	590	625	590	-	-	kW
MAN 6L23/30DF	750	710	750	710	990	940	kW
MAN 7L23/30DF	875	830	875	830	1,155	1,100	kW
MAN 8L23/30DF	1,000	950	1,000	950	1,320	1,255	kW

Tabla 11. Diferentes configuraciones.

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

En este caso se va a escoger la versión de 5 cilindros, que aporta una potencia generada de 590 KW. Este motor tiene un diámetro de los cilindros de 23mm, y una carrera de 300mm, al igual que los generadores principales.

6.3 Generador de cola

La generación de energía eléctrica a bordo se completa con el generador de cola, este va acoplado al motor principal y genera energía eléctrica a costa de poco combustible.

Entrando en el catálogo de motor principal en el que va a ir instalado el generador de cola, se muestran los siguientes tipos de generador de cola compatibles (PTO).

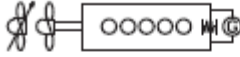
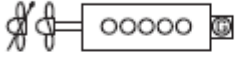
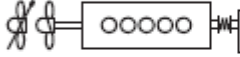
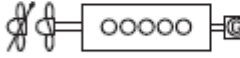
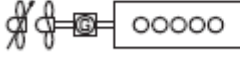

Position	Seating	Connection		Abbreviation
Front-end	On engine	Geared (with elastic coupling)		FEG
Front-end	On engine	Direct (no gear)		FED
Front-end	On tank top	Geared (with elastic coupling)		FTG
Front-end	On tank top	Direct (no gear)		FTD
Aft-end	Shaft-mounted	Direct (no gear)		ASM
Aft-end	Tunnel-geared	Geared (with elastic coupling)		ATG

Tabla 12. Tipos de PTO.

Se decide emplear el sistema PTO/FED, por el hecho de que se sitúa dentro del motor, por lo que se ahorra espacio.

## 7. Propulsor

Una vez elegida la motorización, se procede a seleccionar el propulsor que va a transformar la energía aportada por el motor en el movimiento del buque, actualmente se conoce el diámetro máximo que este puede tener, así como los huelgos mínimos dependiendo del número de palas. El número de palas, inicialmente se va a fijar en 4, debido a que es lo más común en este tipo de buques. Supuesto este dato, se procede a calcular el valor mínimo de la relación área expandida – área disco. Para calcular esta relación, se emplea el criterio de Keller, de manera que se obtenga una relación que no produzca cavitación.

$$\left(\frac{A_E}{A_0}\right)_{min} = \frac{(1.3 + 0.3 Z) * T}{(1026 h + 10100) * D_{Pmax}^2} + 0.2$$

Donde:

- Z es el número de palas.
- T es el empuje medido en Kg.
- h es el valor de inmersión del eje.
- $D_{Pmax}$  es el diámetro máximo del propulsor.

Una vez calculada el área expandida – área disco, se emplea el diagrama  $B_p - 1/J$ , entrando en él con el parámetro  $0.1739 \sqrt{B_p}$

Dónde.

$$B_p = \frac{n \sqrt{DHP_{WAG}}}{V_A^{2.5}}$$

Calculando la potencia que absorbe el propulsor  $DHP_{WAG}$  como:

$$DHP_{WAG} = BHP * \eta_M * \eta_R * \frac{75}{76} * \frac{1}{1.026}$$

Obteniendo:

Ae/A0	0,49132984
DHPwaG	8164,50546
Bp	38,9034943
0,1739rBp	1,08466066

Tabla 13. Parámetros calculados.

Entrando en la serie B para propulsores de área expandida – área disco igual a 0.5 de 4 palas, se obtiene un valor de  $1/J$  igual a 2.15. Conocido este valor, se puede calcular el diámetro óptimo, siendo este igual a **5.96 m**, siendo este resultado válido para el buque, ya que cumple el criterio de cavitación, así como con las dimensiones máximas.

### 7.1 Curva de funcionamiento

A partir de regresiones de la serie B, se obtienen las curvas  $K_T$  y  $K_Q$ , obteniendo los valores de los coeficientes de la siguiente forma:

$$K_T = \sum C_{s,t,u,v} (J)^s \left(\frac{H}{D}\right)^t \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^u (Z)^v$$

$$K_Q = \sum C_{s,t,u,v} (J)^s \left(\frac{H}{D}\right)^t \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^u (Z)^v$$

Se introducen los valores los valores de s, t, u, v para empuje y par correspondientes a las hélices de 4 palas, programando en Excel y operando, empleando las siguientes ecuaciones.

$$K_T = \sum_{i=0}^{n1} \sum_{i=0}^{n2} \sum_{i=0}^{n3} a_{ijk} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^i \left(\frac{H}{D}\right)^j (J)^k$$

$$10K_Q = \sum_{i=0}^{n1} \sum_{i=0}^{n2} \sum_{i=0}^{n3} b_{ijk} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^i \left(\frac{H}{D}\right)^j (J)^k$$

$$J = \frac{V_A}{nD}$$

$$\delta_{opt} = \sum_{i=0}^{n1} \sum_{i=0}^{n2} c_{ijk} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^i \left(\frac{\sqrt{Bp}}{10}\right)^j$$

$$\frac{H}{D} = \sum_{i=0}^{n1} \sum_{i=0}^{n2} \sum_{i=0}^{n3} d_{ijk} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^i \left(\frac{\sqrt{Bp}}{10}\right)^j \left(\frac{\delta}{100}\right)^k$$

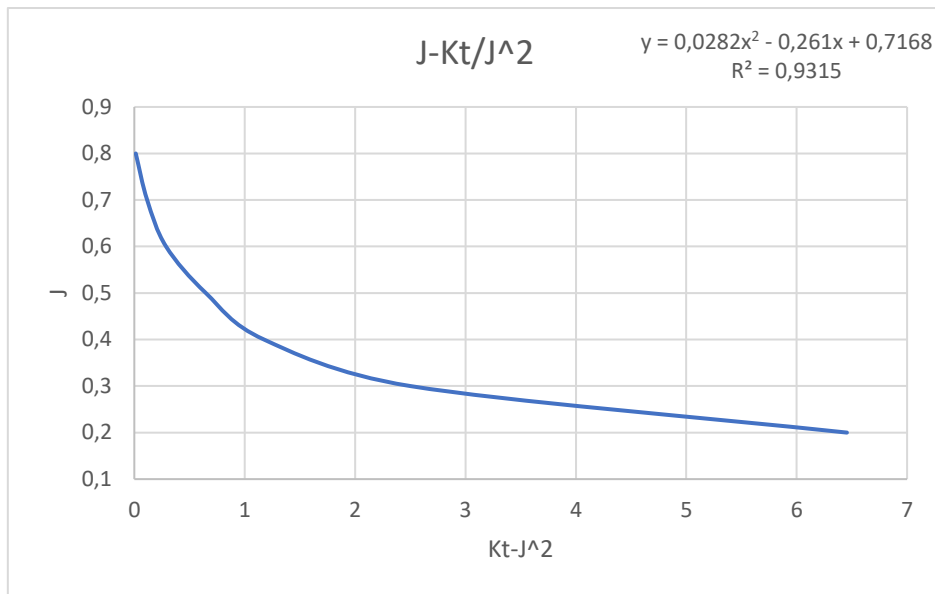
$$\eta_0 = \sum_{i=0}^{n1} \sum_{i=0}^{n2} \sum_{i=0}^{n3} e_{ijk} \left(\frac{Ae}{Ao}\right)^i \left(\frac{\sqrt{Bp}}{10}\right)^j \left(\frac{\delta}{100}\right)^k$$

Obteniendo:

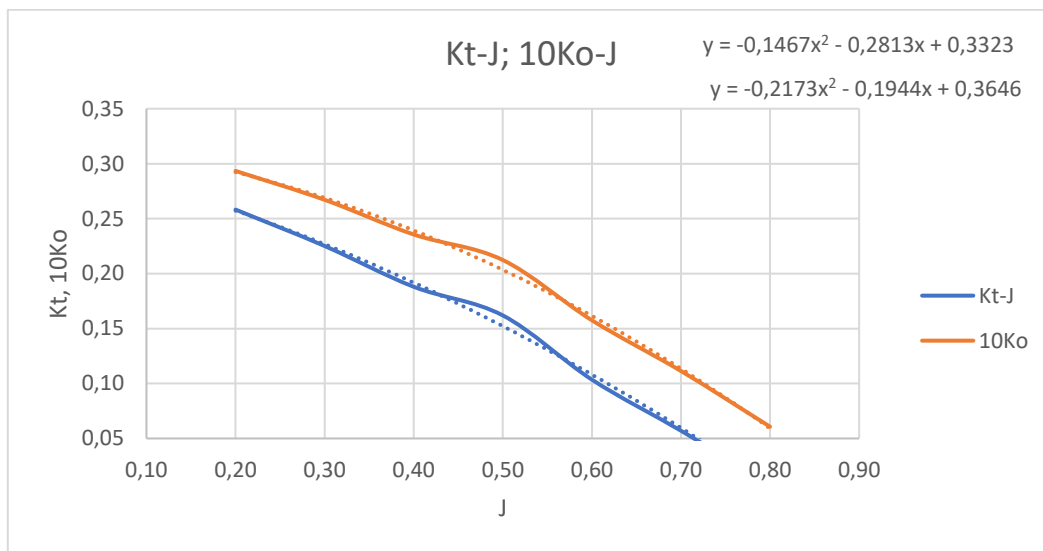
J	KT	10Ko	KT/J^2	no
0,2	0,25820871	0,29339384	6,45521776	0,28014497
0,3	0,22511808	0,26711053	2,50131199	0,40241445
0,4	0,18801119	0,23558452	1,17506996	0,50807742
0,5	0,16194912	0,21236732	0,6477965	0,60686748
0,6	0,10353147	0,15753153	0,28758741	0,62760887
0,7	0,05705003	0,11136813	0,11642864	0,57072378
0,8	0,00833516	0,06068916	0,01302368	0,17487412

Tabla 14. Valores obtenidos de la hoja de cálculo.

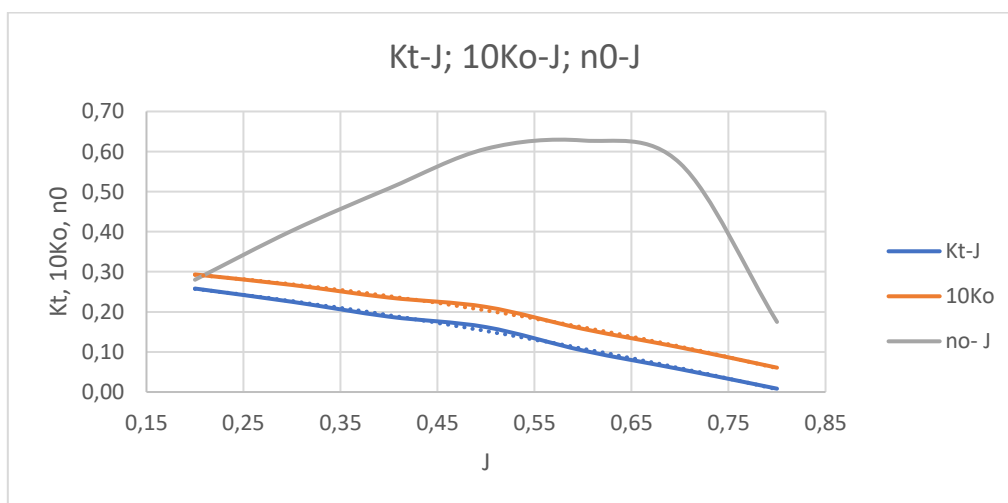
Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.



Gráfica 3. Curva J-Kt/J<sup>2</sup>.



Gráfica 4. Curvas Kt-J; 10Ko-J.



Gráfica 5. Curvas Kt-J; 10Ko-J; n0-J.



## 8. Elección del timón

### 8.1 Introducción

El timón es el apéndice situado a popa del buque, el cual hace posible la gobernabilidad de este, se trata de un perfil hidrodinámico situado a popa de la hélice. Se pueden diferenciar tres tipos de timones en función de cómo van situados en el buque: apoyados, semi-suspendidos y suspendidos. Los timones deben ser capaces de cumplir una serie de requisitos de maniobrabilidad impuestos por la OMI, con motivo de garantizar la seguridad del buque.

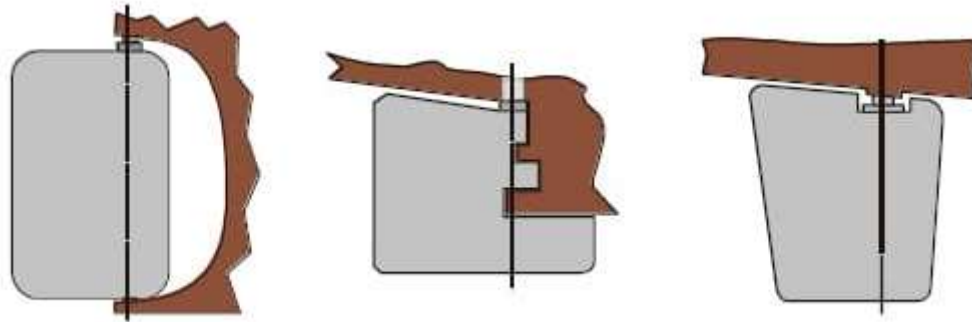


Ilustración 4. Timón apoyado, semi-suspendido, suspendido.

### 8.2 Dimensiones del timón

A continuación, se van a calcular las dimensiones principales necesarias para definir el timón correctamente.

#### 8.2.1 Área del timón

Para calcular el área del timón, se siguen las fórmulas aportadas por DNV, que la aproxima como:

$$A_T = \frac{L T}{100} \left( f + 25 \left( \frac{B}{L} \right)^2 \right)$$

Siendo  $f= 1.025$  para los timones semi – suspendidos.

O bien:

$$A_T = \frac{L T}{100} \left( 1 + 50 C_B^2 \left( \frac{B}{L} \right)^2 \right)$$

Aplicando ambas fórmulas se obtienen los valores **35.50 m<sup>2</sup>** y **39.77 m<sup>2</sup>**.

Ambos valores cumplen lo establecido por la Sociedad de Clasificación, por lo que se opta por escoger el menor por motivos de peso y económicos.

### 8.2.2 Altura

Este parámetro se establece a partir del plano de formas, la altura disponible desde el casco hasta la línea base es de 8.82m. A esta altura se le debe restar la altura correspondiente a los huelgos. Estos huelgos se pueden aproximar a un 7-10% en cada lado, por lo que se decide emplear una altura del timón final de **7.4 metros**.

### 8.2.3 Cuerda

La cuerda es la medida del timón correspondiente a la eslora, esta se puede obtener a partir de las dimensionas calculadas.

$$A_T = C * H$$

Obteniendo un valor para la cuerda de **4.8 metros**.

## 8.3 Relaciones

Existen una serie de relaciones entre las medidas principales del timón, que nos dan una idea de su geometría.

### 8.3.1 Relación de alargamiento

Se trata del cociente entre la altura y la cuerda del timón, esta se debe encontrar en un rango de valores para indicar un buen funcionamiento del timón, en el caso de buques de una hélice:

$$\lambda = \frac{h}{c} = [1,70 - 1,90]$$

Obteniendo en este caso un valor de **1.54**, este valor se encuentra por debajo del rango óptimo, sin embargo, en buques de formas llenas, se puede considerar aceptable, ya que la prioridad en estos casos es la estabilidad de ruta, y mientras no sea inferior a 1.4 se puede aceptar.

### 8.3.2 Relación de espesor

Esta relación hace referencia a la forma hidrodinámica del perfil, de manera que este permita una correcta maniobrabilidad sin producir desprendimientos. Existen diferentes perfiles comerciales, siendo los más utilizados los perfiles NACA.

Existen diferentes relaciones de espesor que generan condiciones favorables, siendo estas las relaciones 0.12, 0.15 y 0.18, no pudiendo ser esta superior a 0.23, teniendo en cuenta que el ángulo de desprendimiento debe ser mayor o igual a 35°. Para comprobar que se cumple este requisito, se utiliza la siguiente expresión:

$$\delta_g = 7.11 (1 + 7E) \left(1 + \frac{1.25}{\lambda}\right) \left(1 + 0.048 \sqrt{\ln\left(1 + \frac{8 K_T}{\pi J^2}\right)}\right) \frac{H}{D}$$

Empleando la fórmula con las distintas relaciones:

E	a
0,12	26,4136537
0,15	29,4282554
0,18	32,4428572
0,21	35,457459

Tabla 15. Relaciones de espesor.

Para las relaciones más favorables no se cumple la condición del ángulo de desprendimiento, por lo que se tiene que emplear finalmente la relación de espesor  $E=0.21$ , estando está dentro del límite. Arrojando un espesor máximo de 1.007 m.

Por tanto, la elección del perfil será un **NACA 0021**, indicando esto que se trata de un perfil simétrico y con una relación de espesor de 0.21.

### 8.3.3 Relación de compensación

Este parámetro relaciona el área del timón que se encuentran a proa de la mecha con respecto al área total de la pala . Esto tiene influencia en la fuerza que tendrá que realizar el servomotor para girar la pala, ya que varían los brazos. Tiene la siguiente expresión:

$$RC = \frac{A_{PR}}{A_T} * 100$$

Siendo  $A_{PR}$  el área de la pala que queda a proa de la mecha y  $A_T$  el área total. Esta relación debe encontrarse entre el 25% y el 32%, por lo que el área de la pala situada a proa de la mecha tiene que encontrarse entre 8.87 m<sup>2</sup> y 11.36 m<sup>2</sup>.

## 8.4 Momentos y fuerzas del timón

A continuación, se calculan todas las fuerzas y momentos que sufrirá la pala del timón en diferentes situaciones.

### 8.4.1 Avante

La fuerza que sufre la pala en el movimiento de avante se aproxima de la siguiente manera:

$$F_A = 132 X_1 X_2 X_3 A_T V^2 t$$

Siendo  $t$  un parámetro que relaciona el empuje unitario con el coeficiente de empuje del buque real, se supondrá igual a la unidad. La velocidad debe introducirse en nudos y el área en m<sup>2</sup>.

- $X_1$  depende de la relación de aspecto.

$$X_1 = \frac{\lambda + 2}{3}, \text{ si } \lambda < 2$$

$$\lambda = \frac{h^2}{A_T}$$

- $X_2$  tiene valor 1.1 para un perfil simétrico en situación de avance.
- $X_3$  tiene valor 1 cuando el timón se sitúa detrás del propulsor.

Obteniendo una fuerza avante  $F_A = 1411624.2\text{N}$ .

Pudiendo calcular el par de torsión como:

$$Q_A = F_A r$$

Siendo  $r$  el brazo, pudiendo ser este estimado como:

$$r = c (\alpha - k)$$

Donde:

- $c$  es la cuerda.
- $\alpha$  tiene valor 0.33 en avance.
- $k$  es el factor de compensación.

El brazo no puede ser inferior a  $0.1 * c$

Por lo que se obtiene que:

$$r = 0.575\text{m}$$

$$Q_A = 812782,475 \text{ Nm}$$

#### 8.4.2 Ciando

La fórmula para calcular la fuerza ciando es la misma que en el caso de la situación de avance, pero, en este caso, la velocidad queda reducida a la mitad, mientras que el coeficiente  $X_2$  pasa a tomar valor 0.8. Obteniendo el valor de:

$$F_C = 256658.94\text{N}$$

En el caso del par, en esta condición, el parámetro  $\alpha$  tiene valor 0.66. Obteniendo un valor del par ciando de:

$$Q_C = 554169.87 \text{ Nm}$$

#### 8.5 Mecha del timón

A continuación, se procede a calcular el diámetro mínimo que debe tener la mecha del timón, para ello se empleará el método propuesto por la IACS.

La IACS indica que el diámetro mínimo que debe tener la mecha del timón es:

$$D_{min} = 4.2 \sqrt[3]{Q k}$$

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

Siendo  $Q$  el valor máximo de par obtenido anteriormente y  $k$  una constante que podemos suponer que tiene valor 1. Por lo que, el diámetro mínimo será:

$$D_{min} = 391.95mm$$

Aportando como fórmula para el cálculo del diámetro del timón la siguiente:

$$D_E = D_{min} \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3} \left[ \frac{M_f}{Q_R} \right]^2}$$

Siendo  $M_f$  el momento flector en NM, con fórmula  $M_f = \frac{F \cdot h}{8}$

Obteniendo:

$$D_E = 484.65mm$$

### 8.6 Maniobrabilidad

A continuación, se estudian las distintas características de maniobrabilidad que debe tener el timón.

#### 8.6.1 Facilidad de evolución

Esta característica estudia la facilidad que tiene el buque para realizar un giro de 180°. Esta característica se estudia a partir del diámetro de giro, relacionando este con la eslora del buque. Esta relación tendrá a siguiente forma:

$$\frac{D}{L_{PP}} = \frac{D_G}{\text{sen}(35) \cos(35)}$$

Donde:

$$D_G = 0.024 \frac{L_{PP}}{B} \frac{1}{C_B} \frac{M V^2}{\left(\frac{F_N}{\delta}\right) L_{PP}} \left(1 + 25 * \frac{T_{PP} - T_{PR}}{L_{PP}}\right)$$

Siendo:

- $M$  la masa del buque en Kg.
- $V$  la velocidad del buque en m/s.
- $\delta$  el ángulo de giro del timón.
- $F_N$  la fuerza unitaria en dirección normal al timón.

La relación  $\frac{F_N}{\delta}$  se puede calcular como:

$$\frac{F_N}{\delta} = \frac{F_T}{\delta} * \frac{1}{c}$$

$$\frac{F_T}{\delta} = \frac{1}{2} * \frac{C_{FT}}{\delta} * \rho * A_r * V_A^2$$

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

Siendo:

- $A_r$  el área del timón.
- $V_A^2$  la velocidad del buque en m/s.
- $\frac{C_{FT}}{\delta}$  un relación que se puede calcular como:

$$\frac{C_{FT}}{\delta} = \frac{2 \pi \lambda}{\lambda + 2.55} (1 - 0.35 E) \left( 1 + \frac{8 K_T D}{\pi J^2 h} \right) \left( \frac{C_B + 0.30}{1 + 1.214 \left( 1 - e^{-0.3 \frac{K_T}{J^2}} \right)} \right)$$

Donde:

- $\lambda$  es la relación de alargamiento.
- $D$  es el diámetro de la hélice.
- $h$  es la altura del timón.
- $E$  es la relación de espesor.

Introduciendo las fórmulas en una hoja de cálculo y sustituyendo por los valores de este buque, finalmente se obtiene que el valor de la relación  $D/L_{pp}$  es:

$$\frac{D}{L_{PP}} = 2.749$$

El valor de esta relación para coeficientes de bloque igual a 0.82 no debe ser superior a 3.10, por lo que el resultado es válido.

### 8.6.2 Estabilidad en ruta

Esta es una característica importante en buques con alto coeficiente de bloque. Esta se expresa mediante la relación entre el primer ángulo de rebasamiento (delo) y el parámetro  $\frac{Cb * B}{L_{pp}}$ . En el caso de buques graneleros:

- El primer ángulo de rebasamiento para zigzag de 10°:

$$delo = 10 * 3.20 * \left( Cb * \frac{B}{L_{pp}} + 0.10 \right) = 7.51^\circ$$

- El primer ángulo de rebasamiento para zigzag de 20°.

$$delo = 20 * 5.20 * \left( Cb * \frac{B}{L_{pp}} + 0.019 \right) = 15.99^\circ$$

Estos valores deben de encontrarse por debajo de los valores máximos impuestos por la IMO, que será:

- Para la maniobra de zigzag de 10°:

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

$$max = 5 + 0.5 * \left( \frac{Lpp}{V} \right) = 17.77$$

- Para la maniobra de zigzag de 20°:

$$max = 25^{\circ}$$

Por lo que en ambos casos se cumple.

### 8.6.3 Facilidad de parada

En este caso, se estudia la distancia que le toma al buque pararse por completo en caso de emergencia. Se calcula el parámetro de potencia:

$$PP = 0.305 * V^3 * \frac{\Delta}{PBA * D_p}$$

Donde:

- $V$  es la velocidad en nudos.
- $PBA$  es la máxima potencia dando atrás. Se estima como el 35% de la potencia avante.

Obteniendo una valor:

$$PP = 1749.67$$

Se debe cumplir que la distancia que recorre el buque RH no debe ser superior a 15 veces la eslora entre perpendiculares.

$$RH = 0.305 * e^{0.773 - 5 * 10^{-5} * PP + 0.617 \ln(PP)} * \sqrt[3]{\Delta}$$

Obteniendo:

$$RH = 2368.38 < 2760.6 \text{ (15 } Lpp)$$

### 8.7 Potencia del servomotor

Para terminar de definir el timón, se debe calcular la potencia que debe de tener el servomotor para ser capaz de accionar este, esta potencia se puede estimar como:

$$P = Q * w \quad (W)$$

Siendo  $w$  la velocidad angular de la pala del timon, que según SEVIMAR, es la necesaria para desplazar el timón de 30° a 35° de la banda contraria en 28 segundos, esta velocidad es de 0.0405 rad/s.

Aplicando un rendimiento del 65%, se obtiene la siguiente potencia:

$$P = \frac{0.0405 * 812782.475}{0.65} = 50642.60 \text{ W}$$

## 9. Tanques

A continuación, se va a realizar una descripción y cálculo de los tanques que deberá llevar el buque.

### 9.1 Consumo de combustible

De los datos técnicos del motor principal se ha obtenido el consumo de este.

MAN B&W G45ME-C6.5			
L <sub>1</sub> SFOC [g/kWh]			
Opt. load range	50%	75%	100%
High-load	168.5	166.0	170.0

Ilustración 5. Consumo del motor principal.

El consumo especificado en el catálogo debe ser corregido, ya que este valor está calculado para unas condiciones concretas:

- Poder calorífico 42700KJ/Kg.
- Presión ambiental 1 bar.
- Temperatura ambiente 25°C.
- Temperatura de agua de mar 25°C.

Como no se conoce la ruta de navegación que tendrá el buque, no se puede asegurar que se vayan a cumplir estas características, por lo que se le aplica una corrección de manera que el consumo empleado se parezca más al real. Se estima que el consumo real al 100% de carga será un 5% superior al que ofrece el catálogo, quedando:

$$\mathbf{SFOC\ 100\% = 178.5\ g/kWh}$$

A continuación, se puede calcular el volumen mínimo de HFO que debe llevar el buque como:

$$V_{HFO-min} = \frac{t\ (h) * SFOC\ \left(\frac{g}{kWh}\right) * P_{MP}\ (kW)}{\rho_{HFO}\ \left(\frac{t}{m^3}\right) * 10^6\ \left(\frac{g}{t}\right)}$$

Para conocer el tiempo de navegación, se estima una autonomía a partir de buques similares de 10500 millas, lo que genera un tiempo de navegación de 750 horas.

$$V_{HFO-min} = 957.65\ m^3$$

Contando con que el motor trabaja al 85% de su capacidad y la densidad del HFO es de 0.991 t/m<sup>3</sup>.



## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

A este volumen se le ha de sumar un 10% para que el buque no llegue vacío a puerto y un 4% por otros motivos, así como el volumen de las calderas que se estima en 50m<sup>3</sup>.

$$V_{HFO\ min} = 1141.73\ m^3$$

El consumo de combustible de MDO se realizará para las arrancadas y paradas del motor principal, este se estima en un 10% del consumo de HFO.

$$V_{MDO\ min} = 114.17m^3$$

Se repite el proceso para el consumo de los motores auxiliares, teniendo en cuenta que estos no funcionan el 100% del tiempo. El combustible MDO empleado tiene densidad igual a 0.88 t/m<sup>3</sup>.

$$V_{minHFO} = 1.14 * \frac{t\ (h) * SFOC\ \left(\frac{g}{kWh}\right) * P_{AUX}(kW)}{\rho_{HFO}\ \left(\frac{t}{m^3}\right) * 10^6\ \left(\frac{g}{t}\right)}$$

$$V_{minHFO} = 242.88m^3$$

$$V_{minMDO} = 24.28m^3$$

### 9.2 Tanques auxiliares

A continuación, se calcula el resto de tanques que debe llevar el buque.

#### 9.2.1 Tanque de servicio diario de HFO

Según el DNV, se deberán colocar dos tanques de servicio diario para cada uno de los tipos de combustible, situando uno a cada banda, y cada tanque deberá ser capaz de proporcionar 8 horas de servicio por lo menos. Para el cálculo de estos tanques se tendrá en cuenta tanto el motor principal como los secundarios, y se calcularán para 24 horas.

$$V_{SD-HFO} = 1.14 * \frac{\sum(P_i * SFOC_i) * 24}{\rho_{HFO} * 10^6} = 56.081m^3$$

#### 9.2.2 Tanque de sedimentación HFO

Al igual que los tanques de servicio diario, se dispone de dos tanques, uno a cada banda. Deben ser capaces de trabajar 24 horas, por lo que su volumen es el mismo que el de los tanques de servicio diario.

$$V_{Sed-HFO} = 56.081m^3$$

#### 9.2.3 Tanque de lodos HFO

Según MARPOL, el volumen mínimo de estos tanques será:

$$V_{L-HFO} = 0.015 * SFOC * t * 1.14 = 23.13m^3$$

Deben ir situados en el doble fondo de la cámara de máquinas.

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

### 9.2.4 Tanque de rebose HFO

Estos tanques pueden ser estimados como un 10% de los tanques de sedimentación cada uno.

$$V_{R-HFO} = 11.21m^3$$

### 9.2.5 Tanques almacén HFO

Se trata de los tanques que ocupan un mayor volumen, estos deben almacenar el combustible necesario para que el buque realice el viaje completo. Actualmente, en los buques es necesario disponer de varios tipos de combustible HFO, en función de su contenido en azufre, ya que desde el año 2020, se han establecido varias restricciones que no permiten el consumo de combustibles con alto contenido de azufre en determinadas zonas, por lo que el buque debe ser capaz de transportar los diferentes tipos de combustible por separado. A partir del volumen mínimo de HFO necesario que se ha calculado anteriormente, se establece que el volumen que llevará el buque es de 1500 m<sup>3</sup>, de manera que no se restrinja la autonomía a la estimada.

Los tanques de almacén no llevarán los 1500 m<sup>3</sup>, pues a estos hay que restarles el equivalente a los tanques de servicio diario y a los tanques de sedimentación. Por lo que el volumen de los tanques de almacenamiento será:

$$V_{ALM-HFO} = 1387.83m^3$$

Este es el volumen que debe dividirse entre los tanques destinados a los diferentes tipos de combustible.

- Almacén de HFO <4.5%: 906.67 m<sup>3</sup> divididos en 4 tanques.
- Almacén de HFO <1.5%: 280.34 m<sup>3</sup> divididos en 2 tanques.
- Almacén de HFO <0.1%: 200.81 m<sup>3</sup> divididos en 2 tanques.

### 9.2.6 Tanque servicio diario MDO

En este caso se calcula al igual que se ha hecho para el HFO, pero en el caso del motor principal no se supone un funcionamiento de 24 horas. Se supone un tiempo de funcionamiento del motor principal con MDO de 5 horas.

$$V_{SD-MDO} = 1.14 * \frac{\sum(P_i * SFOC_i * t_i)}{\rho_{MDO} * 10^6} = 26.51m^3$$

### 9.2.7 Tanque de rebose MDO

Se vuelve a estimar como un 10% del tanque de servicio diario.

$$V_{R-MDO} = 2.651m^3$$

### 9.2.8 Tanques almacén MDO

A partir de los volúmenes mínimos de MDO, se decide que el buque llevará 150 m<sup>3</sup> de combustible MDO, por lo que el volumen de los tanques de almacén será, al igual que en el caso del HFO, este menos el de los tanques de servicio diario. Quedando:

$$V_{ALM-MDO} = 123.48m^3$$

## Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

### 9.2.9 Tanques de agua dulce

Estos tanques deberán ser dimensionados atendiendo al número de tripulantes y al consumo de los sistemas. Se estima que cada tripulante consume 150 litros de agua al día. Para los sistemas se estima que el consumo será el doble.

$$V_{TRIP} = 4200 \frac{l}{día}$$

$$V_{SIST} = 8400 \frac{l}{día}$$

Por lo que el volumen total de agua dulce que se debe portar, teniendo en cuenta la autonomía de 750 horas, será:

$$V_{Total} = 393.75m^3 \sim 400m^3$$

De los cuales, 150 m<sup>3</sup> serán de agua potable.

### 9.2.10 Tanques de aceite

No se conocen los consumos de aceite de los motores instalados, por lo que estos se van a estimar a partir de buques similares. En el caso de aceite lubricante, se estima que el total será de unos 30 m<sup>3</sup>. A parte, se dispondrá también de un tanque dedicado al servicio diario de aceite, cuyo volumen será aproximadamente 1/3 del tanque de almacenamiento, así como un tanque dedicado a la lubricación de cojinetes. El tanque destinado a almacenar el aceite sucio será similar al de servicio diario.

## 9.3 Resumen

A continuación, se muestra en forma tabular los tanques calculados para el buque.

TANQUES HFO	Volumen bruto (m3)	Volumen neto (m3)	Densidad de carga (t/m3)	Peso (t)
Almacén HFO 1 <4,5% S, Er	258,401	226,668	0,991	256,075
Almacén HFO 2 <4,5% S, Er	258,401	226,668	0,991	224,627
Almacén HFO 1 <4,5% S, Br	258,401	226,668	0,991	256,075
Almacén HFO 2 <4,5% S, Br	258,401	226,668	0,991	224,627
Almacén HFO <1,5% S, Er	159,794	140,170	0,991	158,356
Almacén HFO <1,5% S, Br	159,794	140,170	0,991	158,356
Almacén HFO <0,1% S, Er	114,462	100,405	0,991	113,432
Almacén HFO <0,1% S, Br	114,462	100,405	0,991	113,432
Servicio diario HFO, Er	28,041	24,597	0,991	27,788
Servicio diario HFO, Br	28,041	24,597	0,991	27,788
Sedimentación HFO, Er	28,041	24,597	0,991	27,788
Sedimentación HFO, Br	28,041	24,597	0,991	27,788
Reboses	11,210	10,762	0,991	10,665
Lodos	23,130	22,205	0,991	22,005
<b>Total</b>	<b>1728,617</b>	<b>1519,174</b>		<b>1648,802</b>

Tabla 16. Tanques de HFO.

Capítulo 6. Resistencia al avance, propulsión y motorización.

TANQUES MDO	Volumen bruto (m3)	Volumen neto (m3)	Densidad de carga (t/m3)	Peso (t)
Almacén MDO, Er	70,384	61,740	0,880	54,331
Almacén MDO, Br	70,384	61,740	0,880	54,331
Servicio diario MDO, Er	13,255	11,627	0,880	10,232
Servicio diario MDO, Br	13,255	11,627	0,880	10,232
Reboses	2,651	2,325	0,880	2,046
<b>Total</b>	<b>169,928</b>	<b>149,060</b>		<b>131,173</b>

Tabla 17. Tanques de MDO.

TANQUES DE ACEITES	Volumen bruto (m3)	Volumen neto (m3)	Densidad de carga (t/m3)	Peso (t)
Almacén aceite lubricante motor, Er	17,100	15,000	0,950	14,250
Almacén aceite lubricante motor, Br	17,100	15,000	0,950	14,250
Servicio diario aceite motor	5,700	5,000	0,950	4,750
Servicio diario lubricante cojinetes	5,700	5,000	0,890	4,450
Aceite sucio	15,000	13,158	0,890	11,711
<b>Total</b>	<b>60,600</b>	<b>53,158</b>		<b>49,411</b>

Tabla 18. Tanques de aceite.

TANQUES DE AGUA DULCE	Volumen bruto (m3)	Volumen neto (m3)	Densidad de carga (t/m3)	Peso (t)
Agua dulce, Er	85,500	75,000	1,000	75,000
Agua dulce, Br	85,500	75,000	1,000	75,000
Agua potable	285,000	250,000	1,000	250,000
<b>Total</b>	<b>456,000</b>	<b>400,000</b>		<b>400,000</b>

Tabla 19. Tanques de agua.

## 10. Referencias

- [1] PARDO ALONSO. B. (2023). Apuntes "Hidrodinámica Naval Avanzada". Universidad Politécnica de Cartagena.
- [2] ALVARIÑO CASTRO, R., AZPIROZ AZIROZ, J., & MEIZOSO FERNÁNDEZ, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales.
- [3] LEGAZ ALMANSA, M. J. (2020-2021). Apuntes "Proyectos". Universidad Politécnica de Cartagena.
- [4] MAN ENGINES.
- [5] PEDREÑO GAITÁN. S. (2022) .*Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- [6] NAVARRO ORTEGA. P. (2022). *Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.

# ANTEPROYECTO DE BUQUE GRANELERO DE 45000 TPM.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica  
Juan Murcia de la Hoz  
Septiembre 2023

## Contenido

1.	Introducción.....	3
2.	Peso en rosca .....	3
2.1	Distribución del peso de acero continuo.....	3
2.1.1	Pesos de cada zona .....	4
2.1.2	Centros de gravedad .....	5
2.2	Peso locales.....	6
2.2.1	Superestructura de habilitación .....	6
2.2.2	Guardacalor .....	7
2.2.3	Castillo.....	7
2.2.4	Toldilla .....	7
2.2.5	Pique de proa y popa .....	7
2.2.6	Tanques de consumo .....	7
2.2.7	Brazolas .....	8
2.3	Peso de la maquinaria .....	9
2.3.1	Peso del motor principal.....	9
2.3.2	Diesel generadores.....	9
2.3.3	Resto.....	9
2.4	Ewuipo y habilitación .....	10
3.	Peso muerto .....	10
4.	Análisis.....	10
4.1	Criterios .....	11
4.1.1	Criterios establecidos por la OMI.....	11
4.1.2	Criterios establecidos por el SOLAS.....	11
4.2	Buque intacto .....	11
4.2.1	Salida de puerto con carga de factor de estiba 1.27 m <sup>3</sup> /t.....	12
4.2.2	Llegada a puerto con carga de factor de estiba 1.27 m <sup>3</sup> /t.....	20
4.2.3	Salida de puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.27 m <sup>3</sup> /t 29	
4.2.4	Llegada a puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.27 m <sup>3</sup> /t	38
4.2.5	Salida de puerto con carga de factor de estiba 1.10 m <sup>3</sup> /t.....	46
4.2.6	Llegada a puerto con carga de factor de estiba 1.10 m <sup>3</sup> /t.....	54
4.2.7	Salida de puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.10 m <sup>3</sup> /t 62	
4.2.8	Llegada a puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.10 m <sup>3</sup> /t 70	

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.9	Salida de puerto con carga de factor de estiba 1.35 m <sup>3</sup> /t.....	78
4.2.10	Llegada a puerto con carga de factor de estiba 1.35 m <sup>3</sup> /t.....	86
4.2.11	Salida de puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.35 m <sup>3</sup> /t 94	
4.2.12	Llegada a puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.35 m <sup>3</sup> /t 102	
4.2.13	Salida de puerto en lastre.....	110
4.2.14	Llegada a puerto en lastre.....	118
4.2.15	Observaciones.....	126
4.3	Condición de avería .....	126
4.3.1	Avería en Cámara de Máquinas.....	127
4.3.2	Avería en pique de proa.....	132
4.3.3	Avería en el pique de popa .....	137
4.3.4	Avería en bodega 3 .....	142
5.	Referencias .....	147



## 1. Introducción

En este último cuadernillo se va a analizar las diferentes situaciones de carga, así como la resistencia longitudinal del buque viga en las diferentes condiciones. Antes de establecer las condiciones de carga, es necesario conocer con la mayor exactitud posible el conjunto de pesos que formarán parte del buque, por lo que se comenzará por esta parte.

## 2. Peso en rosca

A continuación, se va a proceder al cálculo del peso en rosca del buque de manera más aproximada a la realidad. En el Cuadernillo 2 se realizaron las siguientes estimaciones:

<b>Peso acero (t)</b>	<b>5242,90</b>
<b>Peso maquinaria (t)</b>	<b>848,33</b>
<b>Equipos y habilitación (t)</b>	<b>591,49</b>
<b>Peso en rosca (t)</b>	<b>10680,20</b>

Tabla 1. Estimación del peso en rosca.

### 2.1 Distribución del peso de acero continuo

A partir del valor de peso de acero continuo obtenido con anterioridad, se va a realizar la distribución de este a lo largo de la eslora del buque. Para esto se va a emplear el método de Biles, el cual consiste en aproximar el buque a la siguiente figura:

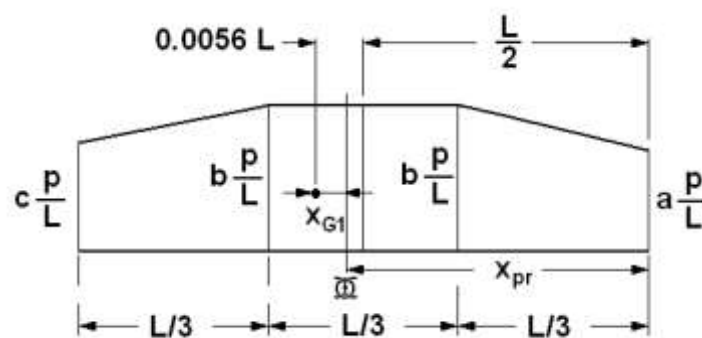


Ilustración 1. Distribución para método de Biles.

Sabiendo que el centro de gravedad se encuentra a 3.19m a popa de la sección media:

$$x_{G_1} = x_{pr} - \left( 0.0056 * L + \frac{L}{2} \right) = 2.17 \text{ m}$$

Se transforma la figura añadiendo cuñas en los extremos de la siguiente forma:

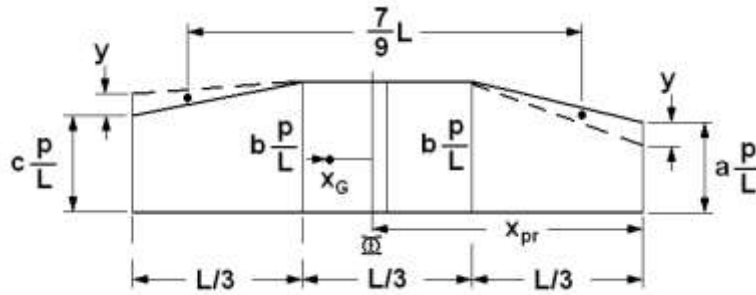


Ilustración 2. Figura transformada.

Donde 'y' es la variación en los extremos. Se calcula como:

$$\Delta x = x_g - x_{g1} = 5.37m$$

$$y = \frac{54}{7} * \frac{\Delta x P}{L^2} = 6.37$$

Y obteniendo los valores a,b y c de una tabla, siendo estos para buques de formas llenas:

$$a = 0.596$$

$$b = 1.174$$

$$c = 0.706$$

### 2.1.1 Pesos de cada zona

Se calcula el peso equivalente a cada una de las zonas en las que se ha dividido el buque.

#### - Zona de popa

Se divide el trapecio que forma la popa en un rectángulo y un triángulo.

$$P_{PP} = P_R + P_T = \left(y + c * \frac{p}{L}\right) * \frac{L}{3} + \frac{1}{2} * \left(\frac{p}{L}(b - c) - y\right) * \frac{L}{3} = 1838.94 t$$

#### - Zona central

Esta zona es simplemente un rectángulo.

$$P_C = b * \frac{p}{L} * \frac{L}{3} = 2051.72 t$$

#### - Zona de proa

También se divide en un rectángulo y un triángulo.

$$\begin{aligned} P_{PR} = P_R + P_T &= \left(a * \frac{p}{L} - y\right) * \frac{L}{3} + \frac{1}{2} * \frac{L}{3} * \left(b * \frac{p}{L} - \left(a * \frac{p}{L} - y\right)\right) \\ &= 1350.48 t \end{aligned}$$

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Sumando los pesos de las zonas por separado se obtiene un total de 5241.15 t. Lo que es prácticamente igual que el peso de acero total.

### 2.1.2 Centros de gravedad

A continuación, se calculan los centros de gravedad de cada una de las zonas. En el caso de un trapecio, el centro de gravedad se puede calcular como:

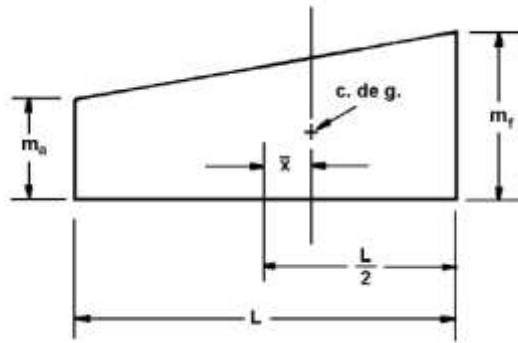


Ilustración 3. Centro de gravedad de un trapecio.

Donde:

$$\bar{x} = \frac{L}{6} * \frac{m_f - m_a}{m_f + m_a}$$

*Se calculan los centros de gravedad de las diferentes zonas.*

- **Zona de popa**

$$m_a = c * \frac{p}{L} + y = 27.45$$

$$m_f = b * \frac{p}{L} = 35.05$$

$$\bar{x} = 2.497m$$

$$x_{cdg\ pp} = -59.089m \text{ a la SM}; 33.29m \text{ desde popa}$$

- **Zona central**

$$x_{cdg\ c} = 0 \text{ m a la SM}; 92.38 \text{ m desde popa}$$

- **Zona de proa**

$$m_a = a * \frac{p}{L} - y = 6.69$$

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

$$m_f = b * \frac{p}{L} = 25.74$$

$$\bar{x} = 6.25m$$

$$x_{cdg\ pp} = 67.61m \text{ a la SM}; 159.99 m \text{ desde popa}$$

### 2.2 Peso locales

A continuación, se calcula el peso de acero de los diferentes locales del buque.

#### 2.2.1 Superestructura de habilitación

A partir de la disposición general realizada, se puede aproximar el peso de la habilitación a partir de los volúmenes de las distintas cubiertas de la siguiente forma:

$$P_{HAB} = ak \cdot V^{bk}$$

Siendo:

- $ak$  un coeficiente cuyo valor se puede asumir como  $0.13 \text{ t/m}^3$ .
- $bk$  un coeficiente con valor 1 para buques graneleros.
- $V$  el volumen de la habilitación.

Obteniendo los volúmenes de las diferentes cubiertas y aplicando las fórmulas se obtiene:

Cubierta	Volumen (m3)	Peso
Cubierta A	833,7888	108,392544
Cubierta B	865,4445	112,507785
Cubierta C	685,3329	89,093277
Cubierta D	371,92824	48,3506712
Cubierta E	371,92824	48,3506712
Puente	197,01864	25,6124232
<b>Total</b>	<b>3325,44132</b>	<b>432,307372</b>

Cuyo centro de gravedad, aplicando el teorema de Varignon está en:

$$X_G = 24.85 m$$

$$Y_G = 0 m$$

$$Z_G = 25.69 m$$

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

### 2.2.2 Guardacalor

El peso del guardacalor se estima de la misma forma que la habitación. Se obtiene un volumen de 435.45 m<sup>3</sup> y un peso de 56.60 t. Su centro de gravedad se encuentra en:

$$X_G = 19.06 \text{ m}$$

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

$$Z_G = 29.6 \text{ m}$$

### 2.2.3 Castillo

Aplicando la misma fórmula que en los casos anteriores, se obtienen los valores correspondientes al peso del castillo de proa. Se obtiene un volumen de 582.49 m<sup>3</sup> y un peso de 75.72t. Cuyo centro de gravedad se encuentra en:

$$X_G = 178.39 \text{ m}$$

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

$$Z_G = 18.26 \text{ m}$$

### 2.2.4 Toldilla

En el caso de la toldilla, se estima un peso por metro cúbico de 0.082 t/m<sup>3</sup>. Obteniendo un volumen de 1367.01 m<sup>3</sup> y, por tanto, un peso de 112.09 t. Ubicándose su centro de gravedad en:

$$X_G = 16.5 \text{ m}$$

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

$$Z_G = 17.83 \text{ m}$$

### 2.2.5 Pique de proa y popa

Estas zonas se van a calcular como si fueran locales, empleando la misma fórmula que se ha utilizado para el resto de locales a excepción de la toldilla.

$$P_{Piques} = 0.13 * V^1$$

Se obtiene un valor del peso de 373.1t y 176.93t para los piques de popa y proa respectivamente.

### 2.2.6 Tanques de consumo

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Los tanques de lastre, almacén de combustible y servicio diario son estructurales, por lo tanto, su peso está incluido en el apartado de acero continuo. Para el resto de tanques, se emplea la siguiente fórmula:

$$P_{TAN} = ak \cdot V^{bk}$$

Siendo:

- ak un coeficiente cuyo valor se estima 0.043.
- bk un coeficiente con valor 1 para buques graneleros.
- V el volumen de los tanques en metros cúbicos.

Se obtienen los siguientes resultados:

TANQUES HFO	Volumen bruto (m3)	Peso (t)
Sedimentación HFO, Er	28,0405	1,2057415
Sedimentación HFO, Br	28,0405	1,2057415
Reboses	11,21	0,48203
Lodos	23,13	0,99459
TANQUES MDO	Volumen bruto (m3)	Peso (t)
Reboses	2,651	0,113993
TANQUES DE ACEITES	Volumen bruto (m3)	Peso (t)
Almacén aceite lubricante motor, Er	17,1	0,7353
Almacén aceite lubricante motor, Br	17,1	0,7353
Servicio diario aceite motor	5,7	0,2451
Servicio diario lubricante cojinetes	5,7	0,2451
Aceite sucio	15	0,645
TANQUES DE AGUA DULCE	Volumen bruto (m3)	Peso (t)
Agua dulce, Er	85,5	3,6765
Agua dulce, Br	85,5	3,6765
Agua potable	285	12,255
<b>Total</b>	<b>609,672</b>	<b>26,215896</b>

Tabla 2. Peso de acero de tanques de consumo.

### 2.2.7 Brazolas

A continuación, se calcula el peso debido al acero de las tapas de escotilla. Se puede estimar a partir de su volumen como:

$$P_{ESC} = 0.090 * V$$

A continuación, se muestra los datos de volumen, peso y centro de gravedad correspondiente a las escotillas.

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Escotillas	Volumen	Peso	xg	yg	zg
Bodega 1	432,432	38,91888	157,04	0	18,14
Bodega 2	432,432	38,91888	133,61	0	18,14
Bodega 3	432,432	38,91888	110,09	0	18,14
Bodega 4	412,776	37,14984	87	0	18,14
Bodega 5	412,776	37,14984	64,13	0	18,14
Bodega 6	412,776	37,14984	41,64	0	18,14

Tabla 3. Peso de acero de escotillas.

### 2.3 Peso de la maquinaria

A continuación, se calcula el peso de la maquinaria que irá situada en el interior de la cámara de máquinas.

#### 2.3.1 Peso del motor principal

El motor principal seleccionado MAN B&W G45ME-C9.5-T11 en su versión de 6 cilindros tiene un peso aproximado de:

$$P_{MP} = 200 t$$

Su centro de gravedad se encuentra en:

$$X_G = 24.175 m$$

$$Y_G = 0.125 m$$

$$Z_G = 5.041 m$$

#### 2.3.2 Diesel generadores

Se colocan tres motores auxiliares a los lados del motor principal, con un peso conjunto de:

$$P_{MA} = 96.9 t$$

Así mismo se coloca otro motor en caso de emergencia, con un peso de:

$$P_{ME} = 9.5 t$$

#### 2.3.3 Resto

En este apartado se incluye el resto de elementos que forma parte de la cámara de máquinas como:

- Bombas, intercambiadores de calor, ventilación... Que se estima con un peso de unas 35 toneladas.
- La hélice, cuyo peso se puede aproximar a partir de su diámetro como:

$$P_{HEL} = 0.08 * D^3 = 16.93 t$$

- El timón, cuyo peso se puede aproximar a partir del área.

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

$$P_{TIM} = 2.43 * A = 86.28 t$$

- La línea de ejes, cuyo peso se puede aproximar de la siguiente forma:

$$P_{EJE} = L_{EJE} * 0.081 * \sqrt[3]{\left(\frac{MCR}{n}\right)^2} = 18.79t$$

- Por último, se estima el peso del generador de cola y resto de elementos como:

$$P = 0.56 * MCO^{0.7} = 311.17 t$$

Obteniéndose un peso total de la maquinaria igual a:

$$P_{TOTAL} = 694.29 t$$

### 2.4 Equipo y habilitación

Este apartado incluye otros pesos como puede ser: Equipo de fondeo, de gobierno, de salvamento, sistemas contraincendios, pintura anti incrustaciones, habilitación, etc.

El valor de estos pesos es difícil de calcular con exactitud, ya que para eso se debe conocer todos los equipos que se van a instalar y su posición exacta. Este valor se va a obtener realizando una aproximación a partir de buques similares, llegando a la siguiente conclusión:

$$P_{Eq y Hab} \cong 1300 t$$

Este peso se va a situar aproximadamente en la mitad de la eslora, a la altura de la cubierta principal.

Con todos estos datos se obtiene un valor de peso en rosca de:

$$PESO EN ROSCA = 7237.19 T$$

Este valor es ligeramente superior al calculado en el capítulo 2.

## 3. Peso muerto

Con los nuevos cálculos de peso en rosca, y suponiendo 3000Kg de víveres y pertrechos, incluyendo consumos, tripulación... Finalmente el peso muerto del buque es igual a :

$$PM = 43300 t$$

Con este dato de peso muerto se obtiene el factor de estiba ideal para este buque:

$$Fe = \frac{V_{Bodegas}}{PM} = 1.278 m^3/t$$

## 4. Análisis

A continuación, se van a realizar una serie de análisis mediante el software 'Maxsurf', habiendo introducido en este todos los espacios y pesos correspondientes al buque en sus posiciones, de manera que se puede analizar la resistencia longitudinal del buque viga.



## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

### 4.1 Criterios

En los análisis de buque intacto se debe comprobar que este cumple distintos criterios.

#### 4.1.1 Criterios establecidos por la OMI

“A.749(18) Ch3- Design criterio applicable to all ships:

- Area 0 to 30 ( $>0,055 \text{ m}\cdot\text{rad}$ )
- Area 0 to 40 ( $>0,090 \text{ m}\cdot\text{rad}$ )
- Area 30 to 40 ( $>0,030 \text{ m}\cdot\text{rad}$ )
- Max GZ at 30 or greater ( $>0,200 \text{ m}$ )
- Angle of maximum GZ ( $>25 \text{ deg}$ )
- Initial GMt ( $>0,150 \text{ m}$ )”

#### 4.1.2 Criterios establecidos por el SOLAS

“MSC.23(59) Adoption of the International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk- Ch 7. Stability requirements:

*Grain heeling arm*

- Angle of equilibrium ( $<12 \text{ deg}$ )
- GZ area between limits type 1 ( $>0,075 \text{ m}\cdot\text{rad}$ )
- Value of FMt at ( $>0,300 \text{ m}$ )”

### 4.2 Buque intacto

En esta condición se van a realizar diferentes ensayos con 3 tipos de carga diferentes, teniendo estas factores de estiba iguales a 1.27, 1.10, 1.35. Para los tres tipos de carga se va a analizar:

1. Salida de puerto con 100% de carga y 100% de consumibles.
2. Llegada a puerto con 100% de carga y 10% de consumibles.
3. Salida de puerto con las bodegas 1, 3 y 5 cargadas y consumibles al 100%.
4. Llegada a puerto con las bodegas 1, 3 y 5 cargadas y consumibles al 10%.
5. Salida de puerto en condición de lastre y consumibles al 100%.
6. Llegada a puerto en condición de lastre y consumibles al 10%.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.1 Salida de puerto con carga de factor de estiba 1.27 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO			
Calado medio (m)	11,644	Centro de carena (LCB)	90,446
Desplazamiento (t)	55503	Centro de flotación (LCF)	89,399
Ángulo de escora	0	KB (m)	6,154
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,852	KG (m)	10,037
Calado en la perpendicular de proa (m)	13,436	BMt (m)	6,517
Calado en el centro de flotación (m)	11,702	BML (m)	231,82
Trimado (+ para popa) (m)	3,585	GMt corregido (m)	2,634
Eslora de la flotación (m)	189,195	GML (m)	227,937
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,67
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8486,344	KML (m)	237,93
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5105,125	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/cm)	52,328
Coefficiente prismático (Cp)	0,771	MTc (t·m)	684,735
Coefficiente de bloque (Cb)	0,716	Radio metacéntrico (t·m)	2551,585
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,985	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	1,1115
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,892	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,1115

Tabla 4. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	100%	7075,037	7075,037	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	7084,43	7084,43	66,84	0	9,094
BODEGA 4	100%	7084,43	7084,43	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	7346,817	7346,817	112,62	0	9,094
BODEGA 2	100%	7346,813	7346,813	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	6110,898	6110,898	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1273,832	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	0%	513,311	0	53,152	-1,19	0
DF E6	0%	504,141	0	53,152	1,19	0
DF B5	0%	558,372	0	71,31	-2,244	0
DF E5	0%	558,372	0	71,31	2,244	0
DF B4	0%	559,628	0	90,937	-4,62	0
DF E4	0%	559,628	0	90,937	4,62	0
DF B3	0%	580,393	0	112,101	-4,978	0
DF E3	0%	580,393	0	112,101	4,978	0
DF B2	0%	579,435	0	128,068	-2,958	0
DF E2	0%	579,435	0	128,068	2,958	0
DF B1	0%	492,45	0	148,501	-1,07	0
DF E1	0%	492,45	0	148,501	1,07	0
TL B6	0%	219,512	0	49,516	-14,455	2
TL E6	0%	215,715	0	49,516	14,455	2
TL B5	0%	270,18	0	66,907	-14,578	2
TL E5	0%	270,18	0	66,907	14,578	2
TL B4	0%	270,265	0	89,523	-14,583	2
TL E4	0%	270,265	0	89,523	14,583	2
TL B3	0%	280,274	0	112,616	-14,583	2
TL E3	0%	280,274	0	112,616	14,583	2
TL B2	0%	274,145	0	135,771	-14,559	2
TL E2	0%	274,145	0	135,771	14,559	2
TL B1	0%	252,072	0	155,894	-13,705	2
TL E1	0%	252,072	0	155,894	13,705	2
TS B6	0%	0	0	74,622	0	0
TS E1	0%	0	0	74,622	0	0
TS B4	0%	0	0	74,622	0	0
TS E4	0%	0	0	74,622	0	0
TS B3	0%	0	0	74,622	0	0
TS E3	0%	0	0	74,622	0	0
TS B2	0%	0	0	74,622	0	0
TS E2	0%	0	0	74,622	0	0
TS B1	0%	0	0	74,622	0	0
TS E6	0%	0	0	74,622	0	0
TS B5	0%	0	0	74,622	0	0

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TS E5	0%	0	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001
ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

Tabla 5. Situación de carga.

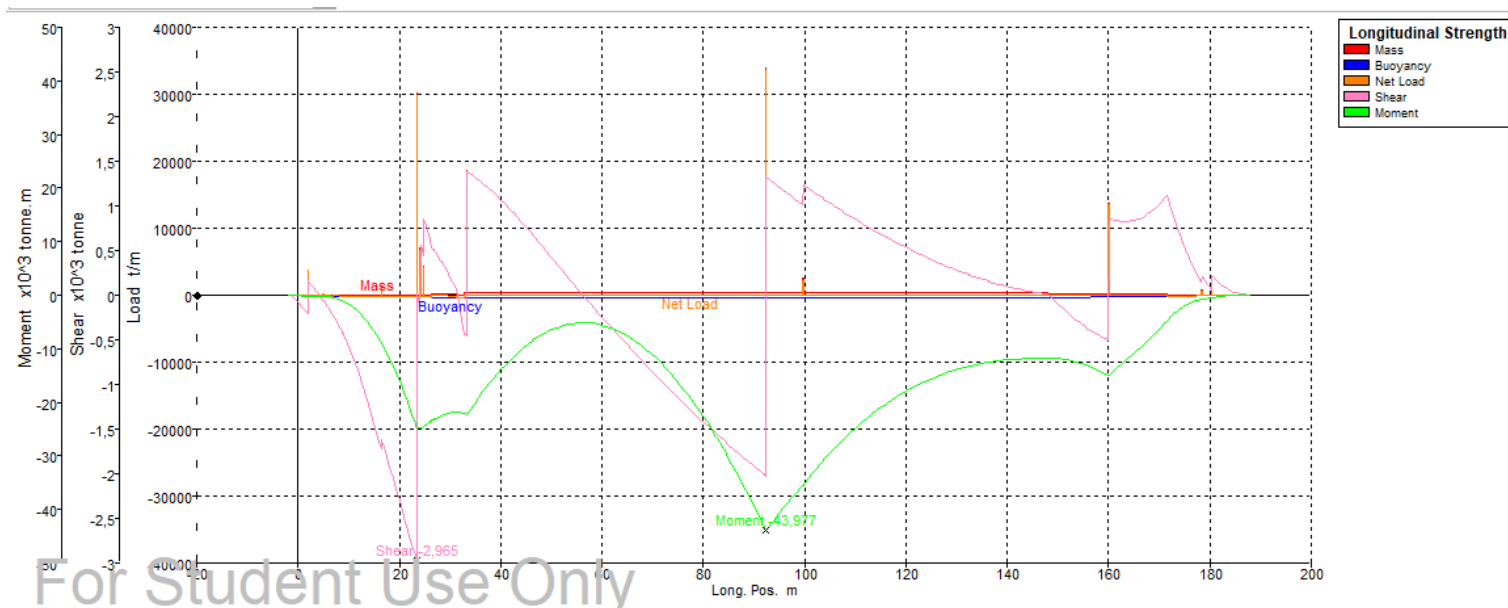
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-68,249	-68,249	-0,081	-0,057
st 1	9,238	0	-136,548	-136,548	-0,469	-1,282
st 2	18,476	34,42	-230,259	-195,839	-1,986	-12,516
st 3	27,714	220,722	-309,143	-88,421	0,43	-22,77
st 4	36,952	311,744	-360,026	-48,281	1,233	-17,523
st 5	46,19	312,365	-379,524	-67,16	0,68	-8,55
st 6	55,428	312,365	-379,029	-66,665	0,055	-5,167
st 7	64,666	312,365	-374,148	-61,784	-0,539	-7,462
st 8	73,904	312,365	-368,75	-56,386	-1,085	-15,008
st 9	83,142	312,365	-363,218	-50,853	-1,581	-27,359
st 10	92,38	33829,574	-357,646	33471,928	-0,349	-43,966
st 11	101,618	312,365	-352,063	-39,699	1,162	-33,211
st 12	110,856	312,365	-346,478	-34,114	0,822	-24,097
st 13	120,094	312,365	-340,847	-28,483	0,532	-17,887
st 14	129,332	312,365	-334,937	-22,573	0,296	-14,102
st 15	138,57	312,365	-328,018	-15,653	0,118	-12,235
st 16	147,808	312,365	-317,622	-5,258	0,017	-11,682
st 17	157,046	260,193	-294,168	-33,975	-0,417	-13,677
st 18	166,284	260,193	-234,473	25,72	0,861	-9,781
st 19	175,522	0	-132,114	-132,114	0,474	-1,702
st 20	184,76	0	-19,466	-19,466	0,028	-0,032

Tabla 6. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 1. Resistencia longitudinal.

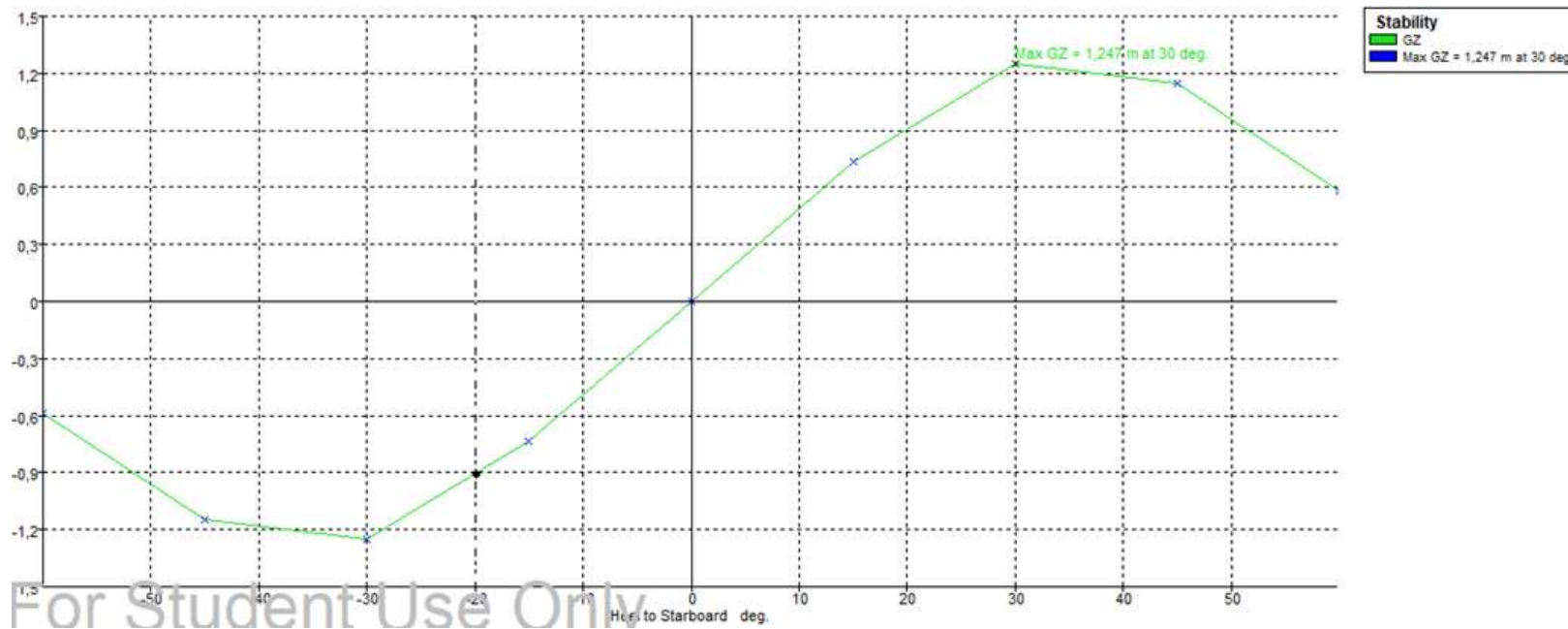
- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-0,585	-1,149	-1,247	-0,738	0	0,738	1,247	1,149	0,584
Área bajo la curva GZ (m·deg)	51,3965	38,3947	20,4222	5,5335	0	5,531	20,4171	38,3869	51,3845

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Desplazamiento (t)	55503	55506	55504	55505	55505	55505	55505	55507	55508
Calado en proa (m)	14,416	11,756	10,237	9,852	9,85	9,852	10,237	11,755	14,415
Calado en popa (m)	19,2	15,465	13,805	13,407	13,439	13,407	13,805	15,467	19,206
Eslora de la flotación (m)	190,057	189,758	189,548	189,318	189,195	189,318	189,548	189,758	190,057
Manga en la flotación (m)	21,101	23,506	28,405	31,317	30,25	31,317	28,405	23,506	21,1
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9646,774	9543,174	9165,381	8523,652	8486,459	8523,656	9165,45	9543,269	9647,359
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3330,077	3909,83	4544,914	5235,271	5105,142	5235,27	4544,877	3909,797	3330,019
Coefficiente prismático (C <sub>p</sub> )	0,796	0,81	0,799	0,772	0,771	0,772	0,799	0,81	0,796
Coefficiente de bloque (C <sub>b</sub> )	0,645	0,618	0,576	0,607	0,716	0,607	0,576	0,618	0,645
Centro de carena LCB (m)	90,458	90,455	90,446	90,442	90,441	90,442	90,445	90,453	90,455
Centro de la flotación LCF (m)	93,082	92,579	90,764	89,9	89,399	89,9	90,764	92,58	93,084
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0028	45,0058	30,0139	15,0369	1,113	15,0369	30,0139	45,0058	60,0028
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,483	1,15	1,1064	1,1022	1,113	1,1022	1,1064	1,1508	1,4853

Tabla 7. Estabilidad a grandes ángulos.



Gráfica 2. Curva GZ.



Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Criteriaos**

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	20,4171	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	32,5612	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	12,1441	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	1,247	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	30	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	2,634	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	0	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	20,4112	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	2,634	Pass

Tabla 8. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.2 Llegada a puerto con carga de factor de estiba 1.27 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO			
Calado medio (m)	11,369	Centro de carena (LCB)	92,365
Desplazamiento (t)	53943	Centro de flotación (LCF)	89,636
Ángulo de escora	0	KB (m)	5,969
Calado en la perpendicular de popa (m)	10,311	KG (m)	10,065
Calado en la perpendicular de proa (m)	12,426	BMt (m)	6,68
Calado en el centro de flotación (m)	11,4	BML (m)	237,291
Trimado (+ para popa) (m)	2,116	GMt corregido (m)	2,584
Eslora de la flotación (m)	189,171	GML (m)	233,194
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,648
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8379,259	KML (m)	243,244
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5094,82	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	52,222
Coefficiente prismático (Cp)	0,788	MTc (t·m)	680,834
Coefficiente de bloque (Cb)	0,748	Radio metacéntrico (t·m)	2432,238
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,986	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,6561
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,89	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,6561

Tabla 9. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	100%	7075,037	7075,037	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	7084,43	7084,43	66,84	0	9,094
BODEGA 4	100%	7084,43	7084,43	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	7346,818	7346,818	112,62	0	9,094
BODEGA 2	100%	7346,813	7346,813	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	6110,898	6110,898	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	0%	513,311	0	53,152	-1,19	0
DF E6	0%	504,141	0	53,152	1,19	0
DF B5	0%	558,372	0	71,31	-2,244	0
DF E5	0%	558,372	0	71,31	2,244	0
DF B4	0%	559,628	0	90,937	-4,62	0
DF E4	0%	559,628	0	90,937	4,62	0
DF B3	0%	580,393	0	112,101	-4,978	0
DF E3	0%	580,393	0	112,101	4,978	0
DF B2	0%	579,435	0	128,068	-2,958	0
DF E2	0%	579,435	0	128,068	2,958	0
DF B1	0%	492,45	0	148,501	-1,07	0
DF E1	0%	492,45	0	148,501	1,07	0
TL B6	0%	219,512	0	49,516	-	2
TL E6	0%	215,715	0	49,516	14,455	2
TL B5	0%	270,18	0	66,907	-	2
TL E5	0%	270,18	0	66,907	14,578	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL B4	0%	270,265	0	89,523	- 14,583	2
TL E4	0%	270,265	0	89,523	14,583	2
TL B3	0%	280,274	0	112,616	- 14,583	2
TL E3	0%	280,274	0	112,616	14,583	2
TL B2	0%	274,145	0	135,771	- 14,559	2
TL E2	0%	274,145	0	135,771	14,559	2
TL B1	0%	252,072	0	155,894	- 13,705	2
TL E1	0%	252,072	0	155,894	13,705	2
TS B6	0%	0	0	74,622	0	0
TS E1	0%	0	0	74,622	0	0
TS B4	0%	0	0	74,622	0	0
TS E4	0%	0	0	74,622	0	0
TS B3	0%	0	0	74,622	0	0
TS E3	0%	0	0	74,622	0	0
TS B2	0%	0	0	74,622	0	0
TS E2	0%	0	0	74,622	0	0
TS B1	0%	0	0	74,622	0	0
TS E6	0%	0	0	74,622	0	0
TS B5	0%	0	0	74,622	0	0
TS E5	0%	0	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,265	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,909	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001
ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

Tabla 10. Situación de carga.

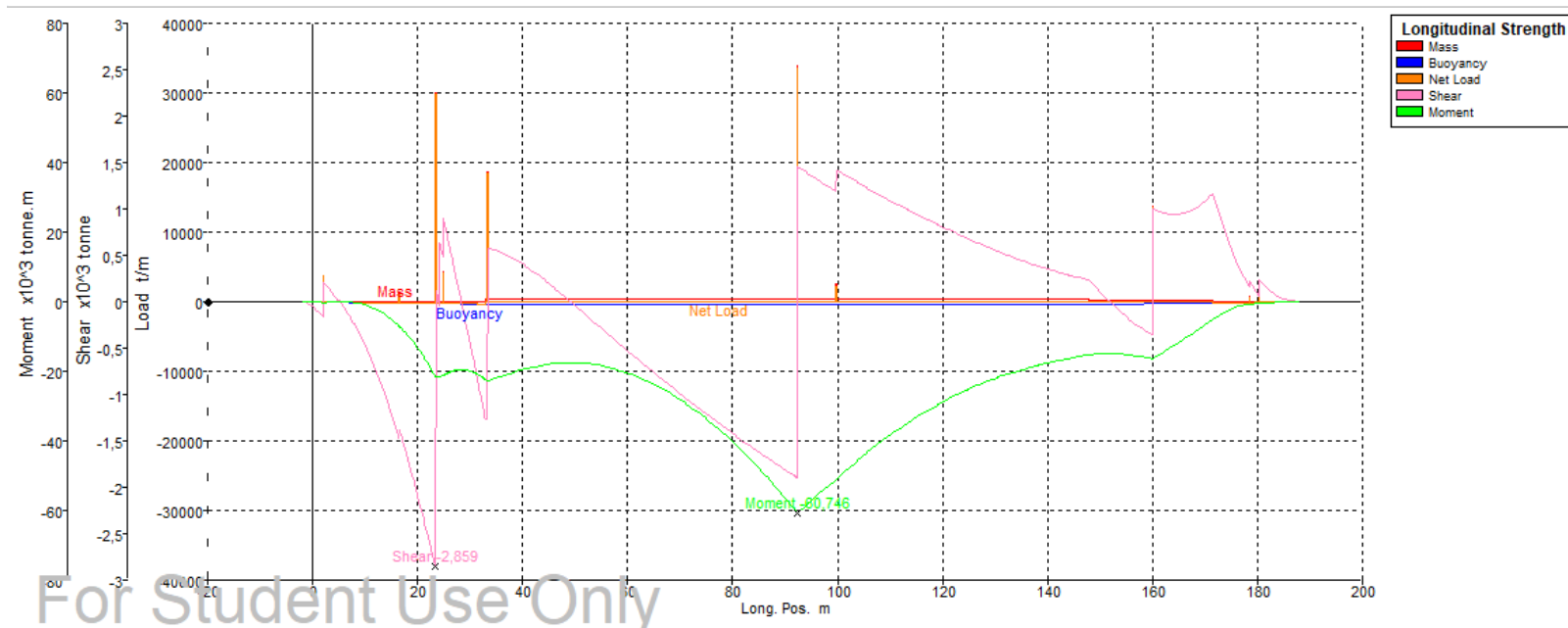
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-49,933	-49,933	-0,058	-0,04
st 1	9,238	0	-114,932	-114,932	-0,382	-0,661
st 2	18,476	2,693	-207,53	-204,837	-1,76	-10,22
st 3	27,714	21,92	-286,573	-264,653	0,168	-19,639
st 4	36,952	311,744	-338,409	-26,665	0,501	-20,938
st 5	46,19	312,365	-359,571	-47,206	0,142	-17,818
st 6	55,428	312,365	-361,207	-48,842	-0,309	-18,586
st 7	64,666	312,365	-358,617	-46,252	-0,749	-23,508
st 8	73,904	312,365	-355,52	-43,155	-1,162	-32,36
st 9	83,142	312,365	-352,29	-39,925	-1,546	-44,89
st 10	92,38	33829,573	-349,02	33480,553	-0,223	-60,734
st 11	101,618	312,365	-345,741	-33,376	1,357	-48,493
st 12	110,856	312,365	-342,459	-30,095	1,064	-37,347
st 13	120,094	312,365	-339,13	-26,766	0,801	-28,763
st 14	129,332	312,365	-335,519	-23,154	0,57	-22,457
st 15	138,57	312,365	-330,881	-18,516	0,376	-18,118
st 16	147,808	312,365	-322,709	-10,345	0,238	-15,335
st 17	157,046	260,193	-301,173	-40,98	-0,252	-15,535
st 18	166,284	260,193	-242,314	17,879	0,956	-10,431
st 19	175,522	0	-138,028	-138,028	0,503	-1,794
st 20	184,76	0	-19,431	-19,431	0,028	-0,032

Tabla 11. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 3. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-0,645	-1,241	-1,297	-0,727	0	0,727	1,297	1,241	0,645
Área bajo la curva GZ (m·deg)	53,821	39,6707	20,6327	5,4525	0	5,448	20,6221	39,6546	53,8018
Desplazamiento (t)	53942	53943	53942	53943	53943	53943	53943	53943	53943
Calado en proa (m)	15,683	12,546	10,773	10,323	10,313	10,323	10,778	12,547	15,682
Calado en popa (m)	16,095	13,585	12,545	12,377	12,424	12,377	12,541	13,585	16,096
Eslora de la flotación (m)	190,188	189,832	189,519	189,284	189,171	189,284	189,52	189,832	190,188

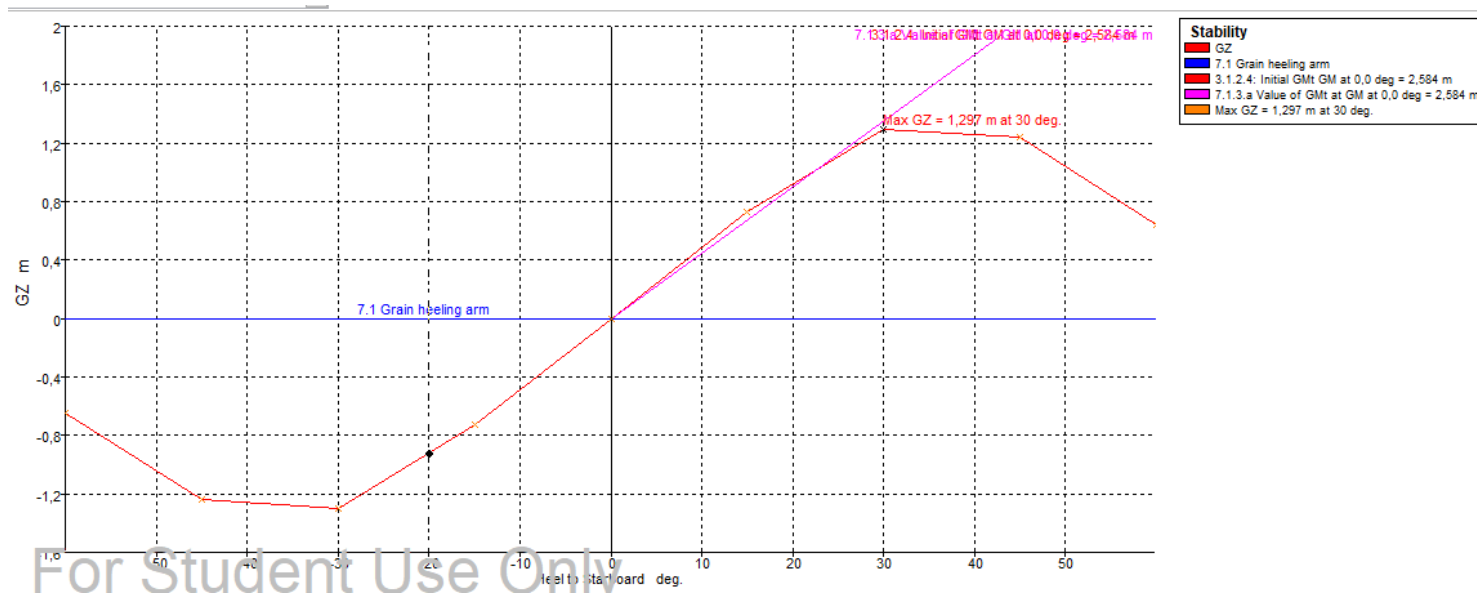
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Manga en la flotación (m)	21,578	24,499	29,879	31,317	30,25	31,317	29,883	24,499	21,577
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9458,299	9360,876	8978,969	8388,815	8379,287	8388,813	8979,109	9361,362	9458,373
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3346,193	3952,542	4648,473	5254,932	5094,801	5254,931	4648,327	3952,542	3346,188
Coficiente prismático (Cp)	0,831	0,844	0,814	0,79	0,789	0,79	0,814	0,844	0,831
Coficiente de bloque (Cb)	0,638	0,598	0,551	0,613	0,748	0,613	0,551	0,598	0,638
Centro de carena LCB (m)	92,413	92,398	92,371	92,373	92,372	92,373	92,381	92,399	92,412
Centro de la flotación LCF (m)	92,276	91,717	89,782	89,94	89,637	89,94	89,778	91,717	92,276
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60	45,0005	30,0034	15,0123	0,6544	15,0123	30,0034	45,0005	60
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,1279	0,3221	0,5495	0,637	0,6544	0,6369	0,5466	0,3218	0,1283

Tabla 12. Estabilidad a grandes ángulos.



Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 4. Curva GZ.

- **Criteriaos**

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	20,6221	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	33,4032	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	12,7811	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	1,297	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	30	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	2,584	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	0	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	20,6161	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	2,584	Pass

Tabla 13. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.3 Salida de puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.27  
m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	9,445	Centro de carena (LCB)	93,181
Desplazamiento (t)	43940	Centro de flotación (LCF)	90,164
Ángulo de escora	0	KB (m)	4,949
Calado en la perpendicular de popa (m)	8,466	KG (m)	9,028
Calado en la perpendicular de proa (m)	10,424	BMt (m)	8,05
Calado en el centro de flotación (m)	9,468	BML (m)	282,06
Trimado (+ para popa) (m)	1,958	GMt corregido (m)	3,97
Eslora de la flotación (m)	187,206	GML (m)	277,981
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,999
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	7664,104	KML (m)	286,994
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5034,909	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/cm)	51,608
Coefficiente prismático (Cp)	0,78	MTc (t·m)	661,103
Coefficiente de bloque (Cb)	0,735	Radio metacéntrico (t·m)	3044,754
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,983	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,6071
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,889	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,6071

Tabla 14. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	7075,694	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	7085,087	7085,087	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	7085,087	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	7347,499	7347,499	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	7347,494	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	6111,465	6111,465	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-	2
					14,455	
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	- 14,578	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	- 14,583	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	- 14,583	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	- 14,559	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2
TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	- 13,705	2
TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	100%	63,79	63,79	74,622	0	0
TS E3	100%	60,752	60,752	74,622	0	0
TS B2	100%	63,064	63,064	74,622	0	0
TS E2	100%	60,743	60,743	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001
ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

Tabla 15. Situación de carga.

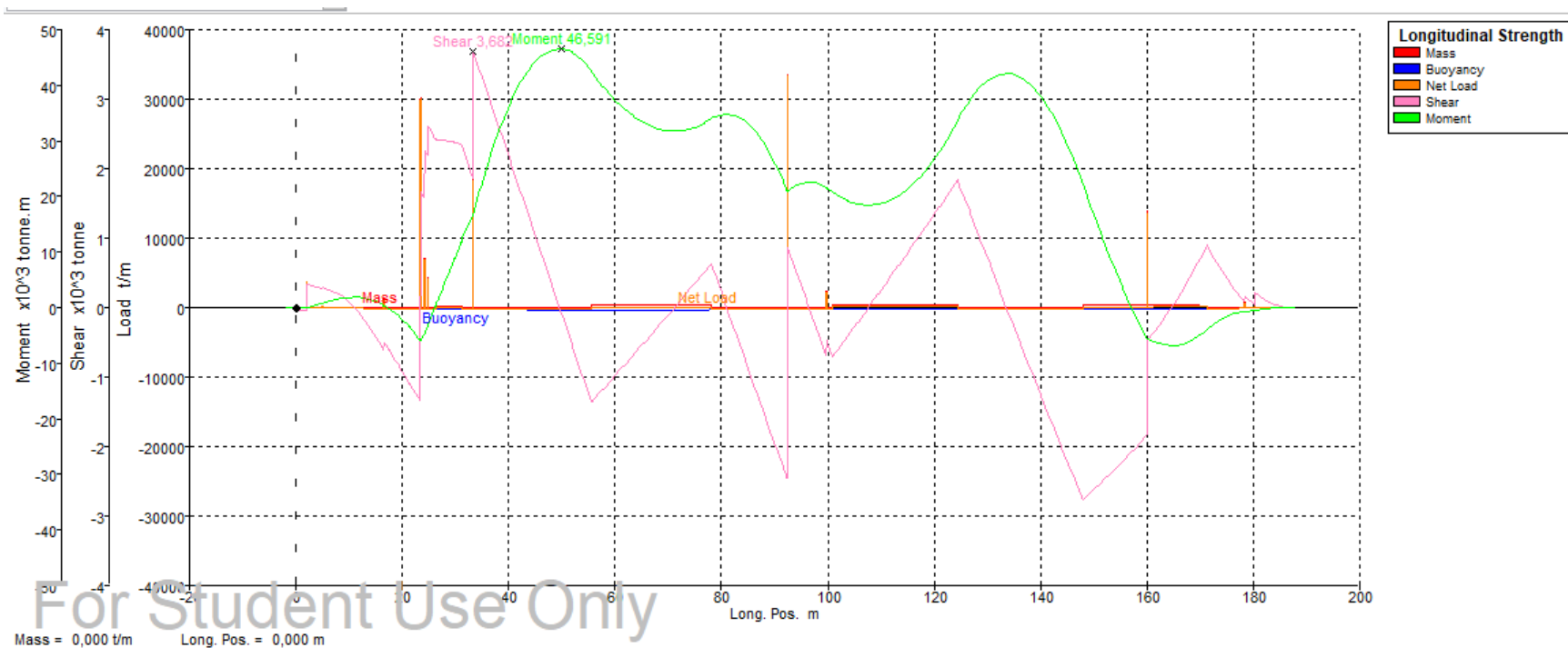
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-17,145	-17,145	-0,018	-0,012
st 1	9,238	0	-70,636	-70,636	0,141	1,771
st 2	18,476	34,42	-155,56	-121,139	-0,723	-0,869
st 3	27,714	220,722	-229,759	-9,037	2,407	3,813
st 4	36,952	52,516	-278,829	-226,313	2,871	28,479
st 5	46,19	70,135	-298,943	-228,808	0,765	45,335
st 6	55,428	73,395	-300,614	-227,219	-1,345	42,628
st 7	64,666	385,466	-298,251	87,214	-0,575	33,68
st 8	73,904	385,548	-295,385	90,164	0,244	32,135
st 9	83,142	73,179	-292,385	-219,206	-0,459	34,329
st 10	92,38	33590,394	-289,346	33301,048	-0,793	20,932
st 11	101,618	390,876	-286,298	104,578	-0,632	20,341
st 12	110,856	390,876	-283,247	107,629	0,348	19,036
st 13	120,094	390,874	-280,153	110,721	1,357	26,901
st 14	129,332	78,452	-276,802	-198,349	0,848	40,253
st 15	138,57	77,93	-272,519	-194,589	-0,968	39,698
st 16	147,808	75,882	-265,037	-189,154	-2,743	22,568
st 17	157,046	328,486	-245,55	82,936	-2,085	0,068
st 18	166,284	318,828	-194,001	124,827	0,207	-6,623
st 19	175,522	0	-108,859	-108,859	0,37	-1,386
st 20	184,76	0	-19,438	-19,438	0,028	-0,032

Tabla 16. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 5. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-2,138	-2,756	-2,407	-1,089	0,004	1,098	2,414	2,761	2,143
Área bajo la curva GZ (m·deg)	109,7785	73,0753	34,3592	8,1394	0,1238	8,2631	34,5973	73,4111	110,1928

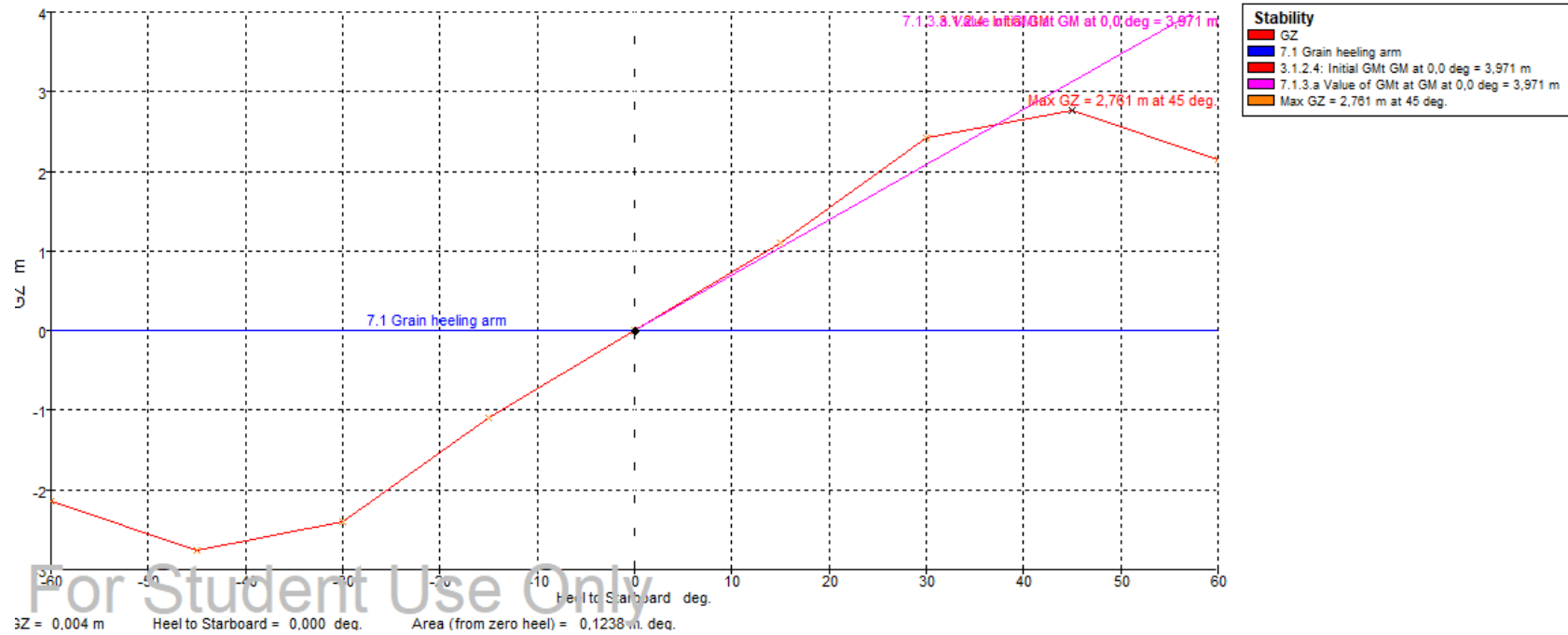


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Desplazamiento (t)	43938	43936	43936	43936	43936	43936	43936	43936	43933
Calado en proa (m)	10,606	9,428	8,619	8,492	8,463	8,493	8,623	9,43	10,596
Calado en popa (m)	9,684	9,849	10,1	10,337	10,425	10,337	10,097	9,848	9,688
Eslora de la flotación (m)	189,603	189,408	189,067	187,225	187,207	187,224	189,067	189,408	189,602
Manga en la flotación (m)	22,821	26,363	30,889	31,317	30,25	31,317	30,888	26,363	22,824
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8205,473	8140,601	7894,885	7652,619	7663,807	7652,864	7894,914	8140,031	8204,795
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3444,559	4078,171	5085,339	5171,929	5034,923	5171,914	5085,194	4078,188	3444,56
Coefficiente prismático (Cp)	0,852	0,841	0,798	0,784	0,78	0,784	0,798	0,841	0,852
Coefficiente de bloque (Cb)	0,574	0,522	0,495	0,581	0,735	0,581	0,495	0,522	0,574
Centro de carena LCB (m)	93,242	93,21	93,175	93,176	93,175	93,178	93,184	93,214	93,233
Centro de la flotación LCF (m)	92,057	90,971	91,554	90,691	90,163	90,692	91,554	90,971	92,058
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0001	45,0001	30,0024	15,0099	0,6084	15,0099	30,0024	45,0001	60,0001
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-0,2862	0,1308	0,4592	0,5721	0,6084	0,5718	0,4573	0,1297	-0,2814

Tabla 17. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 6. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	34,5973	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	59,8935	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	25,2961	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	2,761	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	3,971	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	-0,1	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	59,8839	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	3,971	Pass

Tabla 18. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.4 Llegada a puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.27 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	9,751	Centro de carena (LCB)	96,106
Desplazamiento (t)	45403	Centro de flotación (LCF)	90,725
Ángulo de escora	0	KB (m)	5,084
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,796	KG (m)	9,083
Calado en la perpendicular de proa (m)	9,705	BMt (m)	7,759
Calado en el centro de flotación (m)	9,75	BML (m)	270,115
Trimado (+ para popa) (m)	-0,092	GMt corregido (m)	3,76
Eslora de la flotación (m)	186,2	GML (m)	266,116
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,843
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	7755,624	KML (m)	275,199
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5017,325	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	51,428
Coefficiente prismático (Cp)	0,815	MTc (t·m)	653,962
Coefficiente de bloque (Cb)	0,804	Radio metacéntrico (t·m)	2979,446
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,988	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,0285
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,891	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-0,0285

Tabla 19. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	7075,694	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	7085,087	7085,087	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	7085,087	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	7347,499	7347,499	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	7347,494	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	6111,465	6111,465	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	100%	1404,287	1404,287	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	100%	1872,276	1872,276	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	-	2
TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	0%	63,79	0	74,622	0	0
TS E3	0%	60,752	0	74,622	0	0
TS B2	0%	63,064	0	74,622	0	0
TS E2	0%	60,743	0	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,265	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,909	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

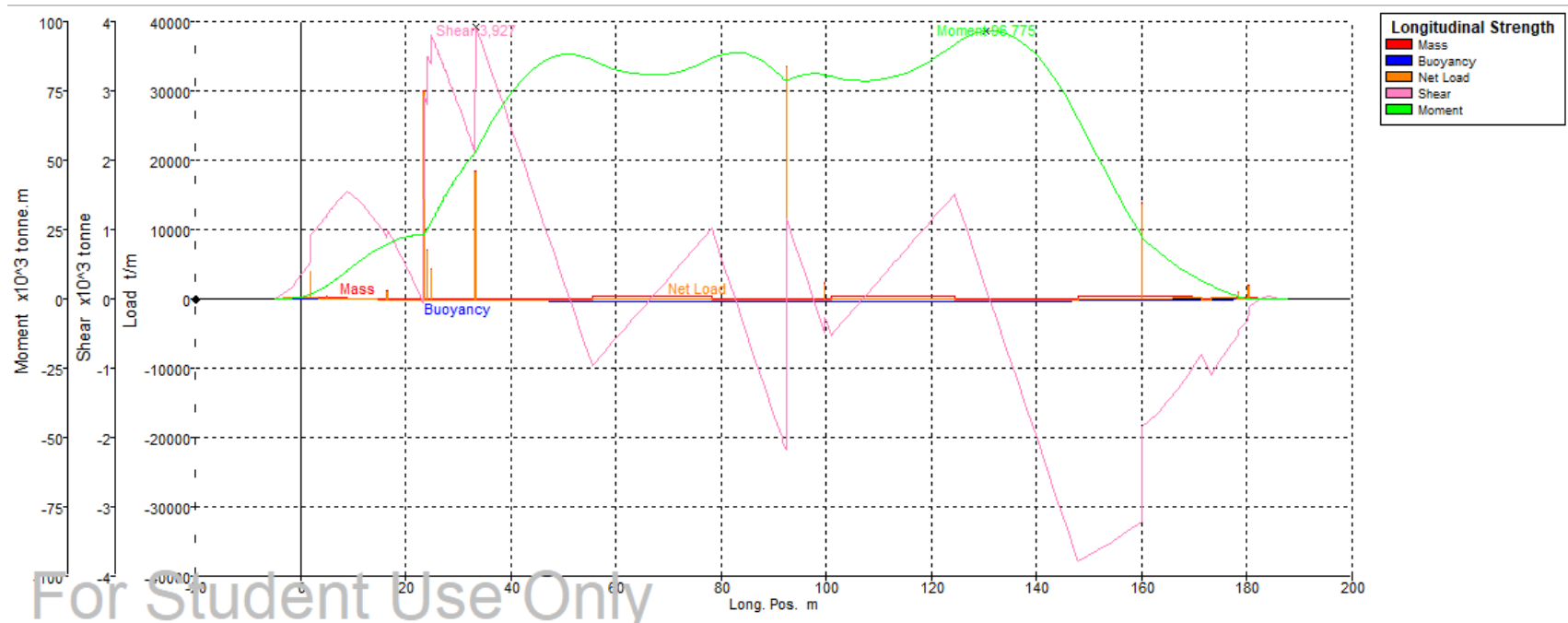
Tabla 20. Situación de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante ( $\times 10^3$ t)	Momento ( $\times 10^3$ tm)
st 0	0	107,869	-7,522	100,348	0,33	0,658
st 1	9,238	0	-58,059	-58,059	1,538	10,585
st 2	18,476	2,643	-143,001	-140,358	0,725	21,32
st 3	27,714	21,282	-218,68	-197,398	3,266	37,665
st 4	36,952	52,516	-269,913	-217,397	3,149	65,615
st 5	46,19	70,135	-292,686	-222,551	1,114	85,393
st 6	55,428	73,395	-297,386	-223,991	-0,952	86,144
st 7	64,666	385,466	-298,183	87,283	-0,166	80,922
st 8	73,904	385,548	-298,489	87,059	0,639	83,107
st 9	83,142	73,179	-298,665	-225,486	-0,108	88,744
st 10	92,38	33590,394	-298,802	33291,592	-0,515	78,293
st 11	101,618	385,581	-298,93	86,651	-0,46	79,821
st 12	110,856	385,581	-299,055	86,526	0,34	79,292
st 13	120,094	385,579	-299,135	86,444	1,139	86,134
st 14	129,332	73,157	-298,941	-225,784	0,391	96,377
st 15	138,57	72,66	-297,753	-225,093	-1,692	90,388
st 16	147,808	70,734	-293,123	-222,39	-3,762	65,247
st 17	157,046	328,486	-275,542	52,944	-3,374	32,09
st 18	166,284	318,828	-222,316	96,513	-1,355	12,213
st 19	175,522	241,03	-127,396	113,633	-0,821	2,686
st 20	184,76	0	-19,369	-19,369	0,028	-0,031

Tabla 21. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 7. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-1,962	-2,544	-2,239	-1,035	0,002	1,039	2,243	2,547	1,964
Área bajo la curva GZ (m·deg)	101,9708	68,1768	32,3033	7,7465	0,0654	7,8119	32,4304	68,3558	102,1884
Desplazamiento (t)	45401	45402	45401	45402	45402	45398	45402	45402	45402

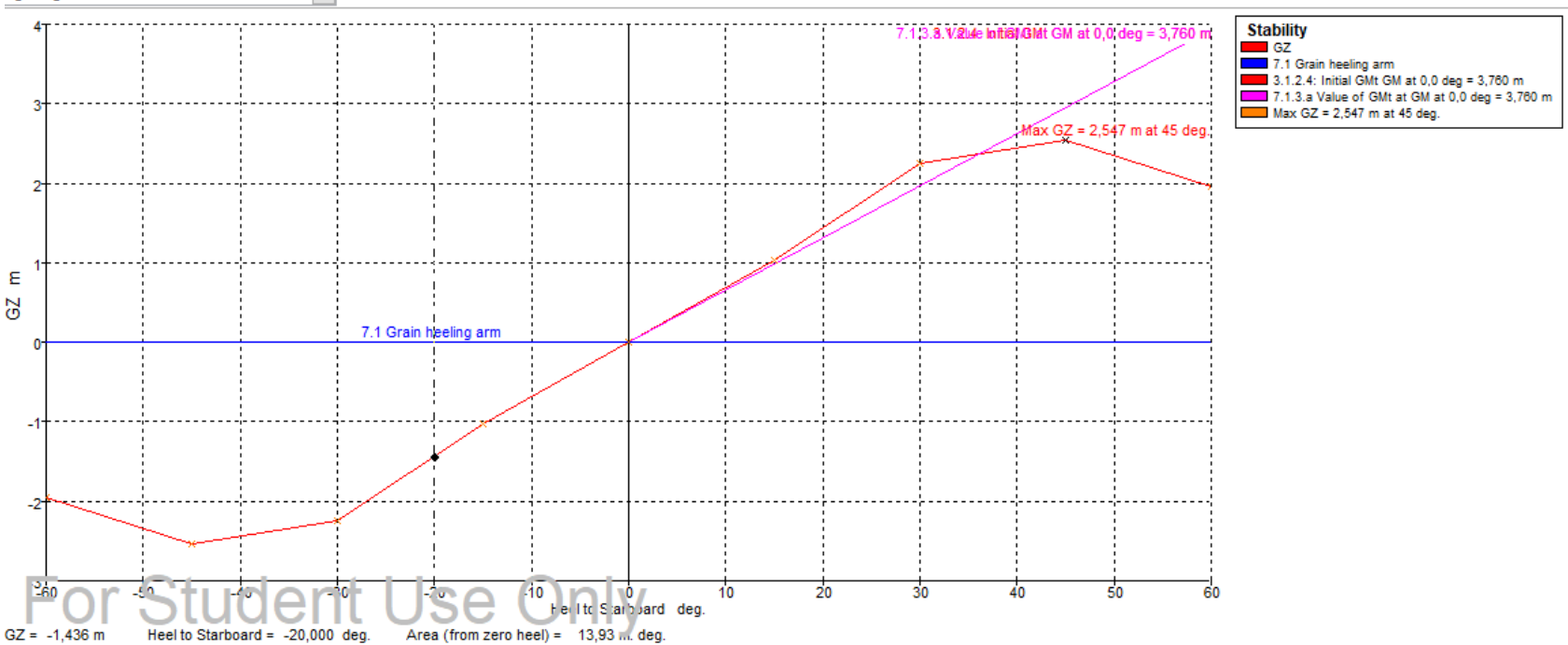


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	14,026	11,564	10,13	9,836	9,796	9,836	10,127	11,566	14,028
Calado en popa (m)	7,962	8,76	9,271	9,598	9,704	9,596	9,274	8,758	7,962
Eslora de la flotación (m)	190,027	189,607	188,668	186,038	186,2	186,036	188,675	189,607	190,027
Manga en la flotación (m)	22,274	26,523	30,596	31,317	30,25	31,317	30,598	26,523	22,274
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8404,644	8334,552	8053,915	7750,167	7755,512	7749,809	8053,991	8334,535	8404,738
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3433,911	4076,759	4976,242	5152,049	5017,306	5151,972	4976,396	4076,76	3433,905
Coefficiente prismático (C <sub>p</sub> )	0,822	0,814	0,809	0,816	0,815	0,816	0,809	0,814	0,821
Coefficiente de bloque (C <sub>b</sub> )	0,573	0,513	0,508	0,601	0,804	0,601	0,508	0,513	0,573
Centro de carena LCB (m)	96,199	96,157	96,128	96,108	96,107	96,11	96,12	96,162	96,2
Centro de la flotación LCF (m)	91,231	90,659	91,215	91,339	90,726	91,34	91,215	90,659	91,231
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0045	45,0033	30,0008	15,0002	0,0285	15,0002	30,0008	45,0033	60,0045
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-1,8798	-0,8694	-0,2664	-0,0739	-0,0285	-0,0743	-0,2645	-0,8709	-1,8804

Tabla 22. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 8. Estabilidad a grandes ángulos.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	32,4304	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	55,8742	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	23,4438	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	2,547	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	3,76	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	0	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	55,865	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	3,76	Pass

Tabla 23. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.5 Salida de puerto con carga de factor de estiba 1.10 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO			
Calado medio (m)	11,644	Centro de carena (LCB)	90,384
Desplazamiento (t)	55507	Centro de flotación (LCF)	89,393
Ángulo de escora	0	KB (m)	6,156
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,827	KG (m)	13,202
Calado en la perpendicular de proa (m)	13,461	BMt (m)	6,517
Calado en el centro de flotación (m)	11,703	BML (m)	231,815
Trimado (+ para popa) (m)	3,635	GMt corregido (m)	-0,53
Eslora de la flotación (m)	189,194	GML (m)	224,768
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,672
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8486,473	KML (m)	237,926
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5105,244	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	52,329
Coefficiente prismático (Cp)	0,77	MTc (t·m)	675,266
Coefficiente de bloque (Cb)	0,715	Radio metacéntrico (t·m)	-513,492
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,985	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	1,127
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,892	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,127

Tabla 24. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	86%	8220,661	7075,686	44,106	0	8,116
BODEGA 5	86%	8231,666	7085,157	66,771	0	8,106
BODEGA 4	86%	8231,666	7085,158	89,451	0	8,106
BODEGA 3	86%	8536,544	7347,573	112,546	0	8,107
BODEGA 2	86%	8536,538	7347,567	136,066	0	8,107
BODEGA 1	86%	7100,483	6111,526	159,568	0	8,116
PIQUE POPA	0%	1273,832	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	0%	513,311	0	53,152	-1,19	0
DF E6	0%	504,141	0	53,152	1,19	0
DF B5	0%	558,372	0	71,31	-2,244	0
DF E5	0%	558,372	0	71,31	2,244	0
DF B4	0%	559,628	0	90,937	-4,62	0
DF E4	0%	559,628	0	90,937	4,62	0
DF B3	0%	580,393	0	112,101	-4,978	0
DF E3	0%	580,393	0	112,101	4,978	0
DF B2	0%	579,435	0	128,068	-2,958	0
DF E2	0%	579,435	0	128,068	2,958	0
DF B1	0%	492,45	0	148,501	-1,07	0
DF E1	0%	492,45	0	148,501	1,07	0
TL B6	0%	219,512	0	49,516	-14,455	2
TL E6	0%	215,715	0	49,516	14,455	2
TL B5	0%	270,18	0	66,907	-14,578	2
TL E5	0%	270,18	0	66,907	14,578	2
TL B4	0%	270,265	0	89,523	-14,583	2
TL E4	0%	270,265	0	89,523	14,583	2
TL B3	0%	280,274	0	112,616	-14,583	2
TL E3	0%	280,274	0	112,616	14,583	2
TL B2	0%	274,145	0	135,771	-14,559	2
TL E2	0%	274,145	0	135,771	14,559	2
TL B1	0%	252,072	0	155,894	-13,705	2
TL E1	0%	252,072	0	155,894	13,705	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TS B6	0%	0	0	74,622	0	0
TS E1	0%	0	0	74,622	0	0
TS B4	0%	0	0	74,622	0	0
TS E4	0%	0	0	74,622	0	0
TS B3	0%	0	0	74,622	0	0
TS E3	0%	0	0	74,622	0	0
TS B2	0%	0	0	74,622	0	0
TS E2	0%	0	0	74,622	0	0
TS B1	0%	0	0	74,622	0	0
TS E6	0%	0	0	74,622	0	0
TS B5	0%	0	0	74,622	0	0
TS E5	0%	0	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001
ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

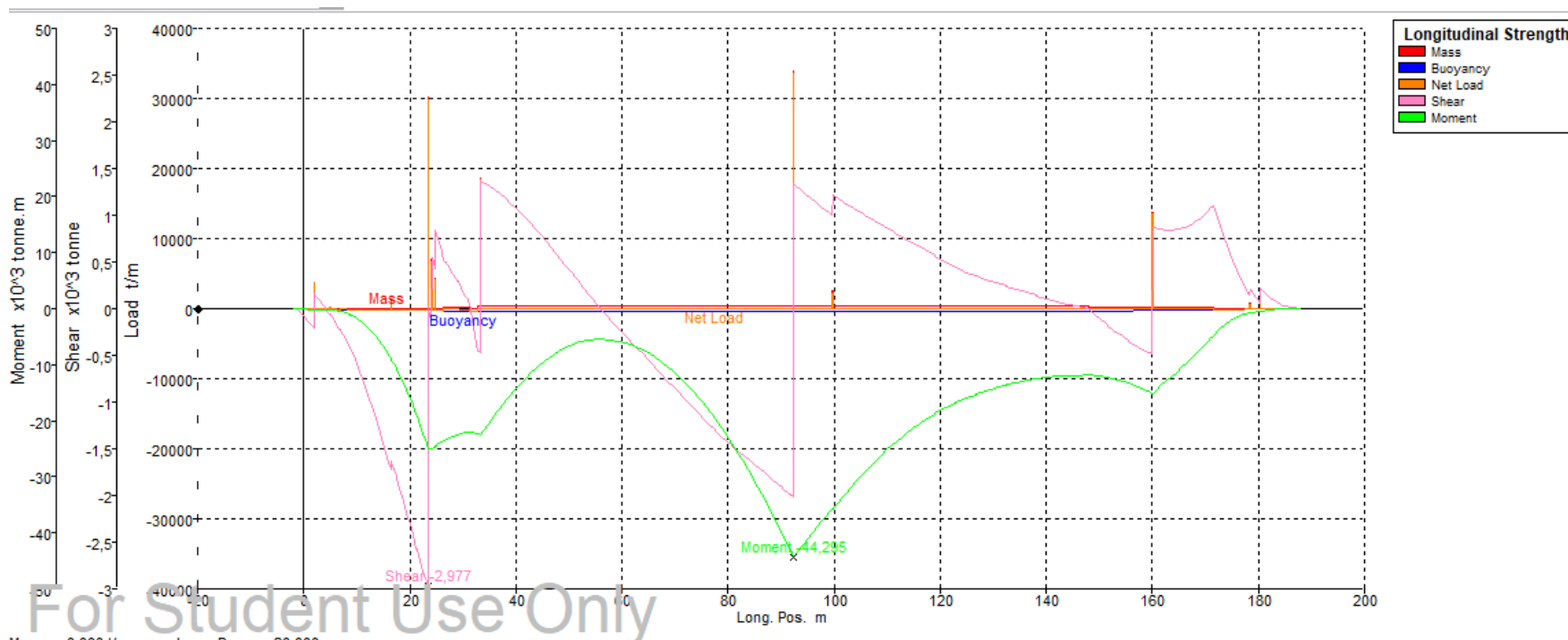
Tabla 25. Situación de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-68,476	-68,476	-0,082	-0,057
st 1	9,238	0	-137,011	-137,011	-0,472	-1,297
st 2	18,476	34,42	-230,908	-196,488	-1,995	-12,584
st 3	27,714	220,722	-309,777	-89,055	0,415	-22,945
st 4	36,952	315,348	-360,449	-45,101	1,231	-17,821
st 5	46,19	311,444	-379,736	-68,292	0,689	-8,786
st 6	55,428	306,819	-379,111	-72,292	0,032	-5,44
st 7	64,666	313,485	-374,196	-60,711	-0,532	-7,778
st 8	73,904	308,86	-368,773	-59,913	-1,089	-15,277
st 9	83,142	315,59	-363,217	-47,627	-1,582	-27,738
st 10	92,38	33828,174	-357,621	33470,553	-0,341	-44,278
st 11	101,618	317,905	-352,016	-34,111	1,144	-33,584
st 12	110,856	313,28	-346,407	-33,128	0,834	-24,464
st 13	120,094	308,655	-340,752	-32,097	0,532	-18,166
st 14	129,332	315,805	-334,815	-19,01	0,3	-14,452
st 15	138,57	311,18	-327,858	-16,678	0,134	-12,464
st 16	147,808	306,555	-317,405	-10,85	0,002	-11,874
st 17	157,046	261,37	-293,792	-32,421	-0,401	-13,846
st 18	166,284	257,518	-233,883	23,635	0,874	-9,791
st 19	175,522	0	-131,669	-131,669	0,471	-1,696
st 20	184,76	0	-19,433	-19,433	0,028	-0,032

Tabla 26. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 9. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	2,156	1,089	0,335	0,081	0	-0,081	-0,335	-1,089	-2,157
Área bajo la curva GZ (m·deg)	-38,7504	-14,4074	-3,7278	-0,6084	0	-0,611	-3,7329	-14,4154	-38,7627
Desplazamiento (t)	55506	55509	55508	55508	55508	55508	55508	55511	55511

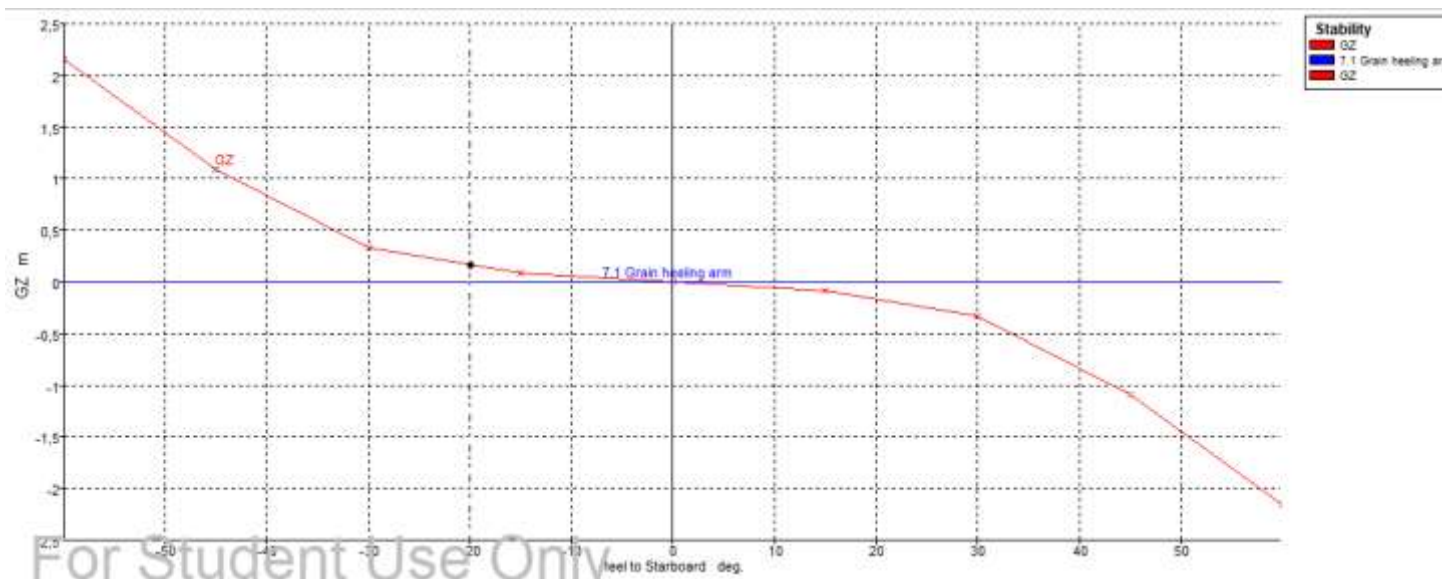


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	14,395	11,735	10,215	9,829	9,825	9,829	10,215	11,734	14,394
Calado en popa (m)	19,225	15,489	13,828	13,43	13,464	13,43	13,828	15,491	19,232
Eslora de la flotación (m)	190,055	189,756	189,547	189,317	189,194	189,317	189,547	189,756	190,055
Manga en la flotación (m)	21,097	23,495	28,38	31,317	30,25	31,317	28,38	23,494	21,095
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9647,085	9543,347	9165,853	8524,712	8486,521	8524,717	9165,923	9543,602	9647,693
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3330,022	3909,56	4544,461	5234,131	5105,258	5234,13	4544,423	3909,519	3329,962
Coefficiente prismático (Cp)	0,796	0,809	0,799	0,772	0,77	0,772	0,799	0,809	0,796
Coefficiente de bloque (Cb)	0,645	0,618	0,576	0,607	0,715	0,607	0,576	0,618	0,645
Centro de carena LCB (m)	90,437	90,423	90,399	90,384	90,378	90,384	90,399	90,421	90,434
Centro de la flotación LCF (m)	93,091	92,593	90,795	89,902	89,392	89,902	90,795	92,594	93,092
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0028	45,0059	30,0142	15,0378	1,1285	15,0378	30,0142	45,0059	60,0028
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,4974	1,1639	1,1203	1,1166	1,1285	1,1166	1,1204	1,1648	1,4998

Tabla 27. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 10. Curva GZ.

- **Crterios**

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	-3,7329	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	-9,5969	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	-5,864	Fail

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m		Invalid heel angle for analysis.
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg		Invalid heel angle for analysis.
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m		Fail
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg		Equilibrium angle not valid.
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	-9,6045	Fail
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	-0,53	Fail

Tabla 28. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.6 Llegada a puerto con carga de factor de estiba 1.10 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	11,369	Centro de carena (LCB)	92,327
Desplazamiento (t)	53947	Centro de flotación (LCF)	89,631
Ángulo de escora	0	KB (m)	5,97
Calado en la perpendicular de popa (m)	10,296	KG (m)	13,322
Calado en la perpendicular de proa (m)	12,441	BMt (m)	6,68
Calado en el centro de flotación (m)	11,401	BML (m)	237,287
Trimado (+ para popa) (m)	2,145	GMt corregido (m)	-0,673
Eslora de la flotación (m)	189,17	GML (m)	229,934
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,649
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8379,476	KML (m)	243,24
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5094,943	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	52,223
Coefficiente prismático (Cp)	0,788	MTc (t·m)	671,369
Coefficiente de bloque (Cb)	0,747	Radio metacéntrico (t·m)	-633,395
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,986	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,6652
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,89	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,6652

Tabla 29. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	86%	8220,661	7075,686	44,106	0	8,116
BODEGA 5	86%	8231,666	7085,157	66,771	0	8,106
BODEGA 4	86%	8231,666	7085,158	89,451	0	8,106
BODEGA 3	86%	8536,544	7347,573	112,546	0	8,107
BODEGA 2	86%	8536,538	7347,567	136,066	0	8,107
BODEGA 1	86%	7100,483	6111,526	159,568	0	8,116
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	0%	513,311	0	53,152	-1,19	0
DF E6	0%	504,141	0	53,152	1,19	0
DF B5	0%	558,372	0	71,31	-2,244	0
DF E5	0%	558,372	0	71,31	2,244	0
DF B4	0%	559,628	0	90,937	-4,62	0
DF E4	0%	559,628	0	90,937	4,62	0
DF B3	0%	580,393	0	112,101	-4,978	0
DF E3	0%	580,393	0	112,101	4,978	0
DF B2	0%	579,435	0	128,068	-2,958	0
DF E2	0%	579,435	0	128,068	2,958	0
DF B1	0%	492,45	0	148,501	-1,07	0
DF E1	0%	492,45	0	148,501	1,07	0
TL B6	0%	219,512	0	49,516	-	2
TL E6	0%	215,715	0	49,516	14,455	2
TL B5	0%	270,18	0	66,907	-	2
TL E5	0%	270,18	0	66,907	14,578	2
TL B4	0%	270,265	0	89,523	-	2
TL E4	0%	270,265	0	89,523	14,583	2
TL B3	0%	280,274	0	112,616	-	2
TL E3	0%	280,274	0	112,616	14,583	2
TL B2	0%	274,145	0	135,771	-	2
TL E2	0%	274,145	0	135,771	14,559	2
TL B1	0%	252,072	0	155,894	-	2
TL E1	0%	252,072	0	155,894	13,705	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TS B6	0%	0	0	74,622	0	0
TS E1	0%	0	0	74,622	0	0
TS B4	0%	0	0	74,622	0	0
TS E4	0%	0	0	74,622	0	0
TS B3	0%	0	0	74,622	0	0
TS E3	0%	0	0	74,622	0	0
TS B2	0%	0	0	74,622	0	0
TS E2	0%	0	0	74,622	0	0
TS B1	0%	0	0	74,622	0	0
TS E6	0%	0	0	74,622	0	0
TS B5	0%	0	0	74,622	0	0
TS E5	0%	0	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,265	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,909	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001
ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

Tabla 30. Situación de carga.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-50,035	-50,035	-0,058	-0,039
st 1	9,238	0	-115,181	-115,181	-0,383	-0,668
st 2	18,476	2,693	-207,916	-205,223	-1,764	-10,254
st 3	27,714	21,922	-286,966	-265,044	0,159	-19,733
st 4	36,952	313,857	-338,675	-24,817	0,5	-21,103
st 5	46,19	311,864	-359,703	-47,839	0,147	-17,95
st 6	55,428	309,15	-361,259	-52,109	-0,322	-18,739
st 7	64,666	313,035	-358,652	-45,616	-0,744	-23,684
st 8	73,904	310,321	-355,544	-45,223	-1,164	-32,506
st 9	83,142	314,271	-352,304	-38,034	-1,546	-45,096
st 10	92,38	33828,765	-349,026	33479,739	-0,219	-60,902
st 11	101,618	315,629	-345,737	-30,108	1,346	-48,691
st 12	110,856	312,915	-342,446	-29,531	1,071	-37,54
st 13	120,094	310,201	-339,107	-28,906	0,801	-28,903
st 14	129,332	314,397	-335,483	-21,086	0,572	-22,641
st 15	138,57	311,683	-330,826	-19,143	0,385	-18,234
st 16	147,808	308,969	-322,613	-13,644	0,229	-15,435
st 17	157,046	260,92	-300,968	-40,048	-0,243	-15,627
st 18	166,284	258,659	-241,94	16,72	0,963	-10,434
st 19	175,522	0	-137,728	-137,728	0,501	-1,789
st 20	184,76	0	-19,408	-19,408	0,028	-0,032

Tabla 31. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

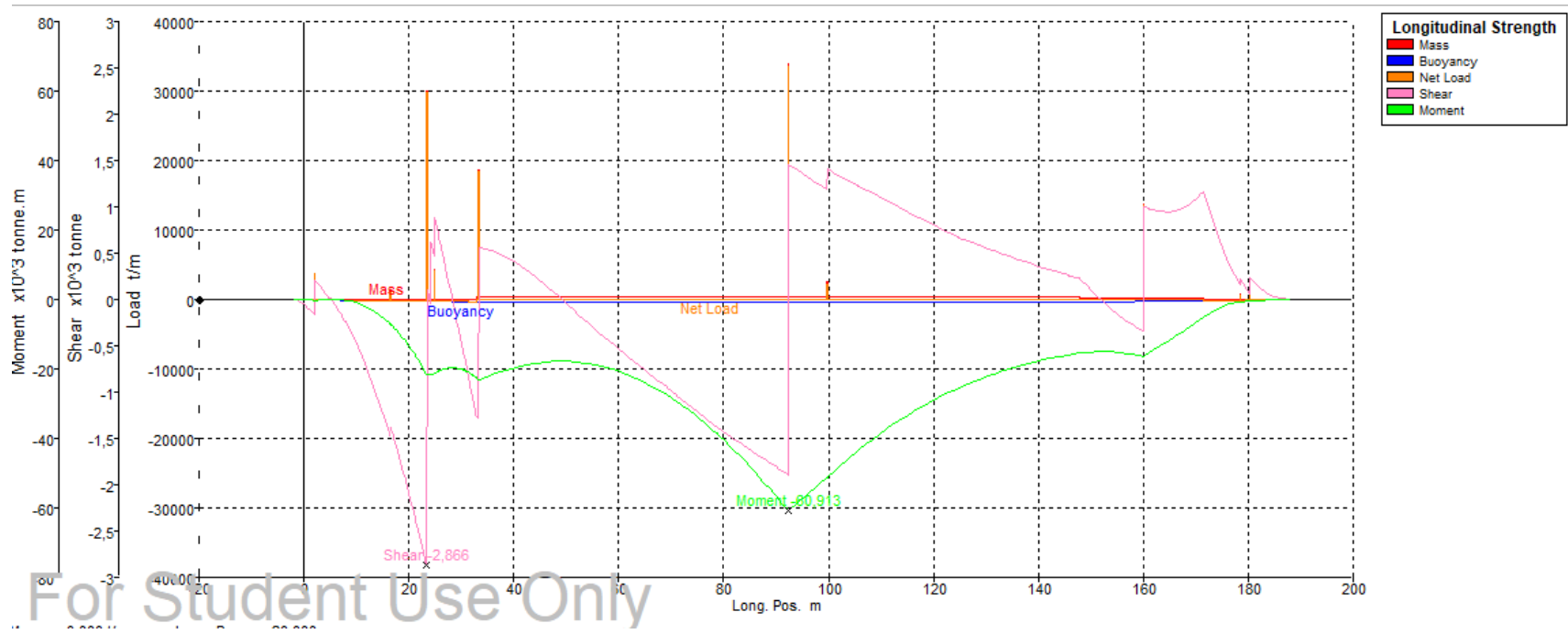


Tabla 32. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	2,175	1,062	0,331	0,116	0	-0,116	-0,332	-1,062	-2,175
Área bajo la curva GZ (m·deg)	-38,9448	-14,6667	-4,2199	-0,868	0	-0,8726	-4,2305	-14,6828	-38,9641



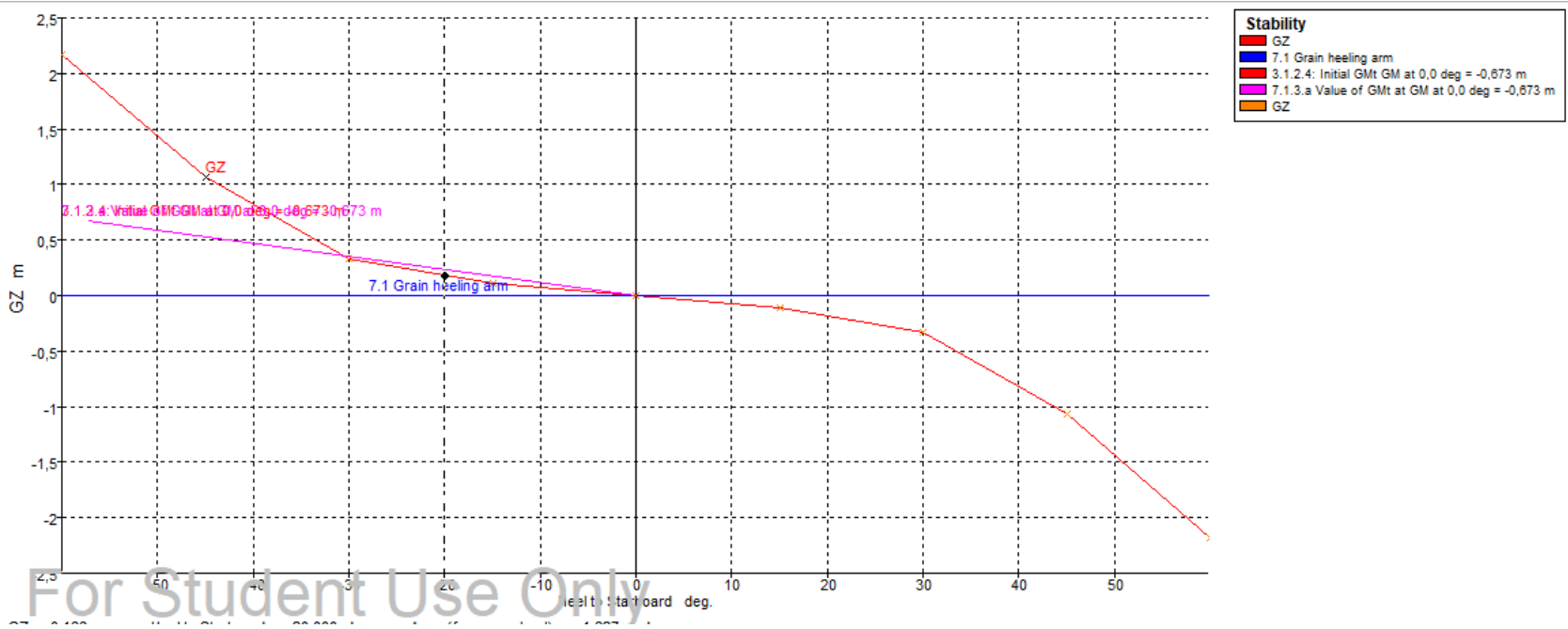
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Desplazamiento (t)	53946	53947	53946	53947	53947	53947	53947	53947	53947
Calado en proa (m)	15,683	12,542	10,763	10,31	10,299	10,31	10,768	12,543	15,684
Calado en popa (m)	16,099	13,592	12,557	12,391	12,439	12,39	12,552	13,592	16,1
Eslora de la flotación (m)	190,188	189,831	189,519	189,283	189,17	189,283	189,519	189,832	190,188
Manga en la flotación (m)	21,577	24,496	29,868	31,317	30,25	31,317	29,872	24,496	21,577
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9458,827	9361,499	8979,401	8389,064	8379,506	8389,06	8979,548	9361,525	9458,903
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3346,146	3952,44	4648,393	5255,128	5094,923	5255,127	4648,247	3952,44	3346,139
Coefficiente prismático (Cp)	0,831	0,844	0,814	0,79	0,788	0,79	0,814	0,844	0,831
Coefficiente de bloque (Cb)	0,638	0,598	0,551	0,612	0,748	0,612	0,551	0,598	0,638
Centro de carena LCB (m)	92,411	92,39	92,347	92,339	92,334	92,339	92,357	92,39	92,411
Centro de la flotación LCF (m)	92,276	91,72	89,792	89,934	89,632	89,934	89,787	91,72	92,276
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60	45,0005	30,0035	15,0126	0,6634	15,0126	30,0035	45,0005	60

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,129	0,3257	0,5562	0,6453	0,6634	0,6452	0,5533	0,3254	0,1291
--------------------------------------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabla 33. Estabilidad a grandes ángulos.



Gráfica 11. Curva GZ.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Criteria**

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	-4,2305	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	-9,9811	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	-5,7506	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m		Heel angle range does not extend sufficiently high.
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg		Invalid heel angle for analysis.
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	-0,673	Fail
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg		Equilibrium angle not valid.
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	-9,9889	Fail
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	-0,673	Fail

Tabla 34. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.7 Salida de puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.10  
m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	10,1	Centro de carena (LCB)	94,435
Desplazamiento (t)	47260	Centro de flotación (LCF)	90,192
Ángulo de escora	0	KB (m)	5,278
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,635	KG (m)	9,033
Calado en la perpendicular de proa (m)	10,564	BMt (m)	7,516
Calado en el centro de flotación (m)	10,111	BML (m)	264,168
Trimado (+ para popa) (m)	0,929	GMt corregido (m)	3,76
Eslora de la flotación (m)	187,542	GML (m)	260,412
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,793
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	7909,445	KML (m)	269,442
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5048,548	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	51,748
Coefficiente prismático (Cp)	0,801	MTc (t·m)	666,116
Coefficiente de bloque (Cb)	0,774	Radio metacéntrico (t·m)	3101,238
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,986	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,288
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,89	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,288

Tabla 35. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	8220,67	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	8231,583	8231,583	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	8231,583	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	8536,458	8536,458	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	8536,453	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	7100,412	7100,412	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	-	2
TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	100%	63,79	63,79	74,622	0	0
TS E3	100%	60,752	60,752	74,622	0	0
TS B2	100%	63,064	63,064	74,622	0	0
TS E2	100%	60,743	60,743	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

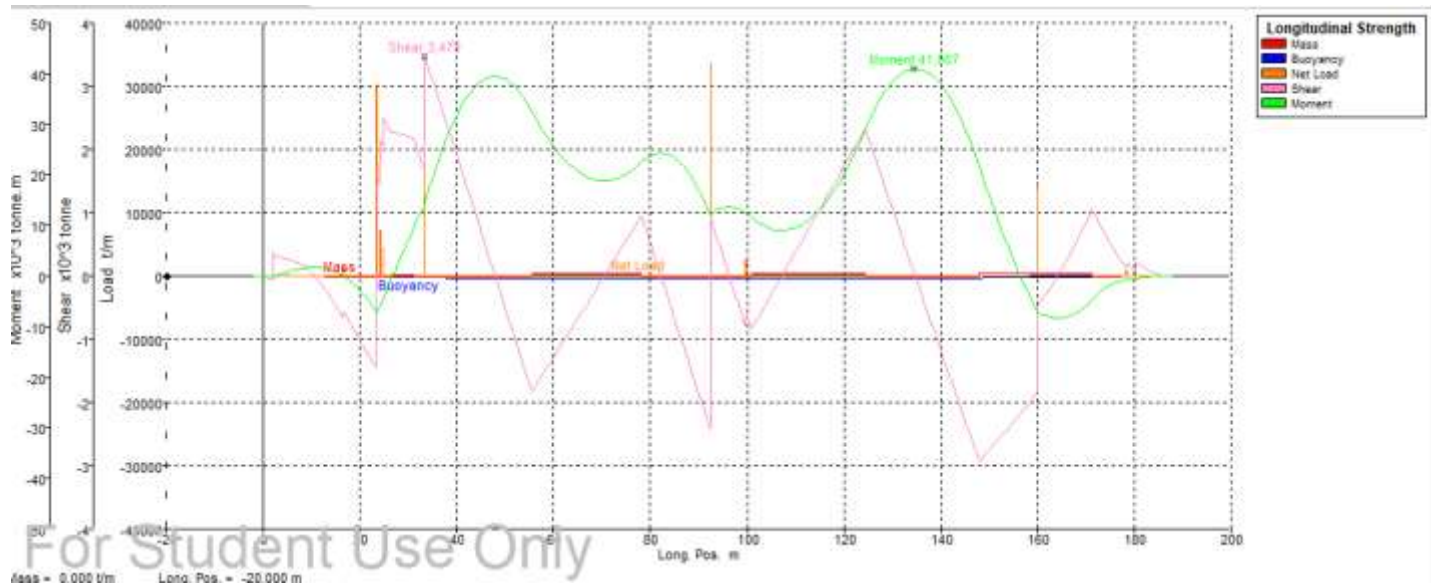
Tabla 36. Situación de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante ( $\times 10^3$ t)	Momento ( $\times 10^3$ tm)
st 0	0	0	-19,225	-19,225	-0,02	-0,013
st 1	9,238	0	-74,845	-74,845	0,11	1,631
st 2	18,476	34,42	-162,068	-127,648	-0,803	-1,509
st 3	27,714	220,722	-238,44	-17,718	2,257	2,12
st 4	36,952	52,516	-289,442	-236,926	2,63	24,984
st 5	46,19	70,135	-311,277	-241,142	0,418	39,153
st 6	55,428	73,395	-314,525	-241,13	-1,813	32,695
st 7	64,666	436,017	-313,756	122,261	-0,715	20,951
st 8	73,904	436,099	-312,488	123,611	0,421	19,586
st 9	83,142	73,179	-311,087	-237,908	-0,232	24,162
st 10	92,38	33590,394	-309,648	33280,746	-0,747	12,054
st 11	101,618	441,427	-308,199	133,228	-0,742	11,023
st 12	110,856	441,427	-306,747	134,679	0,496	9,913
st 13	120,094	441,425	-305,251	136,174	1,747	20,274
st 14	129,332	78,452	-303,482	-225,03	1,215	37,645
st 15	138,57	77,93	-300,727	-222,797	-0,854	39,328
st 16	147,808	75,882	-294,57	-218,688	-2,896	22,04
st 17	157,046	370,594	-275,57	95,025	-2,129	-1,382
st 18	166,284	360,936	-221,29	139,646	0,283	-7,939
st 19	175,522	0	-126,069	-126,069	0,449	-1,629
st 20	184,76	0	-19,41	-19,41	0,028	-0,032

Tabla 37. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 12. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-1,921	-2,472	-2,177	-1,032	0,004	1,039	2,184	2,478	1,925
Área bajo la curva GZ (m·deg)	99,5881	66,64	31,772	7,7086	0,1151	7,8237	31,9948	66,955	99,9722
Desplazamiento (t)	47258	47260	47259	47260	47260	47260	47260	47260	47260
Calado en proa (m)	13,713	11,361	9,942	9,663	9,636	9,664	9,939	11,363	13,717

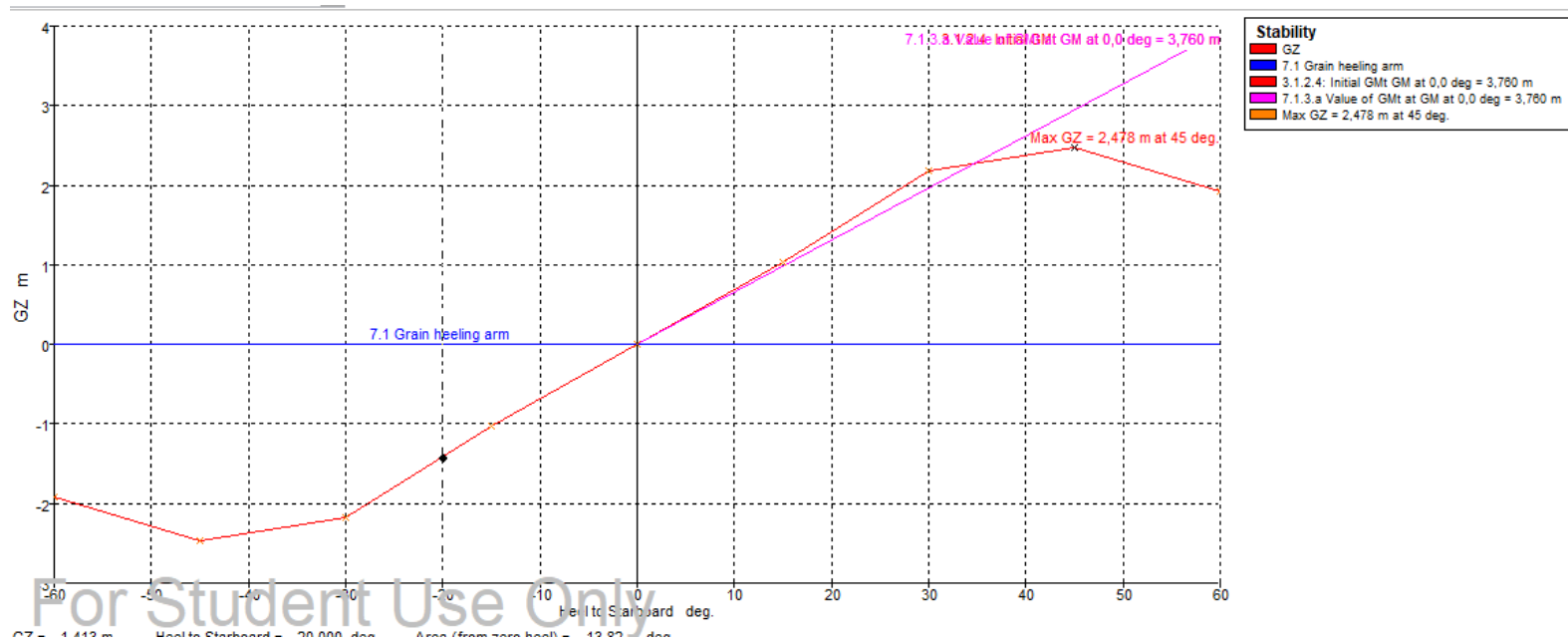


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en popa (m)	10,365	10,195	10,284	10,481	10,563	10,48	10,287	10,193	10,364
Eslora de la flotación (m)	189,972	189,67	189,245	187,668	187,54	187,667	189,245	189,67	189,973
Manga en la flotación (m)	22,156	26,138	31,155	31,317	30,25	31,317	31,157	26,139	22,156
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8627,832	8555,092	8243,37	7897,751	7909,427	7898,115	8243,46	8555,122	8628,1
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3414,586	4055,688	4945,266	5190,379	5048,528	5190,366	4945,387	4055,698	3414,567
Coefficiente prismático (Cp)	0,846	0,837	0,819	0,805	0,801	0,805	0,819	0,837	0,846
Coefficiente de bloque (Cb)	0,593	0,536	0,51	0,601	0,774	0,601	0,51	0,536	0,593
Centro de carena LCB (m)	94,504	94,478	94,454	94,439	94,438	94,44	94,447	94,481	94,506
Centro de la flotación LCF (m)	91,71	90,964	90,809	90,711	90,192	90,712	90,809	90,964	91,71
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0014	45,0006	30,0001	15,002	0,2874	15,0019	30,0001	45,0006	60,0014
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-1,0383	-0,3618	0,1061	0,2535	0,2874	0,2532	0,1079	-0,3627	-1,0395

Tabla 38. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 13. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	31,9948	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	54,8112	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	22,8164	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	2,478	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	3,76	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	-0,1	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	54,8023	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	3,76	Pass

Tabla 39. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.8 Llegada a puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.10  
m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	10,211	Centro de carena (LCB)	95,54
Desplazamiento (t)	47790	Centro de flotación (LCF)	90,39
Ángulo de escora	0	KB (m)	5,329
Calado en la perpendicular de popa (m)	10,154	KG (m)	9,14
Calado en la perpendicular de proa (m)	10,268	BMt (m)	7,421
Calado en el centro de flotación (m)	10,213	BML (m)	260,432
Trimado (+ para popa) (m)	0,114	GMt corregido (m)	3,61
Eslora de la flotación (m)	187,125	GML (m)	256,621
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,75
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	7942,94	KML (m)	265,761
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5043,181	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	51,693
Coefficiente prismático (Cp)	0,815	MTc (t·m)	663,78
Coefficiente de bloque (Cb)	0,803	Radio metacéntrico (t·m)	3011,167
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,989	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,0352
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,891	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,0352

Tabla 40. Datos de equilibrio .

- **Condición de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	8220,67	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	8231,583	8231,583	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	8231,583	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	8536,458	8536,458	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	8536,453	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	7100,412	7100,412	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	100%	1404,287	1404,287	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	50%	1872,276	936,138	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	-	2
TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	0%	63,79	0	74,622	0	0
TS E3	0%	60,752	0	74,622	0	0
TS B2	0%	63,064	0	74,622	0	0
TS E2	0%	60,743	0	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,265	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,909	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

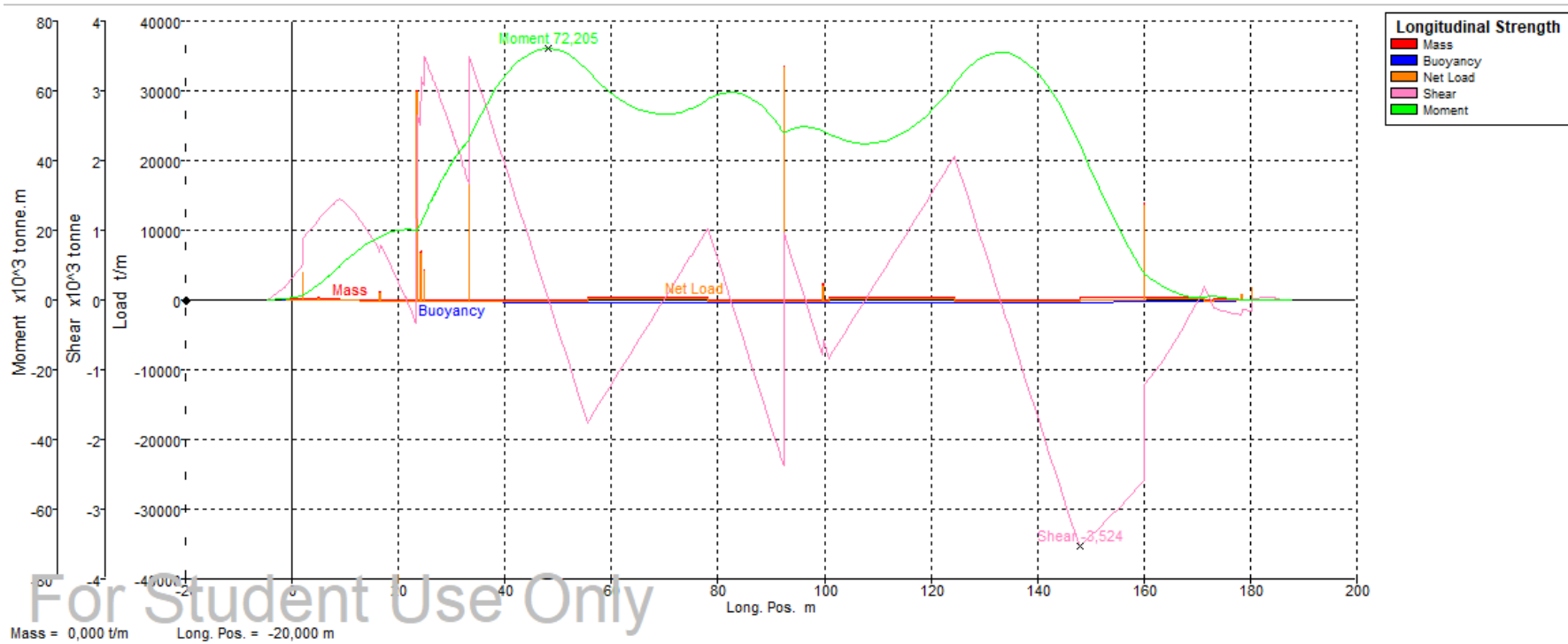
Tabla 41. Condición de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	107,869	-14,995	92,875	0,322	0,652
st 1	9,238	0	-69,603	-69,603	1,441	10,118
st 2	18,476	2,648	-156,896	-154,248	0,509	19,418
st 3	27,714	21,343	-233,864	-212,521	2,914	33,15
st 4	36,952	52,516	-285,698	-233,183	2,655	57,193
st 5	46,19	70,135	-308,548	-238,412	0,473	71,729
st 6	55,428	73,395	-312,984	-239,589	-1,739	65,88
st 7	64,666	436,017	-313,458	122,559	-0,632	54,869
st 8	73,904	436,099	-313,438	122,662	0,5	54,26
st 9	83,142	73,179	-313,287	-240,107	-0,167	59,498
st 10	92,38	33590,394	-313,097	33277,297	-0,708	47,886
st 11	101,618	436,131	-312,898	123,233	-0,744	47,046
st 12	110,856	436,132	-312,697	123,435	0,395	45,463
st 13	120,094	436,13	-312,449	123,681	1,536	54,393
st 14	129,332	73,157	-311,922	-238,765	0,884	69,256
st 15	138,57	72,66	-310,384	-237,725	-1,318	67,269
st 16	147,808	70,734	-305,344	-234,611	-3,502	45,052
st 17	157,046	370,594	-287,094	83,5	-2,84	15,544
st 18	166,284	360,936	-232,188	128,748	-0,533	1,929
st 19	175,522	114,236	-133,266	-19,029	-0,174	0,658
st 20	184,76	0	-19,38	-19,38	0,028	-0,031

Tabla 42. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 14. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-1,781	-2,333	-2,07	-0,994	0,002	0,998	2,074	2,336	1,783
Área bajo la curva GZ (m·deg)	94,2939	63,4401	30,4197	7,4397	0,0617	7,5014	30,5397	63,6094	94,4978

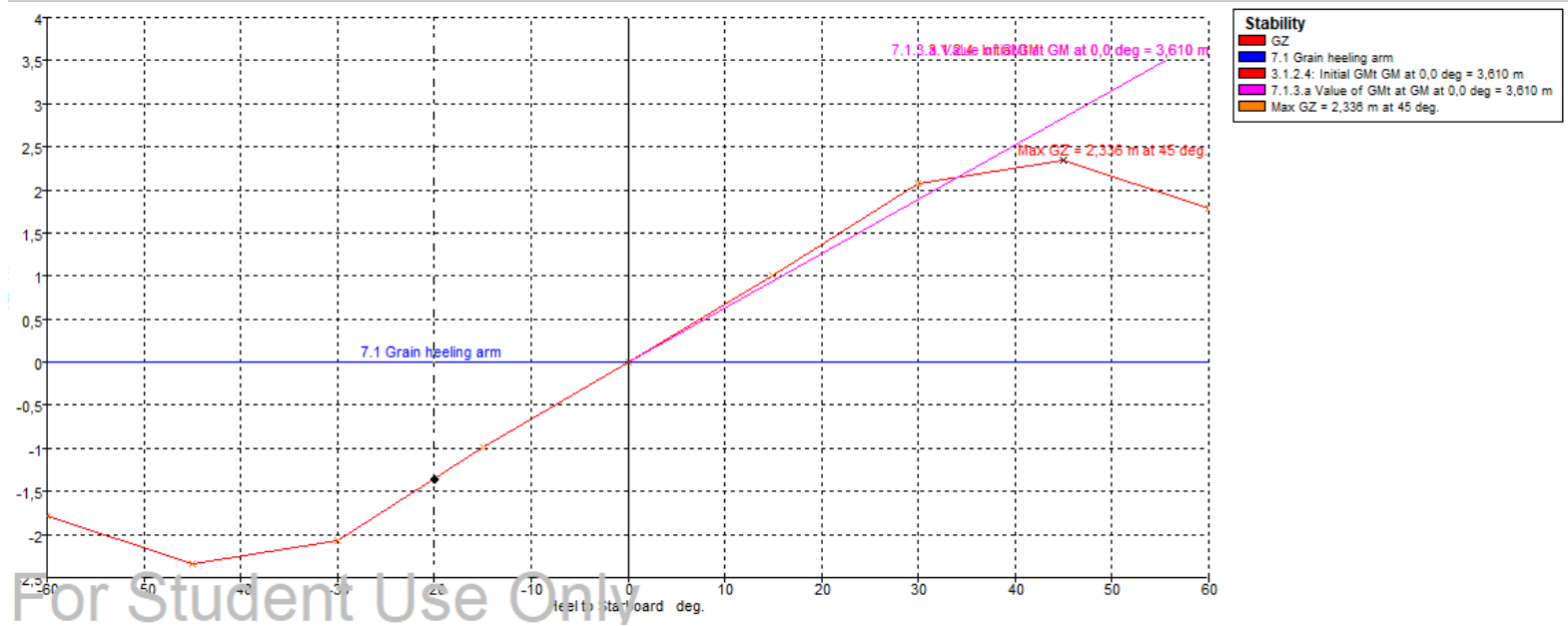


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Desplazamiento (t)	47787	47790	47789	47790	47790	47790	47790	47790	47790
Calado en proa (m)	15,074	12,202	10,544	10,185	10,154	10,185	10,541	12,205	15,082
Calado en popa (m)	9,628	9,736	9,941	10,18	10,269	10,179	9,946	9,734	9,624
Eslora de la flotación (m)	190,142	189,743	189,287	186,995	187,126	186,993	189,287	189,743	190,143
Manga en la flotación (m)	22,181	26,225	31,035	31,317	30,25	31,317	31,037	26,226	22,181
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8701,928	8625,132	8304,775	7934,099	7942,955	7933,772	8304,899	8625,107	8702,432
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3409,688	4052,442	4897,589	5183,417	5043,203	5183,4	4897,771	4052,442	3409,652
Coefficiente prismático (C <sub>p</sub> )	0,832	0,823	0,814	0,819	0,815	0,819	0,814	0,823	0,832
Coefficiente de bloque (C <sub>b</sub> )	0,586	0,53	0,511	0,609	0,803	0,609	0,511	0,53	0,586
Centro de carena LCB (m)	95,615	95,584	95,559	95,539	95,538	95,54	95,549	95,589	95,621
Centro de la flotación LCF (m)	91,358	90,73	90,625	90,954	90,39	90,954	90,625	90,729	91,356
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0036	45,0026	30,0004	15	0,0358	15	30,0004	45,0026	60,0036
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-1,6884	-0,7645	-0,187	-0,0014	0,0358	-0,0018	-0,1845	-0,7663	-1,6919

Tabla 43. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 15. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	30,5397	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	52,1497	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	21,6099	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	2,336	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	3,61	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	0	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	52,1409	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	3,61	Pass

Tabla 44. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.9 Salida de puerto con carga de factor de estiba 1.35 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO			
Calado medio (m)	11,21	Centro de carena (LCB)	90,015
Desplazamiento (t)	53264	Centro de flotación (LCF)	89,382
Ángulo de escora	0	KB (m)	5,94
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,235	KG (m)	10,076
Calado en la perpendicular de proa (m)	13,185	BMt (m)	6,775
Calado en el centro de flotación (m)	11,274	BML (m)	240,637
Trimado (+ para popa) (m)	3,95	GMt corregido (m)	2,638
Eslora de la flotación (m)	189,11	GML (m)	236,499
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,714
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8324,849	KML (m)	246,521
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5097,746	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	52,252
Coefficiente prismático (Cp)	0,762	MTc (t·m)	681,795
Coefficiente de bloque (Cb)	0,702	Radio metacéntrico (t·m)	2452,255
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,985	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	1,2248
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,891	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,2248

Tabla 45. Datos de equilibrio.

- **Condición de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	100%	6698,323	6698,323	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	6707,216	6707,216	66,84	0	9,094
BODEGA 4	100%	6707,216	6707,216	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	6955,633	6955,633	112,62	0	9,094
BODEGA 2	100%	6955,628	6955,628	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	5785,521	5785,521	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	0%	513,311	0	53,152	-1,19	0
DF E6	0%	504,141	0	53,152	1,19	0
DF B5	0%	558,372	0	71,31	-2,244	0
DF E5	0%	558,372	0	71,31	2,244	0
DF B4	0%	559,628	0	90,937	-4,62	0
DF E4	0%	559,628	0	90,937	4,62	0
DF B3	0%	580,393	0	112,101	-4,978	0
DF E3	0%	580,393	0	112,101	4,978	0
DF B2	0%	579,435	0	128,068	-2,958	0
DF E2	0%	579,435	0	128,068	2,958	0
DF B1	0%	492,45	0	148,501	-1,07	0
DF E1	0%	492,45	0	148,501	1,07	0
TL B6	0%	219,512	0	49,516	-14,455	2
TL E6	0%	215,715	0	49,516	14,455	2
TL B5	0%	270,18	0	66,907	-14,578	2
TL E5	0%	270,18	0	66,907	14,578	2
TL B4	0%	270,265	0	89,523	-14,583	2
TL E4	0%	270,265	0	89,523	14,583	2
TL B3	0%	280,274	0	112,616	-14,583	2
TL E3	0%	280,274	0	112,616	14,583	2
TL B2	0%	274,145	0	135,771	-14,559	2
TL E2	0%	274,145	0	135,771	14,559	2
TL B1	0%	252,072	0	155,894	-13,705	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL E1	0%	252,072	0	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	0%	63,79	0	74,622	0	0
TS E3	0%	60,752	0	74,622	0	0
TS B2	0%	63,064	0	74,622	0	0
TS E2	0%	60,743	0	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001
ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

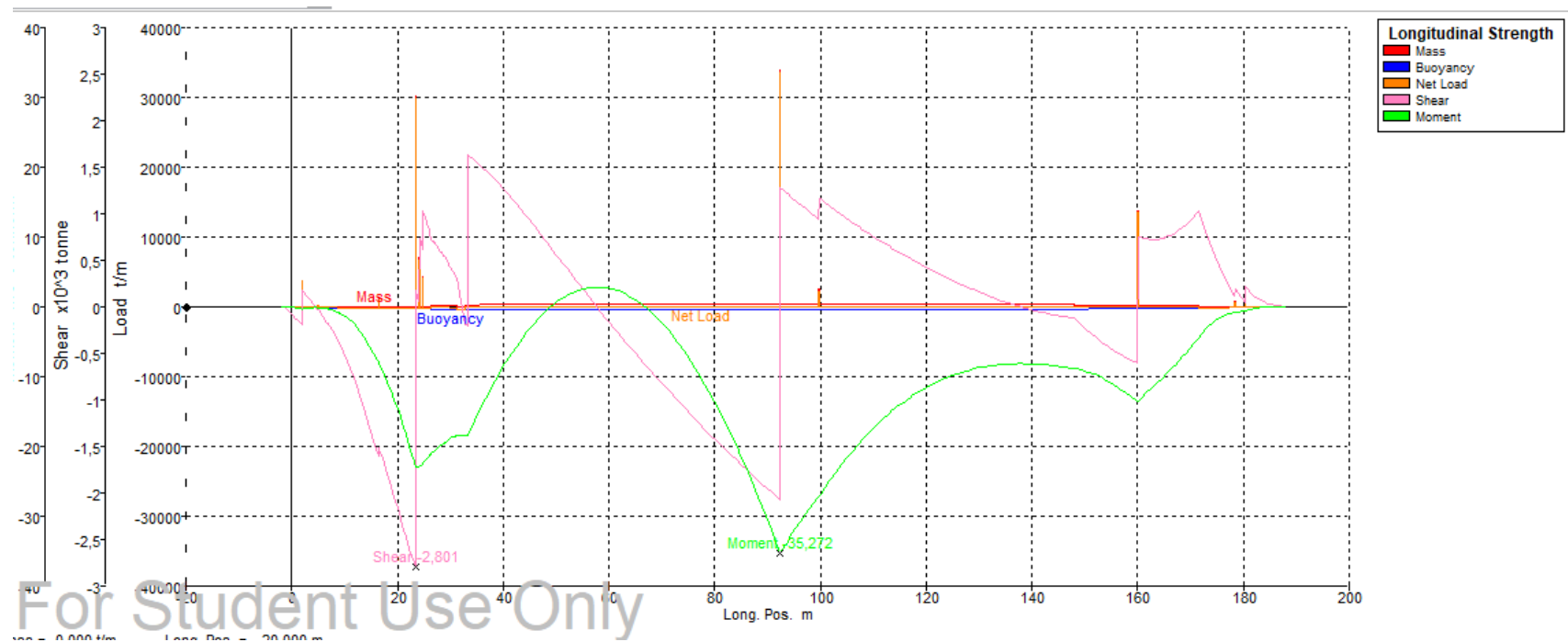
Tabla 46. Condición de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante ( $\times 10^3$ t)	Momento ( $\times 10^3$ tm)
st 0	0	0	-63,54	-63,54	-0,075	-0,053
st 1	9,238	0	-130,112	-130,112	-0,411	-0,995
st 2	18,476	34,42	-222,401	-187,981	-1,862	-11,398
st 3	27,714	220,722	-300,127	-79,405	0,632	-20,153
st 4	36,952	295,145	-350,078	-54,933	1,454	-12,781
st 5	46,19	295,733	-368,855	-73,123	0,844	-2,033
st 6	55,428	295,733	-367,788	-72,055	0,166	2,614
st 7	64,666	295,733	-362,357	-66,624	-0,476	1,122
st 8	73,904	295,733	-356,409	-60,676	-1,064	-6,032
st 9	83,142	295,733	-350,326	-54,593	-1,596	-18,358
st 10	92,38	33812,942	-344,203	33468,738	-0,396	-35,261
st 11	101,618	295,733	-338,071	-42,338	1,088	-25,07
st 12	110,856	295,733	-331,936	-36,203	0,725	-16,748
st 13	120,094	295,733	-325,755	-30,023	0,419	-11,508
st 14	129,332	295,733	-319,303	-23,57	0,172	-8,824
st 15	138,57	295,733	-311,867	-16,135	-0,013	-8,144
st 16	147,808	295,733	-301,052	-5,319	-0,117	-8,819
st 17	157,046	246,339	-277,584	-31,246	-0,525	-11,934
st 18	166,284	246,339	-219,515	26,824	0,772	-8,936
st 19	175,522	0	-122,731	-122,731	0,43	-1,569
st 20	184,76	0	-19,471	-19,471	0,028	-0,032

Tabla 47. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 16. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-0,694	-1,311	-1,37	-0,742	0	0,742	1,369	1,311	0,693
Área bajo la curva GZ (m·deg)	56,5428	41,5073	21,4038	5,5664	-0,0026	5,5637	21,3987	41,4997	56,5313
Desplazamiento (t)	53265	53267	53265	53266	53266	53266	53266	53267	53269

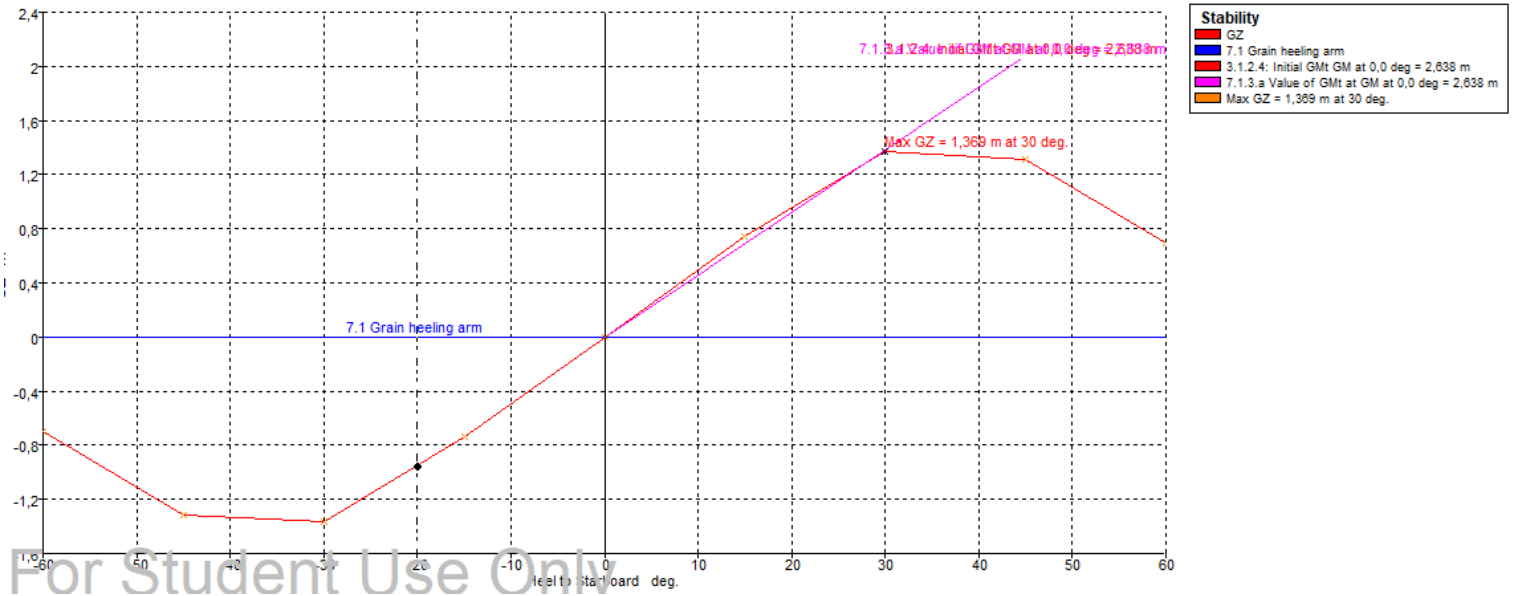


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	12,77	10,743	9,498	9,238	9,234	9,238	9,497	10,742	12,771
Calado en popa (m)	18,238	14,908	13,446	13,148	13,187	13,148	13,447	14,909	18,242
Eslora de la flotación (m)	189,874	189,644	189,44	189,231	189,11	189,231	189,44	189,644	189,874
Manga en la flotación (m)	21,713	24,28	29,096	31,317	30,25	31,317	29,095	24,28	21,713
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9360,222	9270,947	8898,125	8339,635	8324,995	8339,502	8898,176	9271,157	9360,746
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3354,961	3953,134	4700,221	5255,699	5097,763	5255,699	4700,193	3953,113	3354,915
Coefficiente prismático (Cp)	0,79	0,802	0,789	0,763	0,762	0,763	0,789	0,802	0,79
Coefficiente de bloque (Cb)	0,619	0,589	0,553	0,597	0,702	0,597	0,553	0,589	0,619
Centro de carena LCB (m)	90,025	90,024	90,017	90,012	90,01	90,012	90,016	90,022	90,024
Centro de la flotación LCF (m)	93,183	92,464	90,92	89,641	89,381	89,641	90,921	92,465	93,184
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0036	45,0073	30,017	15,0446	1,2258	15,0446	30,017	45,0073	60,0036
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,6952	1,2914	1,2241	1,2123	1,2258	1,2123	1,2245	1,2919	1,6963

Tabla 48. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 17. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	21,3987	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	34,8972	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	13,4985	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	1,369	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	30	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	2,638	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	0	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	21,3926	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	2,638	Pass

Tabla 49. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.10 Llegada a puerto con carga de factor de estiba 1.35 m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO			
Calado medio (m)	10,596	Centro de carena (LCB)	91,271
Desplazamiento (t)	50031	Centro de flotación (LCF)	89,729
Ángulo de escora	-10	KB (m)	5,703
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,076	KG (m)	12,376
Calado en la perpendicular de proa (m)	12,115	BMt (m)	7,487
Calado en el centro de flotación (m)	10,639	BML (m)	256,567
Trimado (+ para popa) (m)	3,039	GMt corregido (m)	0,71
Eslora de la flotación (m)	189,076	GML (m)	249,79
Manga de la flotación (m)	30,717	KMt (m)	13,076
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8101,007	KML (m)	258,339
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5148,811	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/cm)	52,775
Coefficiente prismático (Cp)	0,769	MTc (t·m)	676,409
Coefficiente de bloque (Cb)	0,644	Radio metacéntrico (t·m)	620,382
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,839	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	10,0425
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,887	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,9422

Tabla 50. Datos de equilibrio.

- **Condición de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	86%	6698,323	5765,38	44,173	0	9,102
BODEGA 5	86%	6707,216	5773,033	66,84	0	9,094
BODEGA 4	86%	6707,216	5773,034	89,52	0	9,094
BODEGA 3	86%	6955,633	5986,851	112,62	0	9,094
BODEGA 2	86%	6955,628	5986,849	136,14	0	9,094
BODEGA 1	86%	5785,521	4979,713	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	0%	558,372	0	71,31	-2,244	0
DF E5	0%	558,372	0	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	0%	580,393	0	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	0%	492,45	0	148,501	-1,07	0
DF E1	0%	492,45	0	148,501	1,07	0
TL B6	0%	219,512	0	49,516	-	2
TL E6	0%	215,715	0	49,516	14,455	2
TL B5	0%	270,18	0	66,907	-	2
TL E5	0%	270,18	0	66,907	14,578	2
TL B4	0%	270,265	0	89,523	-	2
TL E4	0%	270,265	0	89,523	14,583	2
TL B3	0%	280,274	0	112,616	-	2
TL E3	0%	280,274	0	112,616	14,583	2
TL B2	0%	274,145	0	135,771	-	2
					14,559	

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL E2	0%	274,145	0	135,771	14,559	2
TL B1	0%	252,072	0	155,894	-13,705	2
TL E1	0%	252,072	0	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	0%	63,79	0	74,622	0	0
TS E3	0%	60,752	0	74,622	0	0
TS B2	0%	63,064	0	74,622	0	0
TS E2	0%	60,743	0	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,266	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,908	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001
ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

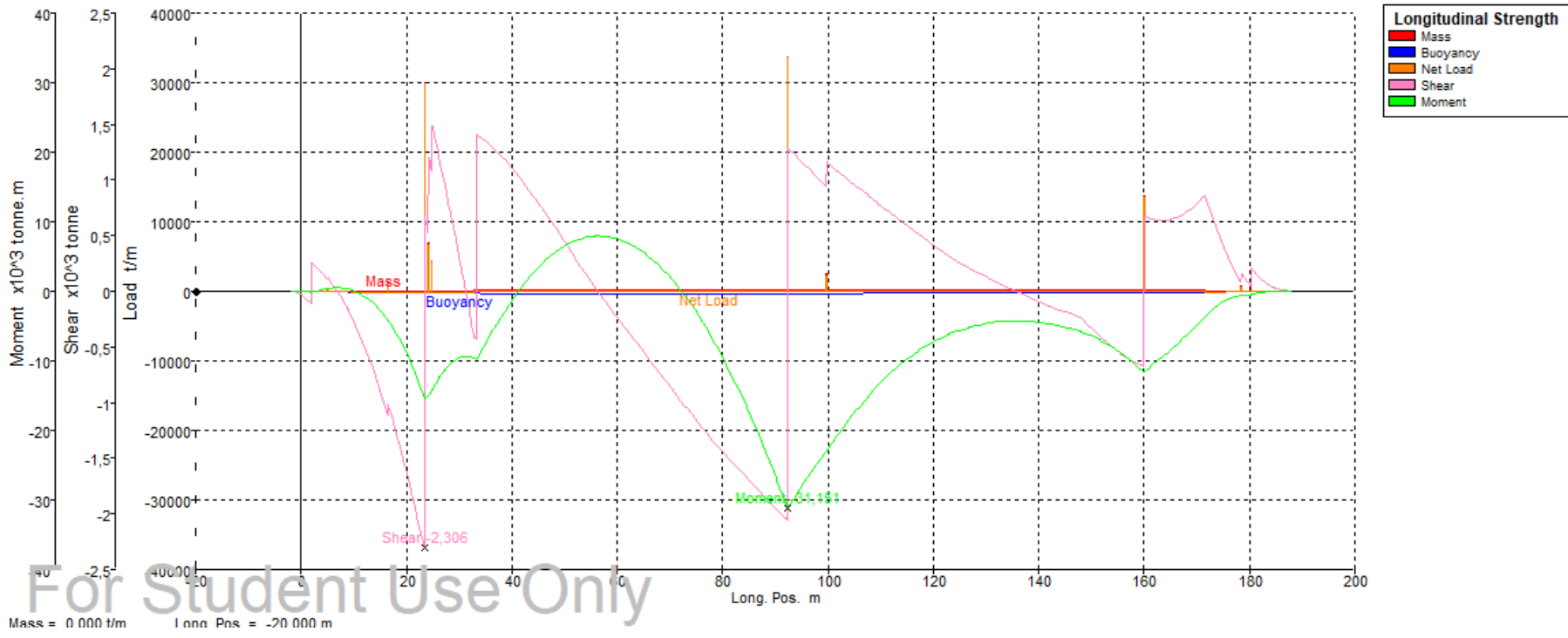
Tabla 51. Condición de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante ( $\times 10^3$ t)	Momento ( $\times 10^3$ t·m)
st 0	0	0	-45,559	-45,559	-0,052	-0,035
st 1	9,238	0	-107,915	-107,915	-0,324	-0,384
st 2	18,476	2,735	-197,631	-194,896	-1,624	-9,067
st 3	27,714	21,959	-273,954	-251,996	0,408	-16,769
st 4	36,952	296,508	-323,461	-26,953	0,806	-15,393
st 5	46,19	300,717	-342,794	-42,076	0,475	-9,367
st 6	55,428	300,092	-342,96	-42,867	0,076	-6,823
st 7	64,666	255,227	-338,955	-83,728	-0,701	-9,733
st 8	73,904	252,385	-334,442	-82,057	-1,466	-19,759
st 9	83,142	305,835	-329,796	-23,961	-1,937	-36,067
st 10	92,38	33820,252	-325,111	33495,14	-0,473	-54,869
st 11	101,618	282,532	-320,416	-37,885	1,221	-44,341
st 12	110,856	279,782	-315,719	-35,937	0,881	-34,658
st 13	120,094	276,935	-310,977	-34,042	0,557	-28,035
st 14	129,332	305,958	-305,968	-0,01	0,41	-23,91
st 15	138,57	303,105	-299,995	3,11	0,423	-20,084
st 16	147,808	299,983	-290,714	9,269	0,476	-15,974
st 17	157,046	212,825	-269,012	-56,186	-0,139	-14,526
st 18	166,284	210,237	-213,412	-3,175	0,905	-9,098
st 19	175,522	0	-119,683	-119,683	0,417	-1,528
st 20	184,76	0	-19,44	-19,44	0,028	-0,032

Tabla 52. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 18. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	1,146	0,118	-0,325	-0,082	0,082	0,241	0,468	-0,001	-1,064
Área bajo la curva GZ (m·deg)	-4,8711	4,6055	3,0497	-0,0033	2,4281	2,4248	7,7396	11,2378	3,2508

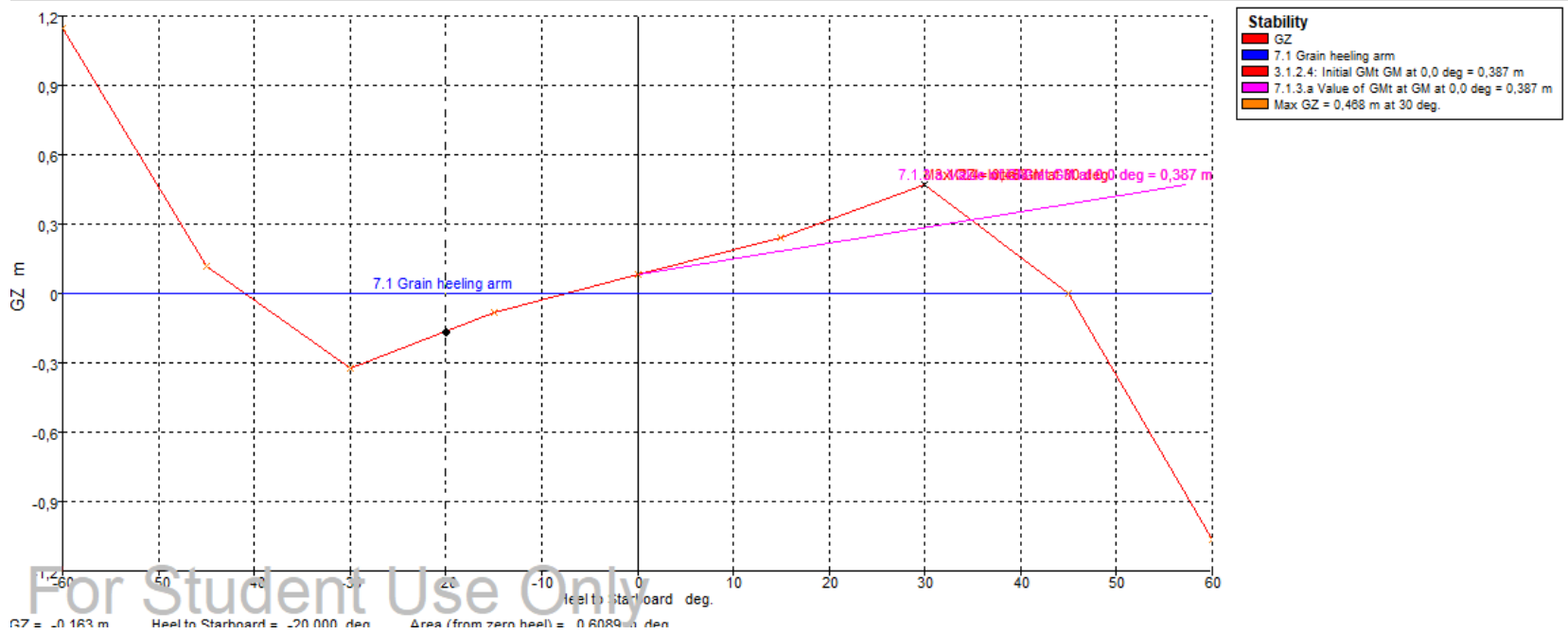


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Desplazamiento (t)	50035	50035	50035	50035	50035	50035	50035	50035	50038
Calado en proa (m)	12,367	10,5	9,303	9,085	9,071	9,084	9,304	10,5	12,364
Calado en popa (m)	14,886	12,916	12,145	12,085	12,139	12,085	12,144	12,916	14,893
Eslora de la flotación (m)	189,813	189,598	189,32	189,12	189,013	189,12	189,32	189,598	189,813
Manga en la flotación (m)	22,005	25,067	30,691	31,317	30,25	31,317	30,692	25,067	22,006
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8958,336	8880,303	8530,006	8104,109	8095,564	8104,109	8530,054	8880,362	8958,726
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3388,19	4008,863	4888,055	5235,956	5081,059	5235,958	4887,993	4008,863	3388,162
Coefficiente prismático (Cp)	0,814	0,824	0,793	0,77	0,768	0,77	0,793	0,824	0,814
Coefficiente de bloque (Cb)	0,611	0,567	0,518	0,592	0,715	0,592	0,518	0,567	0,611
Centro de carena LCB (m)	91,339	91,317	91,283	91,273	91,268	91,273	91,287	91,317	91,333
Centro de la flotación LCF (m)	92,692	91,831	90,545	89,904	89,585	89,904	90,544	91,831	92,694
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0008	45,0024	30,0088	15,0263	0,9512	15,0263	30,0088	45,0024	60,0008
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,7809	0,7493	0,8815	0,9303	0,9512	0,9304	0,8805	0,7493	0,7842

Tabla 53. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 19. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	7,7396	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	10,8533	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	3,1137	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,468	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	30	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	0,387	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	-7,5	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	7,7332	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	0,387	Pass

Tabla 54. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.11 Salida de puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.35  
m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	9,227	Centro de carena (LCB)	92,72
Desplazamiento (t)	42840	Centro de flotación (LCF)	90,16
Ángulo de escora	0	KB (m)	4,842
Calado en la perpendicular de popa (m)	8,076	KG (m)	9,027
Calado en la perpendicular de proa (m)	10,379	BMt (m)	8,245
Calado en el centro de flotación (m)	9,255	BML (m)	288,623
Trimado (+ para popa) (m)	2,302	GMt corregido (m)	4,06
Eslora de la flotación (m)	187,097	GML (m)	284,438
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	13,086
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	7582,616	KML (m)	293,443
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5030,444	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/cm)	51,562
Coefficiente prismático (Cp)	0,772	MTc (t·m)	659,526
Coefficiente de bloque (Cb)	0,722	Radio metacéntrico (t·m)	3035,319
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,983	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,714
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,889	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,714

Tabla 55. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	6698,323	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	6707,216	6707,216	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	6707,216	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	6955,633	6955,633	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	6955,628	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	5785,521	5785,521	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	0%	1404,287	0	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	0%	1872,276	0	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-14,455	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-14,578	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-14,583	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-14,583	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-14,559	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2
TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	-13,705	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	100%	63,79	63,79	74,622	0	0
TS E3	100%	60,752	60,752	74,622	0	0
TS B2	100%	63,064	63,064	74,622	0	0
TS E2	100%	60,743	60,743	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001
ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

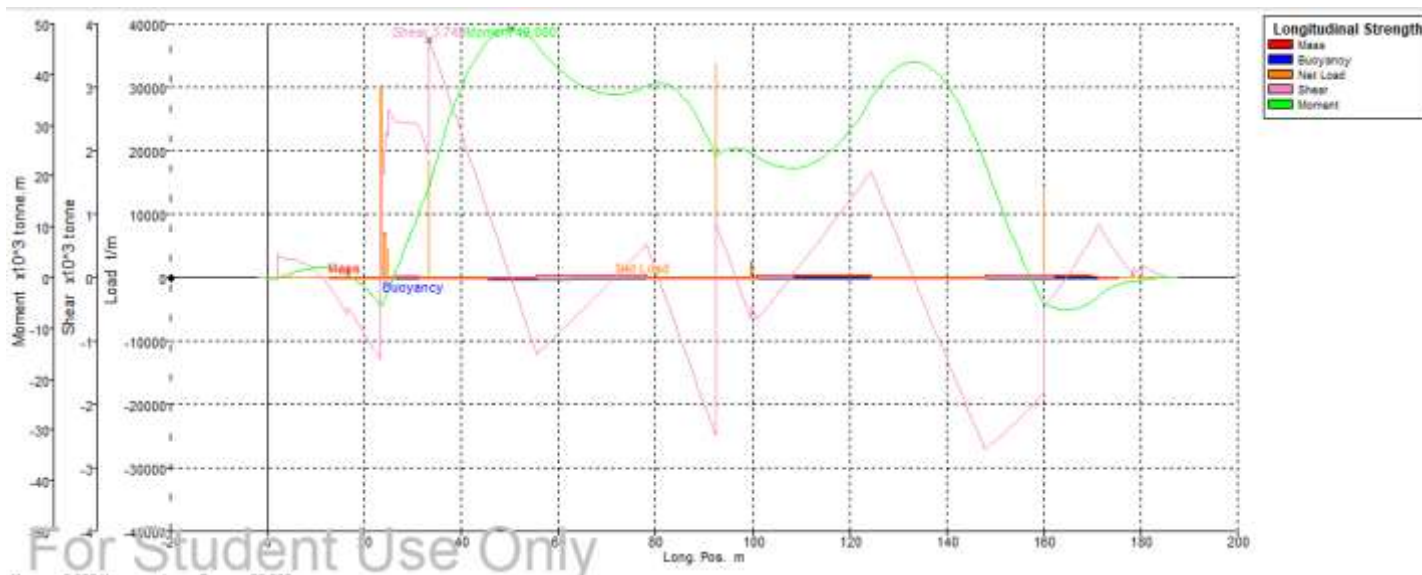
Tabla 56. Condición de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante	Momento (x10 <sup>3</sup> )
st 0	0	0	-16,489	-16,489	-0,017	-0,011
st 1	9,238	0	-69,268	-69,268	0,151	1,816
st 2	18,476	34,42	-153,408	-118,987	-0,697	-0,663
st 3	27,714	220,722	-226,882	-6,16	2,457	4,363
st 4	36,952	52,516	-275,329	-222,813	2,95	29,624
st 5	46,19	70,135	-294,891	-224,756	0,879	47,363
st 6	55,428	73,395	-296,047	-222,651	-1,192	45,889
st 7	64,666	368,805	-293,153	75,651	-0,529	37,859
st 8	73,904	368,887	-289,754	79,134	0,186	36,25
st 9	83,142	73,179	-286,221	-213,041	-0,534	37,656
st 10	92,38	33590,394	-282,648	33307,746	-0,809	23,826
st 11	101,618	374,215	-279,066	95,149	-0,596	23,376
st 12	110,856	374,215	-275,481	98,734	0,299	22,004
st 13	120,094	374,213	-271,854	102,359	1,228	29,044
st 14	129,332	78,452	-267,975	-189,523	0,727	41,072
st 15	138,57	77,93	-263,185	-185,255	-1,005	39,784
st 16	147,808	75,882	-255,263	-179,381	-2,691	22,712
st 17	157,046	314,608	-235,637	78,971	-2,069	0,525
st 18	166,284	304,95	-185,044	119,906	0,183	-6,2
st 19	175,522	0	-103,261	-103,261	0,344	-1,308
st 20	184,76	0	-19,454	-19,454	0,028	-0,032

Tabla 57. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 20. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-2,21	-2,847	-2,481	-1,114	0,004	1,122	2,488	2,853	2,214
Área bajo la curva GZ (m·deg)	113,1677	75,2381	35,2771	8,3199	0,1269	8,4468	35,5217	75,5832	113,5926
Desplazamiento (t)	42843	42840	42840	42840	42840	42840	42840	42840	42839
Calado en proa (m)	9,587	8,792	8,197	8,104	8,075	8,105	8,199	8,793	9,584
Calado en popa (m)	9,462	9,736	10,036	10,29	10,38	10,29	10,034	9,735	9,46

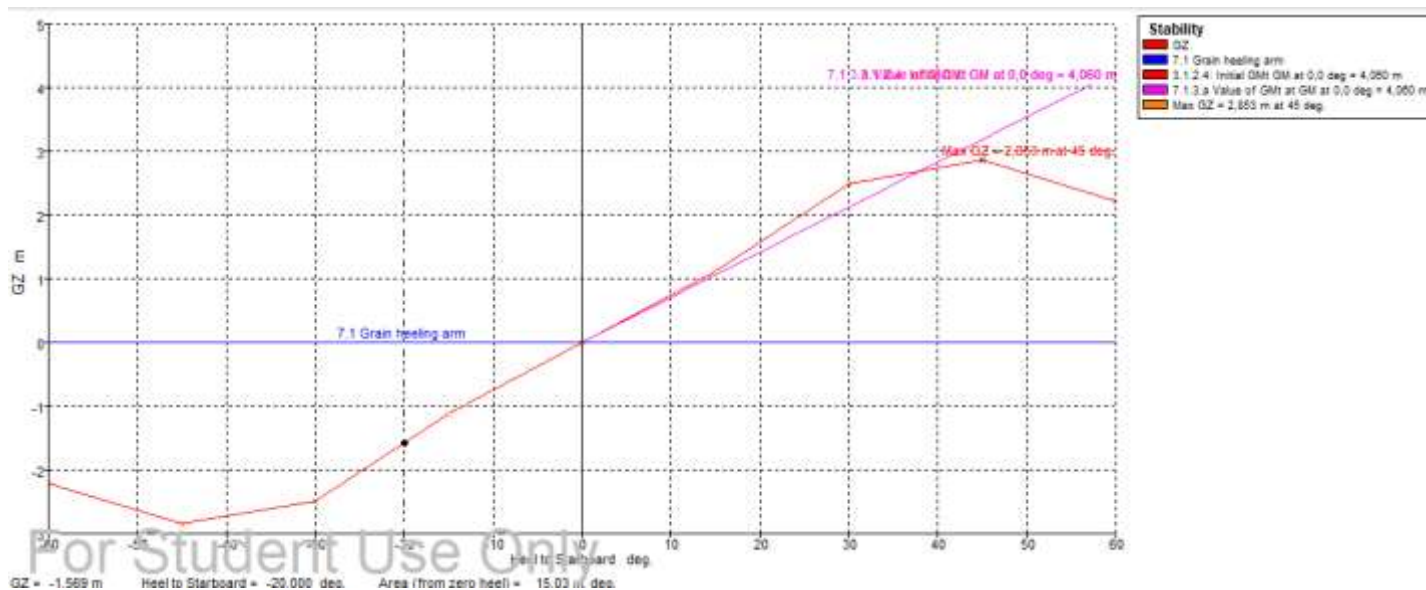


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Eslora de la flotación (m)	189,473	189,322	189,011	187,079	187,099	187,077	189,011	189,322	189,473
Manga en la flotación (m)	23,065	26,428	31,188	31,317	30,25	31,317	31,187	26,428	23,065
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8060,802	8001,913	7782,289	7571,781	7582,637	7571,389	7782,305	8002,849	8060,21
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3454,954	4081,299	5122,455	5165,827	5030,476	5165,809	5122,363	4081,316	3454,988
Coefficiente prismático (Cp)	0,845	0,834	0,791	0,777	0,772	0,777	0,791	0,834	0,845
Coefficiente de bloque (Cb)	0,566	0,515	0,483	0,573	0,722	0,574	0,483	0,515	0,566
Centro de carena LCB (m)	92,772	92,749	92,718	92,717	92,716	92,719	92,725	92,752	92,771
Centro de la flotación LCF (m)	92,187	90,909	91,721	90,688	90,159	90,689	91,721	90,909	92,187
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60	45,0004	30,0037	15,014	0,7147	15,0139	30,0037	45,0004	60
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-0,0387	0,2929	0,5703	0,6779	0,7147	0,6775	0,5689	0,2921	-0,0383

Tabla 58. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 21. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	35,5217	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	61,6203	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	26,0987	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	2,853	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	4,06	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	-0,1	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	61,6105	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	4,06	Pass

Tabla 59. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.12 Llegada a puerto con bodegas 1, 3 y 5 cargadas. Factor de estiba 1.35  
m<sup>3</sup>/t

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	9,34	Centro de carena (LCB)	93,951
Desplazamiento (t)	43370	Centro de flotación (LCF)	90,37
Ángulo de escora	0	KB (m)	4,884
Calado en la perpendicular de popa (m)	8,598	KG (m)	9,144
Calado en la perpendicular de proa (m)	10,081	BMt (m)	8,13
Calado en el centro de flotación (m)	9,356	BML (m)	283,918
Trimado (+ para popa) (m)	1,483	GMt corregido (m)	3,87
Eslora de la flotación (m)	186,668	GML (m)	279,657
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	13,014
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	7615,667	KML (m)	288,792
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	5023,476	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	51,491
Coefficiente prismático (Cp)	0,789	MTc (t·m)	656,463
Coefficiente de bloque (Cb)	0,75	Radio metacéntrico (t·m)	2929,317
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,984	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,46
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,89	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,46

Tabla 60. datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7
TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	6698,323	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	100%	6707,216	6707,216	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	6707,216	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	100%	6955,633	6955,633	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	6955,628	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	100%	5785,521	5785,521	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	100%	1404,287	1404,287	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	50%	1872,276	936,138	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-14,455	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-14,578	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-14,583	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-14,583	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-14,559	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	- 13,705	2
TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	0%	54,811	0	74,622	0	0
TS E1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS B4	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E4	0%	58,582	0	74,622	0	0
TS B3	0%	63,79	0	74,622	0	0
TS E3	0%	60,752	0	74,622	0	0
TS B2	0%	63,064	0	74,622	0	0
TS E2	0%	60,743	0	74,622	0	0
TS B1	0%	77,541	0	74,622	0	0
TS E6	0%	53,687	0	74,622	0	0
TS B5	0%	61,512	0	74,622	0	0
TS E5	0%	58,582	0	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,265	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,909	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0
ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

Tabla 61. Situación de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	107,869	-12,398	95,472	0,325	0,654
st 1	9,238	0	-64,087	-64,087	1,481	10,297
st 2	18,476	2,679	-148,226	-145,548	0,614	20,246
st 3	27,714	21,742	-222,259	-200,517	3,115	35,366
st 4	36,952	52,516	-271,532	-219,016	2,974	61,803
st 5	46,19	70,135	-292,14	-222,005	0,933	79,915
st 6	55,428	73,395	-294,478	-221,083	-1,117	79,041
st 7	64,666	368,805	-292,834	75,971	-0,446	71,745
st 8	73,904	368,887	-290,689	78,199	0,266	70,896
st 9	83,142	73,179	-288,411	-215,231	-0,468	72,973
st 10	92,38	33590,394	-286,094	33304,3	-0,77	59,645
st 11	101,618	368,92	-283,767	85,152	-0,598	59,392
st 12	110,856	368,92	-281,438	87,481	0,199	57,553
st 13	120,094	368,918	-279,066	89,851	1,018	63,166
st 14	129,332	73,157	-276,436	-203,279	0,396	72,696
st 15	138,57	72,66	-272,87	-200,21	-1,469	67,742
st 16	147,808	70,734	-266,087	-195,353	-3,298	45,738
st 17	157,046	314,608	-247,216	67,392	-2,781	17,46
st 18	166,284	304,95	-195,978	108,972	-0,634	3,669
st 19	175,522	114,469	-110,384	4,084	-0,277	0,965
st 20	184,76	0	-19,425	-19,425	0,028	-0,031

Tabla 62. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 22. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-2,062	-2,703	-2,374	-1,066	0,002	1,07	2,378	2,706	2,064
Área bajo la curva GZ (m·deg)	107,5782	71,8461	33,7723	7,9757	0,068	8,0437	33,9025	72,029	107,8027
Desplazamiento (t)	43370	43370	43370	43370	43370	43370	43370	43370	43370



Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	10,906	9,625	8,773	8,632	8,597	8,632	8,777	9,626	10,904
Calado en popa (m)	8,747	9,283	9,7	9,985	10,082	9,984	9,697	9,281	8,748
Eslora de la flotación (m)	189,644	189,396	189,04	186,517	186,669	186,516	189,04	189,396	189,644
Manga en la flotación (m)	22,749	26,498	30,807	31,317	30,25	31,317	30,805	26,498	22,75
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8139,116	8074,417	7838,35	7607,098	7615,683	7607,08	7838,357	8074,551	8139,077
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3451,894	4085,437	5088,386	5157,426	5023,5	5157,407	5088,214	4085,452	3451,887
Coefficiente prismático (C <sub>p</sub> )	0,847	0,84	0,806	0,794	0,789	0,794	0,806	0,84	0,847
Coefficiente de bloque (C <sub>b</sub> )	0,569	0,517	0,496	0,584	0,75	0,584	0,496	0,517	0,569
Centro de carena LCB (m)	94,02	93,991	93,95	93,95	93,949	93,952	93,959	93,994	94,018
Centro de la flotación LCF (m)	91,866	90,85	91,682	90,944	90,37	90,945	91,682	90,85	91,866
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0006	45	30,0009	15,0053	0,4605	15,0053	30,0009	45,0001	60,0006
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-0,6694	-0,106	0,2874	0,4196	0,4605	0,4193	0,2851	-0,1071	-0,6685

Tabla 63. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 23. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	33,9025	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	58,7731	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	24,8706	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	2,706	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	3,87	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	0	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	58,7634	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	3,87	Pass

Tabla 64. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.13 Salida de puerto en lastre.

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	6,109	Centro de carena (LCB)	80,875
Desplazamiento (t)	27172	Centro de flotación (LCF)	89,988
Ángulo de escora	0	KB (m)	3,538
Calado en la perpendicular de popa (m)	2,231	KG (m)	9,232
Calado en la perpendicular de proa (m)	9,988	BMt (m)	12,617
Calado en el centro de flotación (m)	6,21	BML (m)	442,484
Trimado (+ para popa) (m)	7,757	GMt corregido (m)	6,917
Eslora de la flotación (m)	189,426	GML (m)	436,785
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	16,143
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	6386,271	KML (m)	445,633
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	4965,286	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	50,894
Coefficiente prismático (Cp)	0,596	MTc (t·m)	642,368
Coefficiente de bloque (Cb)	0,487	Radio metacéntrico (t·m)	3280,315
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,969	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	2,404
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,867	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	2,404

Tabla 65. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	6698,323	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	0%	6707,216	0	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	6707,216	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	0%	6955,633	0	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	6955,628	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	0%	5785,521	0	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	100%	1404,287	1404,287	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	100%	1872,276	1872,276	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-14,455	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-14,578	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-14,583	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-14,583	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-14,559	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2
TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	-13,705	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	100%	54,811	54,811	74,622	0	0
TS E1	100%	77,541	77,541	74,622	0	0
TS B4	100%	61,512	61,512	74,622	0	0
TS E4	100%	58,582	58,582	74,622	0	0
TS B3	100%	63,79	63,79	74,622	0	0
TS E3	100%	60,752	60,752	74,622	0	0
TS B2	100%	63,064	63,064	74,622	0	0
TS E2	100%	60,743	60,743	74,622	0	0
TS B1	100%	77,541	77,541	74,622	0	0
TS E6	100%	53,687	53,687	74,622	0	0
TS B5	100%	61,512	61,512	74,622	0	0
TS E5	100%	58,582	58,582	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	100%	237,224	237,224	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	100%	242,655	242,655	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	100%	237,224	237,224	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	100%	242,655	242,655	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	100%	149,085	149,085	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	100%	149,085	149,085	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	100%	87,421	87,421	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	100%	87,421	87,421	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	100%	28,122	28,122	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	100%	28,122	28,122	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	100%	27,275	27,275	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	0%	18,256	0	31,227	-0,031	0
LODOS	0%	22,285	0	31,568	0,035	0
MDO Er	100%	32,607	32,607	24,168	9,424	4,325
MDO Br	100%	32,607	32,607	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	100%	14,536	14,536	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	100%	14,536	14,536	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	100%	4,21	4,21	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	100%	5,991	5,991	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	100%	5,991	5,991	28,32	0,5	1,001
ACSU	0%	14,148	0	25,613	0	0

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACEITE MOTOR Br	100%	4,21	4,21	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	100%	29,04	29,04	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	100%	29,04	29,04	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	100%	79,2	79,2	3,8	0	18,6

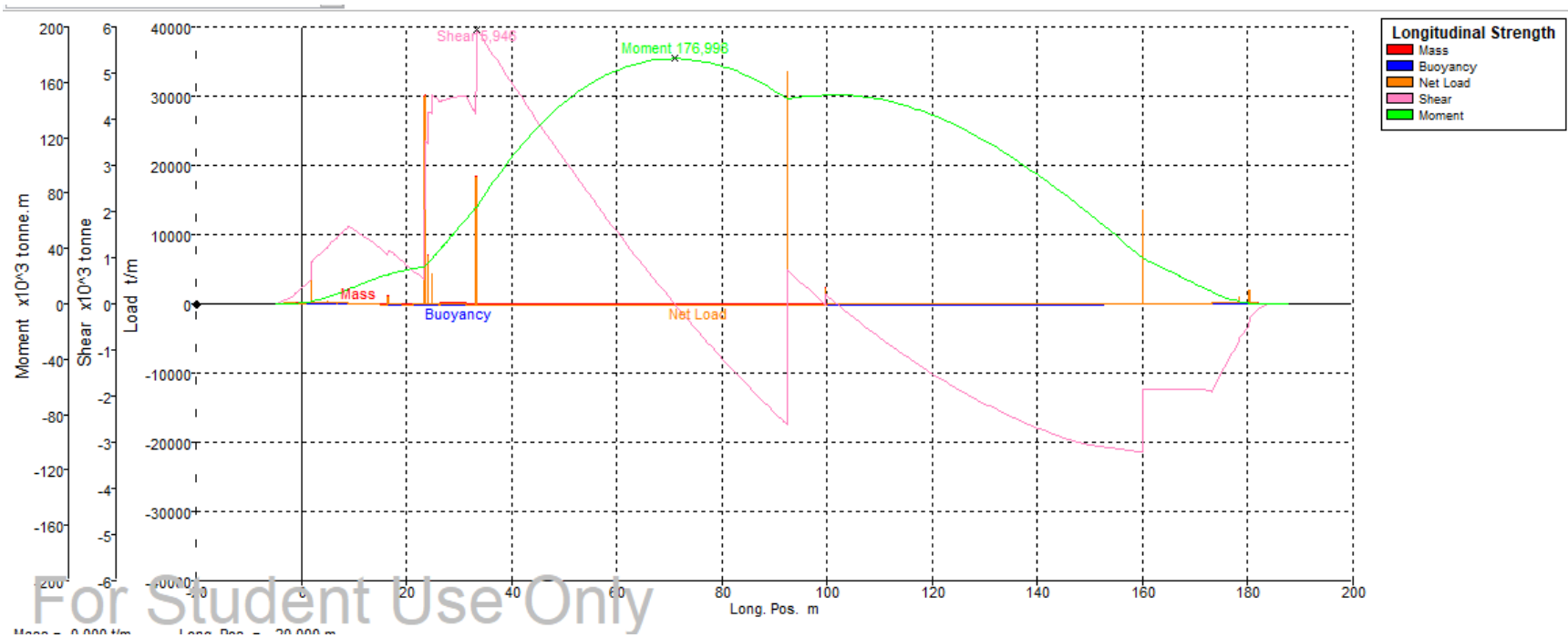
Tabla 66. Situación de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante	Momento ( $\times 10^3$ )
st 0	0	107,869	-11,04	96,83	0,326	0,655
st 1	9,238	0	-54,695	-54,695	1,651	10,919
st 2	18,476	34,42	-127,664	-93,243	0,988	23,071
st 3	27,714	220,722	-190,476	30,246	4,43	44,918
st 4	36,952	56,62	-229,549	-172,928	5,319	90,17
st 5	46,19	75,36	-240,817	-165,457	3,754	132,029
st 6	55,428	78,69	-233,879	-155,188	2,269	159,769
st 7	64,666	78,367	-222,543	-144,176	0,883	174,214
st 8	73,904	78,45	-210,652	-132,203	-0,394	176,391
st 9	83,142	78,475	-198,619	-120,144	-1,56	167,299
st 10	92,38	33595,689	-186,342	33409,347	-0,937	148,023
st 11	101,618	78,482	-174,457	-95,975	0,024	150,748
st 12	110,856	78,482	-162,369	-83,887	-0,806	147,031
st 13	120,094	78,48	-150,252	-71,772	-1,525	136,169
st 14	129,332	78,452	-137,962	-59,509	-2,132	119,191
st 15	138,57	77,93	-125,07	-47,141	-2,625	97,139
st 16	147,808	75,882	-110,208	-34,326	-3,002	71,061
st 17	157,046	77,151	-88,792	-11,641	-3,178	42,41
st 18	166,284	60,253	-56,323	3,931	-1,852	21,317
st 19	175,522	241,03	-25,726	215,304	-1,373	4,731
st 20	184,76	0	-5,489	-5,489	0,008	-0,008

Tabla 67. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 24. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-2,986	-3,793	-3,412	-1,842	0,011	1,863	3,431	3,808	2,996
Área bajo la curva GZ (m·deg)	158,0315	107,1896	53,1479	13,7373	0,3146	14,0519	53,7552	108,0483	159,0827
Desplazamiento (t)	27170	27172	27172	27172	27172	27172	27172	27172	27172

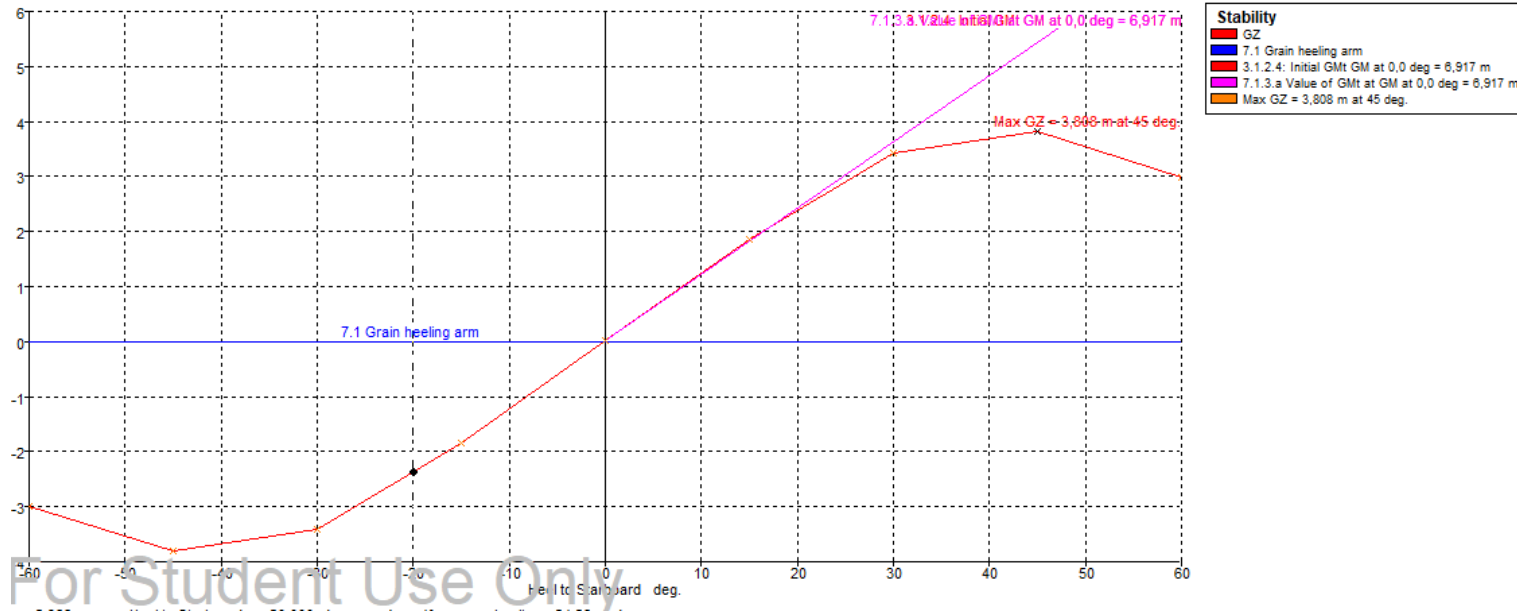


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	-6,607	-1,112	1,421	2,19	2,23	2,19	1,423	-1,112	-6,607
Calado en popa (m)	7,395	8,726	9,624	9,906	9,988	9,906	9,623	8,726	7,397
Eslora de la flotación (m)	186,058	188,849	191,63	189,272	189,427	189,272	191,631	188,849	186,059
Manga en la flotación (m)	22,417	27,047	31,775	31,317	30,25	31,317	31,774	27,047	22,417
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	5963,322	5958,217	6061,608	6357,198	6386,275	6357,204	6061,72	5958,295	5963,588
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3291,502	3929,593	4609,752	5002,211	4965,297	5002,213	4609,864	3929,593	3291,495
Coefficiente prismático (Cp)	0,678	0,666	0,614	0,602	0,596	0,602	0,614	0,666	0,678
Coefficiente de bloque (Cb)	0,463	0,381	0,343	0,424	0,487	0,424	0,343	0,381	0,463
Centro de carena LCB (m)	80,791	80,827	80,855	80,873	80,873	80,874	80,861	80,827	80,79
Centro de la flotación LCF (m)	86,487	86,587	86,416	89,714	89,988	89,714	86,419	86,587	86,487
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0237	45,0406	30,0732	15,1728	2,4043	15,1728	30,0731	45,0406	60,0237
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	4,334	3,048	2,5422	2,3916	2,4043	2,3915	2,5413	3,048	4,3347

Tabla 68. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 25. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	53,7552	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	89,3217	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	35,5665	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,808	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	6,917	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	-0,1	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	89,3062	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	6,917	Pass

Tabla 69. Criterios.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.2.14 Llegada a puerto en lastre

- **Equilibrio**

CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO			
Calado medio (m)	5,816	Centro de carena (LCB)	84,344
Desplazamiento (t)	25611	Centro de flotación (LCF)	91,437
Ángulo de escora	0	KB (m)	3,233
Calado en la perpendicular de popa (m)	2,753	KG (m)	9,242
Calado en la perpendicular de proa (m)	8,879	BMt (m)	13,213
Calado en el centro de flotación (m)	5,847	BML (m)	449,131
Trimado (+ para popa) (m)	6,126	GMt corregido (m)	7,2
Eslora de la flotación (m)	187,553	GML (m)	443,118
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	16,439
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	6229,611	KML (m)	452,117
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	4894,898	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	50,173
Coefficiente prismático (Cp)	0,623	MTc (t·m)	614,239
Coefficiente de bloque (Cb)	0,519	Radio metacéntrico (t·m)	3218,176
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,966	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	1,8991
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,863	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,8991

Tabla 70. Datos de equilibrio.

- **Situación de carga**

Referencia	Cantidad	Masa por unidad (t)	Masa total (t)	Xg (m)	Yg (m)	Zg (m)
ACERO POPA	1	1838,94	1838,94	33,29	0	9,8
ACERO MEDIO	1	2051,72	2051,72	92,38	0	8,09
ACERO PROA	1	1350,49	1350,49	159,99	0	10,03
HABILITACIÓN	1	432,3	432,3	24,85	0	25,69
GUARDACALOR	1	0	0	19,06	0	29,6
CASTILLO DE PROA	1	75,72	75,72	178,39	0	18,26
TOLDILLA	1	112,09	112,09	16,5	0	17,83
PIQUE POPA	1	373,1	373,1	2	0	13
PIQUE PROA	1	176,93	176,93	180,31	0	9,7

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TANQUES HFO	1	3,88	3,88	28,854	0	2,2
TANQUES MDO	1	0,113	0,113	31,052	-1,98	1,017
TANQUES ACEITE	1	2,6	2,6	26,82	0	0,4
TANQUES AGUA	1	19,608	19,608	4,95	0	18,6
BRAZOLAS	1	228,206	228,206	99,724	0	18,14
MAQUINARIA	1	694,295	694,295	24,175	0	5,041
EQUIPO Y HABILITACIÓN	1	1300	1300	92,38	0	15
VIVERES Y PERTRECHOS	1	3000	3000	23,42	0	20,5
BODEGA 6	0%	6698,323	0	44,173	0	9,102
BODEGA 5	0%	6707,216	0	66,84	0	9,094
BODEGA 4	0%	6707,216	0	89,52	0	9,094
BODEGA 3	0%	6955,633	0	112,62	0	9,094
BODEGA 2	0%	6955,628	0	136,14	0	9,094
BODEGA 1	0%	5785,521	0	159,645	0	9,102
PIQUE POPA	100%	1404,287	1404,287	4,121	0	11,12
PIQUE PROA	100%	1872,276	1872,276	173,282	0	0,034
DF B6	100%	513,311	513,311	53,152	-1,19	0
DF E6	100%	504,141	504,141	53,152	1,19	0
DF B5	100%	558,372	558,372	71,31	-2,244	0
DF E5	100%	558,372	558,372	71,31	2,244	0
DF B4	100%	559,628	559,628	90,937	-4,62	0
DF E4	100%	559,628	559,628	90,937	4,62	0
DF B3	100%	580,393	580,393	112,101	-4,978	0
DF E3	100%	580,393	580,393	112,101	4,978	0
DF B2	100%	579,435	579,435	128,068	-2,958	0
DF E2	100%	579,435	579,435	128,068	2,958	0
DF B1	100%	492,45	492,45	148,501	-1,07	0
DF E1	100%	492,45	492,45	148,501	1,07	0
TL B6	100%	219,512	219,512	49,516	-14,455	2
TL E6	100%	215,715	215,715	49,516	14,455	2
TL B5	100%	270,18	270,18	66,907	-14,578	2
TL E5	100%	270,18	270,18	66,907	14,578	2
TL B4	100%	270,265	270,265	89,523	-14,583	2
TL E4	100%	270,265	270,265	89,523	14,583	2
TL B3	100%	280,274	280,274	112,616	-14,583	2
TL E3	100%	280,274	280,274	112,616	14,583	2
TL B2	100%	274,145	274,145	135,771	-14,559	2
TL E2	100%	274,145	274,145	135,771	14,559	2
TL B1	100%	252,072	252,072	155,894	-13,705	2

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

TL E1	100%	252,072	252,072	155,894	13,705	2
TS B6	100%	54,811	54,811	74,622	0	0
TS E1	100%	77,541	77,541	74,622	0	0
TS B4	100%	61,512	61,512	74,622	0	0
TS E4	100%	58,582	58,582	74,622	0	0
TS B3	100%	63,79	63,79	74,622	0	0
TS E3	100%	60,752	60,752	74,622	0	0
TS B2	100%	63,064	63,064	74,622	0	0
TS E2	100%	60,743	60,743	74,622	0	0
TS B1	100%	77,541	77,541	74,622	0	0
TS E6	100%	53,687	53,687	74,622	0	0
TS B5	100%	61,512	61,512	74,622	0	0
TS E5	100%	58,582	58,582	74,622	0	0
HFO 1 <4,5% S, Er	10%	237,224	23,722	28,854	8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Er	10%	242,655	24,265	28,83	8,98	14,9
HFO 1 <4,5% S, Br	10%	237,224	23,722	28,854	-8,927	6,386
HFO 2 <4,5% S, Br	10%	242,655	24,265	28,83	-8,98	14,9
HFO <1,5% S, Er	10%	149,085	14,909	23,799	5,964	6,04
HFO <1,5% S, Br	10%	149,085	14,909	23,799	-5,964	6,04
HFO <0,1% S, Er	10%	87,421	8,742	18,923	5,866	5,36
HFO <0,1% S, Br	10%	87,421	8,742	18,923	-5,866	5,36
TSD HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	2,5
TSED HFO, Er	10%	28,122	2,812	28,83	2,99	3,5
TSED HFO, Br	10%	28,122	2,812	28,83	-2,99	3,5
TSD HFO, Br	10%	27,275	2,728	28,83	-2,9	2,5
REBOSES HFO	100%	18,256	18,256	31,227	-0,031	0
LODOS	100%	22,285	22,285	31,568	0,035	0
MDO Er	10%	32,607	3,261	24,168	9,424	4,325
MDO Br	10%	32,607	3,261	24,168	-9,424	4,325
TSD MDO Er	10%	14,536	1,454	23,849	9,91	6,055
TSD MDO Br	10%	14,536	1,454	23,849	-9,91	6,055
ACEITE MOTOR Er	10%	4,21	0,421	28,397	2,629	0,303
TSD ACM	10%	5,991	0,599	28,32	-0,5	1,001
TSD LUCO	10%	5,991	0,599	28,32	0,5	1,001
ACSU	100%	14,148	14,148	25,613	0	0

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

ACEITE MOTOR Br	10%	4,21	0,421	28,397	-2,629	0,303
AGUA DULCE Er	10%	29,04	2,904	7,9	3	18,6
AGUA DULCE Br	10%	29,04	2,904	7,9	-3	18,6
AGUA POTABLE	10%	79,2	7,92	3,8	0	18,6

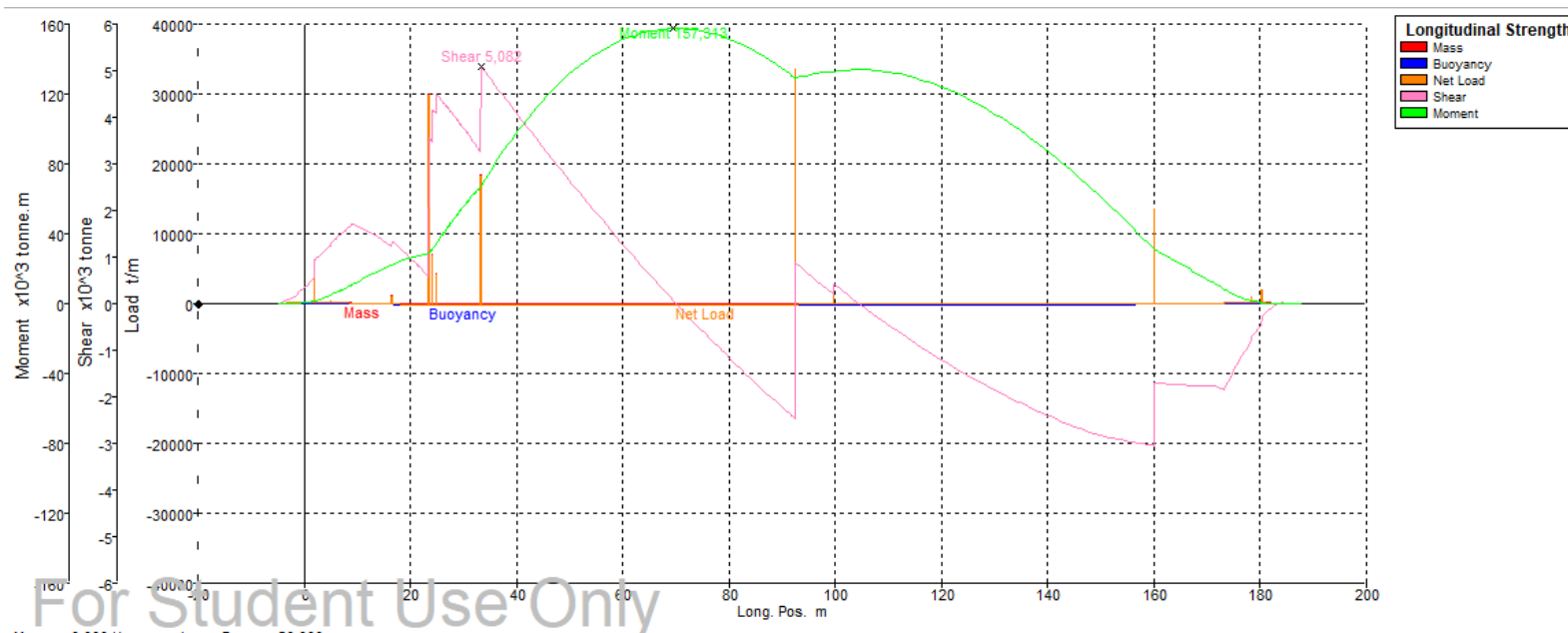
Tabla 71. Situación de carga.

- Resistencia longitudinal

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Carga (t)	Fuerza cortante	Momento (x10 <sup>3</sup> )
st 0	0	107,869	-0,539	107,331	0,337	0,662
st 1	9,238	0	-35,554	-35,554	1,683	11,184
st 2	18,476	2,781	-105,135	-102,355	1,149	24,44
st 3	27,714	23,087	-166,79	-143,703	4,109	46,53
st 4	36,952	56,62	-206,27	-149,65	4,541	84,739
st 5	46,19	75,36	-219,051	-143,691	3,184	120,378
st 6	55,428	78,69	-214,429	-135,739	1,89	143,754
st 7	64,666	78,367	-205,623	-127,256	0,672	155,494
st 8	73,904	78,45	-196,274	-117,824	-0,46	156,408
st 9	83,142	78,475	-186,783	-108,309	-1,505	147,279
st 10	92,38	33595,689	-177,144	33418,545	-0,785	128,984
st 11	101,618	78,482	-167,709	-89,227	0,251	133,477
st 12	110,856	78,482	-158,165	-79,683	-0,529	132,103
st 13	120,094	78,48	-148,592	-70,112	-1,221	123,942
st 14	129,332	78,452	-138,844	-60,391	-1,824	109,808
st 15	138,57	77,93	-128,482	-50,552	-2,337	90,524
st 16	147,808	75,882	-116,082	-40,199	-2,757	66,924
st 17	157,046	77,151	-96,724	-19,573	-2,998	40,251
st 18	166,284	60,253	-64,365	-4,112	-1,748	20,473
st 19	175,522	241,03	-31,13	209,9	-1,333	4,54
st 20	184,76	0	-7,824	-7,824	0,012	-0,013

Tabla 72. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 26. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-3,035	-3,838	-3,485	-1,923	0,011	1,945	3,505	3,853	3,046
Área bajo la curva GZ (m·deg)	161,3654	109,8227	54,9005	14,3382	0,3296	14,6677	55,5367	110,7223	162,4681
Desplazamiento (t)	25610	25610	25610	25610	25610	25610	25610	25610	25610
Calado en proa (m)	-5,265	-0,291	2,064	2,741	2,752	2,742	2,066	-0,29	-5,273

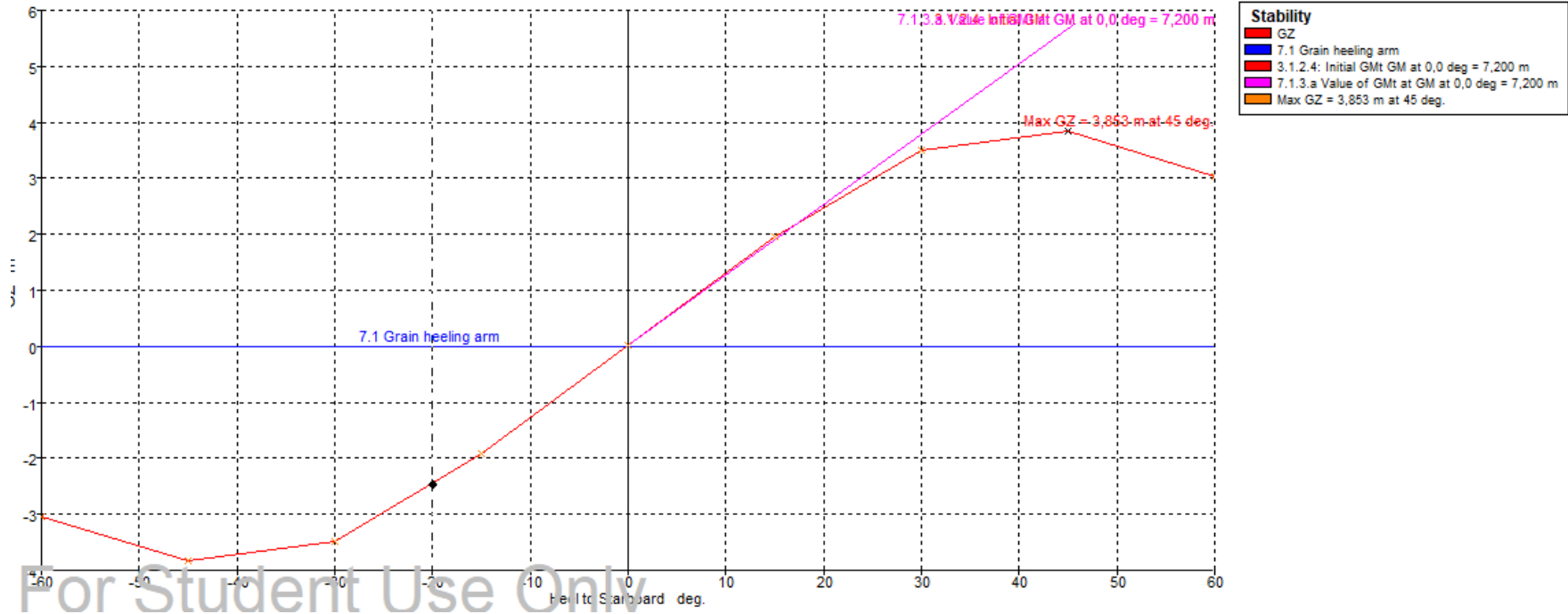


Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en popa (m)	4,474	6,963	8,319	8,757	8,879	8,756	8,318	6,963	4,481
Eslora de la flotación (m)	187,224	189,574	189,151	187,343	187,553	187,342	189,148	189,574	187,217
Manga en la flotación (m)	22,449	27,236	30,536	31,317	30,25	31,317	30,535	27,236	22,449
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	5785,768	5787,527	5918,562	6227,803	6229,54	6227,798	5918,649	5787,533	5785,664
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3324,622	3961,023	4531,972	4950,362	4894,89	4950,354	4532,042	3961,031	3324,462
Coefficiente prismático (Cp)	0,718	0,685	0,651	0,632	0,623	0,632	0,651	0,685	0,718
Coefficiente de bloque (Cb)	0,462	0,375	0,359	0,431	0,519	0,431	0,359	0,375	0,462
Centro de carena LCB (m)	84,327	84,326	84,339	84,347	84,343	84,35	84,344	84,327	84,314
Centro de la flotación LCF (m)	86,822	87,491	88,099	91,064	91,437	91,065	88,102	87,491	86,818
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0115	45,0221	30,0426	15,1053	1,8992	15,1053	30,0426	45,0221	60,0115
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	3,0174	2,2483	1,939	1,8649	1,8992	1,8646	1,9382	2,2482	3,0218

Tabla 73. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 27. Curva GZ.

- Criterios

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	55,5367	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	91,746	Pass

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	36,2092	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	3,853	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	45	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	7,2	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.1.a Angle of equilibrium	12	deg	-0,1	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.2 GZ area between limits type 1	4,2972	m.deg	91,7295	Pass
Ch 7. Stability Requirments	7.1.3.a Value of GMt at	0,3	m	7,2	Pass

Tabla 74. Criterios.

## Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

### 4.2.15 Observaciones

Tras realizar los diferentes ensayos para las diferentes situaciones de buque intacto se observa que, al llevar una carga con factor de estiba inferior al ideal, si se distribuye la carga uniformemente en las bodegas no se cumplirían los criterios, debido a la magnitud de las superficies libres. Se debería barajar otra distribución de la carga, intentando evitar estas al máximo.

Las situaciones de buque en lastre se han estudiado para la carga con factor de estiba más desfavorable.

### 4.3 Condición de avería

A continuación, se van a realizar los ensayos para diferentes condiciones de avería. Serán las siguientes:

1. Inundación en la Cámara de Máquinas.
2. Inundación en el pique de proa.
3. Inundación en el pique de popa.
4. Inundación en la bodega 3, así como en los tanques de lastre que le pertenecen.

Los ensayos se van a realizar para la situación de salida de puerto con las bodegas cargadas con el material de 1.278 m<sup>3</sup>/t de factor de estiba, por lo que la situación de carga será la equivalente al apartado 4.2.1 en todos los casos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.3.1 Avería en Cámara de Máquinas

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	12,494	Centro de carena (LCB)	90,355
Desplazamiento (t)	55506	Centro de flotación (LCF)	95,607
Ángulo de escora	0	KB (m)	6,526
Calado en la perpendicular de popa (m)	8,248	KG (m)	10,037
Calado en la perpendicular de proa (m)	16,74	BMt (m)	6,165
Calado en el centro de flotación (m)	12,346	BML (m)	190,106
Trimado (+ para popa) (m)	8,491	GMt corregido (m)	2,65
Eslora de la flotación (m)	189,352	GML (m)	186,592
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,684
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8817,414	KML (m)	196,432
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	4667,896	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	47,846
Coficiente prismático (Cp)	0,66	MTc (t·m)	560,567
Coficiente de bloque (Cb)	0,584	Radio metacéntrico (t·m)	2567,452
Coficiente de la maestra (Cm)	0,982	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	2,6314
Coficiente de la flotación (Cf)	0,815	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	2,6314

Tabla 75. Datos de equilibrio.

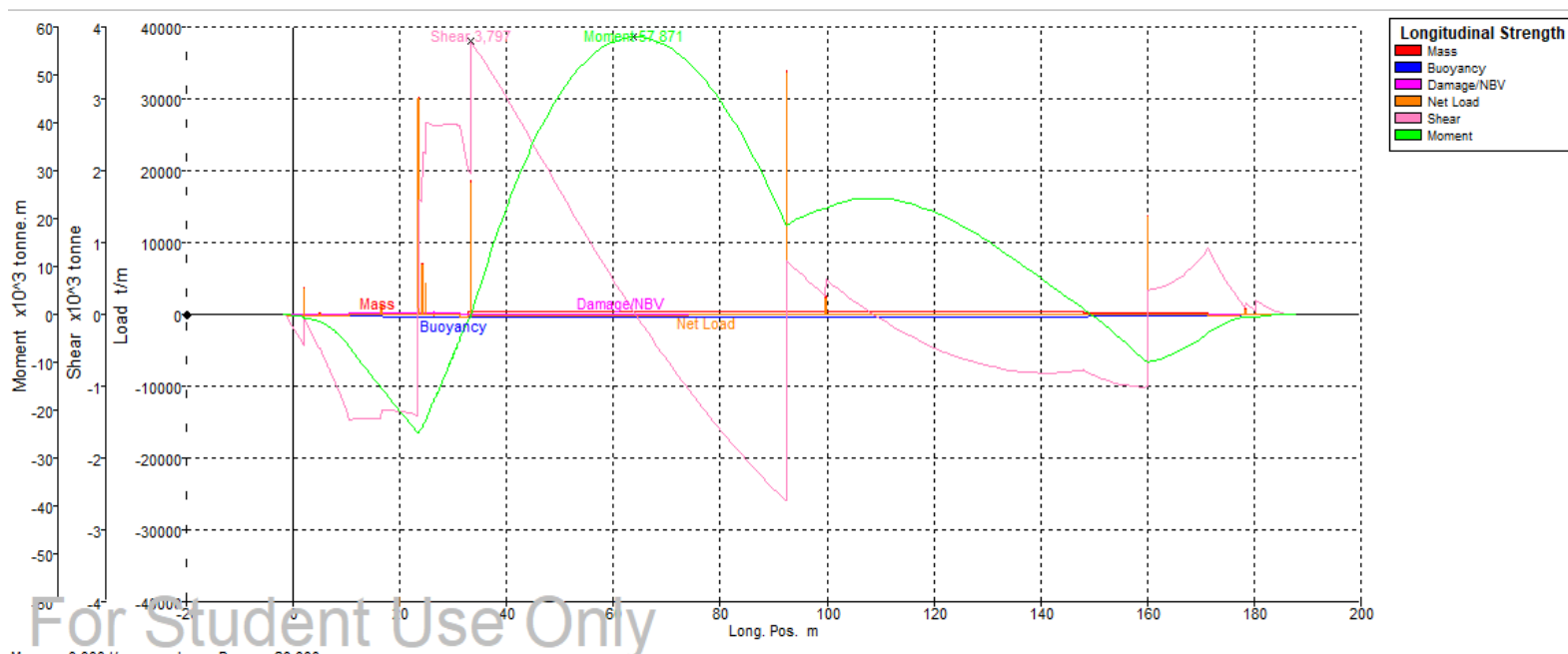
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Daño (t/m)	Carga (t)	Fuerza cortante ( $\times 10^3$ t)	Momento ( $\times 10^3$ tm)
st 0	0	0	-130,778	0	-130,778	-0,175	-0,14
st 1	9,238	0	-208,692	0	-208,692	-1,192	-5,068
st 2	18,476	34,42	-305,15	264,421	-6,308	-1,339	-18,067
st 3	27,714	220,722	-382,839	166,883	4,766	2,636	-14,546
st 4	36,952	311,773	-430,07	0	-118,296	3,39	12,564
st 5	46,19	312,394	-443,836	0	-131,443	2,216	38,548
st 6	55,428	312,394	-436,206	0	-123,813	1,028	53,469
st 7	64,666	312,394	-423,737	0	-111,344	-0,058	57,831
st 8	73,904	312,394	-410,726	0	-98,333	-1,027	52,725
st 9	83,142	312,394	-397,577	0	-85,183	-1,875	39,237
st 10	92,38	33829,603	-384,294	0	33445,308	-0,925	18,56
st 11	101,618	312,394	-371,185	0	-58,791	0,375	22,956
st 12	110,856	312,394	-357,981	0	-45,588	-0,107	24,089
st 13	120,094	312,394	-344,733	0	-32,34	-0,467	21,341
st 14	129,332	312,394	-331,214	0	-18,821	-0,703	15,84
st 15	138,57	312,394	-316,728	0	-4,334	-0,812	8,738
st 16	147,808	312,394	-298,934	0	13,46	-0,774	1,285
st 17	157,046	260,217	-268,962	0	-8,745	-1,004	-7,119
st 18	166,284	260,217	-206,386	0	53,831	0,524	-7,507
st 19	175,522	0	-111,296	0	-111,296	0,374	-1,389
st 20	184,76	0	-19,53	0	-19,53	0,028	-0,032

Tabla 76. resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 28. resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	0,075	-0,464	-0,779	-0,641	0	0,641	0,779	0,465	-0,075
Área bajo la curva GZ (m·deg)	27,7162	24,7934	15,4648	4,8095	-0,0001	4,8094	15,4629	24,7926	27,7157
Desplazamiento (t)	55509	55509	55509	55509	55511	55509	55509	55509	55509
Calado en proa (m)	8,405	8,1	7,879	8,169	8,25	8,167	7,874	8,11	8,388

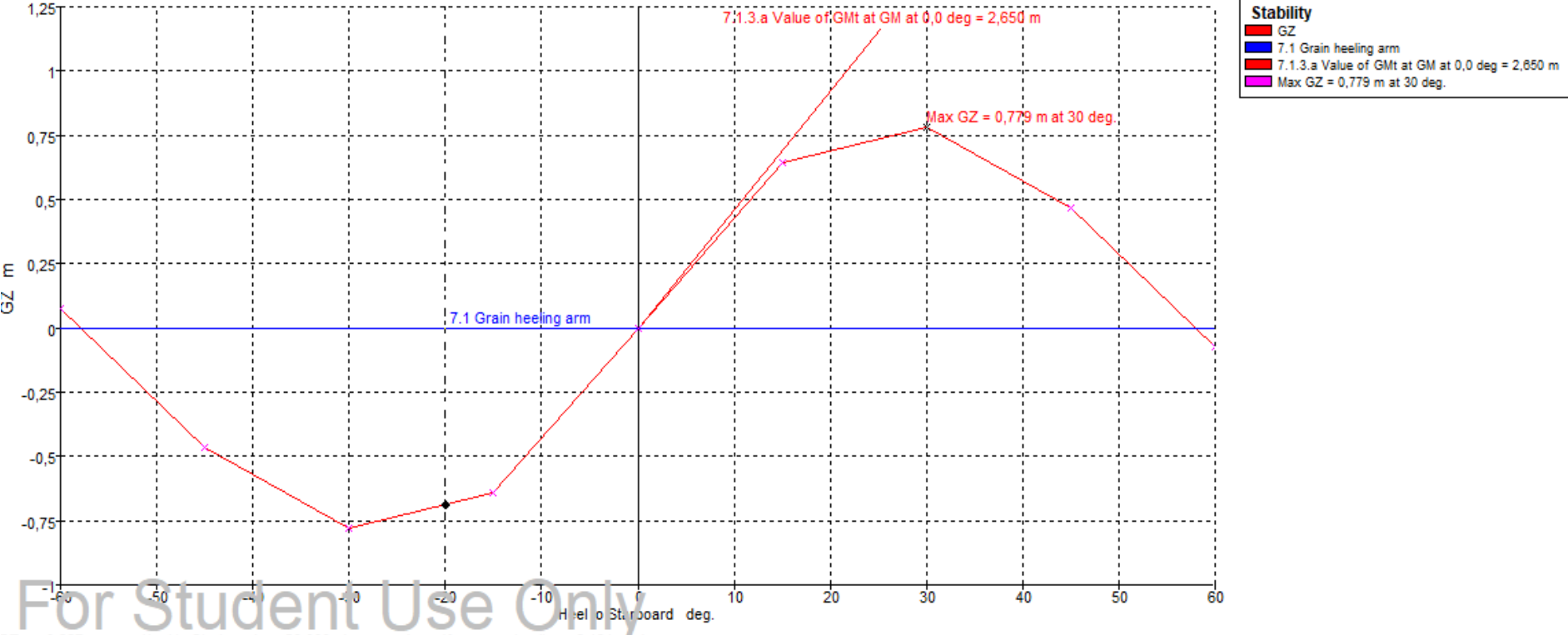
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en popa (m)	33,345	23,852	19,216	16,993	16,74	16,997	19,223	23,839	33,368
Eslora de la flotación (m)	190,141	189,631	189,524	189,487	189,352	189,487	189,524	189,631	190,149
Manga en la flotación (m)	22,967	25,908	28,888	31,317	30,25	31,317	28,892	25,902	22,971
Superficie mojada (m2)	10473,697	10317,196	9967,797	9184,319	8817,795	9184,933	9968,276	10316,49	10474,29
Área de la flotación (m2)	2908,809	3222,428	3631,352	4374,489	4667,908	4373,857	3631,076	3222,981	2908,441
Coeficiente prismático (Cp)	0,621	0,642	0,665	0,672	0,661	0,672	0,665	0,642	0,621
Coeficiente de bloque (Cb)	0,492	0,475	0,488	0,533	0,584	0,533	0,488	0,476	0,491
Centro de carena LCB (m)	90,253	90,265	90,319	90,356	90,356	90,351	90,311	90,276	90,241
Centro de la flotación LCF (m)	105,563	105,955	105,862	99,942	95,607	99,951	105,872	105,943	105,576
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0751	45,1037	30,1395	15,2255	2,6312	15,2258	30,1398	45,1034	60,0753
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	7,6878	4,8731	3,5113	2,7343	2,6312	2,7362	3,515	4,866	7,6997

Tabla 77. Estabilidad a grandes ángulos.



Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 29. Curva GZ.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.3.2 Avería en pique de proa

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	11,962	Centro de carena (LCB)	90,479
Desplazamiento (t)	55508	Centro de flotación (LCF)	87,166
Ángulo de escora	0	KB (m)	6,282
Calado en la perpendicular de popa (m)	11,13	KG (m)	10,037
Calado en la perpendicular de proa (m)	12,794	BMt (m)	6,454
Calado en el centro de flotación (m)	12,009	BML (m)	211,562
Trimado (+ para popa) (m)	1,664	GMt corregido (m)	2,7
Eslora de la flotación (m)	189,289	GML (m)	207,808
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,736
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8600,927	KML (m)	217,836
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	4965,888	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	50,9
Coefficiente prismático (Cp)	0,778	MTc (t·m)	624,327
Coefficiente de bloque (Cb)	0,745	Radio metacéntrico (t·m)	2615,247
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,987	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	0,5159
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,867	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	0,5159

Tabla 78. Datos de equilibrio.

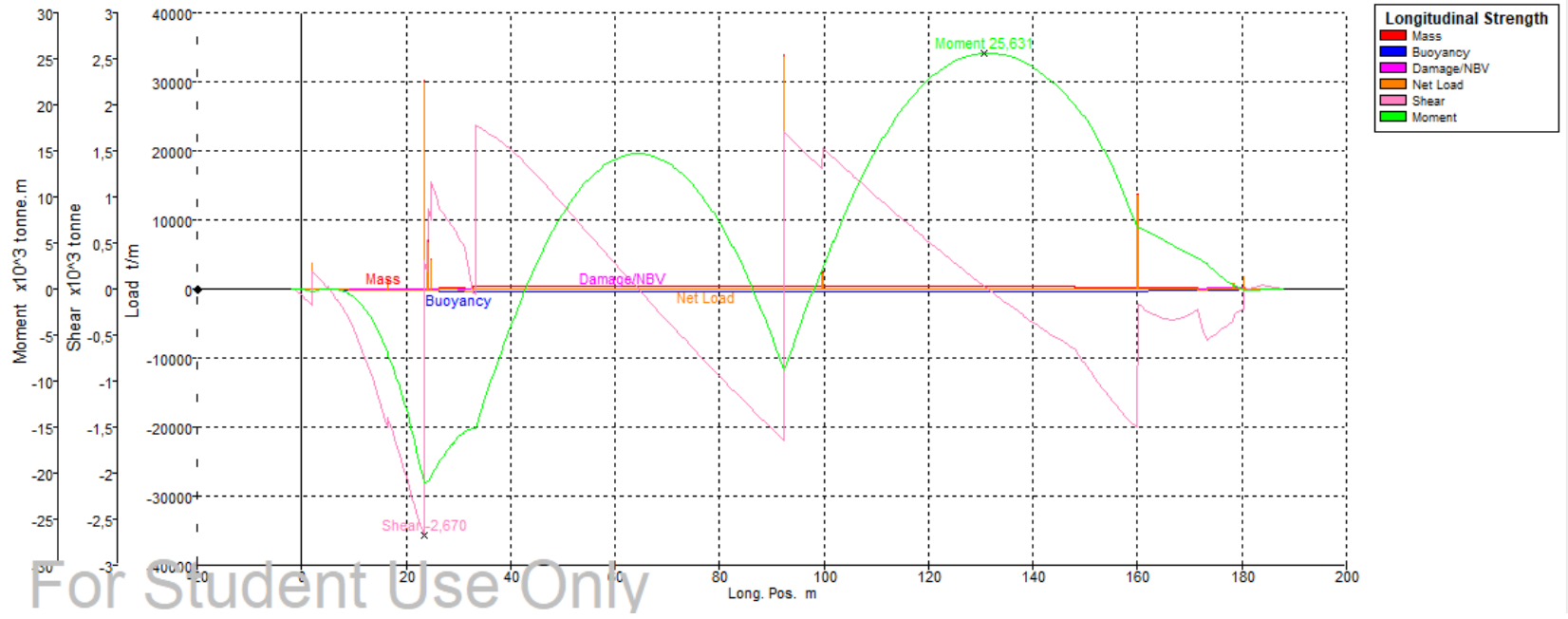
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Daño (t/m)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-56,52	0	-56,52	-0,066	-0,045
st 1	9,238	0	-124,083	0	-124,083	-0,34	-0,606
st 2	18,476	34,42	-218,761	0	-184,34	-1,746	-10,123
st 3	27,714	220,722	-299,409	0	-78,687	0,769	-17,684
st 4	36,952	311,773	-352,43	0	-40,656	1,652	-8,919
st 5	46,19	312,394	-374,463	0	-62,069	1,159	4,221
st 6	55,428	312,394	-376,787	0	-64,394	0,567	12,203
st 7	64,666	312,394	-374,894	0	-62,5	-0,02	14,699
st 8	73,904	312,394	-372,497	0	-60,104	-0,586	11,882
st 9	83,142	312,394	-369,968	0	-57,575	-1,13	3,944
st 10	92,38	33829,603	-367,4	0	33462,203	0,027	-8,809
st 11	101,618	312,394	-364,822	0	-52,429	1,434	4,949
st 12	110,856	312,394	-362,242	0	-49,848	0,962	15,982
st 13	120,094	312,394	-359,613	0	-47,219	0,513	22,77
st 14	129,332	312,394	-356,69	0	-44,296	0,09	25,537
st 15	138,57	312,394	-352,702	0	-40,308	-0,302	24,535
st 16	147,808	312,394	-345,041	0	-32,648	-0,644	20,123
st 17	157,046	260,217	-323,436	0	-63,219	-1,34	10,817
st 18	166,284	260,217	-262,319	0	-2,102	-0,33	4,936
st 19	175,522	0	-150,685	191,938	41,253	-0,465	1,554
st 20	184,76	0	-19,413	0	-19,413	0,028	-0,033

Tabla 79. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 30. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

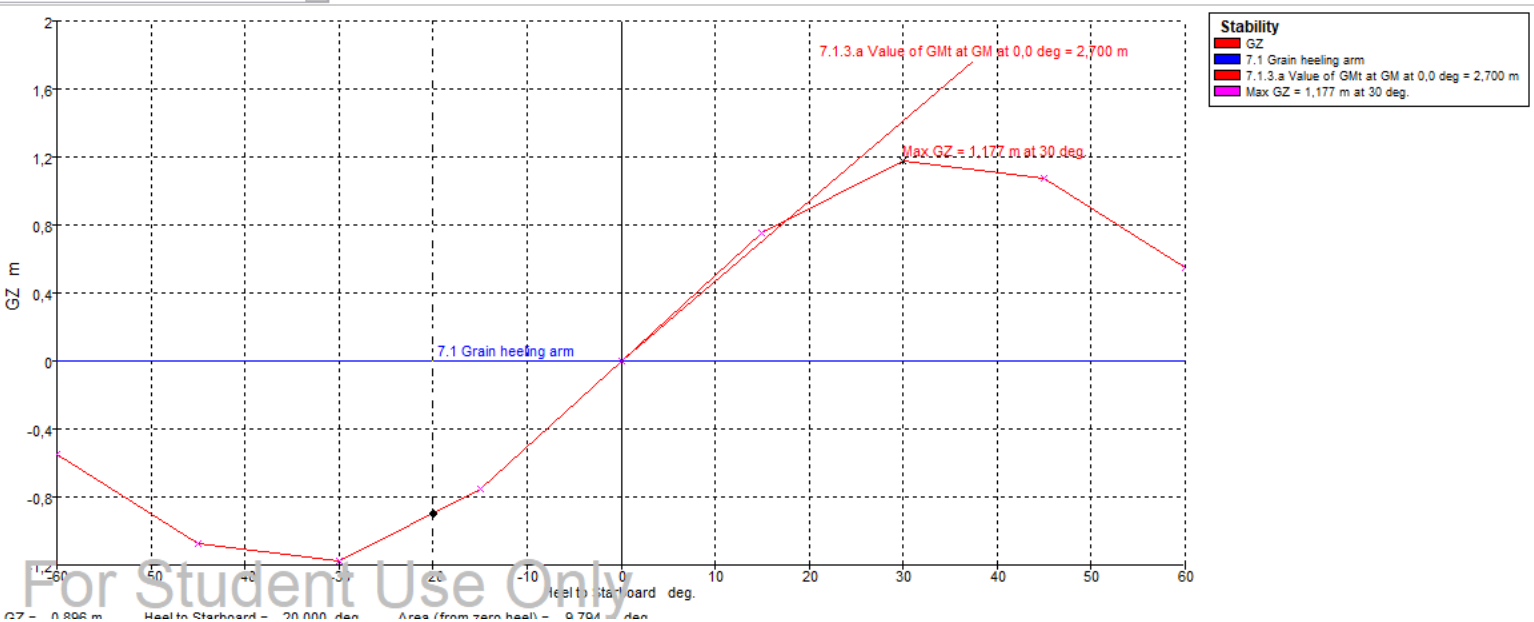
Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-0,546	-1,072	-1,177	-0,755	0	0,755	1,177	1,072	0,545
Área bajo la curva GZ (m-deg)	49,1672	37,0332	20,161	5,6654	-0,0025	5,6629	20,1555	37,0245	49,1546
Desplazamiento (t)	55505	55508	55504	55509	55509	55509	55508	55508	55509
Calado en proa (m)	18,367	14,131	11,887	11,144	11,132	11,144	11,883	14,133	18,372

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en popa (m)	17,209	14,259	12,998	12,749	12,792	12,749	13,004	14,257	17,209
Eslora de la flotación (m)	190,497	190,012	189,672	189,407	189,289	189,407	189,672	190,012	190,498
Manga en la flotación (m)	21,32	23,928	29,009	31,317	30,25	31,317	29,002	23,929	21,32
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9869,133	9743,572	9362,927	8626,742	8600,982	8626,764	9363,419	9743,107	9869,57
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3221,655	3778,73	4316,807	5108,879	4965,876	5108,865	4316,505	3778,729	3221,622
Coefficiente prismático (C <sub>p</sub> )	0,817	0,832	0,804	0,779	0,778	0,779	0,803	0,832	0,817
Coefficiente de bloque (C <sub>b</sub> )	0,631	0,607	0,564	0,609	0,745	0,609	0,564	0,607	0,631
Centro de carena LCB (m)	90,529	90,513	90,504	90,485	90,483	90,484	90,495	90,515	90,531
Centro de la flotación LCF (m)	89,653	89,414	86,904	87,671	87,167	87,671	86,908	89,413	89,652
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0002	45	30,0013	15,0075	0,5149	15,0075	30,0014	45	60,0002
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	-0,3593	0,0397	0,3446	0,4977	0,5149	0,4978	0,3475	0,0385	-0,3607

Tabla 80. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 31. Curva GZ.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.3.3 Avería en el pique de popa

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	11,742	Centro de carena (LCB)	90,433
Desplazamiento (t)	55507	Centro de flotación (LCF)	93,16
Ángulo de escora	0	KB (m)	6,166
Calado en la perpendicular de popa (m)	9,591	KG (m)	10,037
Calado en la perpendicular de proa (m)	13,893	BMt (m)	6,418
Calado en el centro de flotación (m)	11,724	BML (m)	200,757
Trimado (+ para popa) (m)	4,302	GMt corregido (m)	2,547
Eslora de la flotación (m)	189,204	GML (m)	196,885
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,583
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8524,863	KML (m)	206,868
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	4889,965	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	50,122
Coefficiente prismático (Cp)	0,755	MTc (t·m)	591,496
Coefficiente de bloque (Cb)	0,695	Radio metacéntrico (t·m)	2467,275
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,983	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	1,3337
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,854	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,3337

Tabla 81. Datos de equilibrio.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

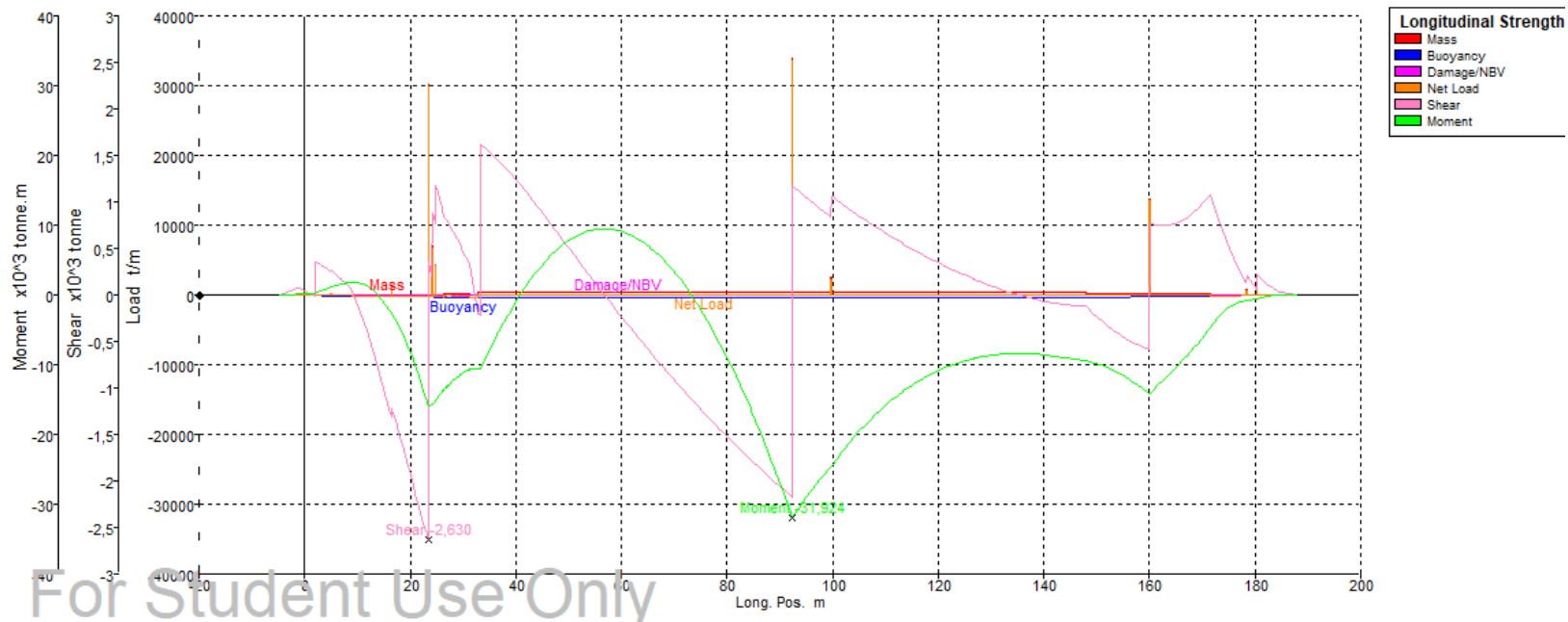
- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Daño (t/m)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-76,643	44,429	-32,214	0,043	0,198
st 1	9,238	0	-146,418	0	-146,418	0,011	1,779
st 2	18,476	34,42	-240,628	0	-206,207	-1,6	-5,453
st 3	27,714	220,722	-319,328	0	-98,605	0,72	-12,584
st 4	36,952	311,773	-369,558	0	-57,784	1,432	-5,082
st 5	46,19	312,394	-388,103	0	-75,71	0,796	5,34
st 6	55,428	312,394	-386,513	0	-74,12	0,096	9,441
st 7	64,666	312,394	-380,532	0	-68,139	-0,561	7,227
st 8	73,904	312,394	-374,037	0	-61,643	-1,161	-0,778
st 9	83,142	312,394	-367,406	0	-55,013	-1,7	-14,037
st 10	92,38	33829,603	-360,737	0	33468,866	-0,501	-31,899
st 11	101,618	312,394	-354,057	0	-41,663	0,987	-22,676
st 12	110,856	312,394	-347,374	0	-34,981	0,633	-15,254
st 13	120,094	312,394	-340,645	0	-28,252	0,341	-10,81
st 14	129,332	312,394	-333,637	0	-21,244	0,112	-8,772
st 15	138,57	312,394	-325,622	0	-13,228	-0,049	-8,537
st 16	147,808	312,394	-314,148	0	-1,754	-0,123	-9,41
st 17	157,046	260,217	-289,704	0	-29,487	-0,519	-12,533
st 18	166,284	260,217	-229,571	0	30,646	0,802	-9,383
st 19	175,522	0	-128,54	0	-128,54	0,457	-1,646
st 20	184,76	0	-19,458	0	-19,458	0,028	-0,031

Tabla 82. Resistencia longitudinal.



Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 32. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

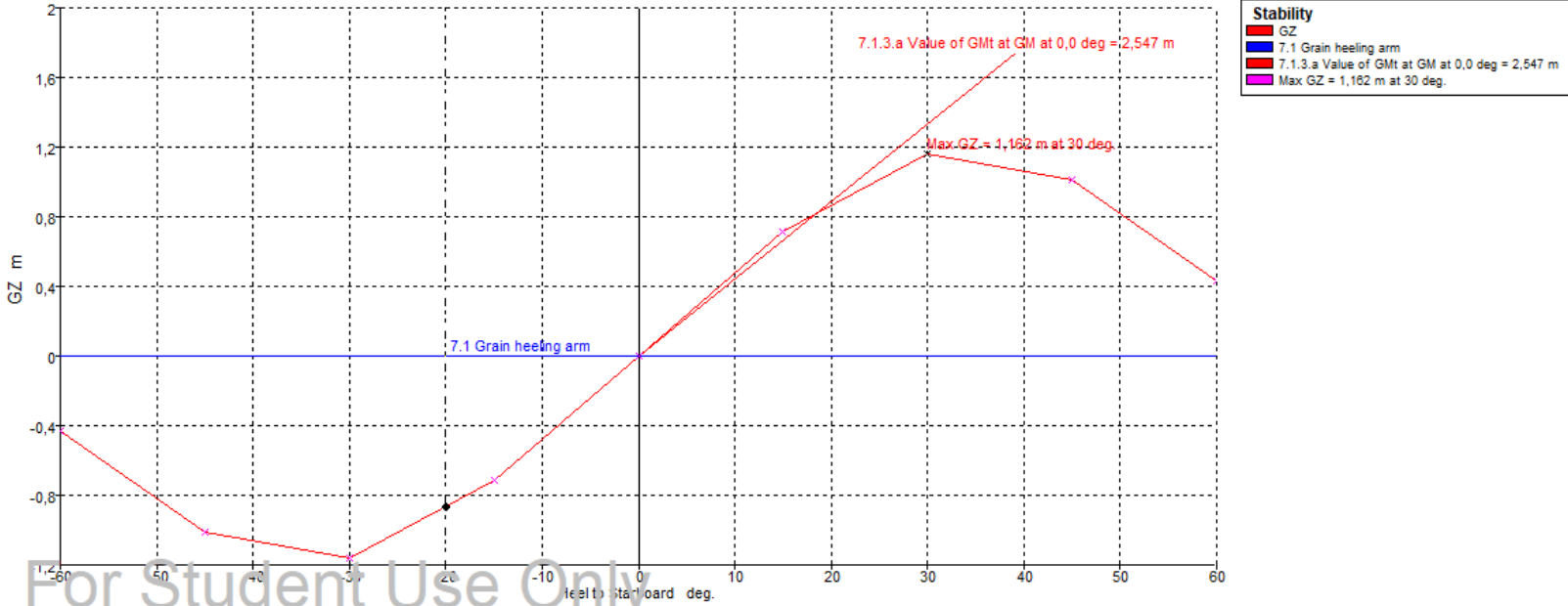
Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-0,434	-1,009	-1,163	-0,711	0	0,711	1,162	1,009	0,434
Área bajo la curva GZ (m·deg)	46,4966	35,6735	19,3864	5,3334	-0,0026	5,3308	19,3794	35,6652	46,4889
Desplazamiento (t)	55508	55508	55507	55507	55505	55509	55511	55504	55509

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	13,014	11,008	9,822	9,58	9,589	9,58	9,825	11	12,999
Calado en popa (m)	21,959	16,897	14,579	13,886	13,895	13,888	14,578	16,901	21,976
Eslora de la flotación (m)	189,937	189,701	189,552	189,33	189,204	189,33	189,552	189,7	189,935
Manga en la flotación (m)	21,479	23,922	27,828	31,317	30,25	31,317	27,825	23,928	21,485
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9781,341	9651,85	9261,6	8591,255	8524,753	8591,497	9262,071	9651,295	9781,414
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	3219,361	3754,267	4320,46	4981,472	4889,9	4981,358	4320,186	3754,287	3219,322
Coefficiente prismático (Cp)	0,752	0,773	0,779	0,756	0,755	0,756	0,779	0,773	0,752
Coefficiente de bloque (Cb)	0,611	0,591	0,576	0,597	0,695	0,597	0,576	0,591	0,611
Centro de carena LCB (m)	90,42	90,427	90,421	90,428	90,427	90,427	90,425	90,419	90,407
Centro de la flotación LCF (m)	96,573	96,107	94,977	93,909	93,16	93,91	94,975	96,11	96,579
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0097	45,0145	30,0246	15,0541	1,3352	15,0541	30,0246	45,0146	60,0098
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	2,772	1,8257	1,4747	1,3351	1,3352	1,3356	1,4737	1,8292	2,7817

Tabla 83. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 33. Curva GZ.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

4.3.4 Avería en bodega 3

- **Equilibrio**

<b>CARÁCTERÍSTICAS DE EQUILIBRO</b>			
Calado medio (m)	11,772	Centro de carena (LCB)	87,09
Desplazamiento (t)	48158	Centro de flotación (LCF)	85,681
Ángulo de escora	0	KB (m)	6,27
Calado en la perpendicular de popa (m)	10,092	KG (m)	10,18
Calado en la perpendicular de proa (m)	13,451	BMt (m)	6,372
Calado en el centro de flotación (m)	11,893	BML (m)	257,32
Trimado (+ para popa) (m)	3,36	GMt corregido (m)	2,46
Eslora de la flotación (m)	189,221	GML (m)	253,409
Manga de la flotación (m)	30,25	KMt (m)	12,64
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	8533,459	KML (m)	263,547
Área de flotación (m <sup>2</sup> )	4398,013	Toneladas por cm de inmersión (TCI) (t/ cm)	45,08
Coefficiente prismático (Cp)	0,665	MTc (t·m)	660,51
Coefficiente de bloque (Cb)	0,62	Radio metacéntrico (t·m)	2067,87
Coefficiente de la maestra (Cm)	0,985	Máxima inclinación de la cubierta (deg)	1,0418
Coefficiente de la flotación (Cf)	0,768	Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,0418

Tabla 84. Datos equilibrio.

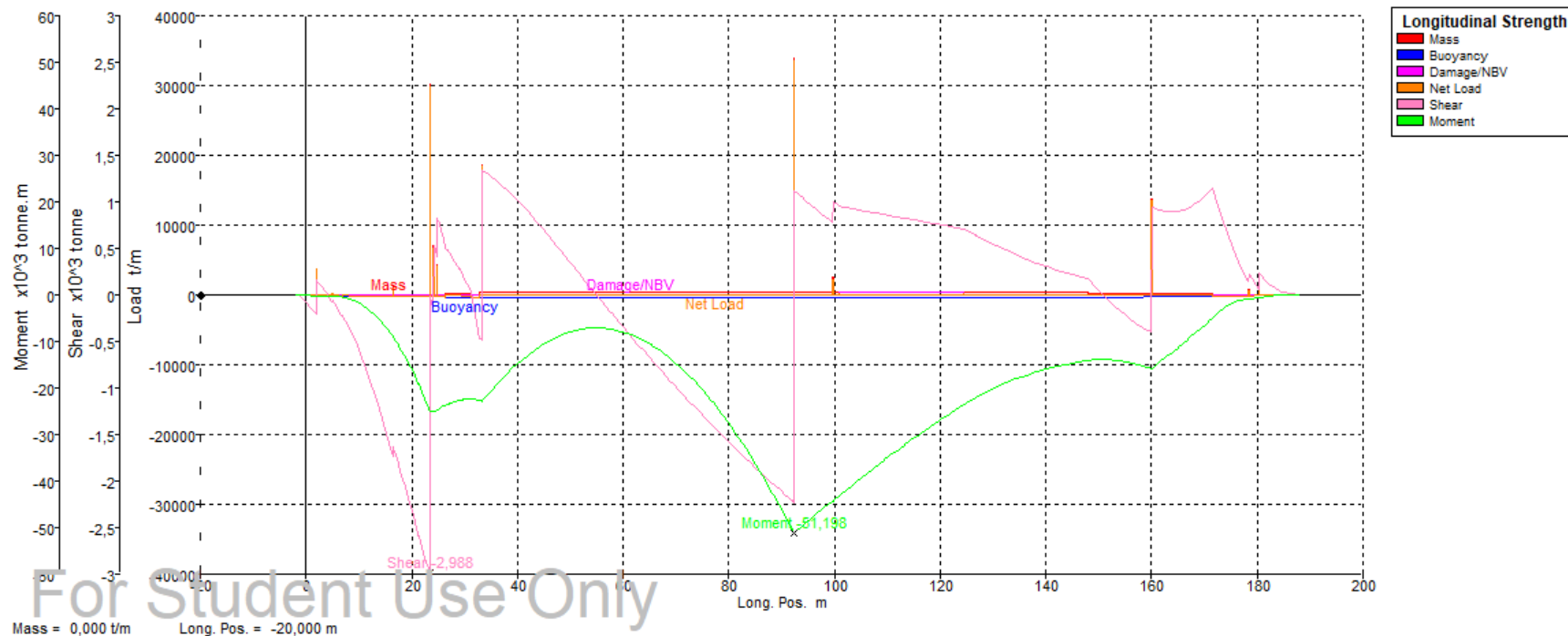
Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

- **Resistencia longitudinal**

Sección	Posición longitudinal (m)	Peso (t)	Empuje (t)	Daño (t/m)	Carga (t)	Fuerza cortante (x10 <sup>3</sup> t)	Momento (x10 <sup>3</sup> tm)
st 0	0	0	-68,583	0	-68,583	-0,082	-0,057
st 1	9,238	0	-137,373	0	-137,373	-0,474	-1,307
st 2	18,476	34,42	-231,602	0	-197,181	-2,002	-12,635
st 3	27,714	220,722	-310,885	0	-90,163	0,4	-23,097
st 4	36,952	311,773	-362,03	0	-50,257	1,185	-18,209
st 5	46,19	312,394	-381,773	0	-69,379	0,614	-9,76
st 6	55,428	312,394	-381,557	0	-69,163	-0,034	-7,092
st 7	64,666	312,394	-377,017	0	-64,624	-0,652	-10,317
st 8	73,904	312,394	-371,968	0	-59,574	-1,226	-19,034
st 9	83,142	312,394	-366,784	0	-54,39	-1,753	-32,828
st 10	92,38	33829,603	-361,561	0	33468,042	-0,555	-51,17
st 11	101,618	0	-356,328	345,987	-10,341	0,944	-42,488
st 12	110,856	0	-351,093	340,773	-10,32	0,849	-34,211
st 13	120,094	0	-345,81	335,557	-10,253	0,754	-26,814
st 14	129,332	312,394	-340,244	0	-27,85	0,565	-20,537
st 15	138,57	312,394	-333,652	0	-21,258	0,336	-16,42
st 16	147,808	312,394	-323,535	0	-11,142	0,182	-14,094
st 17	157,046	260,217	-300,137	0	-39,92	-0,307	-14,82
st 18	166,284	260,217	-239,827	0	20,39	0,918	-10,154
st 19	175,522	0	-135,517	0	-135,517	0,49	-1,752
st 20	184,76	0	-19,441	0	-19,441	0,028	-0,032

Tabla 85. Resistencia longitudinal.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 34. Resistencia longitudinal.

- Estabilidad a grandes ángulos

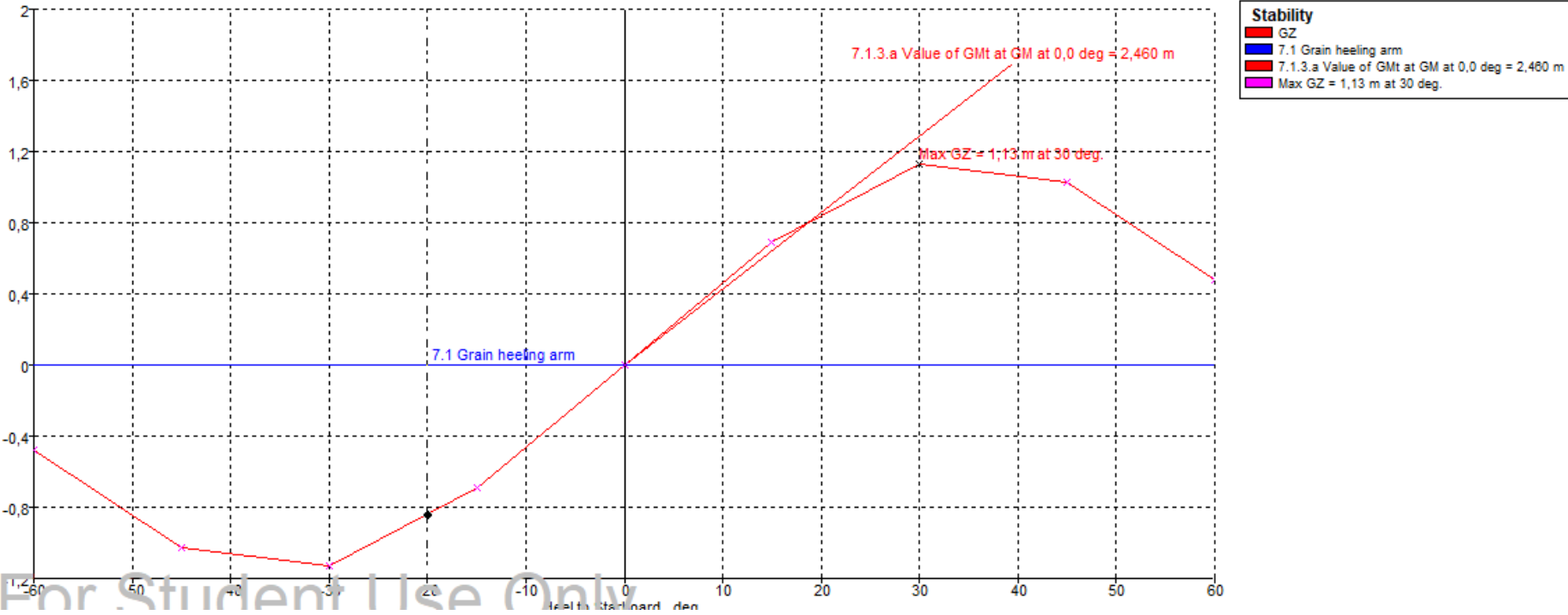
Ángulo de escora	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60
GZ (m)	-0,478	-1,027	-1,129	-0,689	0	0,69	1,13	1,028	0,479
Área bajo la curva GZ (m·deg)	46,2755	34,9853	18,811	5,1712	0,0023	5,1734	18,8236	35,0119	46,3164
Desplazamiento (t)	48162	48161	48160	48161	48161	48161	48161	48161	48161

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.

Calado en proa (m)	14,644	11,999	10,481	10,085	10,086	10,084	10,48	11,996	14,636
Calado en popa (m)	19,238	15,502	13,836	13,427	13,458	13,427	13,836	15,503	19,24
Eslora de la flotación (m)	190,082	189,784	189,577	189,345	189,221	189,345	189,577	189,784	190,081
Manga en la flotación (m)	21,083	23,452	28,291	31,317	30,25	31,317	28,292	23,452	21,083
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	9676,327	9590,843	9232,189	8577,923	8533,621	8577,638	9231,872	9590,353	9675,649
Área de la flotación (m <sup>2</sup> )	2887,821	3370,559	3889,399	4491,786	4398,047	4493,039	3889,554	3370,608	2887,878
Coefficiente prismático (Cp)	0,689	0,7	0,69	0,666	0,665	0,666	0,69	0,7	0,689
Coefficiente de bloque (Cb)	0,559	0,535	0,499	0,524	0,62	0,524	0,499	0,535	0,559
Centro de carena LCB (m)	87,09	87,087	87,077	87,075	87,073	87,075	87,078	87,085	87,087
Centro de la flotación LCF (m)	90,072	89,378	87,15	86,295	85,679	86,302	87,151	89,379	90,074
Máxima inclinación en cubierta (deg)	60,0026	45,0051	30,0123	15,0326	1,0455	15,0326	30,0123	45,0052	60,0026
Ángulo de trimado (+ por popa) (deg)	1,4246	1,0861	1,0404	1,0363	1,0455	1,0365	1,0406	1,0873	1,4274

Tabla 86. Estabilidad a grandes ángulos.

Capítulo 7. Condiciones de carga y resistencia longitudinal.



Gráfica 35. Curva GZ.



## 5. Referencias

[1] LEGAZ ALMANSA, M. J. (2020-2021). Apuntes “Proyectos”. Universidad Politécnica de Cartagena.

[2] ALVARIÑO CASTRO, R., AZPÍROZ AZÍROZ, J., & MEIZOSO FERNÁNDEZ, M. (1997). *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales.

[3] PEDREÑO GAITÁN. S. (2022) .*Anteproyecto de buque granelero de 45000 TPM*. Universidad Politécnica de Cartagena.