



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2019/20**

---

*BULKARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA**

Marta González García

**TUTOR**

Vicente Díaz Casás

**FECHA**

DICIEMBRE 2019

# TÍTULO Y RESUMEN

## 1.1 Título y Resumen

En este trabajo, se va a desarrollar el anteproyecto de un buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeramente vamos a realizar un dimensionamiento preliminar, así como una predicción de potencia. Cabe destacar que la elección de las dimensiones del buque se ha hecho teniendo en cuenta varias combinaciones posibles, tomando como cifra de mérito el coste del buque.

Posteriormente, se procederá a un cálculo más detallado de los pesos del buque, así como a una definición de las formas del casco.

También detallaremos el compartimentado del buque, el cálculo de estabilidad en las diferentes situaciones de carga, una predicción de potencia más detallada, así como el diseño del timón y el cálculo del servomotor.

Llevaremos a cabo el cálculo estructural básico del buque, según el Bureau Veritas.

Con los datos obtenidos a lo largo del proyecto, elaboraremos los planos de disposición general del buque.

También se hará el cálculo del balance eléctrico del buque en las diferentes situaciones de demanda eléctrica.

Por último, haremos el cálculo del coste del buque, detallando cada partida.

## 1.2 Título e Resumo

Neste traballo, váise desenrolar o anteproxeito dun buque bulkcarrier portacontenedores de 40 000 t. Primeiramente imos face-lo dimensionamento preliminar, así coma unha predición de potencia. É preciso destacar que a elección das dimensións do buque fíxose tendo en conta varias combinacións posibles, tomando como cifra de mérito o coste do buque.

Posteriormente, procederáse a un cálculo máis detallado dos pesos do buque, así coma a unha definición das formas do casco.

Tamén detallaremos o compartimentado do buque, o cálculo da estabilidade nas diferentes situacións de carga, unha predición de potencia máis detallada, así coma o deseño do timón e o cálculo do servomotor.

Levaremos a cabo o cálculo estrutural básico do buque, según o Bureau Veritas.

Cos datos obtidos ó longo do proxecto, elaboraremos os planos de disposición xeral do buque.

Tamén se fará o cálculo do balance eléctrico do buque nas diferentes situacións de demanda eléctrica.

Por último, faremos o cálculo do coste do buque, detallando cada partida.

### **1.3 Tittle and Abstract**

In this project will be developed the pre-project of a containership bulkcarrier of 40 000 tn. In the first place, it makes a preliminary sizing and power prediction. Its necessary to be noticed that the dimensions were choosen by making several posible combinations taking the minimun building cost as the criteria to minimize.

After that, it makes a more detailed calculation of the ship weights as well as a definition of the hull shapes.

It is also detailed the behaviour of the ship, the stability calculation in all the diferent cargo situations, a more detailed power prediction as well as the rudder design and the servo calculation.

In addition to that, it develops a basic stuctural calculation of the ship according to the Bureau Veritas.

With all the obtained data in the project, it will obtain the drawing of the ship general arrangement.

It also elaborates the electric balance for all the diferent situations of electric demanding.

Finally, it makes the calculation of the cost of the ship, detailing each item.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escuela Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2019/20**

---

*BULKCARRIER PORTACONTENEDORES  
40 000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 3**

**DISEÑO DE FORMAS**

**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

CURSO 2 019-2 020

**PROYECTO NÚMERO: 18-14**

**TIPO DE BUQUE:** *Bulkcarrier y Portacontenedores*

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** *Bureau Veritas, MARPOL, SOLAS.*

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** *40 000 TPM. Grano, mineral, carbón. 2 Pilas de contenedores / madera sobre las tapas de escotillas. Madera.*

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** *15 nudos en condiciones de servicio al 85% MCR y 15% de margen de mar. 12 000 millas a la velocidad de servicio.*

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** *Escotillas de accionamiento hidráulico. Con grúas carga-descarga.*

**PROPULSIÓN:** *Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo. LNG para operaciones en puerto.*

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** *20 personas.*

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** *Los habituales en este tipo de buques.*

Ferrol, 11 de marzo de 2019

ALUMNA: **D<sup>a</sup> Marta González García**

## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. CONTENIDO A DESARROLLAR EN EL PRESENTE CUADERNO .....	2
1.2. PRESENTACIÓN.....	2
<b>2. CÁLCULO DE COEFICIENTES .....</b>	<b>4</b>
2.1. COEFICIENTES TEÓRICOS .....	4
2.1.1. <i>Coeficiente de bloque</i> .....	4
2.1.2. <i>Coeficiente de la maestra o de la sección media</i> .....	4
2.1.3. <i>Coeficiente prismático</i> .....	5
2.1.4. <i>Coeficiente de la flotación</i> .....	5
2.1.5. <i>Posición longitudinal del centro de carena</i> .....	5
2.1.6. <i>Longitud del cuerpo cilíndrico</i> .....	5
2.1.7. <i>Semiángulo de entrada de la flotación</i> .....	6
2.1.8. <i>Coeficientes finales teóricos</i> .....	6
2.2. COEFICIENTES REALES .....	6
2.2.1. <i>Número de Froude</i> .....	6
2.2.2. <i>Coeficiente de bloque</i> .....	6
2.2.3. <i>Coeficiente de la sección media</i> .....	6
2.2.4. <i>Coeficiente prismático</i> .....	6
2.2.5. <i>Coeficiente de flotación</i> .....	7
2.2.6. <i>Posición longitudinal del centro de carena</i> .....	7
2.2.7. <i>Longitud del cuerpo cilíndrico</i> .....	7
2.2.8. <i>Semiángulo de entrada de la flotación</i> .....	7
2.2.9. <i>Coeficientes finales reales</i> .....	7
<b>3. CONTORNOS DE PROA Y POPA .....</b>	<b>8</b>
3.1. CONTORNO DE PROA .....	8
3.1.1. <i>Conveniencia del bulbo</i> .....	8
3.1.2. <i>Determinación de los parámetros principales</i> .....	8
3.2. CONTORNO DE POPA .....	9
3.2.1. <i>Diámetro propulsor</i> .....	9
3.2.2. <i>Definición clara codaste</i> .....	9
<b>4. PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS.....</b>	<b>13</b>
4.1. SERIES SISTEMÁTICAS B.S.R.A. ....	13
4.1.1. <i>Justificación del uso de las series sistemáticas B.S.R.A.</i> .....	13
4.1.2. <i>Generación de formas</i> .....	13
4.1.3. <i>Plano de formas</i> .....	16
4.2. BUQUE BASE MAXSURF.....	17
4.3. MODELADO FINAL .....	19
<b>5. JUSTIFICACIÓN EMPLEO FORMAS FINALES .....</b>	<b>21</b>
<b>6. CURVA DE ÁREAS SECCIONALES .....</b>	<b>22</b>
<b>7. CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS.....</b>	<b>24</b>
<b>8. COMPARACIÓN DIMENSIONES Y COEFICIENTES .....</b>	<b>25</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>26</b>

<b>ANEXO II</b> .....	<b>27</b>
<b>ANEXO III</b> .....	<b>28</b>
<b>ANEXO IV</b> .....	<b>29</b>
<b>ANEXO V</b> .....	<b>30</b>
<b>ANEXO V</b> .....	<b>31</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contenido a desarrollar en el presente cuaderno

- Presentación. Introducción al cuaderno. Descripción de características del buque proyecto.
- Cálculo de coeficientes. Recálculo y justificación de los coeficientes adimensionales del buque proyecto.
- Proceso de diseño de las formas. Descripción del proceso seguido para el diseño de las formas del buque proyecto. El proceso a seguir será mediante series sistemáticas o transformación afín de un buque base. Los documentos mínimos son los siguientes:
  - Descripción de la serie sistemática o el buque base utilizado.
  - Cartilla de trazado del buque proyecto una vez obtenido a partir de la serie sistemática o el buque base.
- Plano de formas preliminar del buque proyecto. Realización del plano de formas preliminar del buque proyecto.
- Comprobación de los resultados. Cálculo de hidrostáticas al calado de diseño con las formas definitivas del buque proyecto. Comprobación con las dimensiones y coeficientes adimensionales obtenidos en el predimensionado del buque.

### 1.2. Presentación

En este cuaderno trataremos de determinar el plano de formas de nuestro buque basándonos en las características principales obtenidas anteriormente:

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES		
<b>Eslora total</b>	176,50	m
<b>Eslora entre perpendiculares</b>	170,40	m
<b>Manga</b>	30,17	m
<b>Calado</b>	11,56	m
<b>Puntal</b>	17,14	m
<b>Peso muerto</b>	40 000,00	t

La elección de las formas es de máxima importancia en un proyecto, ya que ello influye directamente en:

- Capacidad para transportar la carga.
- Disminuir la resistencia al avance del buque.
- Aumentar la velocidad operativa en la mar.
- Dotar al buque de la necesaria estabilidad (estática y dinámica) imprescindible para su seguridad.
- Evitar los fenómenos de turbulencia y separación.
- Mejorar las condiciones del flujo en torno a la carena, evitándose los fenómenos de cavitación y las posibles fluctuaciones de presión transmitidas al casco y las vibraciones a que ello puede dar lugar.



El método de generación de las formas del buque depende tanto de los recursos disponibles (capacidad de cálculo, recursos humanos, canales de experiencia así como Software disponible) como del tipo de buque (si es un buque novedoso o uno del que ya existan muchos otros similares). Podemos diferenciar dos casos:

- La existencia de un buque base.
- La no existencia de un buque base, lo que implica:
  - Generación de las formas a partir de series sistemáticas.
  - Generación de las formas directamente a partir de los parámetros que se han calculado inicialmente en la cifra de mérito (alternativa más cara).

Además, se debe realizar un estudio específico en las zonas de proa y de popa por la mejora que estas zonas pueden acarrear de cara a las características hidrodinámicas del buque. En concreto se va a desarrollar:

- La zona de proa. Comprobando la necesidad de instalar o no un bulbo.
- La zona de popa (codaste). Estudio de la integración de la hélice en el codaste, y definición de máximo diámetro del propulsor.

En nuestro caso, se realizará una combinación del modelo obtenido empleando las *Series Sistemáticas B.S.R.A.* y un buque base proporcionado por el programa informático *Maxsurf* ya que ninguno de los dos se ajusta exactamente al buque buscado.

A medida que avanzamos en la realización del *Cuaderno*, se irá desglosando todo el procedimiento a seguir para obtener las formas del buque finales.

## 2. CÁLCULO DE COEFICIENTES

### 2.1. Coeficientes teóricos

#### 2.1.1. Coeficiente de bloque

En primer lugar, tendremos que definir el número de Froude para poder obtener los datos deseados teniendo en cuenta que la velocidad de servicio de nuestro buque será 15 nudos:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Lpp}} = \frac{15 \cdot 0,5144}{\sqrt{9,81 \cdot 170,40}} = 0,1887$$

##### 2.1.1.1. Scheneekluth

Para  $0,48 < Cb < 0,85$

$$Cb = \frac{0,14 \cdot \frac{Lpp}{B} + 20}{Fn} = \frac{0,14 \cdot \frac{170,40}{30,17} + 20}{0,1887} = 0,7318$$

$$Cb = \frac{0,23 \cdot \frac{Lpp}{B} + 20}{Fn^{2/3}} = \frac{0,23 \cdot \frac{170,40}{30,17} + 20}{0,1887^{2/3}} = 0,6896$$

##### 2.1.1.2. Townsin

$$Cb = 0,7 + \frac{1}{8} \cdot \arctan\left(\frac{23 - 100 \cdot Fn}{4}\right) = 0,7 + \frac{1}{8} \cdot \arctan\left(\frac{23 - 100 \cdot 0,1887}{4}\right) = 0,8001$$

##### 2.1.1.3. Van Lammeren

$$Cb = 1,37 - 2,02 \cdot Fn = 1,37 - 2,02 \cdot 0,1887 = 0,9888$$

##### 2.1.1.4. Minorsky

$$Cb = 1,22 - 2,38 \cdot Fn = 1,22 - 2,38 \cdot 0,1887 = 0,7708$$

##### 2.1.1.5. Kerlen

Para  $Cb > 0,78$

$$Cb = 1,179 - 2,026 \cdot Fn = 1,179 - 2,026 \cdot 0,1887 = 0,7966$$

##### 2.1.1.6. Katsoulis

Con factor f para graneleros:  $f = 1,03$

$$Cb = 0,8217 \cdot f \cdot Lpp^{0,42} \cdot B^{-0,3072} \cdot T^{0,1721} \cdot VS^{-0,6135} = 0,8217 \cdot 1,03 \cdot 170,40^{0,42} \cdot 30,17^{-0,3072} \cdot 11,56^{0,1721} \cdot 15^{-0,6135} = 0,7441$$

##### 2.1.1.7. Coeficiente de bloque final

$$Cb = \frac{0,7318 + 0,6896 + 0,8001 + 0,9888 + 0,7708 + 0,7966 + 0,7441}{7} = 0,7888$$

#### 2.1.2. Coeficiente de la maestra o de la sección media

##### 2.1.2.1. Kerlen

$$Cm = 1,006 - 0,0056 \cdot Cb^{-3,56} = 1,006 - 0,0056 \cdot 0,7888^{-3,56} = 0,9930$$

### 2.1.2.2. El Hsva

$$C_m = \frac{1}{1 + (1 - C_b)^{3,5}} = \frac{1}{1 + (1 - 0,7888)^{3,5}} = 0,9957$$

### 2.1.2.3. J. Torroja

Para  $Fn < 0,5$

$$C_m = 1 - 2 \cdot Fn^4 = 1 - 2 \cdot 0,1887^4 = 0,9975$$

### 2.1.2.4. Coeficiente de la sección media final

$$C_m = \frac{0,9930 + 0,9957 + 0,9975}{3} = 0,9954$$

### 2.1.3. Coeficiente prismático

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} = \frac{0,7888}{0,9954} = 0,7925$$

### 2.1.4. Coeficiente de la flotación

$$C_f = 1 - 0,3 \cdot (1 - C_p) = 1 - 0,3 \cdot (1 - 0,7925) = 0,9378$$

$$C_f = C_m \cdot C_p + 0,1 = 0,9954 \cdot 0,7925 + 0,1 = 0,8888$$

$$C_f = \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot C_m \cdot C_p = \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \cdot 0,9954 \cdot 0,7925 = 0,8592$$

### 2.1.4.1. Coeficiente de la flotación final

$$C_f = \frac{0,9378 + 0,8888 + 0,8592}{3} = 0,8953$$

### 2.1.5. Posición longitudinal del centro de carena

#### 2.1.5.1. L. Troost

$$XB = 17,5 \cdot C_p - 12,5 = 17,5 \cdot 0,7925 - 12,5 = 1,3689$$

#### 2.1.5.2. MARIN

$$\begin{aligned} XB &= -2,55 + 3,37 \cdot C_b^{-4,6} - 17,667 \cdot Fn^{5,36} - 0,29 \cdot C_b^{-13} \cdot Fn^{0,32} = \\ &= -2,55 + 3,37 \cdot 0,7888^{-4,6} - 17,667 \cdot 0,1887^{5,36} - 0,29 \cdot 0,7888^{-13} \\ &\quad \cdot 0,1887^{0,32} = 3,7682 \end{aligned}$$

#### 2.1.5.3. Posición longitudinal del centro de carena final

$$XB = \frac{1,3689 + 3,7682}{2} = 2,2712$$

El centro de carena longitudinal se encontrará un 2,27% a proa de la sección media de nuestro buque.

### 2.1.6. Longitud del cuerpo cilíndrico

$$LP = -658 + 1607 \cdot C_b - 914 \cdot C_b^2 = -658 + 1607 \cdot 0,7888 - 914 \cdot 0,775^2 = 40,91$$

El cuerpo cilíndrico de nuestro buque representará el 40,91% de la eslora entre perpendiculares.

### 2.1.7. Semiángulo de entrada de la flotación

$$ENT A = 125,67 \cdot \frac{B}{L_{pp}} - 162,25 \cdot Cp^2 + 234,32 \cdot Cp^3 + 0,1551 \cdot \left[ XB + \frac{6,8 \cdot (TA - TF)}{T} \right]^3 =$$

$$125,67 \cdot \frac{30,17}{170,40} - 162,25 \cdot 0,7925^2 + 234,32 \cdot 0,7925^3 + 0,1551 \cdot [2,2712]^3 =$$

38,80 *grados*

Donde:

- $TA = TF = T$ : término anulado de la ecuación por no tener nuestro buque proyecto trimado.

### 2.1.8. Coeficientes finales teóricos

Así pues, nuestros coeficientes finales serán los siguientes:

COEFICIENTES FINALES TEÓRICOS		
Número de Froude	0,189	
Coficiente de bloque	0,789	
Coficiente de la maestra	0,995	
Coficiente prismático	0,792	
Coficiente en la flotación	0,895	
Centro de carena longitudinal	2,27	% pr SM
Longitud cuerpo cilíndrico	40,91	% Lpp
Semiángulo entrada flotación	38,80	grados

## 2.2. Coeficientes reales

A pesar de los cálculos realizados hasta aquí para hallar el valor de los distintos valores correspondientes a los coeficientes de nuestro buque, emplearemos los calculados en los cuadernos anteriores por tratarse de unos valores más ajustados a la realidad de nuestro buque proyecto. Por tanto:

### 2.2.1. Número de Froude

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_{pp}}} = \frac{15 \cdot 0,5144}{\sqrt{9,81 \cdot 170,40}} = 0,1887$$

### 2.2.2. Coeficiente de bloque

$$Cb = \frac{\Delta}{L_{pp} \cdot B \cdot T \cdot 1,026} = \frac{50.100}{170,40 \cdot 30,17 \cdot 11,56 \cdot 1,026} = 0,823$$

### 2.2.3. Coeficiente de la sección media

$$Cm = 0,998$$

### 2.2.4. Coeficiente prismático

$$Cp = \frac{Cb}{Cm} = \frac{0,823}{0,998} = 0,822$$

### 2.2.5. Coeficiente de flotación

$$C_f = 0,927$$

### 2.2.6. Posición longitudinal del centro de carena

#### 2.2.6.1. L. Troost

$$XB = 17,5 \cdot C_p - 12,5 = 17,5 \cdot 0,822 - 12,5 = 1,908$$

#### 2.2.6.2. MARIN

$$\begin{aligned} XB &= -2,55 + 3,37 \cdot C_b^{-4,6} - 17,667 \cdot Fn^{5,36} - 0,29 \cdot C_b^{-13} \cdot Fn^{0,32} = \\ &= -2,55 + 3,37 \cdot 0,823^{-4,6} - 17,667 \cdot 0,1887^{5,36} - 0,29 \cdot 0,823^{-13} \\ &\quad \cdot 0,1887^{0,32} = 3,600 \end{aligned}$$

#### 2.2.6.3. Posición longitudinal del centro de carena final

$$XB = \frac{1,908 + 3,600}{2} = 2,601$$

El centro de carena longitudinal se encontrará un 2,60% a proa de la sección media de nuestro buque.

### 2.2.7. Longitud del cuerpo cilíndrico

$$LP = -658 + 1607 \cdot C_b - 914 \cdot C_b^2 = -658 + 1607 \cdot 0,823 - 914 \cdot 0,823^2 = 45,17$$

El cuerpo cilíndrico de nuestro buque representará el 45,17% de la eslora entre perpendiculares.

### 2.2.8. Semiángulo de entrada de la flotación

$$\begin{aligned} ENTA &= 125,67 \cdot \frac{B}{L_{pp}} - 162,25 \cdot C_p^2 + 234,32 \cdot C_p^3 + 0,1551 \cdot \left[ XB + \frac{6,8 \cdot (TA - TF)}{T} \right]^3 = \\ &125,67 \cdot \frac{30,17}{170,40} - 162,25 \cdot 0,822^2 + 234,32 \cdot 0,822^3 + 0,1551 \cdot [2,613]^3 = 45,42 \text{ grados} \end{aligned}$$

Donde:

- $TA = TF = T$ : término anulado de la ecuación por no tener nuestro buque proyecto trimado.

### 2.2.9. Coeficientes finales reales

COEFICIENTES FINALES REALES		
Número de Froude	0,189	
Coeficiente de bloque	0,823	
Coeficiente de la maestra	0,998	
Coeficiente prismático	0,822	
Coeficiente en la flotación	0,927	
Centro de carena longitudinal	2,601	% pr SM
Longitud cuerpo cilíndrico	45,17	% Lpp
Semiángulo entrada flotación	45,42	grados

### 3. CONTORNOS DE PROA Y POPA

#### 3.1. Contorno de proa

##### 3.1.1. Conveniencia del bulbo

En primer lugar, tendremos que determinar la necesidad de la instalación o no de un bulbo en la proa, en el caso de que sí sea necesaria su instalación, realizaremos los cálculos necesarios para la definición de los parámetros del mismo.

Para ello tomaremos unos ciertos criterios indicados en el libro “*Proyecto de buques y artefactos*” que determinarán o no la aplicación del bulbo.

Es conveniente la aplicación de bulbo de proa cuando se cumplen los siguientes criterios:

Parámetro	Valor	Criterio	Aplicación
<b>Cb</b>	0,823	$0,65 < Cb < 0,815$	SÍ
<b>Fn</b>	0,189	$0,24 < Fn < 0,55$	NO
<b>Cb·(B/Lpp)</b>	0,145	$Cb \cdot (B/L) < 0,135$	NO

Como podemos observar, siguiendo estos criterios, no procede instalar un bulbo de proa en nuestro buque, sin embargo, tienen bulbo el 95% de los buques que se encuentran simultáneamente dentro de los rangos siguientes:

Parámetro	Valor	Criterio	Aplicación
<b>Cb</b>	0,823	$0,65 < Cb < 0,815$	SÍ
<b>Lpp/B</b>	5,65	$5,5 < Lpp/B < 7$	SÍ

A vista de los resultados, nuestro buque tiene la necesidad de llevar bulbo, decidiremos realizar un bulbo en la proa de nuestro buque proyecto por los resultados obtenidos anteriormente y por las considerables mejoras propulsivas en las distintas condiciones de carga y la mejora del comportamiento en la mar que ello supone.

##### 3.1.2. Determinación de los parámetros principales

A continuación se muestran los parámetros principales del bulbo de proa.

###### 3.1.2.1. Altura del bulbo

Para realizar una primera aproximación de la altura del bulbo (h) se puede considerar entre un 40 y un 50% del calado máximo en proa. Por lo tanto, al 45% la altura del bulbo será:

$$h_{bulbo} = T_{m\acute{a}x.} \cdot 0,45 = 11,56 \cdot 0,45 = 5,20 \text{ m}$$

###### 3.1.2.2. Protuberancia

La protuberancia puede determinarse a partir del buque base o mediante formulación. Seguiremos la formulación del libro “*Proyecto básico del buque mercante*”:

$$X = 0,1811 \cdot Cb \cdot \frac{B}{Lpp} + 0,0074 = 0,1811 \cdot 0,823 \cdot \frac{30,17}{170,40} + 0,0074 = 0,034$$

Por tanto, la protuberancia, según la formulación, será:

$$x = X \cdot Lpp = 0,034 \cdot 170,40 = 5,75 \text{ m}$$

### 3.1.2.3. Área transversal, SC20

Para determinar el área del bulbo necesitaremos conocer el porcentaje de la superficie mojada. Para ello emplearemos la gráfica extraída del libro “Proyecto de buques y artefactos” y que se adjunta como Anexo I.

Entraremos en ella con el valor de  $Cb = 0,823$  y con el valor de la relación  $\frac{Lpp}{B} = \frac{170,40}{30,17} = 5,65$ , obteniendo:

$$Sb = 10,4\% \cdot Sm$$

Teniendo en cuenta que:

$$Sm = B \cdot T \cdot Cb = 30,17 \cdot 11,56 \cdot 0,823 = 286,56 \text{ m}^2$$

La superficie mojada del bulbo será:

$$Sb = 10,4\% \cdot Sm = 0,104 \cdot 286,56 = 29,80 \text{ m}^2$$

## 3.2. Contorno de popa

Las formas en la zona de popa deben analizarse convenientemente ya que deben permitir que el flujo de entrada del disco de la hélice sea favorable para obtener un rendimiento propulsivo elevado.

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

### 3.2.1. Diámetro propulsor

En primer lugar, vamos a hacer una estimación sobre el valor de la hélice propulsora como se indica en el libro “Proyecto básico del buque mercante”.

$$D_p = 15,75 \cdot \frac{MCO^{0,2}}{n^{0,6}} = 15,75 \cdot \frac{10.300^{0,2}}{100^{0,6}} = 6,31 \text{ m} \approx 6,50 \text{ m}$$

Donde:

$$\bullet \quad POT = \frac{0,889 \cdot \Delta^{2/3} \cdot \left(40 - \frac{Lpp}{61} + 400 \cdot 0,1^2 - 12 \cdot Cb\right)}{15.000 - 1,81 \cdot N \cdot \sqrt{Lpp}} \cdot V^3 =$$

$$\frac{0,889 \cdot 50.000^{2/3} \cdot \left(40 - \frac{170,40}{61} + 400 \cdot 0,1^2 - 12 \cdot 0,823\right)}{15.000 - 1,81 \cdot 100 \cdot \sqrt{170,40}} \cdot 15^3 = 10.241,41 \text{ CV} \approx 10.300 \text{ CV}$$

### 3.2.2. Definición claras codaste

Para la realización de este apartado nos basaremos en el libro de “*Proyectos y artefactos marinos*” el cual nos hará realizar una comparativa entre tres Sociedades de Clasificación.

Debido a que un 80% de los buques de nuestra base de datos emplean hélices de 4 palas y que ante un menor número de palas se presentan claras mayores, escogeremos este valor para la realización de los cálculos para presentar al buque ante su situación más restrictiva.

### 3.2.2.1. Bureau Veritas

- Clara a

$$a = A \cdot f \cdot D_p = 0,65 \cdot 0,080 \cdot 6,50 = 0,34 \text{ m}$$

Donde:

$$f = \frac{(Cb \cdot POT)^{2/3}}{B \cdot Lpp} = \frac{(0,823 \cdot 13.300)^{2/3}}{30,17 \cdot 170,40} = 0,080$$

Z	A
3	0,8
4	0,65
5	0,55
6	0,5

- Clara b

$$b = 0,15 \cdot a = 0,15 \cdot 0,34 = 0,51 \text{ m}$$

- Clara c

$$c = 0,12 \cdot D_p = 0,12 \cdot 6,50 = 0,78 \text{ m}$$

- Clara d

$$d = 0,03 \cdot D_p = 0,03 \cdot 6,50 = 0,20 \text{ m}$$

### 3.2.2.2. Lloyd's Register

- Clara a

$$a = A \cdot K_1 \cdot D_p = 1 \cdot 0,158 \cdot 6,50 = 1,03 \text{ m}$$

Donde:

$$K_1 = \left[ \left( 0,1 + \frac{Lpp}{3050} \right) \cdot \left( 2,56 \cdot Cb \cdot \frac{POT}{Lpp^2} + 0,3 \right) \right]$$

$$= \left[ \left( 0,1 + \frac{170,40}{3050} \right) \cdot \left( 2,56 \cdot 0,823 \cdot \frac{10.300}{170,40^2} + 0,3 \right) \right] = 0,158$$

Z	A
3	1,2



<b>4</b>	1,0
<b>5</b>	0,82
<b>6</b>	0,75

- *Clara b*

$$b = 1,5 \cdot a = 1,5 \cdot 1,03 = 1,54 \text{ m}$$

- *Clara c*

$$c = 0,12 \cdot D_p = 0,12 \cdot 6,50 = 0,78 \text{ m}$$

- *Clara d*

$$d = 0,03 \cdot D_p = 0,03 \cdot 6,50 = 0,20 \text{ m}$$

### 3.2.2.3. Norske Veritas

- *Clara a*

$$a = (0,24 - 0,01 \cdot Z) \cdot D_p = (0,24 - 0,01 \cdot 4) \cdot 6,50 = 1,30 \text{ m}$$

- *Clara b*

$$b = (0,35 - 0,02 \cdot Z) \cdot D_p = (0,35 - 0,02 \cdot 4) \cdot 6,50 = 1,76 \text{ m}$$

- *Clara c*

$$c = 0,1 \cdot D_p = 0,1 \cdot 6,50 = 0,65 \text{ m}$$

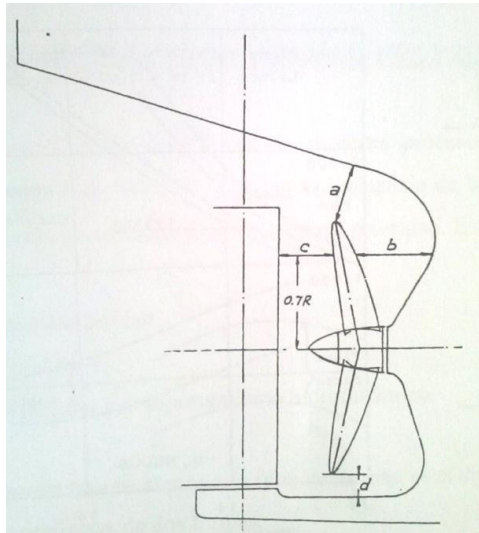
- *Clara d*

$$d = 0,035 \cdot D_p = 0,035 \cdot 6,50 = 0,23 \text{ m}$$

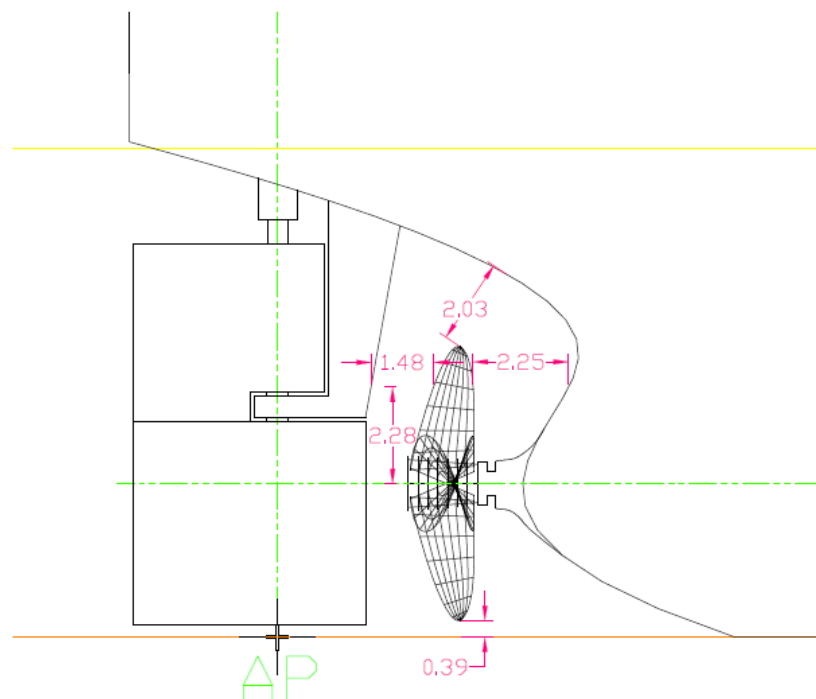
### 3.2.2.4. Resumen cálculos claras de codaste

Clara	Bureau Veritas	Lloyd's Register	Norske Veritas	Máximos
<b>a</b>	0,34	1,03	1,30	1,30
<b>b</b>	0,51	1,54	1,76	1,76
<b>c</b>	0,78	0,78	0,65	0,78
<b>d</b>	0,20	0,20	0,23	0,23
<b>0,7·R</b>	2,275			2,28

Las medidas aquí mencionadas corresponden con las incógnitas descritas en el esquema que sigue.



Como se muestra a continuación, en un ejemplo del contorno de popa de nuestro buque, con una hélice de diámetro 6 500 mm y un timón de tipo semisuspendido, las claras de codaste correspondientes cumplen sobradamente con las obtenidas mediante los diversos convenios.



Clara	Convenios	Buque
<b>a</b>	1,30	2,03
<b>b</b>	1,76	2,25
<b>c</b>	0,78	1,48
<b>d</b>	0,23	0,39
<b>0,7-R</b>	2,28	2,28

## 4. PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS

Existen diferentes posibilidades para definir el plano de formas de un buque y nosotros realizaremos dos de ellos y plantearemos la comparativa entre ambos.

Por un lado, utilizaremos el método de Series Sistemáticas B.S.R.A., el cual consiste en estudios sistemáticos de diversas carenas de buques de carga que han sido realizados en distintos canales de ensayos hidrodinámicos y que garantizan, dentro de su entorno o campo de aplicación, el conocimiento de la resistencia al avance del buque.

Además, modelaremos el casco de nuestro buque partiendo de un buque base proporcionado por el programa informático Maxsurf.

### 4.1. Series Sistemáticas B.S.R.A.

#### 4.1.1. Justificación del uso de las series sistemáticas B.S.R.A.

El buque al que se le apliquen este tipo de Serie Sistemática debe cumplir los siguientes requisitos:

- Coeficiente de bloque, cuyos límites de aplicación son:

$$0,55 < Cb < 0,85$$

$$Cb = 0,823$$

- Relación  $B/T$ , cuyos límites de aplicación en este caso son:

$$2 < \frac{B}{T} < 4$$

$$\frac{B}{T} = \frac{30,17}{11,56} = 2,61$$

En conclusión, nuestro buque se ciñe perfectamente dentro del conjunto de buques a los que es aplicable la *Serie Sistemática B.S.R.A.*

#### 4.1.2. Generación de formas

Para calcular las formas del buque nos basaremos, entonces, en la Serie B.S.R.A. (*Anexo II*). Esta serie para mercantes se aplica para buques con y sin bulbo, haciendo dos familias de curvas diferentes para cada tipo. Como calculamos anteriormente en el apartado [Conveniencia del bulbo](#), nuestro buque lleva bulbo de proa.

En primer lugar, para poder entrar en las gráficas calculamos las distintas líneas de agua en función del calado de diseño ( $T = 11,56 \text{ m}$ ) a partir de la siguiente tabla obtenida del libro "*Proyectos y artefactos marinos*":

FLOTACIÓN	%CALADO	ALTURA (m)
A	7,69	0,89
B	15,38	1,78

<b>C</b>	23,08	2,67
<b>D</b>	38,46	4,45
<b>E</b>	53,85	6,23
<b>F</b>	69,23	8,00
<b>G</b>	84,62	9,78
<b>H</b>	100,00	11,56
<b>J</b>	115,38	13,34
<b>K</b>	130,77	15,12

Una vez definida cada línea de agua debe determinarse la posición del punto de tangencia en el fondo del buque en función del coeficiente de bloque ( $C_b = 0,823$ ) calculado en el apartado [Coeficiente de bloque](#) y para ello se emplea una tabla para buques con bulbo de proa y se interpola. Los puntos obtenidos están referidos a crujía divididos por la semimanga ( $\frac{B}{2} = \frac{30,17}{2} = 15,08 \text{ m}$ ).

	<b>Cb</b>			<b>* B/2</b>
<b>Sección</b>	0,820	<b>0,823</b>	0,840	15,085
<b>1/4</b>	0,018	0,018	0,020	0,275
<b>1/2</b>	0,020	0,020	0,024	0,308
<b>3/4</b>	0,031	0,032	0,041	0,483
<b>1</b>	0,059	0,061	0,077	0,917
<b>1 1/2</b>	0,177	0,181	0,217	2,730
<b>2</b>	0,375	0,381	0,431	5,741
<b>2 1/2</b>	0,592	0,597	0,640	9,003
<b>3</b>	0,746	0,749	0,778	11,302
<b>3 1/2</b>	0,824	0,826	0,843	12,459
<b>4</b>	0,851	0,852	0,860	12,851
<b>5</b>	0,851	0,852	0,860	12,851
<b>6</b>	0,851	0,852	0,860	12,851
<b>6 1/2</b>	0,851	0,852	0,860	12,851
<b>7</b>	0,851	0,852	0,860	12,851
<b>7 1/2</b>	0,845	0,847	0,860	12,769
<b>8</b>	0,810	0,814	0,848	12,276
<b>8 1/2</b>	0,665	0,672	0,733	10,134
<b>9</b>	0,427	0,434	0,500	6,551
<b>9 1/4</b>	0,267	0,273	0,328	4,120
<b>9 1/2</b>	0,122	0,125	0,153	1,887
<b>9 3/4</b>	0,028	0,028	0,032	0,428

El siguiente paso será el cálculo de los puntos de carena en cada sección. Para ello utilizaremos las gráficas correspondientes a buques con bulbo y adjuntas como *Anexo II*.

<b>SECCIÓN</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
----------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------



6	14,78	14,93	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09
6 1/2	14,78	14,93	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09
7	14,33	14,63	14,94	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09
7 1/2	14,03	14,48	14,63	14,93	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09
8	12,82	13,58	14,03	14,33	14,48	14,63	14,78	14,93	14,93	15,09
8 1/2	10,56	11,62	12,37	12,97	13,43	13,73	14,03	14,33	14,48	14,63
9	8,60	9,81	10,41	10,11	10,86	11,01	11,31	11,77	12,37	12,97
9 1/4	5,58	6,64	7,24	8,15	8,60	8,75	9,20	9,65	10,26	11,16
9 1/2	3,77	4,68	5,28	5,88	6,03	6,34	6,64	7,09	7,69	8,60
9 3/4	2,26	3,02	3,47	3,62	3,77	3,62	3,62	4,37	4,98	5,73
10	1,51	2,11	2,26	1,81	0,91	0,45	0,15	0,00	0,45	0,91

Además, obtendremos las formas de popa y de proa de nuestro buque basándonos en una continuación de la Serie B.S.R.A., mostradas en el Anexo III, y que mostramos a continuación:

BULBO		Altura	POPA	
%Lpp			%Lpp	
1,70	2,897	A	1,50	2,556
2,20	3,749	B	1,70	2,897
2,40	4,090	C	1,80	3,067
2,00	3,408	D	1,80	3,067
1,20	2,045	E	1,60	2,726
0,50	0,852	F	0,80	1,363
0,20	0,341	G	-2,20	-3,749
0,20	0,341	H	-2,90	-4,942
0,20	0,341	J	-3,30	-5,623
0,40	0,682	K	-3,50	-5,964

#### 4.1.3. Plano de formas

Una vez se han introducido todas las coordenadas halladas anteriormente, designándolas como “marcas” en el programa *Maxsurf*, se obtiene el plano de formas de nuestro buque de manera que los contornos de popa y proa estarán sujetos a modificaciones graves por estar la fuente de información de donde se obtienen las coordenadas correspondientes muy desactualizada para los buques actuales.

Además, hay que tener en cuenta que para la obtención de las coordenadas para la realización de las formas, existe la posibilidad de que se produzca (y se produce) un gran error visual que altere el contorno de nuestro buque como se puede observar al no coincidir el coeficiente de bloque.

Es por todo este conjunto de inconvenientes, que presentamos a continuación los datos hidrostáticos correspondientes así como las formas adjuntas como *Anexo IV*, pero teniendo en cuenta que finalmente no utilizaremos este método para la obtención de nuestro plano de formas final.

<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Desplazamiento</b>	49 706	t
<b>Volumen</b>	48 493,975	m <sup>3</sup>
<b>Calado sección media</b>	11,56	m
<b>Calado inmersión</b>	11,56	m
<b>Eslora flotación</b>	170,4	m
<b>Manga máxima LF</b>	30,17	m
<b>Área mojada</b>	7 693,902	m <sup>2</sup>
<b>Máxima sección área</b>	346,051	m <sup>2</sup>
<b>Área flotación</b>	4 584,186	m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente prismático</b>	0,822	
<b>Coefficiente de bloque</b>	0,816	
<b>Coefficiente de la maestra</b>	0,992	
<b>Coefficiente en la flotación</b>	0,891	
<b>LCB eslora</b>	88,579	desde pt. 0
<b>LCF eslora</b>	84,966	desde pt. 0
<b>LCB %</b>	51,983	desde pt. 0
<b>LCF %</b>	49,863	desde pt. 0
<b>KB</b>	6,007	m
<b>KG fluido</b>	0	m
<b>BMt</b>	6,506	m
<b>MBL</b>	188,751	m
<b>GMt corregido</b>	12,514	m
<b>GML</b>	194,759	m
<b>KMt</b>	12,514	m
<b>KML</b>	194,759	m
<b>Inmersión</b>	46,988	tonne/cm
<b>MTc</b>	568,118	tonne.m
<b>RM en 1 grado</b>	10 855,582	tonne.m
<b>Ratio Eslora/Manga</b>	5,646	
<b>Ratio Magna/Calado</b>	2,611	
<b>Ratio Eslora/Volumen<sup>3</sup></b>	4,673	

## 4.2. Buque base Maxsurf

Otra forma de obtener unas formas para nuestro buque será a partir de un buque base proporcionado por la librería propia del programa *Maxsurf*.

De esta manera, se tendrán que realizar también diversas modificaciones (sobre todo en lo que atañe al contorno de proa del buque) pero se ajustará de mejor manera a las formas actuales que buscamos a la hora de modelar nuestro buque proyecto.

A continuación, se muestran los datos hidrostáticos del buque de partida de nuestro buque proyecto.

<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Desplazamiento</b>	50.496	t
<b>Volumen</b>	49 264,185	m <sup>3</sup>
<b>Calado sección media</b>	11,557	m
<b>Calado inmersión</b>	11,557	m
<b>Eslora flotación</b>	176,288	m
<b>Manga máxima LF</b>	30,171	m
<b>Área mojada</b>	8 015,708	m <sup>2</sup>
<b>Máxima sección área</b>	344,475	m <sup>2</sup>
<b>Área flotación</b>	4 739,685	m <sup>2</sup>
<b>Coefficiente prismático</b>	0,839	
<b>Coefficiente de bloque</b>	0,829	
<b>Coefficiente de la maestra</b>	0,988	
<b>Coefficiente en la flotación</b>	0,922	
<b>LCB eslora</b>	85,423	desde pt. 0
<b>LCF eslora</b>	81,012	desde pt. 0
<b>LCB %</b>	50,132	desde pt. 0
<b>LCF %</b>	47,544	desde pt. 0
<b>KB</b>	6,063	m
<b>KG fluido</b>	0	m
<b>BMt</b>	6,523	m
<b>MBL</b>	206,773	m
<b>GMt corregido</b>	12,586	m
<b>GML</b>	212,836	m
<b>KMt</b>	12,586	m
<b>KML</b>	212,836	m
<b>Inmersión</b>	48,582	tonne/cm
<b>MTc</b>	630,732	tonne.m
<b>RM en 1 grado</b>	11 091,485	tonne.m
<b>Ratio Eslora/Manga</b>	5,648	
<b>Ratio Magna/Calado</b>	2,611	
<b>Ratio Eslora/Volumen<sup>3</sup></b>	4,648	

Se adjunta como *Anexo V* las formas de las que partiremos antes de realizar los ajustes oportunos y que corresponden a la siguiente cartilla de trazado:

<b>SECCIÓN</b>	<b>ESLORA</b>	<b>L.A.1</b>	<b>L.A.2</b>	<b>L.A.3</b>	<b>L.A.4</b>	<b>L.A.5</b>	<b>L.F.</b>	<b>L.A.7</b>	<b>L.A.8</b>
<b>20</b>	<b>170,400</b>	2,606	3,197	2,156	0,693	0,171	0,000	0,285	1,696
<b>19</b>	<b>161,880</b>	3,642	3,749	4,434	5,541	6,576	7,433	8,379	9,343
<b>18</b>	<b>153,360</b>	6,878	9,569	10,965	11,657	12,111	12,476	12,802	13,107
<b>17</b>	<b>144,840</b>	12,393	13,583	13,896	14,066	14,194	14,304	14,402	14,494
<b>16</b>	<b>136,320</b>	14,189	14,706	14,783	14,823	14,855	14,883	14,908	14,931
<b>15</b>	<b>127,800</b>	14,629	14,980	15,007	15,018	15,026	15,033	15,039	15,045
<b>14</b>	<b>119,280</b>	14,744	15,053	15,067	15,070	15,072	15,073	15,075	15,076



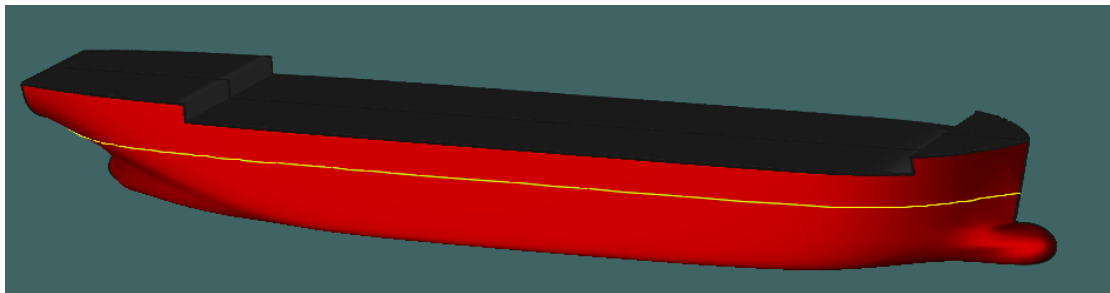
13	110,760	14,773	15,071	15,083	15,083	15,083	15,084	15,084	15,084
12	102,240	14,779	15,074	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
11	93,720	14,779	15,075	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
10	85,200	14,779	15,075	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
9	76,680	14,778	15,075	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
8	68,160	14,775	15,074	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
7	59,640	14,763	15,074	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
6	51,120	14,711	15,072	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085	15,085
5	42,600	14,362	14,976	15,021	15,034	15,042	15,049	15,053	15,057
4	34,080	12,606	14,169	14,487	14,617	14,701	14,761	14,807	14,841
3	25,560	9,086	11,677	13,016	13,550	13,860	14,072	14,226	14,341
2	17,040	4,637	7,482	9,981	11,639	12,438	12,932	13,271	13,513
1	8,520	0,805	1,957	4,821	8,309	10,253	11,236	11,844	12,254
0	0,000	0,000	0,000	0,000	1,371	6,769	8,806	9,805	10,419

### 4.3. Modelado final

A la hora de realizar el modelado final para nuestro buque proyecto, nos decantaremos por realizar una fusión entre los dos modelos descritos con anterioridad y teniendo en cuenta que nuestro Coeficiente de bloque es de  $Cb = 0,823$ .

Se tendrán en cuenta también las formas de proa y de popa calculadas en este Cuaderno para nuestro buque proyecto.

Se muestra a continuación el modelado 3D además de la cartilla de trazado final de nuestro buque proyecto y se adjunta como Anexo VI el plano de formas correspondiente.



SECCIÓN	ESLORA	L.A.1	L.A.2	L.A.3	L.A.4	L.A.5	L.F.	L.A.7	L.A.8
20	170,400	3,108	3,408	2,565	0,000	0,000	0,000	0,463	1,122
19	161,880	4,556	6,393	6,725	6,854	7,357	7,923	8,568	9,296
18	153,360	9,170	10,956	11,474	11,819	12,126	12,427	12,733	13,049
17	144,840	12,926	13,545	13,812	13,995	14,144	14,274	14,394	14,506
16	136,320	14,140	14,447	14,585	14,680	14,756	14,818	14,872	14,917
15	127,800	14,575	14,764	14,844	14,899	14,943	14,977	15,006	15,028
14	119,280	14,772	14,905	14,955	14,988	15,014	15,035	15,051	15,064
13	110,760	14,876	14,978	15,010	15,030	15,047	15,059	15,069	15,077
12	102,240	14,933	15,018	15,040	15,053	15,063	15,071	15,077	15,082

<b>11</b>	93,720	14,962	15,039	15,056	15,065	15,072	15,078	15,082	15,084
<b>10</b>	85,200	14,971	15,047	15,063	15,071	15,077	15,081	15,084	15,085
<b>9</b>	76,680	14,961	15,043	15,062	15,071	15,077	15,081	15,084	15,085
<b>8</b>	68,160	14,924	15,023	15,050	15,063	15,071	15,077	15,080	15,082
<b>7</b>	59,640	14,837	14,974	15,015	15,037	15,050	15,059	15,065	15,069
<b>6</b>	51,120	14,592	14,839	14,913	14,952	14,976	14,993	15,006	15,016
<b>5</b>	42,600	13,716	14,458	14,622	14,700	14,750	14,786	14,816	14,842
<b>4</b>	34,080	12,231	13,407	13,996	14,196	14,306	14,382	14,443	14,495
<b>3</b>	25,560	10,335	11,478	12,359	13,248	13,586	13,772	13,898	13,995
<b>2</b>	17,040	6,829	8,497	9,257	10,321	12,031	12,718	13,064	13,270
<b>1</b>	8,520	1,712	2,614	2,193	4,298	6,962	10,006	11,362	12,000
<b>0</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,689	7,598	9,515

## 5. JUSTIFICACIÓN EMPLEO FORMAS FINALES

Se muestra a continuación una tabla resumen de los coeficientes básicos obtenidos a lo largo del *Cuaderno* y donde observamos que los parámetros resultantes en el modelado final son similares a los necesarios para nuestro buque y por tanto válidos.

Los datos adjuntos se obtuvieron en los apartados que siguen:

- [2.2.9. Coeficientes finales reales.](#)
- [4.1. Series Sistemáticas B.S.R.A.](#)
- [4.2. Buque base Maxsurf.](#)
- [7. Características hidrostáticas del modelado final.](#)

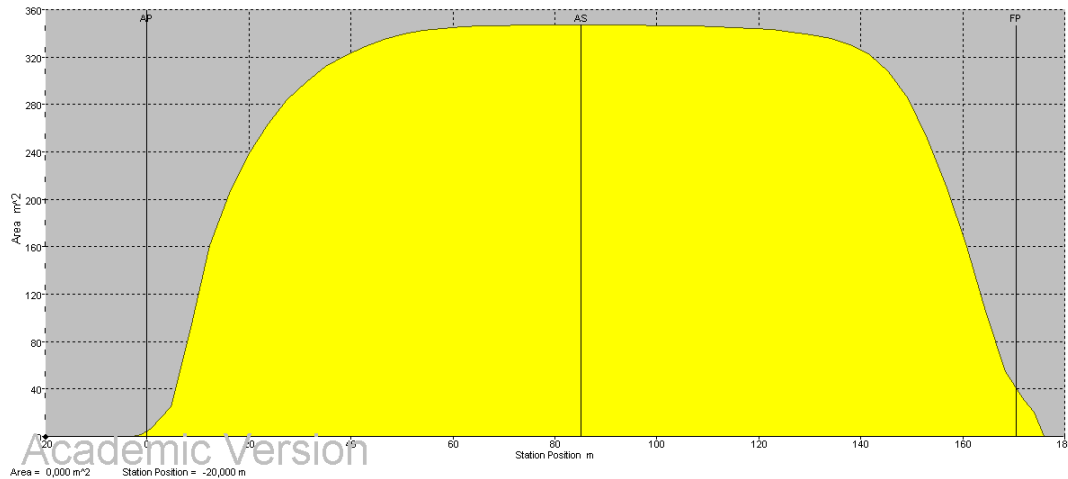
	<b>PREVIO</b>	<b>BSRA</b>	<b>MAXSURF</b>	<b>FINAL</b>
<b>Cb</b>	0,823	0,816	0,829	0,823
<b>Cp</b>	0,822	0,822	0,839	0,827
<b>Cm</b>	0,998	0,992	0,988	0,996
<b>Cf</b>	0,927	0,891	0,922	0,893

## 6. CURVA DE ÁREAS SECCIONALES

Dicha curva se obtiene representando las áreas de cada sección bajo la flotación en función de la eslora e indica cómo se ha repartido el desplazamiento a lo largo de la misma.

Estimaremos un valor de área máxima de la sección maestra para nuestro buque el cual compararemos con el obtenido mediante el programa *Maxsurf*.

$$Am = Cm \cdot B \cdot T = 0,995 \cdot 30,17 \cdot 11,56 = 347 \text{ m}^2$$



Área X (m)	Área Y (m2)
-2,959543	0
-1,056383	1,859858
0,846776	6,573947
4,653095	25,284558
8,459414	87,863419
12,265733	160,891603
16,072052	204,800326
19,878371	237,649767
23,68469	263,616531
27,491009	283,854391
31,297328	299,556962
35,103647	311,817619
38,909966	321,507337
42,716285	329,235439
46,522604	335,216254
50,328923	339,525476
54,135242	342,392323
57,941561	344,203343
61,74788	345,336533
65,554199	346,058104
69,360518	346,525048

73,166837	346,825803
76,973156	347,010997
80,779475	347,110149
84,585795	347,140363
88,392114	347,110888
92,198433	347,025502
96,004752	346,883632
99,811071	346,680584
103,61739	346,406592
107,423709	346,044939
111,230028	345,569758
115,036347	344,942222
118,842666	344,103845
122,648985	342,964528
126,455304	341,380417
130,261623	339,110769
134,067942	335,729879
137,874261	330,447141
141,68058	321,814032
145,486899	307,521354
149,293218	284,709337
153,099537	251,57624
156,905856	209,300791
160,712175	160,142198
164,518494	105,940899
168,324813	54,559006
172,131132	30,472544
174,034291	20,745004
175,937451	0

Como podemos observar, el área proporcionada por el programa *Maxsurf* y el área estimada es prácticamente la misma:

$$Am_{est} \approx Am_{maxs} = 347 \text{ m}^2$$

## 7. CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS

Una vez adaptado el diseño, podemos calcular una primera aproximación de los valores hidrostáticos correspondientes a nuestro modelo del buque proyecto.

<b>Dimensión</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Desplazamiento</b>	50 138,000	t
<b>Volumen</b>	48 915,585	m <sup>3</sup>
<b>Calado sección media</b>	11,560	m
<b>Calado inmersión</b>	11,560	m
<b>Eslora flotación</b>	173,310	m
<b>Manga máxima LF</b>	30,163	m
<b>Área mojada</b>	7 987,787	m <sup>2</sup>
<b>Máxima sección área</b>	347,140	m <sup>2</sup>
<b>Área flotación</b>	4 587,941	m <sup>2</sup>
<b>Coficiente prismático</b>	0,827	
<b>Coficiente de bloque</b>	0,823	
<b>Coficiente de la maestra</b>	0,996	
<b>Coficiente en la flotación</b>	0,893	
<b>LCB eslora</b>	87,570	desde pt. 0
<b>LCF eslora</b>	83,890	desde pt. 0
<b>LCB %</b>	51,391	desde pt. 0
<b>LCF %</b>	49,231	desde pt. 0
<b>KB</b>	5,966	m
<b>KG fluido</b>	0,000	m
<b>BMt</b>	6,339	m
<b>MBL</b>	189,384	m
<b>GMt corregido</b>	12,305	m
<b>GML</b>	195,351	m
<b>KMt</b>	12,305	m
<b>KML</b>	195,351	m
<b>Inmersión</b>	47,026	tonne/cm
<b>MTc</b>	574,800	tonne.m
<b>RM en 1 grado</b>	10 767,748	tonne.m
<b>Ratio Eslora/Manga</b>	5,649	
<b>Ratio Magna/Calado</b>	2,609	
<b>Ratio Eslora/Volumen<sup>3</sup></b>	4,659	

## 8. COMPARACIÓN DIMENSIONES Y COEFICIENTES

Por último, se adjunta un cuadro resumen con algunos de los coeficientes obtenidos por formulación y los que nos proporciona el programa *Maxsurf*.

TABLA COMPARATIVA		
	PREVIOS	MAXSURF
<b>Desplazamiento</b>	50 100,00	50 138,00
<b>Coeficiente prismático</b>	0,822	0,827
<b>Coeficiente de bloque</b>	0,823	0,823
<b>Coeficiente de la maestra</b>	0,998	0,996
<b>Coeficiente en la flotación</b>	0,927	0,893
<b>Eslora/Manga</b>	5,648	5,649
<b>Manga/Calado</b>	2,610	2,609

Como podemos observar, los coeficientes difieren un poco. Hemos ajustado nuestro diseño basándonos en el coeficiente de bloque, pero también teniendo en cuenta otros factores como es el desplazamiento.

A partir de este cuaderno emplearemos los datos obtenidos del *Maxsurf* por corresponder a las formas de nuestro buque proyecto.

# ANEXO I

**CS20**



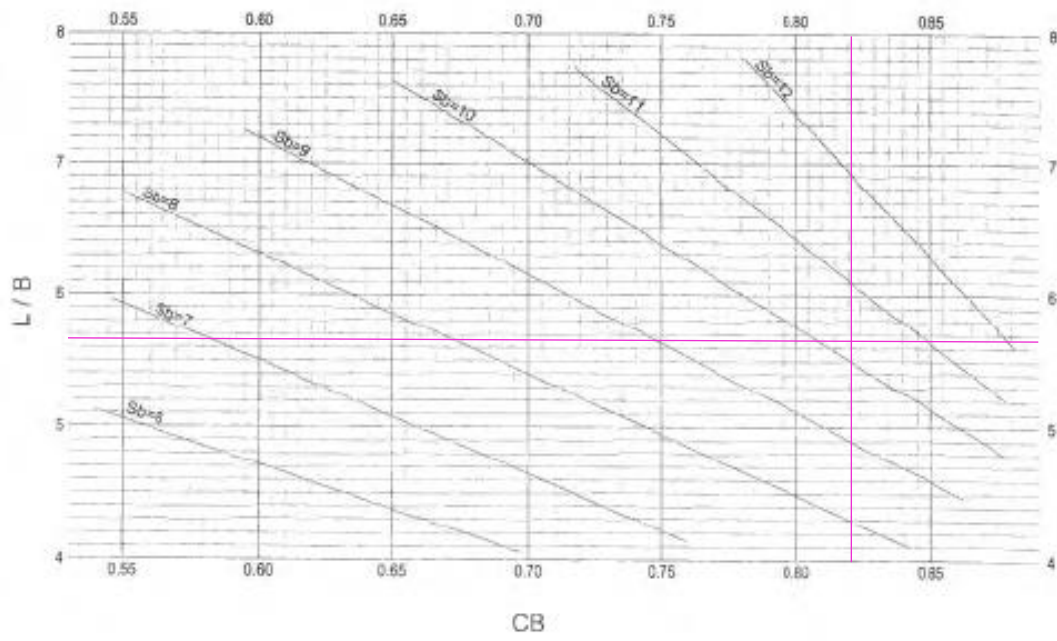
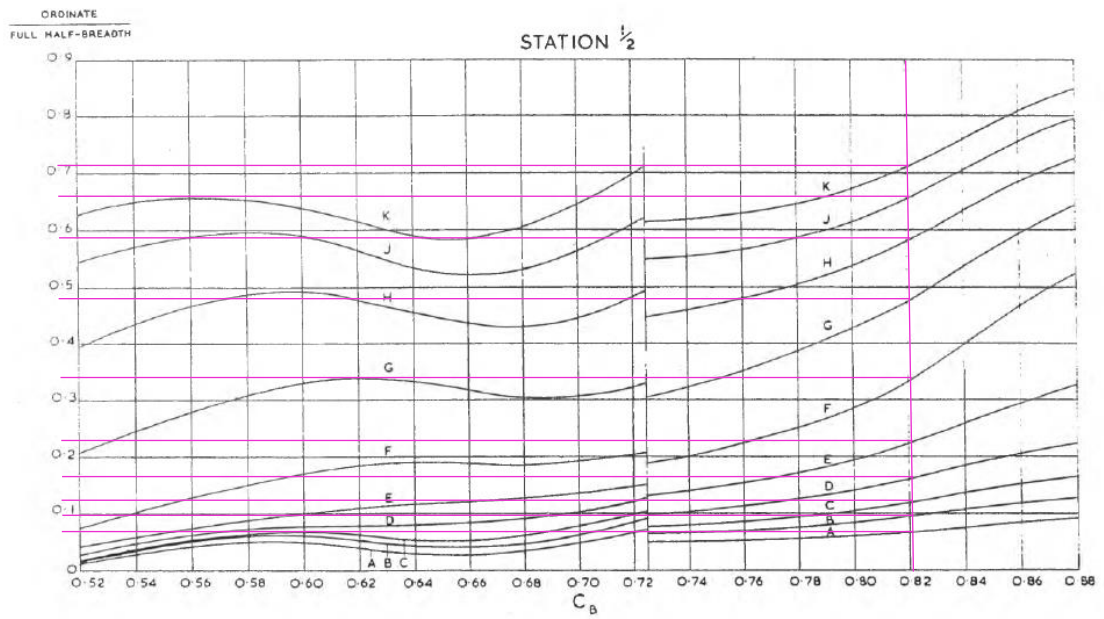
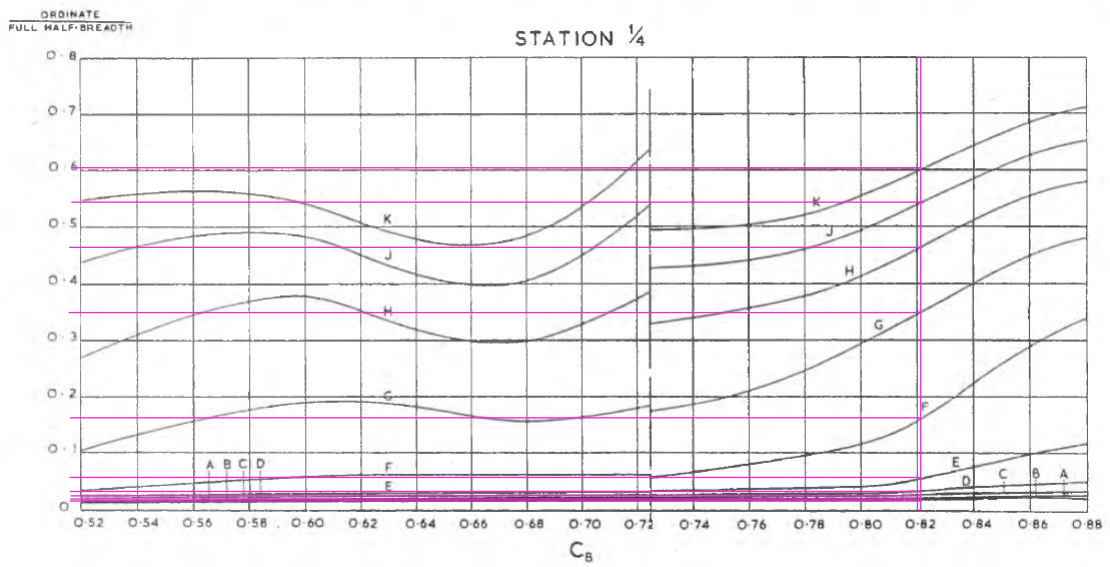
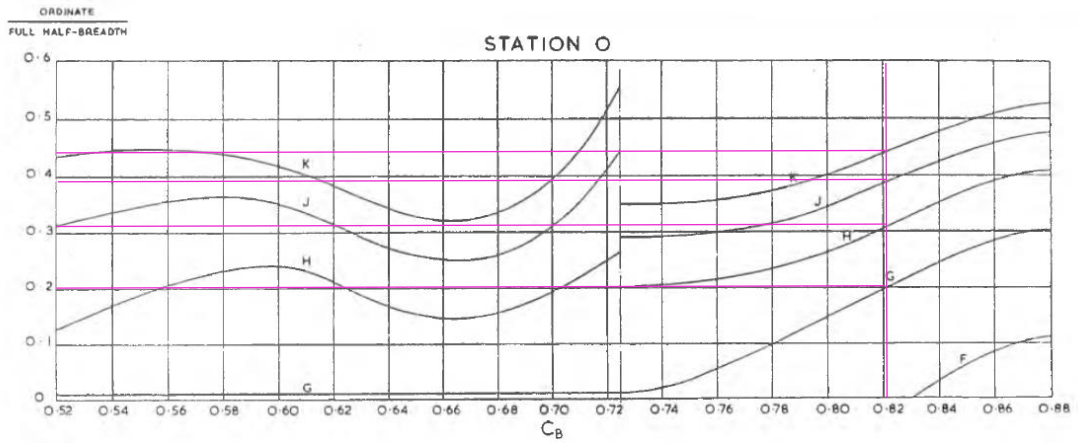


Gráfico para obtener valores empíricos de  $S_b$  (% SM) a partir de  $L/B$  y  $CB$ . Los valores resultantes son óptimos para  $h=0.45 \times T$

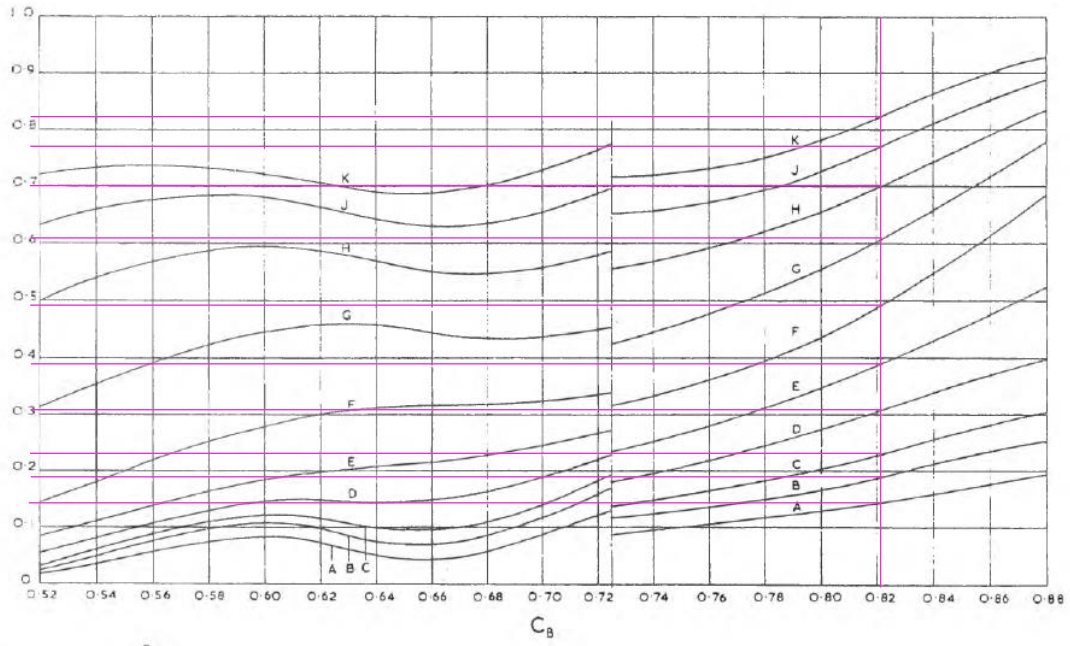
# ANEXO II

**BSRA**



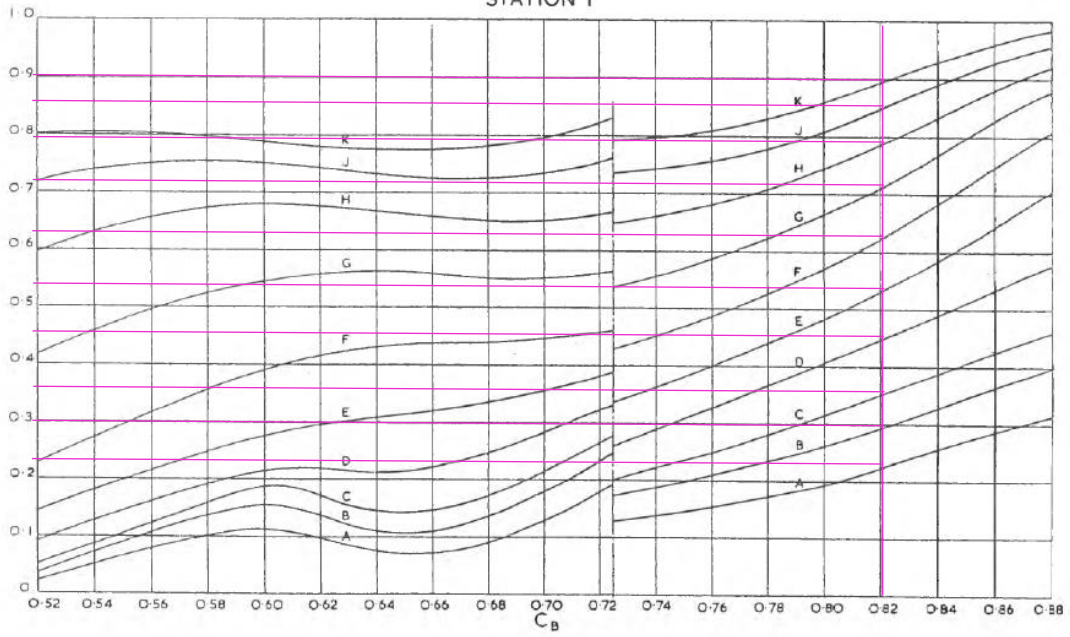
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

### STATION 3/4



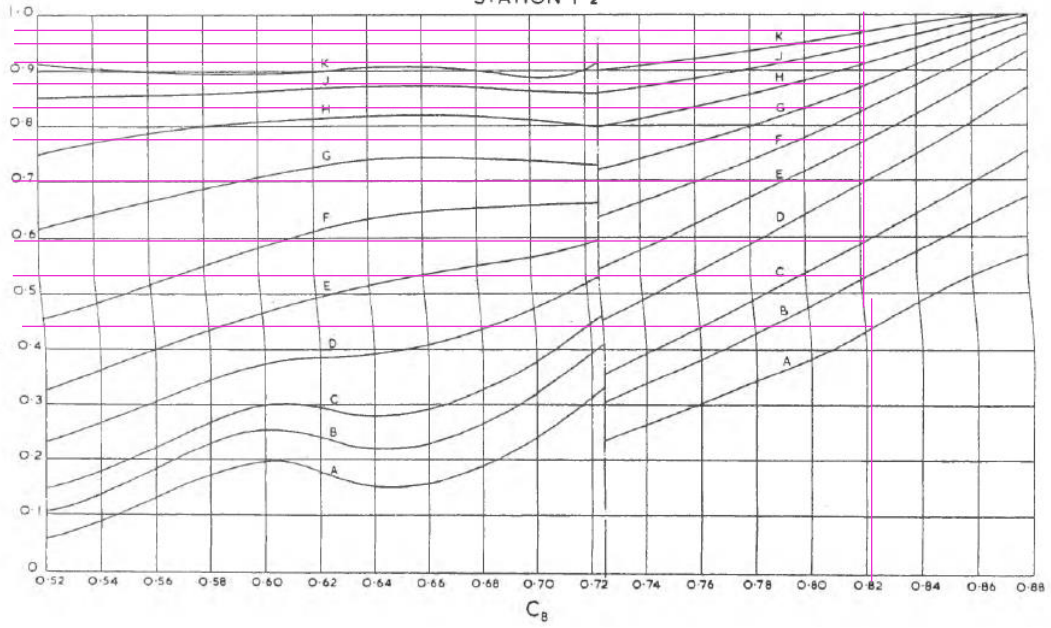
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

### STATION 1



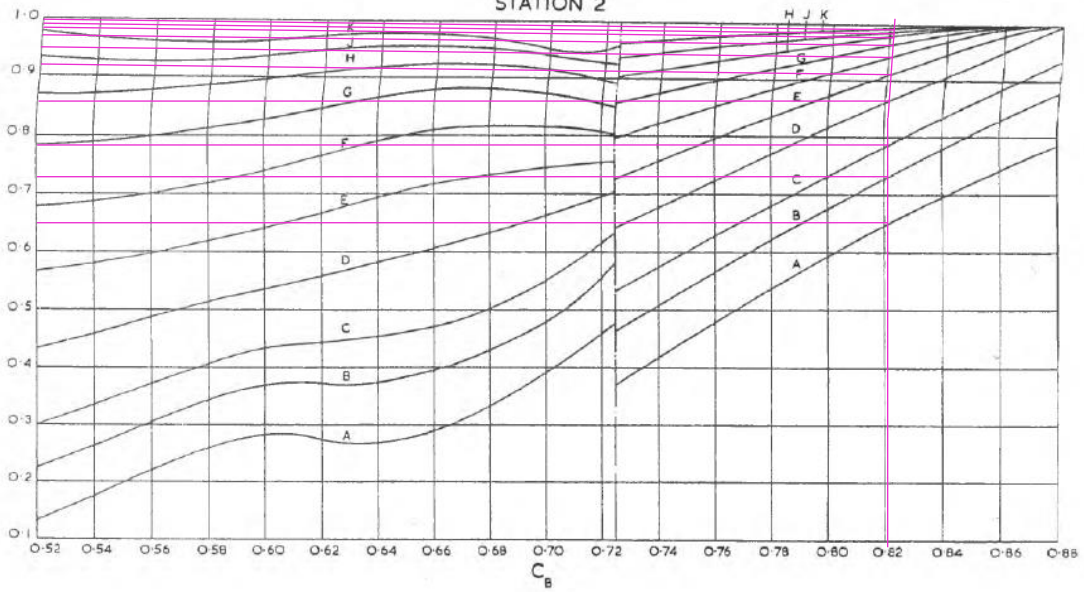
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

### STATION 1 1/2

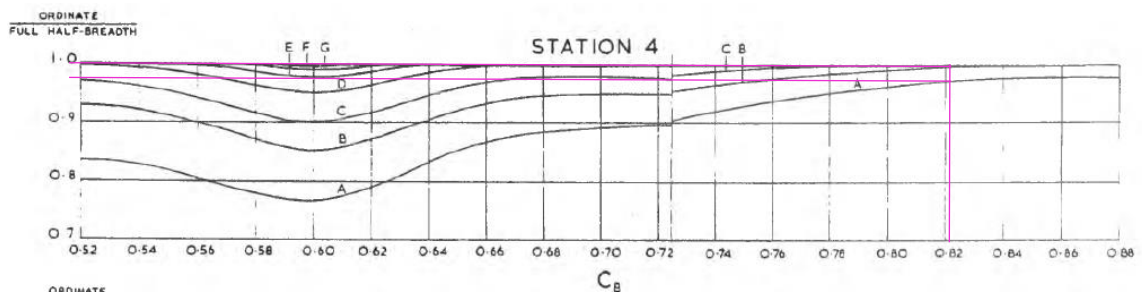
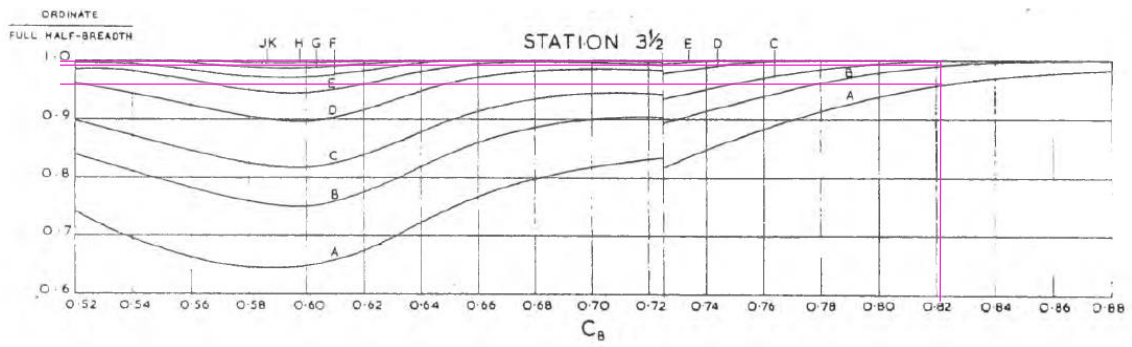
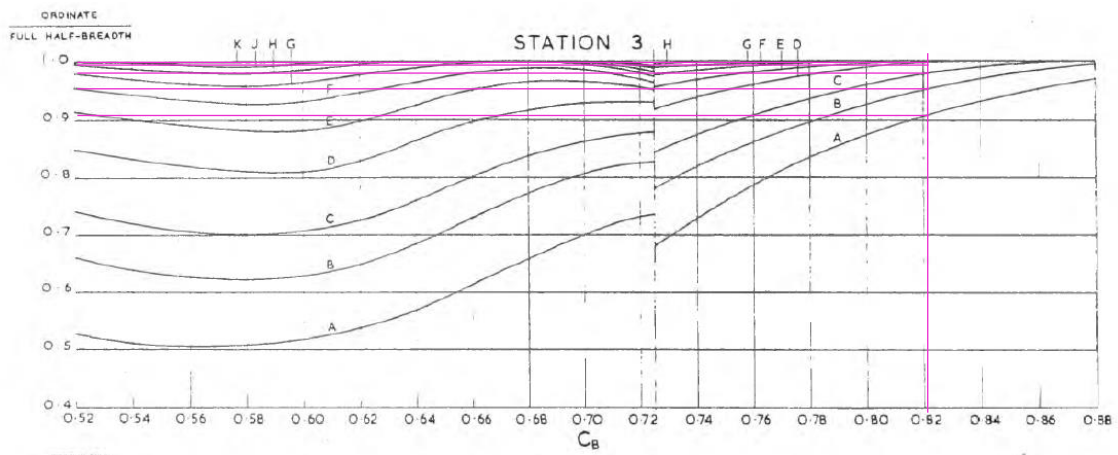
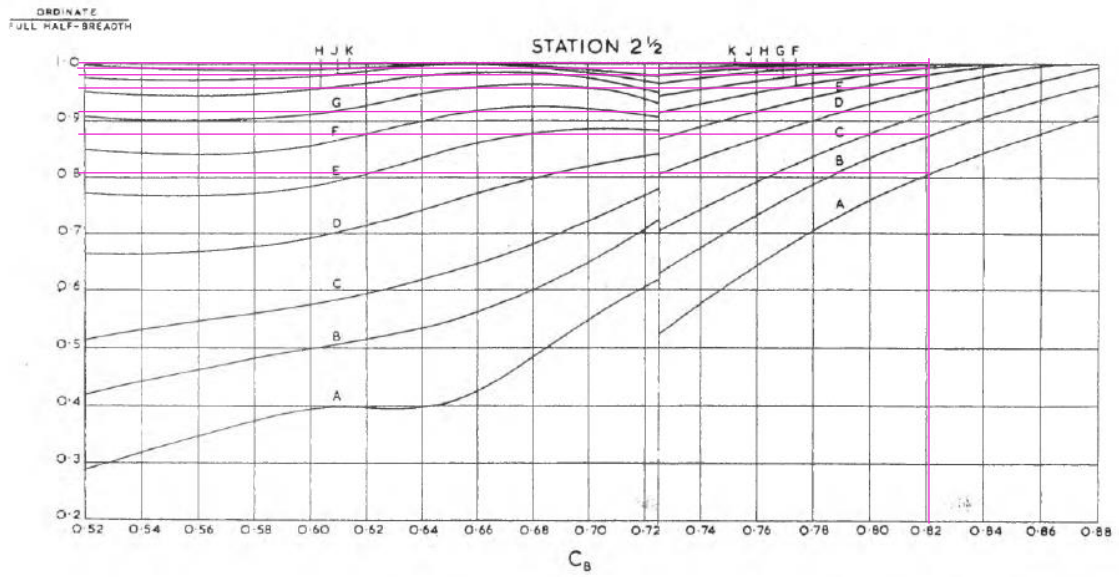


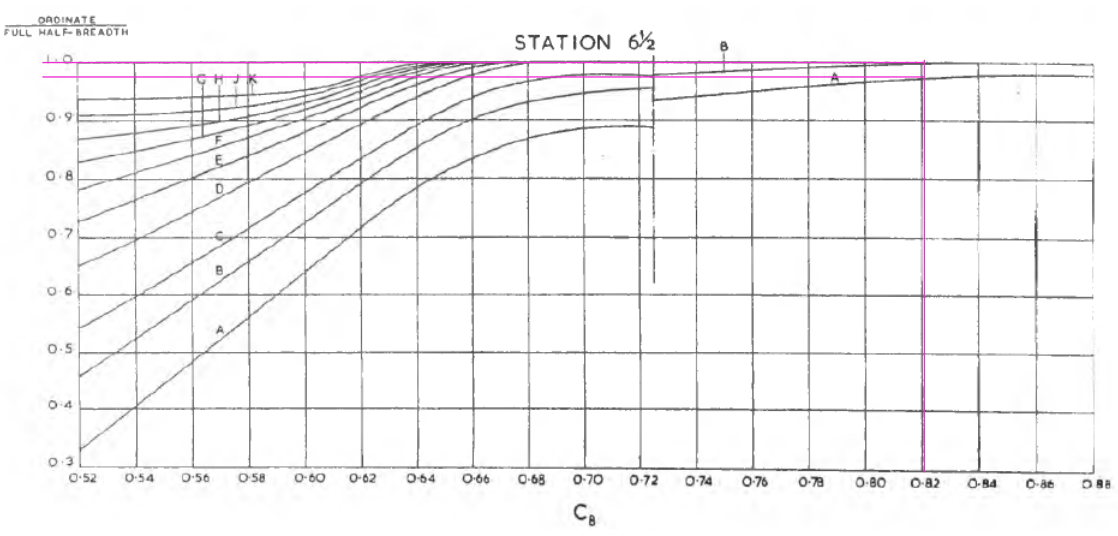
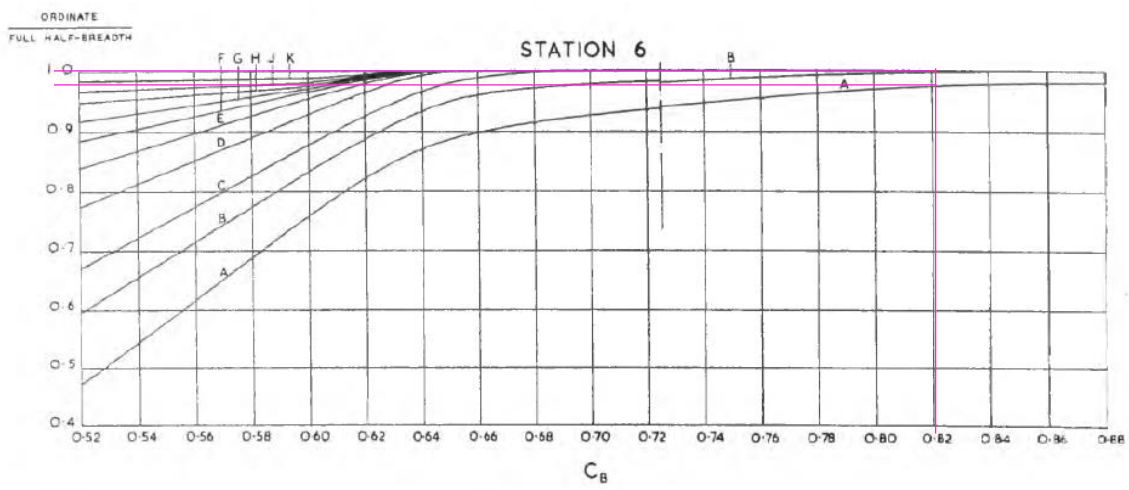
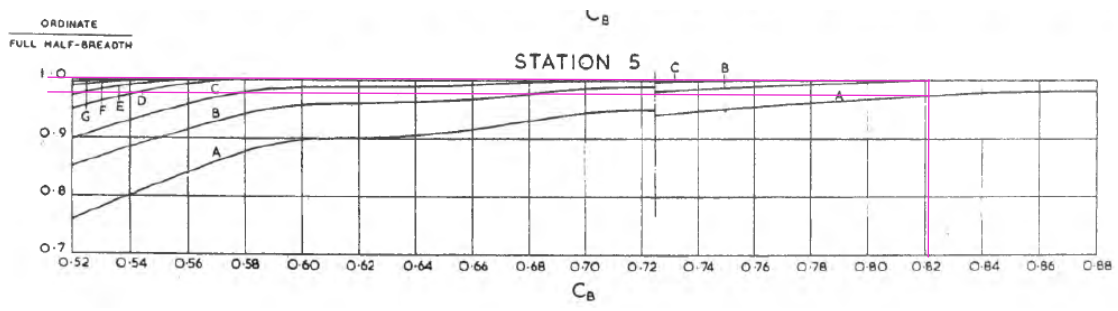
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

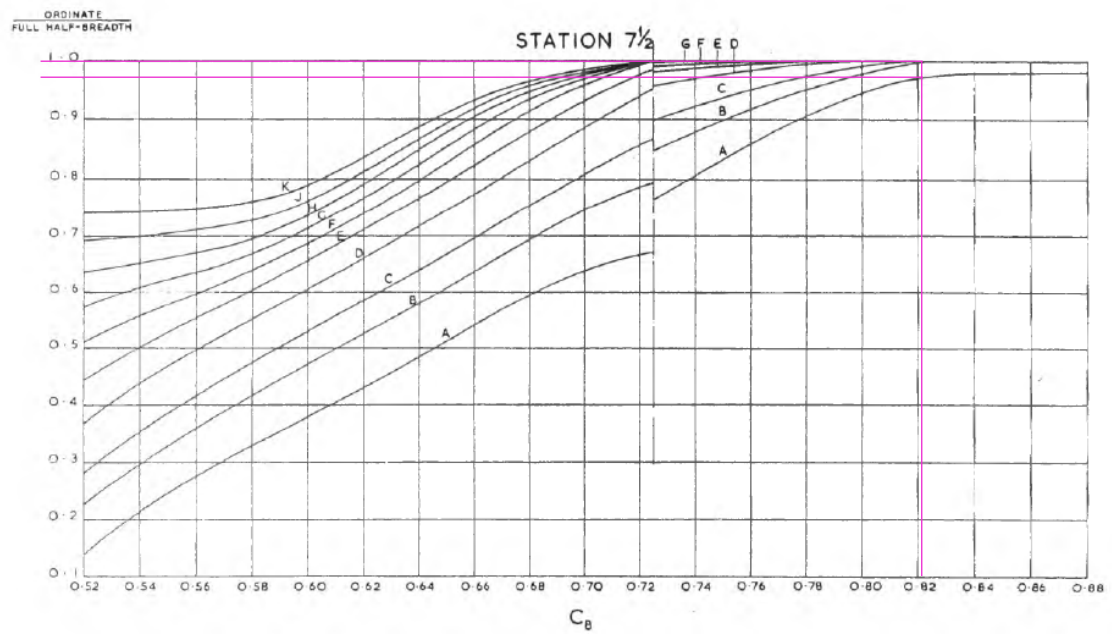
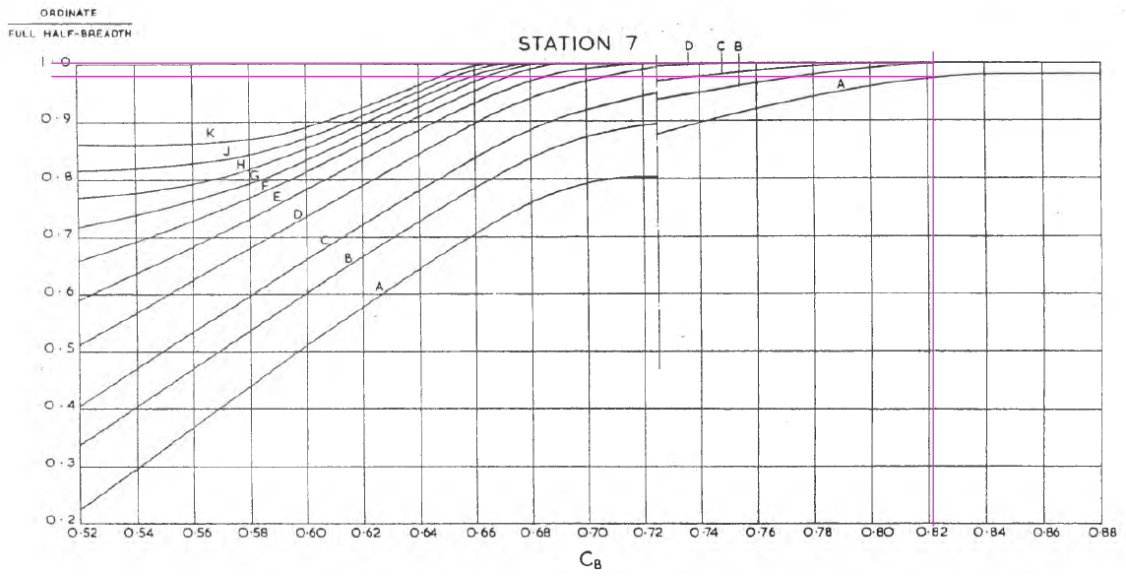
### STATION 2













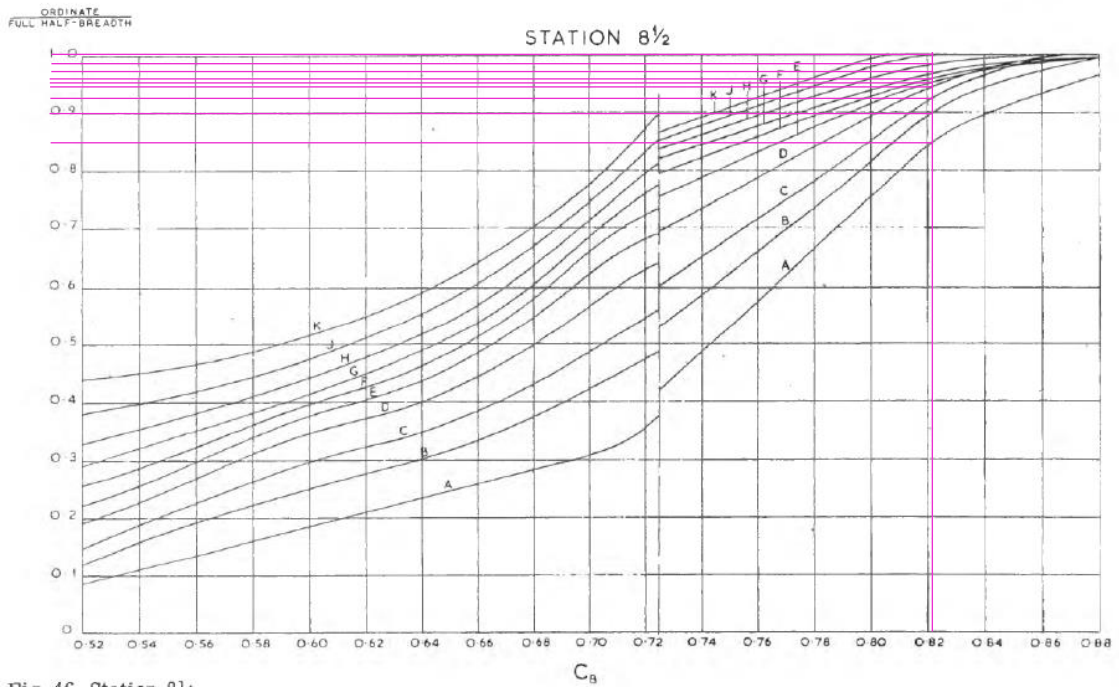
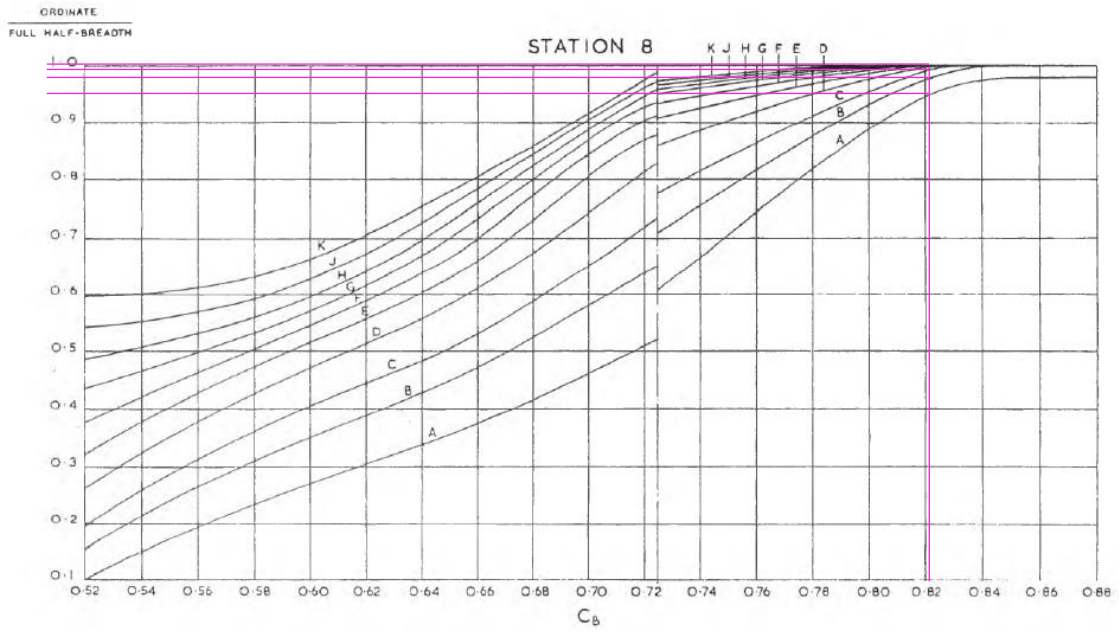
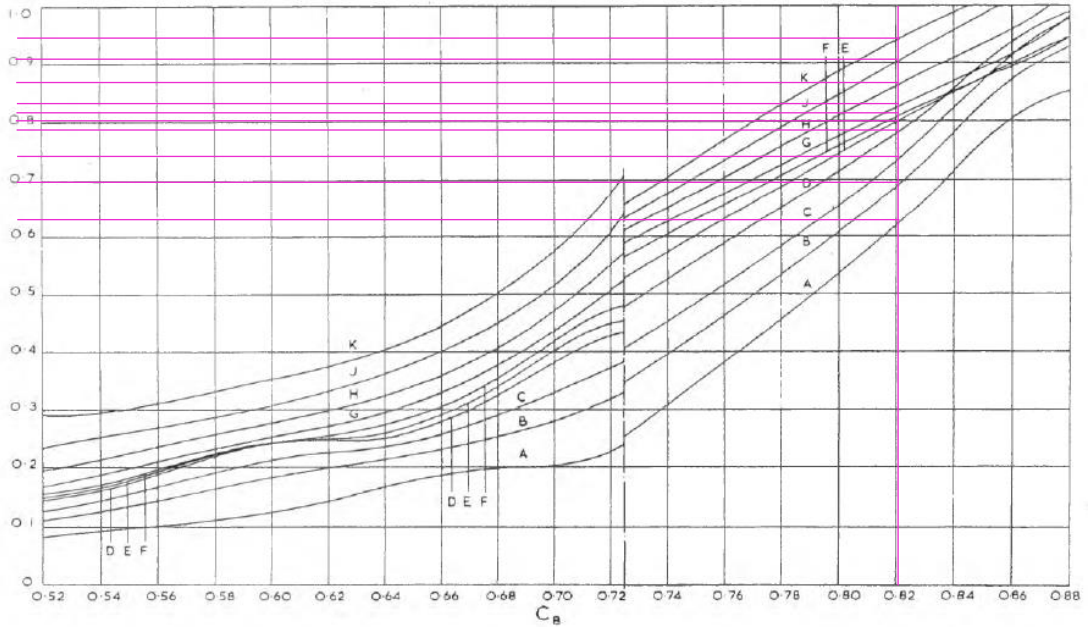


FIG. 40. (Continued)

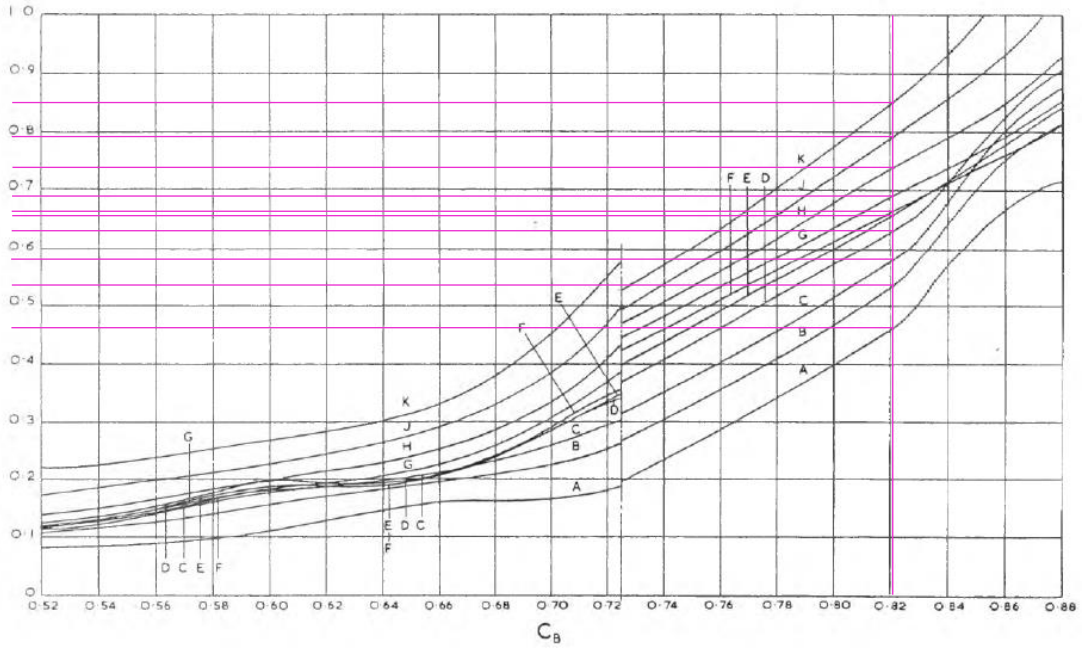
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

### STATION 9



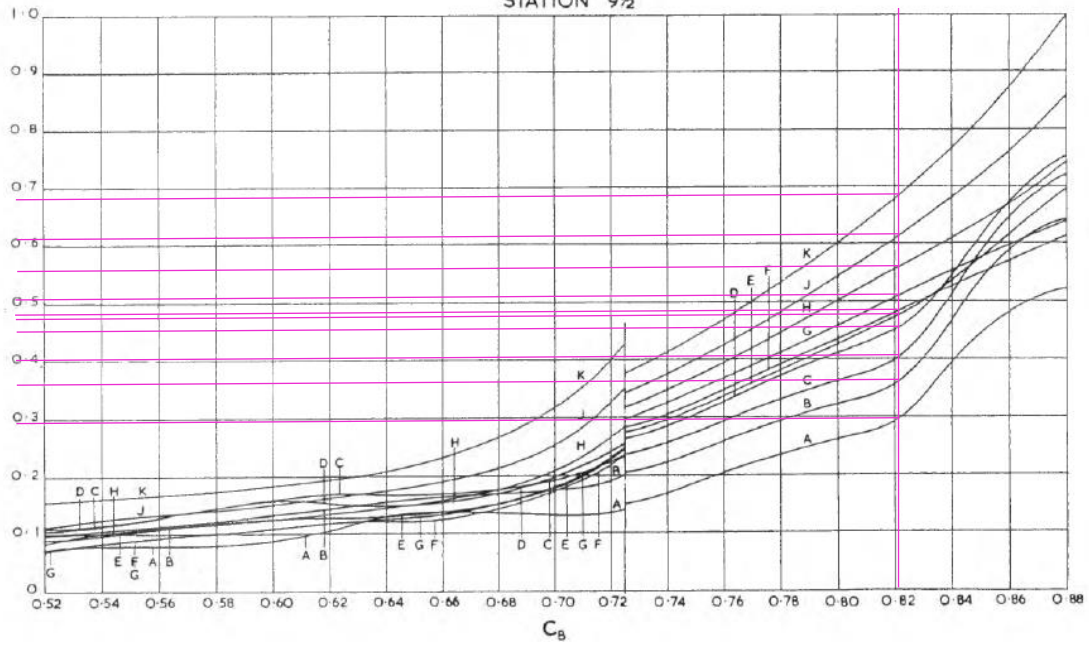
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

### STATION 9 1/4



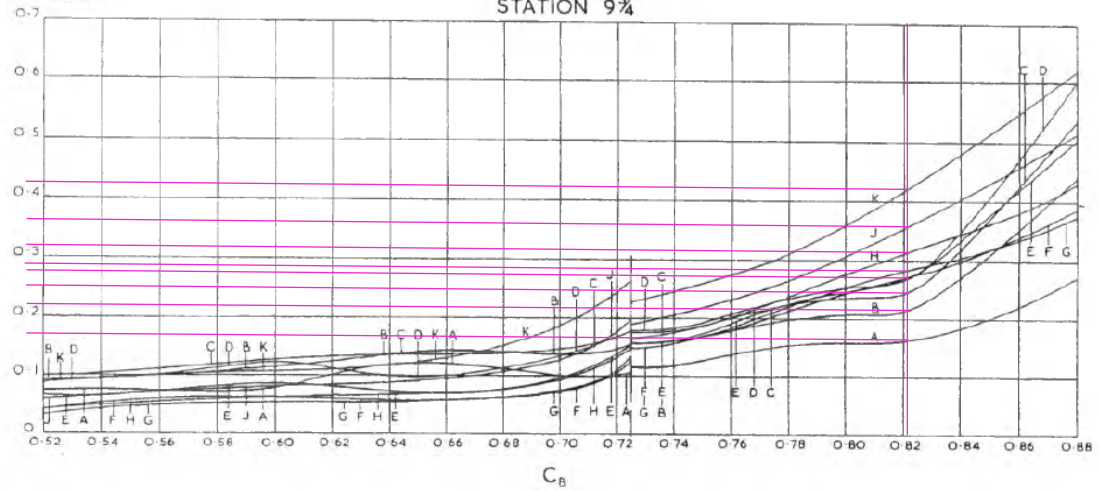
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

STATION 9½



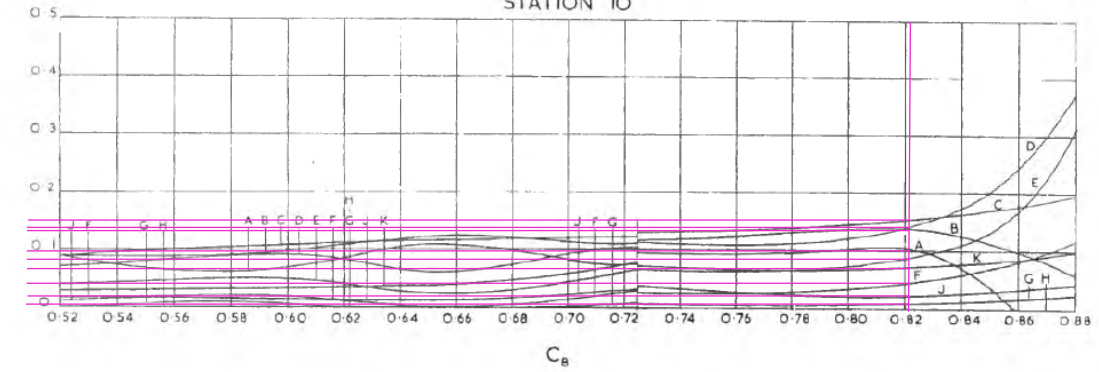
ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

STATION 9¾



ORDINATE  
FULL HALF-BREADTH

STATION 10



# ANEXO III

## BSRA proa/popa

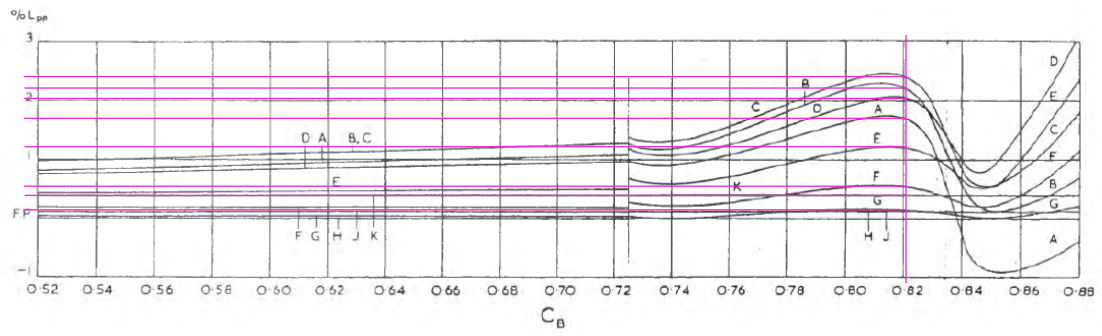
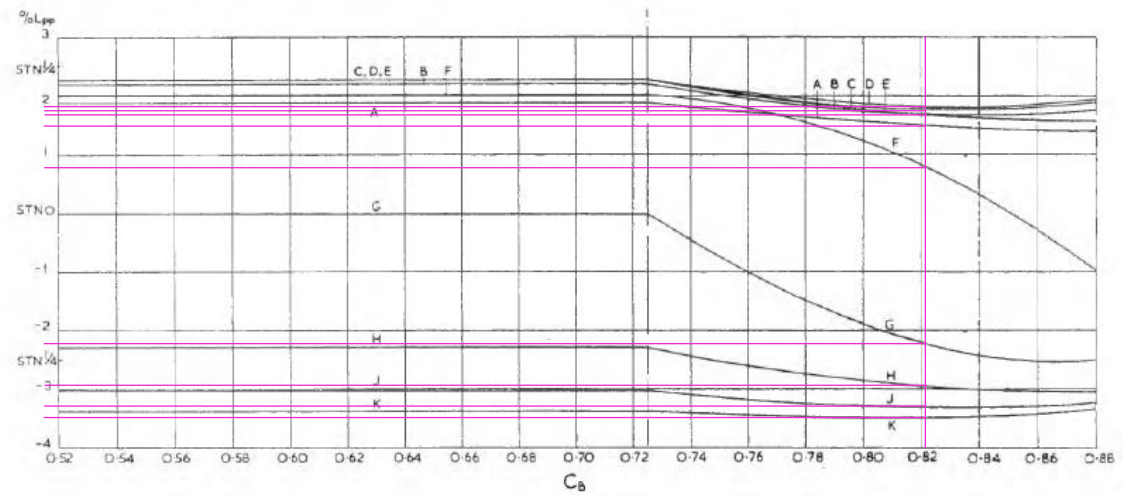


Fig. 51—Stem Profile Offsets.  
Expressed as Percentage of  $L_{pp}$  Relative to Station 10.

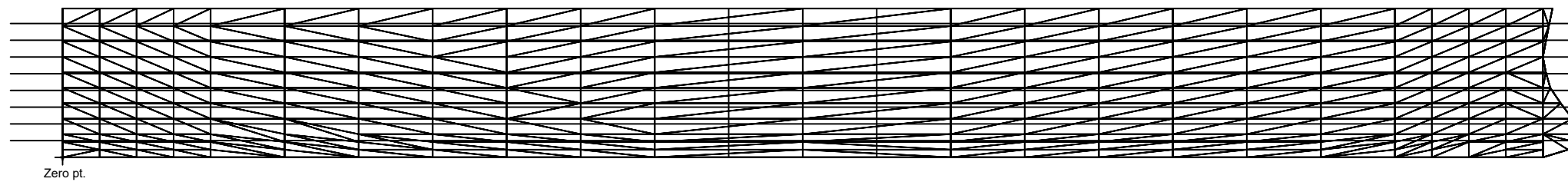


Ordinate expressed as percentage of  $L_{pp}$  relative to station 0.

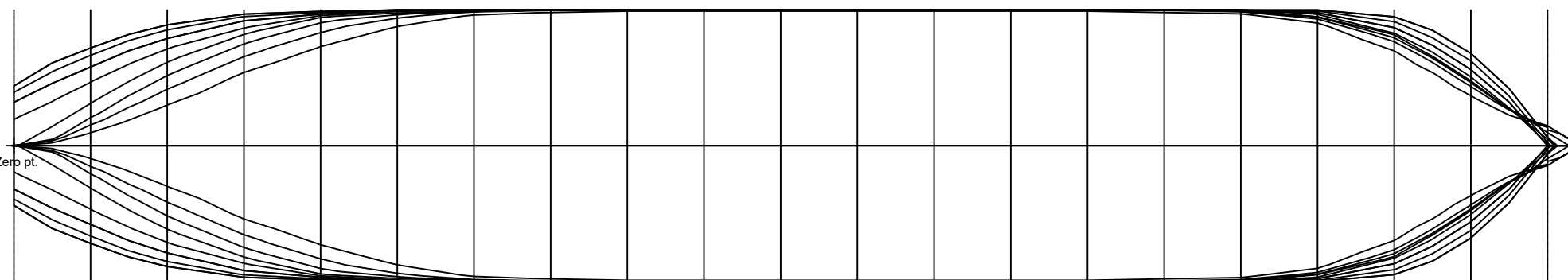
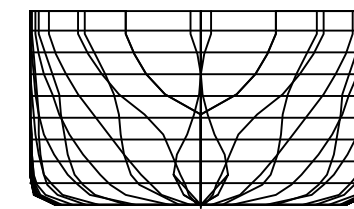
Fig. 52—Stern Profile Offsets.

# ANEXO IV



## Formas BSRA



Zero pt.



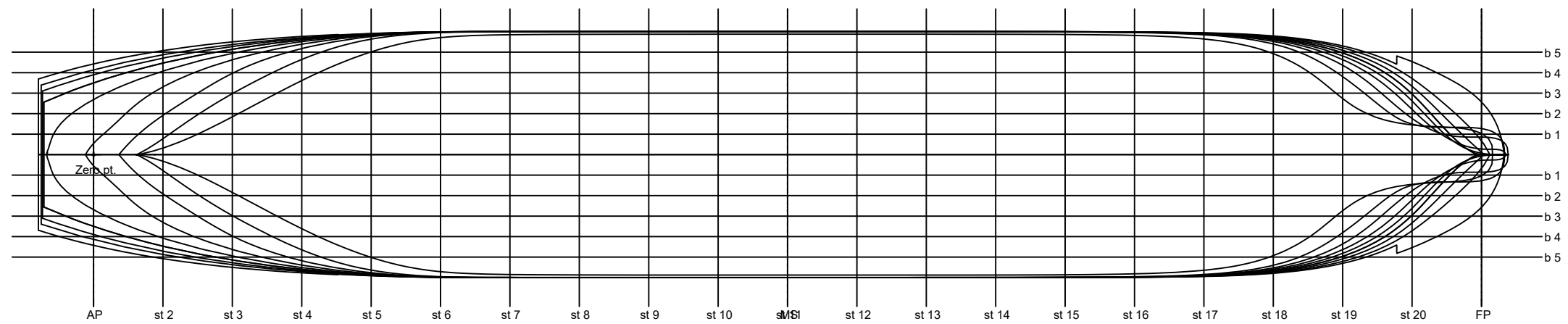
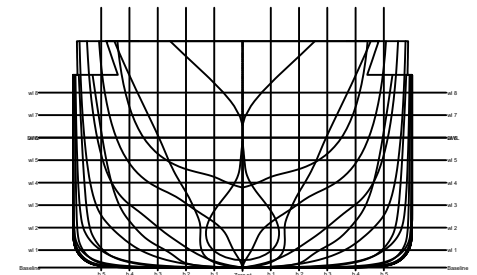
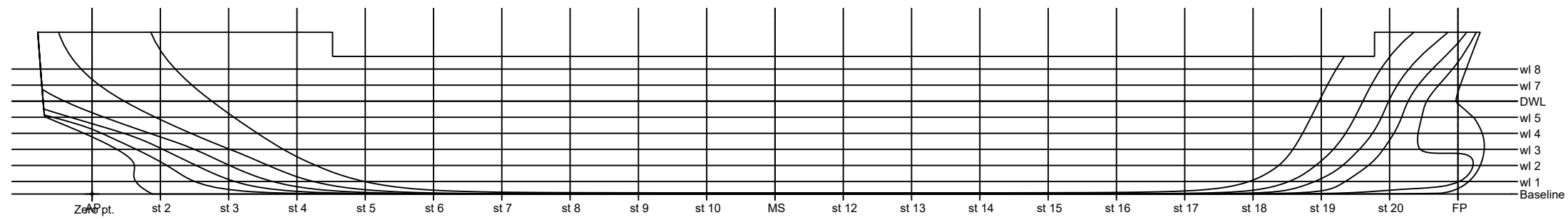
Zero pt.



GRADO	INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA	ESCUELA:		UNIVERSIDAD:	
TFG	BULKCARRIER PORTACONTENEDORES 40 000 TPM				UNIVERSIDADE DA CORUÑA
DOCUMENTO	CUADERNO 3	ALUMNA	MARTA GONZÁLEZ GARCÍA		
ESCALA:	PLANO:	TUTOR	VICENTE DÍAZ CASÁS		
1:650	FORMAS CURVAS B.S.R.A.				

# ANEXO V

## Formas Maxsurf

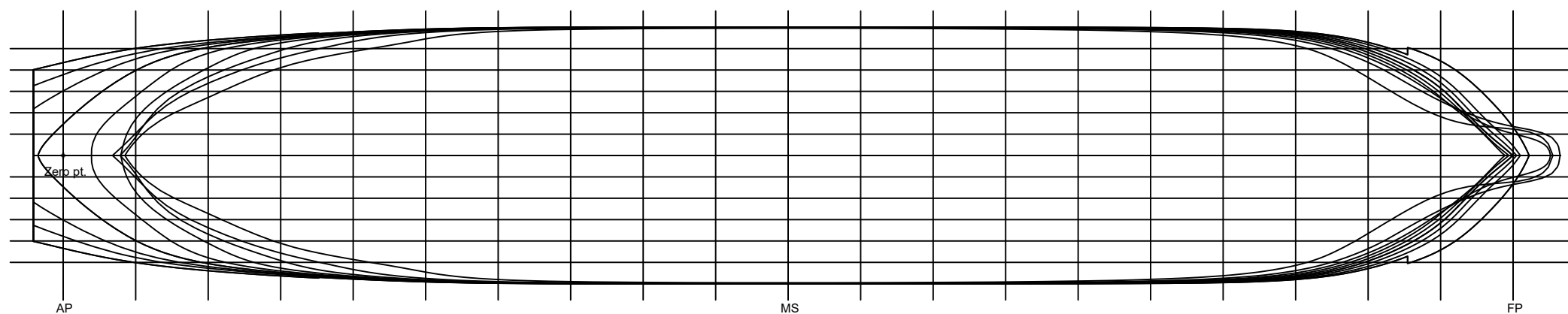
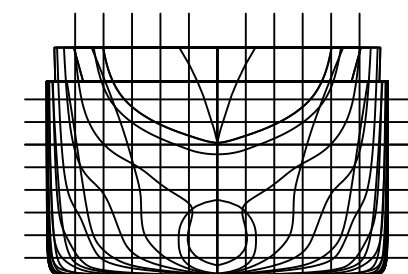
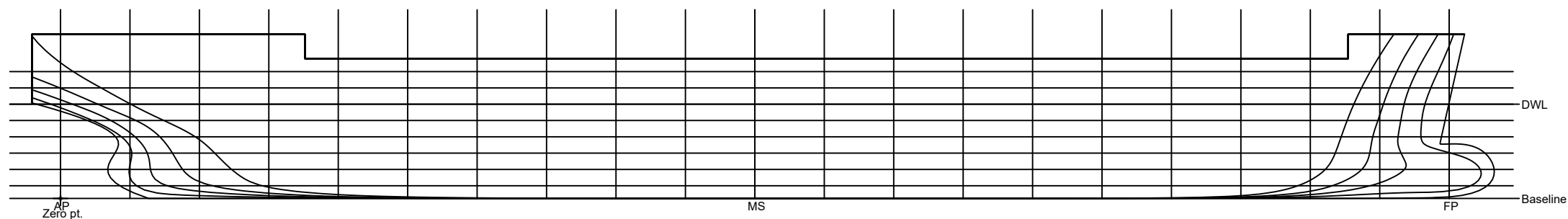






GRADO	INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA	ESCUELA:		UNIVERSIDAD:	
TFG	BULKCARRIER PORTACONTENEDORES 40 000 TPM				UNIVERSIDADE DA CORUÑA
DOCUMENTO	CUADERNO 3	ALUMNA	MARTA GONZÁLEZ GARCÍA		
ESCALA:	PLANO:	TUTOR	VICENTE DÍAZ CASÁS		
1:650	FORMAS MAXSURF				

# ANEXO V

## Formas finales



GRADO	INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA	ESCUELA:		UNIVERSIDAD:	
TFG	BULKCARRIER PORTACONTENEDORES 40 000 TPM				UNIVERSIDADE DA CORUÑA
DOCUMENTO	CUADERNO 3	ALUMNA	MARTA GONZÁLEZ GARCÍA		
ESCALA:	PLANO:	TUTOR	VICENTE DÍAZ CASÁS		
1:650	FORMAS FINAL				