



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2017/2018

BUQUE BULKCARRIER DE 44.500 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA

Lucía Cachaza Vázquez

TUTORAS/ES

Luis Manuel Carral Couce

FECHA

SEPTIEMBRE 2018



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2017/2018**

BUQUE BULKCARRIER DE 44.500 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 3

DISEÑO DE FORMAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
PROYECTO FIN DE MASTER

CURSO 2.017-2.018

PROYECTO NÚMERO 18-03

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS SOLAS
MARPOL. DOBLE CASCO

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 44.500 T.P.M. Grano, mineral, carbón

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio AL 85% MCR +15%. MM
15.000 millas a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotillas de accionamiento
hidráulico.

PROPULSIÓN: Motor diesel acoplado a una hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 28 personas

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buque

Ferrol, Octubre de 2.017

ALUMNO: D^a Lucía Cachaza

ÍNDICE

1	Introducción	5
2	Cálculo de coeficientes	6
2.1	Coeficiente de bloque	6
2.2	Coeficiente de la maestra	7
2.3	Coeficiente de la flotación	7
2.4	Coeficiente prismático	8
3	Contornos de proa y popa	9
3.1	Bulbo de proa.....	9
3.2	Contornos de popa.....	11
4	Proceso de diseño de las formas	15
4.1	Justificación del uso de la series sistemáticas B.S.R.A.	15
4.2	Generación de formas.....	15
5	Plano de formas definitivo del buque proyecto	20
6	Comprobación de los resultados	21
7	Referencias.....	22
	ANEXO I. Valores de hidrostáticas.....	23
	ANEXO II. Buque de referencia.....	24
	ANEXO III. Gráficos de la serie BSRA.....	26
	ANEXO IV. Plano de formas.....	37

1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno tratamos de determinar el Plano de Formas de nuestro buque. Para ello nos basamos en las características principales:

$$DWT = 44.500 \text{ t}$$

$$L_{pp} = 180,14 \text{ m}$$

$$B = 29,66 \text{ m}$$

$$D = 16,13 \text{ m}$$

$$T = 12,07 \text{ m}$$

2 CÁLCULO DE COEFICIENTES

2.1 Coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque ha sido determinado previamente a través de una serie de Métodos que reflejamos a continuación.

Ecuación del Dr Townsin (Practical Ship Design):

La expresión es: $C_B = 0,7 + \left(\frac{1}{8}\right) \tan^{-1}[25 \times ((0,23 - F_n))]$

Para el cálculo del coeficiente de bloque por este método, necesitamos conocer el valor del número de Froude, que se calcula de la siguiente forma:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_{pp}}}$$

Donde:

La velocidad del buque a proyectar, que es un dato dado en los RPA'S, es de 15 Kn (7,716 m/s), a partir de este valor calculo el Número de Froude.

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L_{pp}}} = 0,184 \text{ (Rango } 0,17 < F_n < 0,21)$$

$$C_B = 0,81$$

Método "Katsoulis":

$$C_B = K \cdot f \cdot L^a \cdot B^b \cdot T^c \cdot V^d$$

$$C_B = 0,8217 \times 1,03 \times 180,14^{0,42} \times 29,66^{-0,3072} \times 12,07^{0,1721} \times 15^{-0,6135} \rightarrow C_B = 0,79$$

Donde:

$$K = 0,8217$$

$$a = 0,42$$

$$b = -0,3072$$

$$c = 0,1721$$

$$d = -0,6135$$

L=eslora entre perpendiculares (m).

B=manga (m).

T=calado (m).

V=velocidad en servicio (nudos).

f=1,03 (bulkcarriers)

Método de "Minowsky":

$$C_B = 1,22 - 0,719(v/\sqrt{L})$$

$$C_B = 0,81$$

Método "Van Lammeren":

$$C_B = 1,137 - 0,6 \cdot \frac{v}{\sqrt{L}}$$
$$C_B = 1,137 - 0,6 \cdot \frac{15 \cdot 0,5144}{\sqrt{180,14}} \rightarrow C_B = 0,80$$

Método "Telfer" (página 7-69 Proyectos de Buques y Artefactos):

$$C_B = 1 - (3/8) \cdot ((8/L) + 1) \cdot V/\sqrt{L}$$
$$C_B = 0,80$$

Calculamos por lo tanto una media entre todos los métodos anteriormente utilizados para el cálculo del coeficiente de bloque del buque base:

$$C_B = (0,81 + 0,79 + 0,81 + 0,80 + 0,80) / 5 \approx 0,805$$

2.2 Coeficiente de la maestra

Este puede expresarse en función del número de Froude, mediante una expresión del tipo (*Libro, Proyectos de Buques y Artefactos, página 7-65*):

$$C_M = 1 - 2 \times N_F^{-4} \quad \text{si } 0 < N_F < 0,5$$

$$N_F = v/\sqrt{gL} = 15 \times 0,514 / (\sqrt{9,81 \times 180,14}) = 0,184$$

$$C_M = 0,997$$

Otra forma de calcular el coeficiente de la maestra es a través de la Fórmula de Kerlen (*Proyecto Básico del Buque Mercante, página 585*):

$$C_M = 1,006 - 0,0056 C_B^{-3,56} = 0,993$$

Haciendo una media entre ambos métodos obtenemos que para nuestro buque el Coeficiente de la maestra es: $C_M = 0,995$.

2.3 Coeficiente de la flotación

Podemos calcularlo de diversas formas (*Proyectos de Buques y Artefactos, página 7-67*)

$$C_f = 0,619 C_B + 0,371 \rightarrow C_f = 0,869$$

$$C_f = 1,265 C_B - 0,146 \rightarrow C_f = 0,872$$

$$C_f = 1,167 C_B - 0,057 \rightarrow C_f = 0,882$$

Método de S/HÜTE:

$$C_f = 1,10 C_B / C_M \rightarrow C_f = 0,890$$

Método s/Smith:

$$C_f = 1/3 + (2/3) \cdot C_B \rightarrow C_f = 0,870$$

La media entre los diferentes métodos utilizados para el cálculo del coeficiente de la flotación nos da un valor de $C_f = 0,876$.

2.4 Coeficiente prismático

Puede expresarse de acuerdo con la fórmula de L.Troost, como función del Número de Froude, en la forma siguiente:

$$C_p = 1,20 - 2,12 \times N_F \rightarrow C_p = 0,810$$

Otra forma para calcular este coeficiente, es a partir de los valores del coeficiente de bloque y del coeficiente de la maestra (*Proyectos de Buques y artefactos, página 7-67*):

$$C_p = C_B / C_M \rightarrow C_p = 0,809$$

Y por último, tenemos otra expresión para el cálculo del coeficiente prismático (*Proyectos de Buques y artefactos, página 7-67*):

$$C_p = 0,96 C_B + 0,04 \rightarrow C_p = 0,813$$

Haciendo una media entre los valores anteriormente obtenidos, el valor de nuestro coeficiente prismático será: $C_p = 0,811$.

Tabla de coeficientes obtenidos

C_B	C_M	C_f	C_p
0,805	0,995	0,876	0,811

Tabla 1 Resumen de coeficientes

3 CONTORNOS DE PROA Y POPA

3.1 Bulbo de proa.

Primeramente determinamos la necesidad de la instalación o no de un bulbo en la proa, en caso de que sí sea necesaria la instalación de un bulbo, realizaremos los cálculos necesarios para la definición de los parámetros del mismo.

1) Justificación del bulbo de proa

Tienen bulbo el 95% de los buques que cumplen las siguientes condiciones (*Proyecto Básico del Buque Mercante, pag.86*):

Coefficiente de bloque

$$0,55 < C_B < 0,85 \rightarrow C_B=0,805 \text{ (cumple)}$$

Relación B/T

$$2 < B/T < 4 \rightarrow B/T=2,46 \text{ (cumple)}$$

No son apropiados los bulbos de proa para buques en los que se verifique:

$$C_B \times B/L > 0,135 \rightarrow 0,132 < 0,135 \text{ (cumple)}$$

El buque a proyectar cumple todas estas condiciones por lo tanto diseñaremos para el mismo un bulbo en la proa. Para asegurarnos de que es necesario un bulbo en la proa podemos hacer además una predicción a través del programa Shipshape.

Necesitamos el cálculo de algunos datos para introducir en el ShipShape:

$$\text{Área bulbo} = 0,08 \times C_M \times B \times T = 28,554 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura bulbo} = 0,333 T = 4,019 \text{ m}$$

$$\Phi = 70\% \cdot T = 8,449 \text{ m}$$

$$H_{eje} = \left(\frac{\Phi}{2}\right) + 0,2 = 4,425 \text{ m}$$

Con bulbo:

Service speed	15.00 (knots)	Towing resist	719.086 (kN)
Serv. allowance	15.00 (x)	Effective pow	5548.94 (kW)
Wake fraction	* (-)	Effective pow	7544.46 (HP)
Thrust ded.	* (-)	Wake fraction	0.47010 (-)
Rel. rot. eff.	* (-)	Thrust ded.	0.20247 (-)
No. of prop.s	1 (-)	Rel. rot. eff.	1.02500 (-)
No. of blades	4 (-)	Hull efficiency	1.50506 (-)
Safety cavitat.	No	Thrust power	3596.95 (kW)
Axis above keel	4.425 (m)	Thrust power	4890.49 (HP)
Max. prop.diam.	8.449 (m)	Propeller eff.	0.48372 (-)
Prop. diameter	* (m)	Propulsive eff.	0.74623 (-)
Blade area rat.	* (-)	Shaft power	8551.38 (kW)
Pitch ratio	* (-)	Shaft power	11626.63 (HP)
RPM	110 (-)	Prop. diameter	6.471 (m)
		Blade area rat.	0.464 (-)
		Pitch ratio	0.620 (-)
		RPM	110 (-)

F1 Help F2 Calc. F3 Q.Calc. F4 Message F5 Report.file F6 Report.printer
PgUp Next Page (Speed Range Calculations) PgDn Previous Page Esc Return

Sin bulbo:

Service speed	15.00 (knots)	Towing resist	751.647 (kN)
Serv. allowance	15.00 (%)	Effective pow	5800.20 (kW)
Wake fraction	* (-)	Effective pow	7886.08 (HP)
Thrust ded.	* (-)	Wake fraction	0.46897 (-)
Rel. rot. eff.	* (-)	Thrust ded.	0.20196 (-)
No. of prop.s	1 (-)	Rel. rot. eff.	1.02414 (-)
No. of blades	4 (-)	Hull efficiency	1.50280 (-)
Safety cavitat.	No	Thrust power	3768.63 (kW)
Axis above keel	4.425 (m)	Thrust power	5123.91 (HP)
Max. prop.diam.	8.449 (m)	Propeller eff.	0.48118 (-)
Prop. diameter	* (m)	Propulsive eff.	0.74057 (-)
Blade area rat.	* (-)	Shaft power	9006.90 (kW)
Pitch ratio	* (-)	Shaft power	12245.97 (HP)
RPM	110 (-)	Prop. diameter	6.533 (m)
		Blade area rat.	0.479 (-)
		Pitch ratio	0.620 (-)
		RPM	110 (-)

F1 Help F2 Calc. F3 Q.Calc. F4 Message F5 Report,file F6 Report,printer
PgUp Next Page (Speed Range Calculations) PgDn Previous Page Esc Return

En el caso de no poner bulbo en la proa la potencia necesaria para el mismo número de revoluciones, que en este caso son 110 rpm es de 12245,97 HP, mayor que en el caso de poner bulbo que es de 11626,63 HP.

Por lo tanto decidimos que lo mejor será diseñar un bulbo para nuestro buque.

- 2) **Definición de los parámetros que caracterizan el bulbo.**(Buques operando a valores de F_n moderados y bajo $0,14 < F_n < 0,30$)

Altura del punto de protuberancia máxima.

Para obtener un buen rendimiento del bulbo este debe estar relativamente próximo a la flotación, por lo que se considera que $h < 0,35T$, sin embargo para definir la altura del bulbo debe definirse contemplando todas las situaciones de calados de navegación del buque, siendo más efectivo en las situaciones de calado más bajo.

Por lo tanto consideraremos el valor de H_x entre el 35% y el 55% del calado máximo en proa.

Eligiéndose para el proyecto que nos ocupa el valor recomendado por el "Proyecto Básico Del Buque Mercante" de $H_x = 0,40 \times T = 4,80$ m.

Abscisa del punto de máxima protuberancia adimensionalizada.

Se calcula a partir de las siguientes expresiones empíricas:

$$X = L_{pp} (0,2642 \times C_B \times \frac{B}{L_{pp}} - 0,0046) = 5,074 \text{ m (Para bulbos para plena carga y lastre).}$$

$$X = L_{pp} (0,1811 \times C_B \times \frac{B}{L_{pp}}) + 0,0074 = 5,679 \text{ m (Para bulbos en condición de lastre).}$$

Área transversal.

S_{BULBO} es el área de la sección transversal del bulbo por la perpendicular de proa y se adimensionaliza mediante el área de la cuaderna maestra.

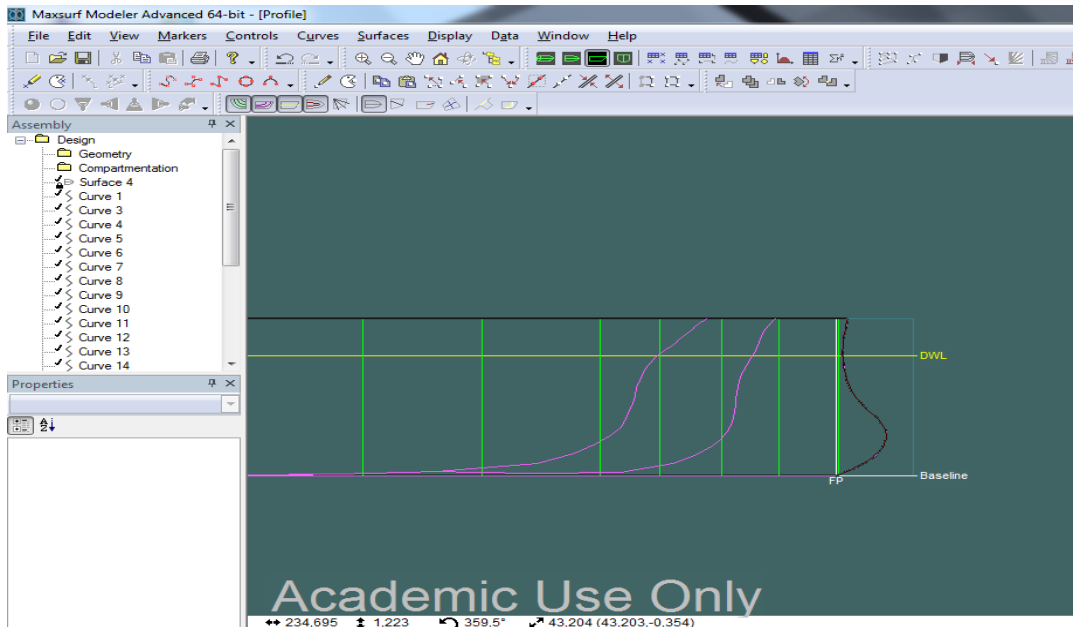
El libro "Proyecto Básico Del Buque Mercante" nos proporciona el siguiente rango para bulkcarriers $\rightarrow 9\% S_{maestra} \leq S_{bulbo} \leq 12\% S_{maestra}$.

donde:

$$S_{maestra} = C_M \cdot B \cdot D = 476,981 \text{ m}^2$$

$$\text{Por lo tanto obtenemos que: } 42,928 \text{ m}^3 \leq S_{bulbo} \leq 57,238 \text{ m}^2$$

Por lo tanto decidimos que lo mejor es diseñar un Bulbo en la proa para nuestro buque. Este lo calcularemos a partir de las gráficas de series sistemáticas B.S.R.A para obtención del bulbo de proa, obteniendo el siguiente:



3.2 Contornos 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.

Primeramente, vamos a hacer una estimación sobre el valor del diámetro de la hélice propulsora (*Proyecto Básico del Buque Mercante, página 602*):

$$D_H = 15,75 \frac{MCO^{0,2}}{N^{0,6}} = 6,10 \text{ m}$$

$$MCO = \frac{0,889\Delta^{2/3} \left[40 - \frac{L_{pp}}{61} + 400(K-1)^2 - 12C_B \right]}{15000 - 1,81N\sqrt{L_{pp}}} V^3 = 11392 \text{ BHP}$$

$$K: \text{ se obtiene de la fórmula de Alexander } \rightarrow C_B = K - \frac{0,5 \cdot V}{\sqrt{3,28 \cdot L_{pp}}}$$

$$K = C_B + \frac{0,5 \cdot V}{\sqrt{3,28 \cdot L_{pp}}} = 1,1$$

$$N = 110 \text{ rpm}$$

Además en la estimación realizada anteriormente con el programa Shipshape nos da un valor de $D_H = 6,471 \approx 6,5 \text{ m}$ y por lo tanto para los cálculos utilizaremos este valor (*Ver Apartado 1) Justificación del bulbo de proa*).

Una vez conocido el valor del diámetro de la hélice propulsora, vamos a calcular los vanos del codaste. Nuestra Sociedad de Clasificación es el *American Bureau Of Shipping (ABS)*, pero en su reglamento no nos define los criterios a seguir respecto a los vanos del codaste y por lo tanto, realizaremos estos cálculos mediante las fórmulas establecidas por otras Sociedades de Clasificación y nos quedaremos con los valores que sean más restrictivos.

Lloyd's Register:

$$a = A \cdot K_1 \cdot D$$

$$b = 1,5 \cdot a$$

$$c = 0,12 \cdot D$$

$$d = 0,03 \cdot D$$

donde:

$$A = 1,0 \text{ (para } Z=4\text{)}$$

$$K_1 = \left[\left(0,1 + \left(\frac{L}{3050} \right) \cdot \left(2,56 \cdot Cb \left(\frac{BHP}{L^2} \right) + 0,3 \right) \right) \right] = 0,165$$

Valores obtenidos:

$$a = 1,080 \text{ m}$$

$$b = 1,620 \text{ m}$$

$$c = 0,780 \text{ m}$$

$$d = 0,195 \text{ m}$$

Det Norske Veritas:

$$a = (0,24 - 0,01 \cdot Z) \cdot D$$

$$b = (0,35 - 0,02 \cdot Z) \cdot D$$

$$c = 0,1 \cdot D$$

$$d = 0,035 \cdot D$$

donde:

$$Z = \text{número de palas de la hélice (consideramos una hélice de 4 palas)}$$

Valores obtenidos:

$$a = 1,260 \text{ m}$$

$$b = 1,750 \text{ m}$$

$$c = 0,650 \text{ m}$$

$$d = 0,228 \text{ m}$$

Bureau Veritas:

$$a = A \cdot f \cdot D$$

$$b = 1,5 \cdot a$$

$$c \geq 0,12D$$

$$d = 0,03 \cdot D$$

Donde:

$A=0,65$ para hélices de 4 palas.

$$f = ((C_B \cdot BHP)^{2/3}) / B \cdot L_{pp} = 0,0834$$

Valores obtenidos:

$$a=0,353 \text{ m}$$

$$b=0,529 \text{ m}$$

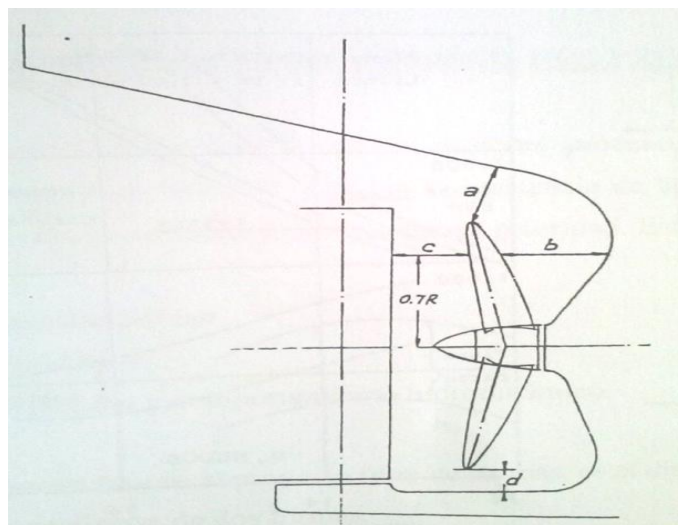
$$c \geq 0,780 \text{ m}$$

$$d= 0,195 \text{ m}$$

	Lloyd´s Register	Det Norske Veritas	Bureau Veritas	Máximos
a	1,080	1,260	0,353	1,260
b	1,620	1,750	0,529	1,750
c	0,780	0,650	0,780	0,780
d	0,195	0,228	0,195	0,228

Tabla 2 Vanos del codaste

Los valores denominados como a,b,c,d, se corresponden con las siguientes medidas indicadas en la figura:



Aparece en la imagen una nueva medida $0,7 \cdot R$, que para nuestro buque es $\rightarrow 0,7 \times (6,5/2) = 2,275 \text{ m}$.

Obtención del contorno de popa: La forma del contorno longitudinal de la popa se obtiene a partir de la medición directa en el plano de disposición general del buque de referencia "Pacific Endeavor" (Ver ANEXO II. Buque de referencia).

Por lo tanto un croquis del contorno de popa será el que se muestra a continuación. Este se puede ver modificado en el Cuaderno 6, cuando hagamos un cálculo más detallado sobre la hélice y el timón del buque.

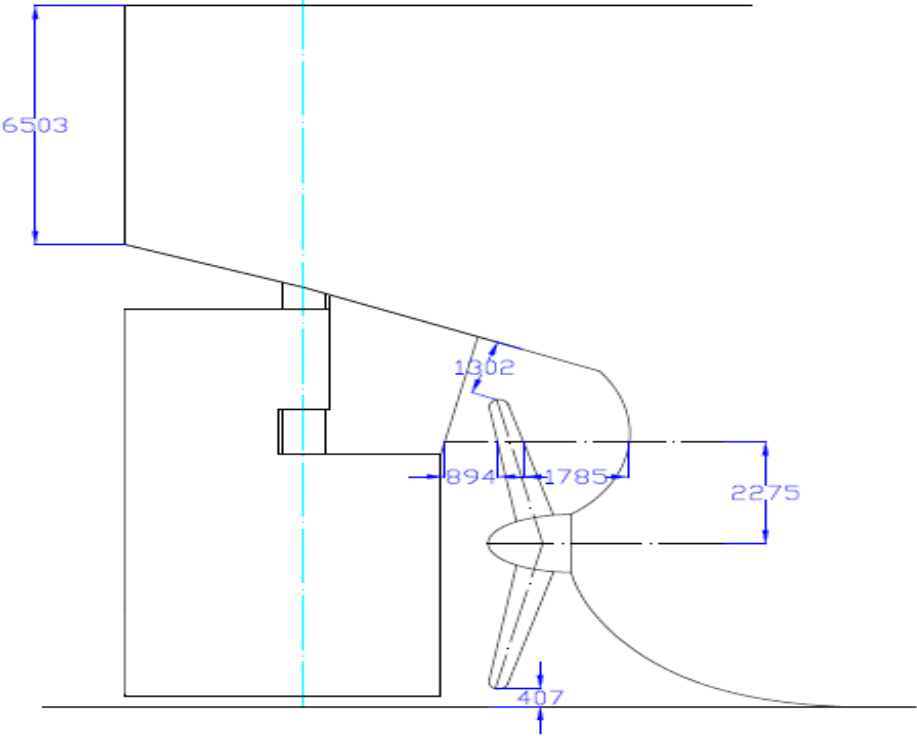


Figura 1 Croquis contorno de popa

4 PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS

Existen diferentes posibilidades para definir el plano de formas de un buque, pero nosotros vamos a utilizar el método de Series sistemáticas B.S.R.A. que consiste en estudios sistemáticos de formas realizados por diversos Canales de Ensayos hidrodinámicos- los realizados para astilleros no están accesibles- que garantizan dentro de su entorno, o campo de aplicación, el conocimiento de la resistencia al avance del buque.

4.1 Justificación del uso de la series sistemáticas B.S.R.A.

Para aplicar las series sistemáticas B.S.R.A, debe comprobarse previamente que nuestro buque cumple con los siguientes requisitos:

Coeficiente de bloque, cuyos límites de aplicación son:

$$0,55 < C_B < 0,85 \rightarrow C_B=0,805 \text{ CUMPLE}$$

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

$$-3 < X_B/L < 4 \rightarrow 9,590 \cdot 10^{-3} \text{ CUMPLE}$$

$$X_B=17,5 \times C_p - 12,5 = 1,728$$

Relación $L/\Delta^{1/3}$, en este caso los límites son:

$$4 < L/\Delta^{1/3} < 7 \rightarrow L/\Delta^{1/3}=4,77 \text{ CUMPLE}$$

La conclusión final es que el buque de este proyecto se encuentra dentro del conjunto de buques a los que es aplicable la serie sistemática BSRA.

4.2 Generación de formas

Para calcular las formas del buque, nos basamos entonces en la Serie BSRA.

Para buques mercantes, esta serie se aplica para buques con bulbo y sin bulbo, habiendo 2 familias de curvas diferentes para cada tipo. Como calculamos en el apartado 3.1 *Bulbo de proa.*, 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 ($T=12,07$) a partir de la siguiente tabla obtenida del libro "*Proyectos y Artefactos. Proyecto de las formas de un buque*":

FLOTACIÓN	%CALADO	ALTURA (m)
A	7,69	0,928
B	15,38	1,856
C	23,08	2,786
D	38,46	4,642
E	53,85	6,500
F	69,23	8,356
G	84,62	10,214
H	100	12,070
J	115,38	13,926
K	130,77	15,784

Tabla 3 Altura de las líneas de agua

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 ($C_B = 0,805$) calculado en el apartado 2.1 Coeficiente de bloque de este mismo documento y para ello se usa una tabla para buques con bulbo de proa y se interpola. Los puntos obtenidos están referidos a crujía divididos por la semimanga ($B/2 = 14,83$ m).

C_B SECCIÓN	0,80	0,82	0,805	xSEMIMANGAS(B/2)
1/4	0,017	0,018	0,018	0,267
1/2	0,018	0,020	0,019	0,282
3/4	0,024	0,031	0,028	0,415
1	0,046	0,059	0,053	0,786
1 ^{1/2}	0,143	0,177	0,160	2,373
2	0,321	0,375	0,348	5,161
2 ^{1/2}	0,537	0,592	0,565	8,379
3	0,703	0,746	0,725	10,752
3 ^{1/2}	0,795	0,824	0,810	12,012
4	0,835	0,851	0,843	12,502
5	0,840	0,851	0,846	12,546
6	0,840	0,851	0,846	12,546
6 ^{1/2}	0,840	0,851	0,846	12,546
7	0,836	0,851	0,844	12,517
7 ^{1/2}	0,815	0,845	0,830	12,309
8	0,746	0,810	0,778	11,538
8 ^{1/2}	0,580	0,665	0,623	9,239

9	0,345	0,427	0,386	5,724
9^{1/4}	0,209	0,267	0,238	3,530
9^{1/2}	0,095	0,122	0,109	1,616
9^{3/4}	0,023	0,028	0,026	0,386

Tabla 4 Puntos de tangencia con el fondo

El siguiente paso es el cálculo de los puntos de carena en cada sección; para ello utilizaremos las gráficas correspondientes a buques con bulbo (gráficas extraídas del libro *Proyectos de Buques y Artefactos*). La justificación para la elección de bulbo se realizó en el apartado 3.1 *Bulbo de proa*. Los resultados que se obtienen son los siguientes:

SECC.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0							0,175	0,280	0,370	0,420
¼	0,019	0,019	0,020	0,025	0,050	0,140	0,320	0,440	0,515	0,580
½	0,070	0,090	0,111	0,150	0,210	0,300	0,455	0,560	0,630	0,690
¾	0,135	0,175	0,210	0,290	0,365	0,460	0,583	0,670	0,740	0,800
1	0,205	0,275	0,330	0,420	0,500	0,590	0,685	0,760	0,825	0,875
1^{1/2}	0,400	0,500	0,565	0,670	0,745	0,800	0,850	0,900	0,930	0,960
2	0,620	0,700	0,760	0,840	0,895	0,920	0,950	0,970	0,981	0,990
2^{1/2}	0,780	0,850	0,895	0,945	0,970	0,990	0,995	1,000	1,000	1,000
3	0,890	0,940	0,971	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3^{1/2}	0,950	0,986	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4	0,965	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
5	0,970	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
6	0,970	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
6^{1/2}	0,970	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
7	0,970	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
7^{1/2}	0,960	0,990	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8	0,920	0,955	0,973	0,988	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8^{1/2}	0,800	0,855	0,890	0,920	0,935	0,950	0,955	0,975	0,991	1,000
9	0,570	0,640	0,690	0,745	0,775	0,785	0,800	0,835	0,870	0,915
9^{1/4}	0,425	0,500	0,540	0,600	0,625	0,640	0,660	0,710	0,755	0,805
9^{1/2}	0,273	0,330	0,375	0,425	0,450	0,455	0,480	0,525	0,575	0,638
9^{3/4}	0,155	0,210	0,24	0,255	0,255	0,255	0,273	0,298	0,330	0,389
10	0,105	0,135	0,145	0,125	0,088	0,035	0,009	0,000	0,020	0,069

Tabla 5 Puntos de la carena en cada sección

En este caso también es necesario multiplicar los valores obtenidos en la tabla por el valor de la semimanga del buque ($B/2=14,83$ m); lo cual nos permite obtener el valor de las semimangas correspondientes a los puntos de cada sección y que se recogen en la siguiente tabla:

SECC	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0							2,595	4,152	5,487	6,229
¼	0,282	0,282	0,297	0,371	0,742	2,076	4,746	6,525	7,637	8,601
½	1,038	1,335	1,631	2,225	3,114	4,449	6,674	8,305	9,343	10,233
¾	2,002	2,595	3,114	4,301	5,413	6,822	8,646	9,936	10,974	11,864
1	3,040	4,078	4,894	6,229	7,415	8,759	10,159	11,271	12,235	12,976
1 ^{1/2}	5,932	7,415	8,379	9,936	11,048	11,864	12,606	13,347	13,792	14,237
2	9,195	10,381	11,271	12,457	13,199	13,644	14,089	14,385	14,533	14,682
2 ^{1/2}	11,567	12,606	13,273	14,014	14,459	14,682	14,756	14,830	14,830	14,830
3	13,199	13,940	14,385	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
3 ^{1/2}	14,089	14,622	14,800	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
4	14,311	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
5	14,385	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
6	14,385	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
6 ^{1/2}	14,385	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
7	14,385	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
7 ^{1/2}	14,237	14,682	14,800	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
8	13,644	14,163	14,459	14,652	14,756	14,830	14,830	14,830	14,830	14,830
8 ^{1/2}	11,864	12,680	13,199	13,644	13,866	14,089	14,163	14,459	14,682	14,830
9	8,453	9,9491	10,233	10,048	11,493	11,642	11,864	12,383	12,902	13,569
9 ^{1/4}	6,303	7,415	8,008	8,898	9,269	9,491	9,788	10,529	11,197	11,938
9 ^{1/2}	4,049	4,909	5,561	6,303	6,674	6,748	7,118	7,786	8,527	9,462
9 ^{3/4}	2,299	3,114	3,559	3,782	3,782	3,782	4,078	4,419	4,894	5,769
10	1,557	2,002	2,150	1,854	1,305	0,519	0,133	0,000	0,297	1,023

Tabla 6 Valores semimanga correspondiente a los puntos de cada sección

Por último obtenemos a través de series sistemáticas las formas del bulbo del buque a proyectar:

	x	y	Z (L.A)
A	183,256	0	0,928
B	184,283	0	1,856
C	184,643	0	2,786
D	183,743	0	4,642
E	182,302	0	6,500
F	181,131	0	8,356
G	180,410	0	10,214
H	180,320	0	12,070
J	180,410	0	13,926
K	180,860	0	15,784

Tabla 7 Contorno de proa

5 PLANO DE FORMAS DEFINITIVO DEL BUQUE PROYECTO

Para generar el casco de nuestro buque, nos valemos del programa de diseño Maxsurf, que nos permite tener una visión 3D de las formas, quedando de esta manera el casco modelado.

Partimos entonces de los valores obtenidos en las tablas del apartado anterior, a partir de las series sistemáticas B.S.R.A. Una vez introducidos estos puntos en el Maxsurf se obtienen secciones uniendo dichos puntos con curvas.

Posteriormente, se generan superficies a través de las curvas diseñadas intentado seleccionar las curvas inteligentemente para crear el menor número de superficies y que luego estas se puedan unir. Por último se alisan las superficies creadas obteniendo el casco como se muestra en la siguiente.

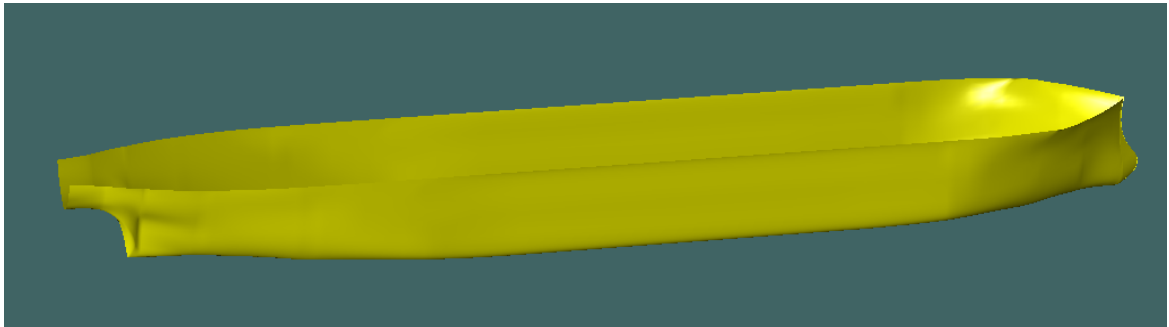


Figura 2 Casco Bulkcarrier 44.500 tpm

6 COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez realizado el diseño del buque en el programa Maxsurf Modeler los principales valores de las hidrostáticas (ver *Anexo I*) del buque, incluyendo los coeficientes son los siguientes:

WL Length	183,49
Draft Amidships	12,00
CB	0,778
$\Delta(t)$	52098
CM	0,980
Cf	0,868
Cp	0,805

Los resultados obtenidos son iguales en el caso de las dimensiones del buque mientras que para los coeficientes difieren levemente.

En el caso del coeficiente de bloque, como podemos comprobar en el *apartado 2.1* del presente cuaderno, el valor obtenido es de 0,805.

7 REFERENCIAS

Junco Ocampo, Fernando. *Proyectos de buques y artefactos. Selección de configuración. Dimensiones coeficientes.* (P.T.U. U.D.C.; Ingeniería Naval y Oceánica; EPS.).ISBN: 84-688-3542-3.

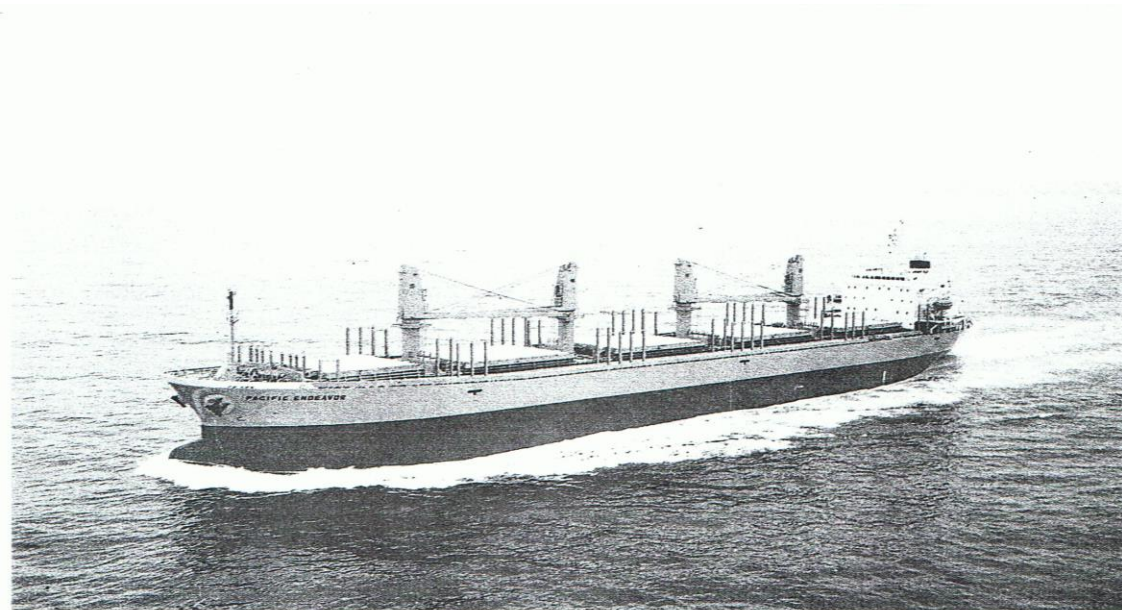
Junco Ocampo, Fernando. *Proyectos de buques y artefactos. Proyecto de las formas de un buque.* (P.T.U. U.D.C.; Ingeniería Naval y Oceánica; EPS.).ISBN: 84-688-3542-0.

Alvariño, Ricardo; Azpiroz, Juan José; Meizoso, Manuel. *El Proyecto Básico Del Buque Mercante.* Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales (edit.). Madrid: 1997. ISBN: 84-921750-2-8.

ANEXO I. VALORES DE HIDROSTÁTICAS

Measurement	Value	Units
Displacement	52098	t
Volume (displaced)	50803,002	m ³
Draft Amidships	12	m
Immersed depth	12	m
WL Length	183,491	m
Beam max extents on WL	29,632	m
Wetted Area	8159,278	m ²
Max sect. area	344,004	m ²
Waterpl. Area	4719,951	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,805	
Block coeff. (Cb)	0,778	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,980	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,868	
LCB length	93,657	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	89,292	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	51,042	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	48,663	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	6,304	m
KG fluid	0	m
BMt	5,93	m
BML	210,333	m
GMt corrected	12,234	m
GML	216,637	m
KMt	12,234	m
KML	216,637	m
Immersion (TPc)	48,379	tonne/cm
MTc	626,719	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	11118,56	tonne.m
Length:Beam ratio	6,192	
Beam:Draft ratio	2,469	
Length:Vol ^{0.333} ratio	4,954	
Precision	Medium	67 stations

ANEXO II. BUQUE DE REFERENCIA



PACIFIC ENDEAVOR: new bulk carrier design from Oshima

Shipbuilder: **Oshima Shipbuilding Co Ltd, Japan**
 Vessel's name: **Pacific Endeavor**
 Owner/operator: **Pacific Endeavor Shipping Inc, Liberia/Ming Wah, Hong Kong**
 Shipbuilder: **Oshima Shipbuilding Co Ltd, Japan**

Designer: **Liberia**
 Flag: **Liberia**
 Total number of sister ships already completed: **Nil**
 Total number of sister ships still on order: **4**

MEDIUM-SIZED shipbuilder Oshima, an associate of Sumitomo, has developed a new Super Handymax design of bulk carrier, with *Pacific Endeavor* delivered as the first unit. Aimed at achieving superior performance, fuel economy and cargo handling efficiency, the vessel has a deadweight, on a draught of 11.19m, of 43,150dwt. She is fitted with a bulbous bow, stern bulb and semi-skewed propeller to improve propulsion and reduce vibration.

The hull is without forecastle, and has five cargo holds, contained within the traditional bulk-carrier layout of top and bottom wing tanks, the latter being joined with double bottom tanks, port and starboard, under Nos 1 and 2 holds. Elsewhere, they are common with an outboard double bottom tank only, a central tank completing the arrangement in these positions, and forming fuel tanks. With the exception of a short, aft upper wing tank used for fresh water, all other wing and bottom tanks are designated for water ballast.

This Super Handymax carries a 'Strengthened for heavy cargoes, Nos 2 and 4 holds may be empty' notation, and has tank top plating increased for grab discharge. The cargo handling equipment comprises four IHI electro-hydraulic deck cranes of 30 tonnes swl, and their ability to operate with grabs is in line with the design concept of a vessel suitable for carrying logs, packaged lumber, steel products

and cement, as well as normal bulk, coal and ore cargoes, with steel supports for deck cargoes forming part of the outfit. The hatch covers are Nakata Mac folding type.

The main engine is a Sulzer 6RTA52 model built by Diesel United. Developing 9,550bhp (mcr) at 108rev/min, it operates at an ncr of 8,120bhp at 102.3rev/min to give a service speed (including 15% sea margin) of 14.3 knots, with a daily fuel consumption of 25.2 tonnes. Electrical supply is derived from three Daihatsu/Nishishiba 480kW diesel alternator sets.

Accommodation is arranged in the deckhouse aft, for a complement of 32 persons in single berth cabins. The wheelhouse features a Nabco bridge control system, and is suitable for single-man operation. Japan Radio Co supplied the navigation/communication equipment, including two radars, a satellite navigation system and echo sounder. A Terasaki computer handles loading calculations.

PRINCIPAL PARTICULARS

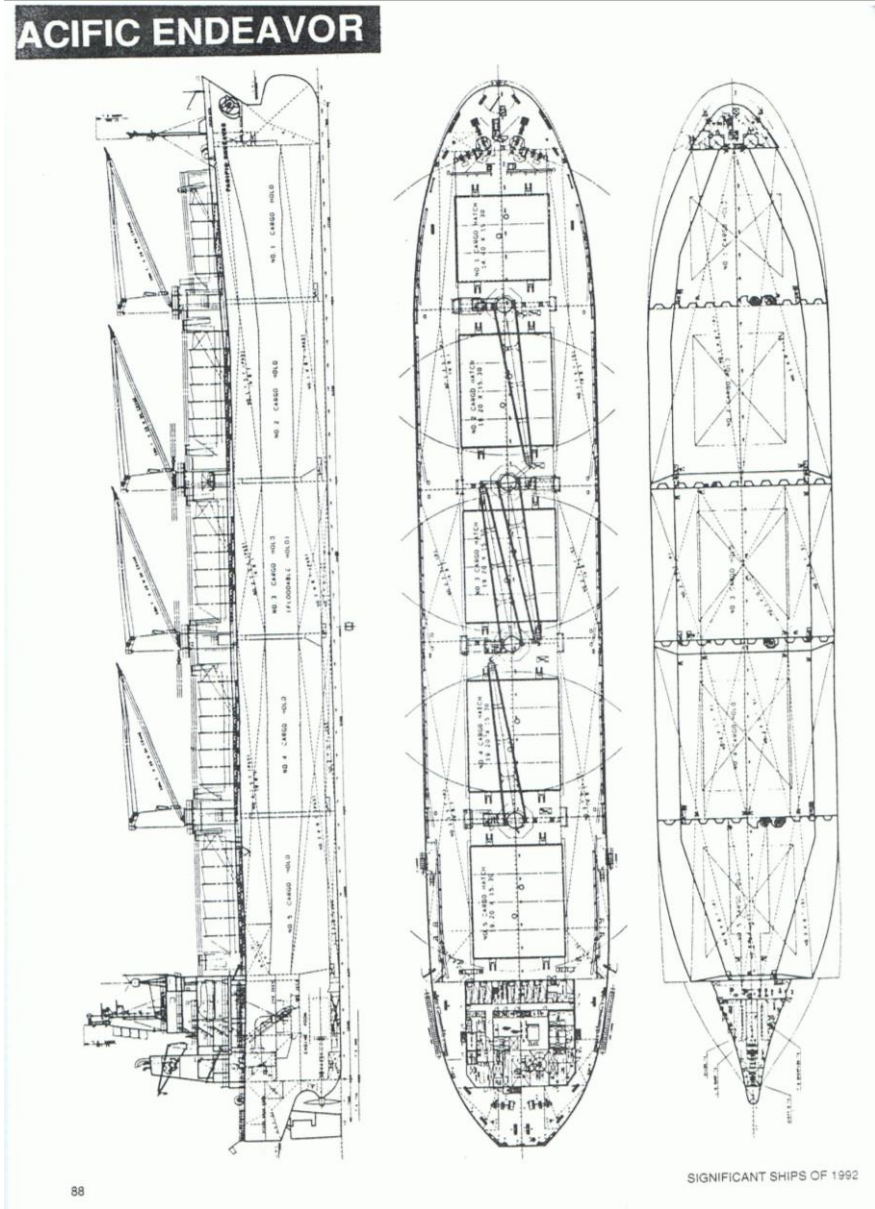
Length, oa	184.99m
Length, bp	176.30m
Breadth, moulded	30.50m
Depth, moulded to main deck	15.80m
Gross	24,250gt
Displacement	50,255 tonnes
Lightweight	7,157 tonnes
Deadweight	40,750 dwt
design	43,150 dwt
Draught	10.70m
design	11.19m
scantling	11.19m
Speed, service at 85% mcr engine output	14.30 knots
15% sea margin	14.30 knots
Cargo capacity	53,860m ³
grain	52,860m ³
bale	52,860m ³
Bunkers	1,600m ³
heavy fuel	1,200m ³
diesel oil	1,200m ³
Water ballast	23,700m ³
Fuel consumption	25.20 tonnes/day
main engine only	1.50 tonnes/day
auxiliaries	1.50 tonnes/day
Classification	Nippon Kaiji Kyokai, NS, MNS, MO, Bulk Carrier, Strengthened for heavy cargoes, Nos 2 and 4 holds may be empty
Percentage of high-tensile steel used in construction	65.5%
Main engine	Sulzer
Design	6RTA52
Model	6RTA52
Manufacturer	Diesel United
Number	1

Output	9,550bhp/108rev/min
Propeller	Nickel-aluminium-bronze
Material	Nakashima
Manufacturer	1 (PAI type)
Number	Fixed
Pitch	6,100mm
Diameter	108rev/min
Speed	3 x 480kW/720rev/min
Diesel-driven alternators	3
Number	Daihatsu Diesel
Engine make	Nishishiba Electric
Alternator make	3 x 480kW/720rev/min
Output	4
Boilers	Vertical composite
Number	Gadelius Marine
Type	1,300kg/h
Make	Exhaust gas: 750kg/h
Output	
Cargo cranes	4
Number	IHI
Make	Electro-hydraulic
Type	30,18.6 tonnes/5.22.5.45
Capacity/speeds	m/min/26m radius
Other cranes	1
Number	Tsujii Heavy Industries Lifting
Make/type	3 tonnes
Capacity	Machinery parts and stores
Tasks	
Mooring winches	2 x mooring winch/windlass
Number	2 x mooring winch
Make	Nippon Sushies
Type	Electric
Complement	13
Officers	12
Crew	4
Spare	Single-double rooms
Single-double rooms	Single
Bridge control system	Nabco
Make	M-30CS
Type	Yes
One man operation	CO ₂
Fire extinguishing systems	Kawasaki Safety Service Industries
Cargo holds/Engine Room	Portable foam dry powder
Maker	Takoda Syoji KK
Radars	2
Number	Japan Radio Co
Make	1 x JMA-8253-PC4
Models	1 x JMA-8253-7
Satellite navigation systems	Japan Radio Co
Model	JLR-6000
Computers on ship	1
Number	Terasaki Electric Co
Make	Loading computer
Task	15 July 1991
Contract date	26 June 1992
Launch/float out date	18 September 1992
Delivery date	

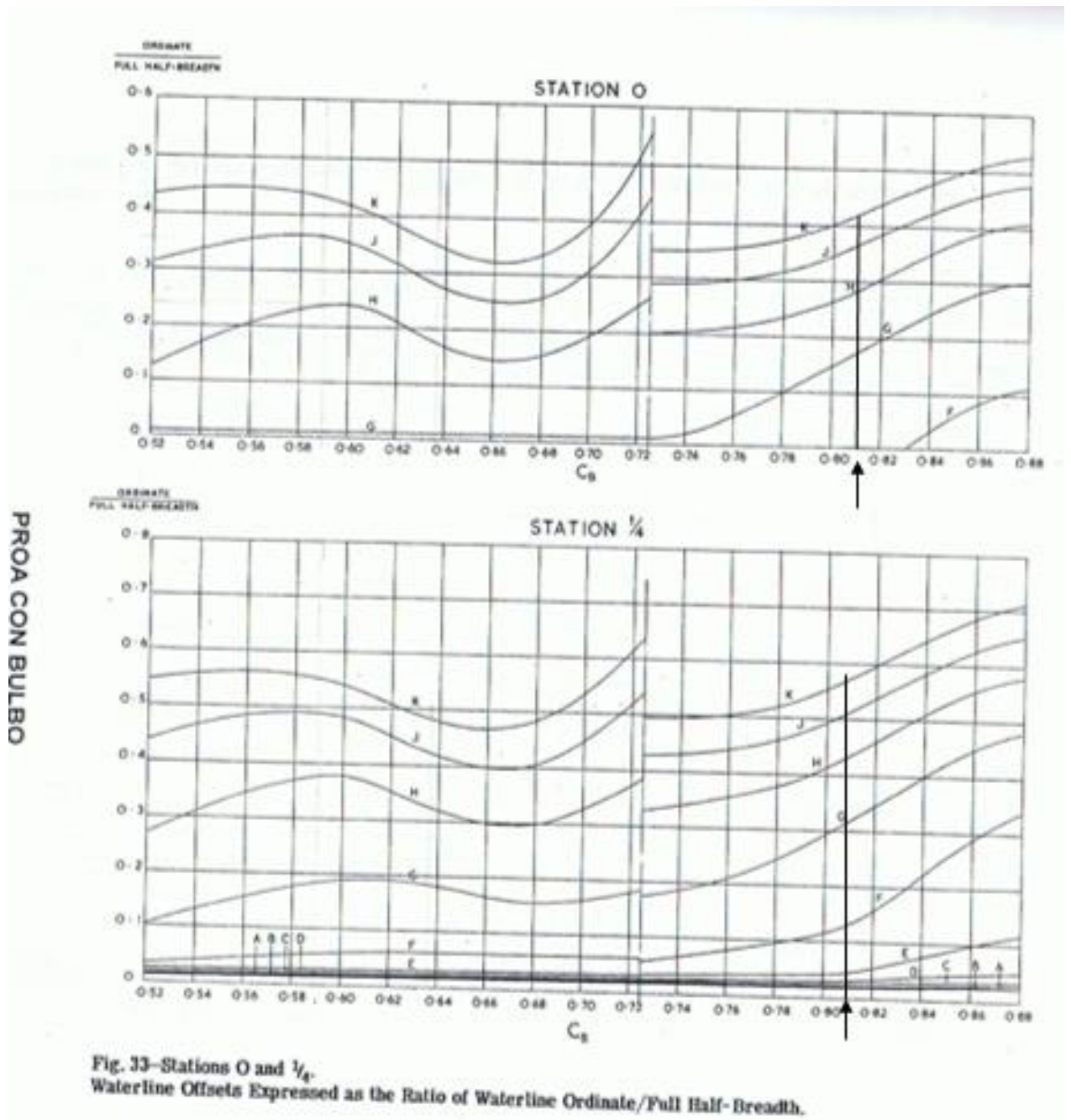
SIGNIFICANT SHIPS OF 1992

87

111



ANEXO III. GRÁFICOS DE LA SERIE BSRA



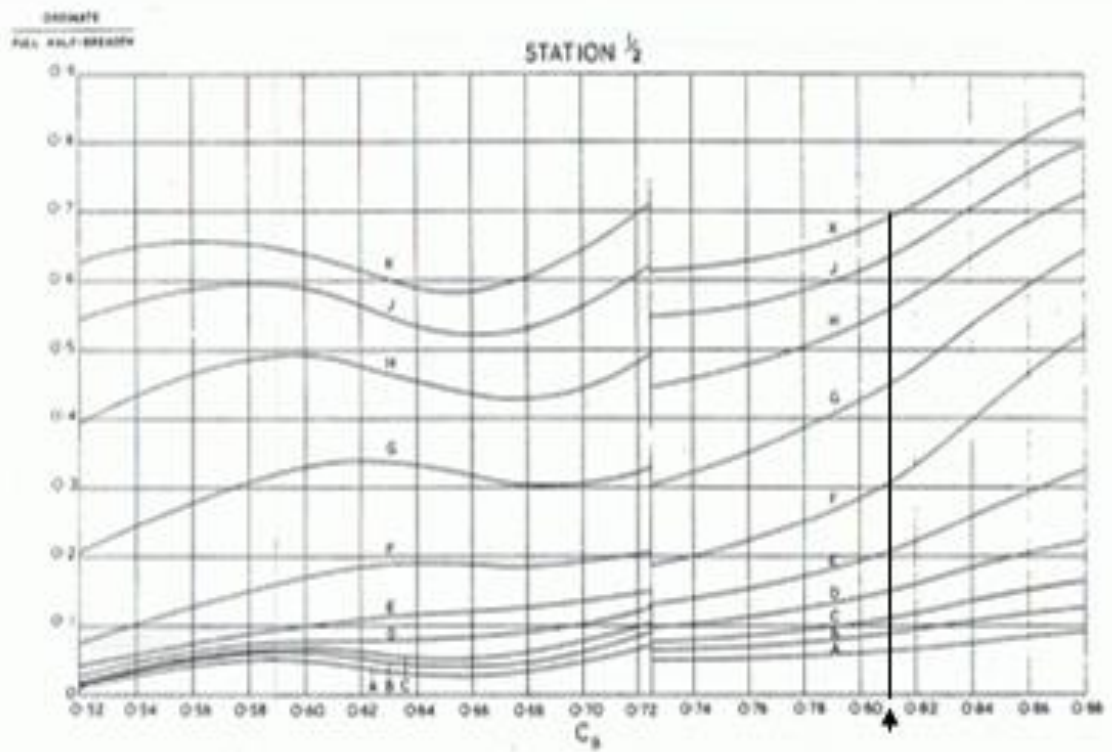


Fig. 34—Station $\frac{1}{2}$.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

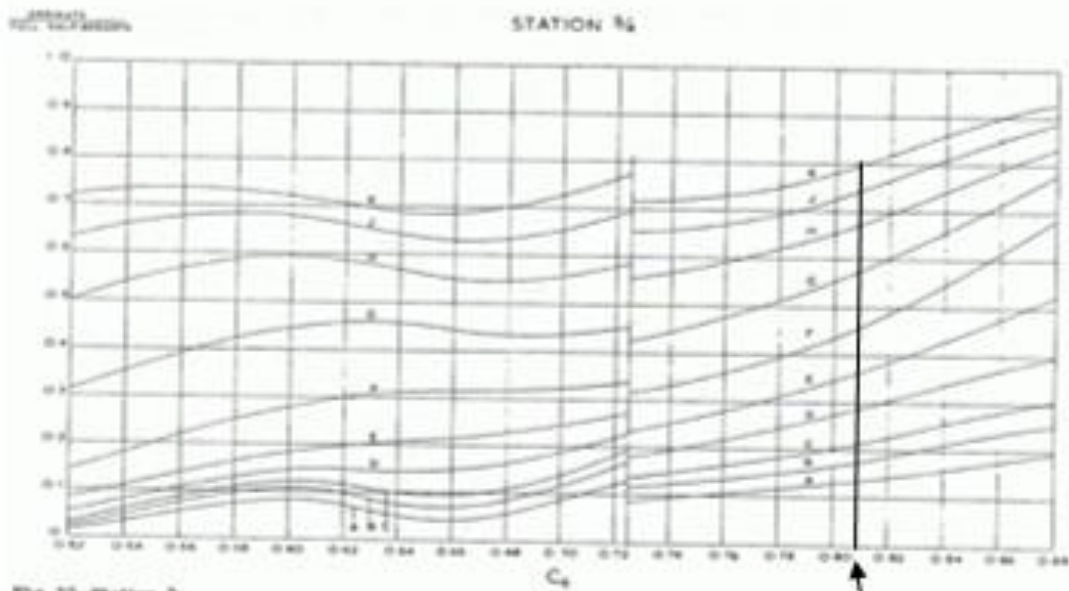


Fig. 35—Station $\frac{3}{4}$.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

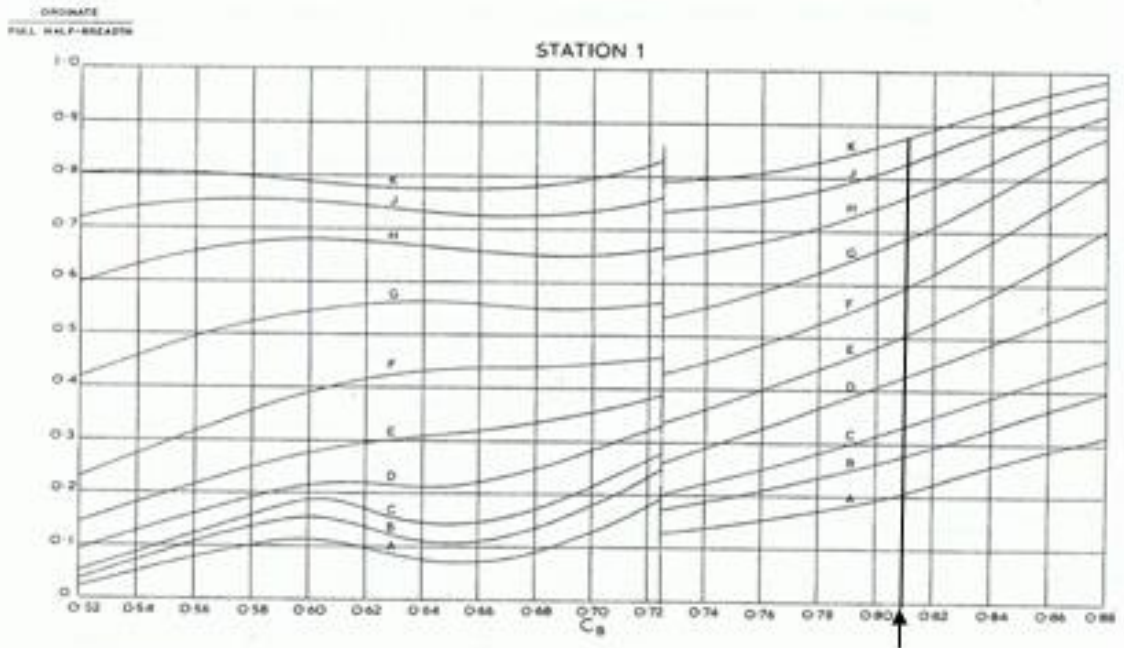


Fig. 36—Station 1.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

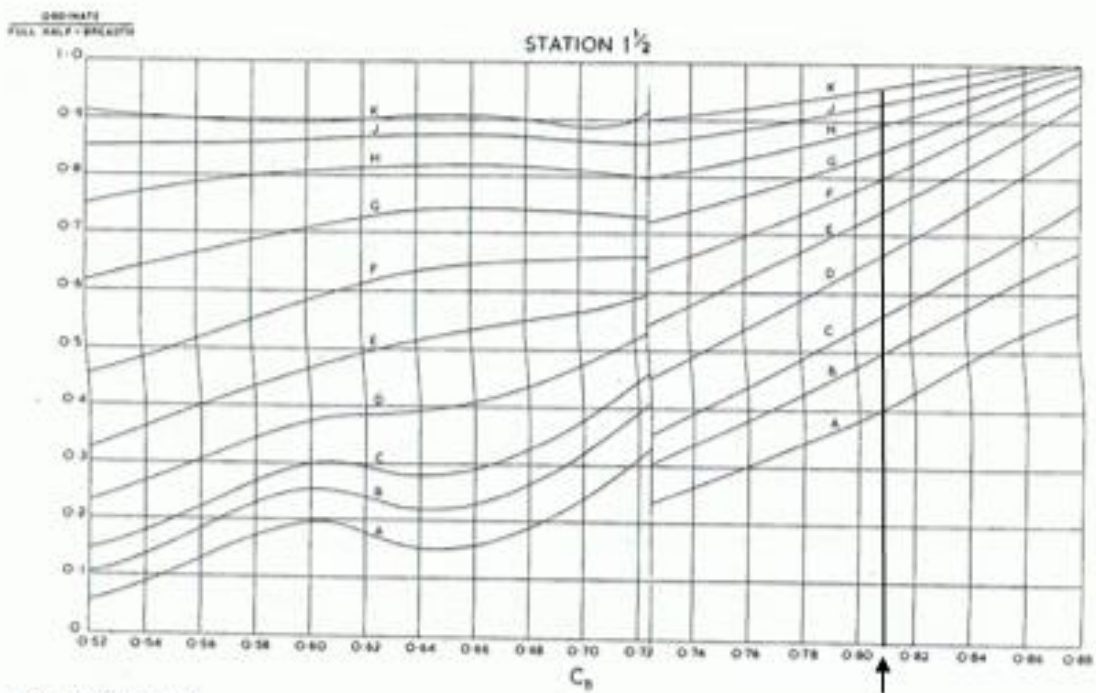
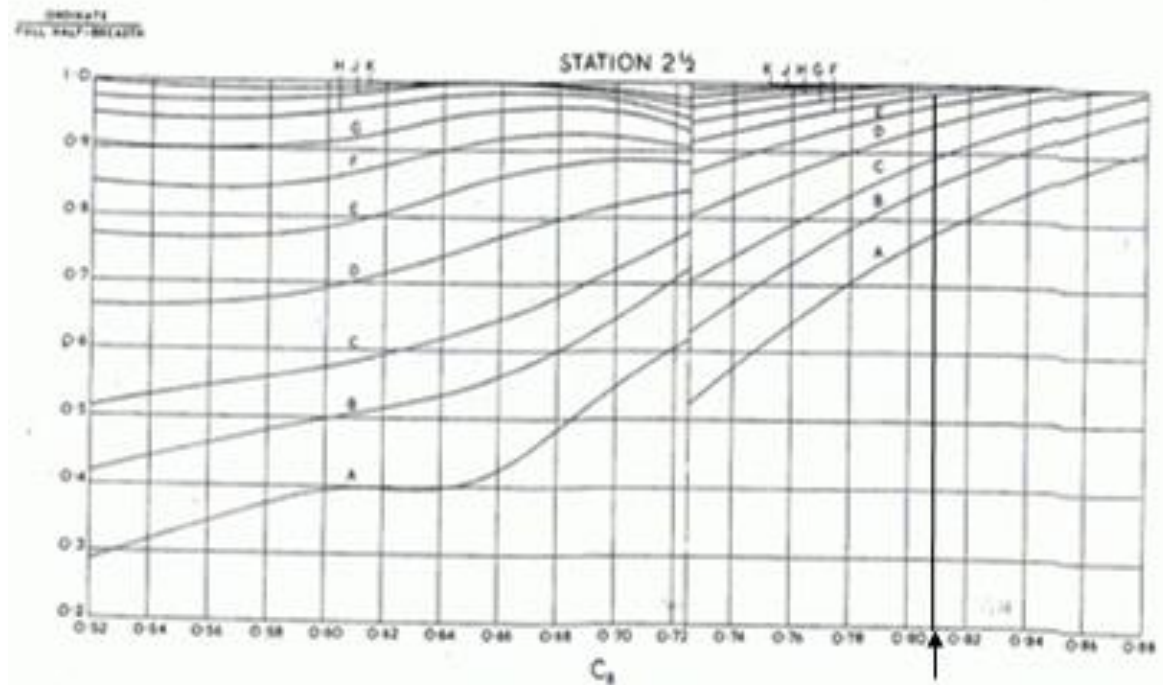


Fig. 37—Station 1 1/2.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.



Fig. 36—Station 2.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.



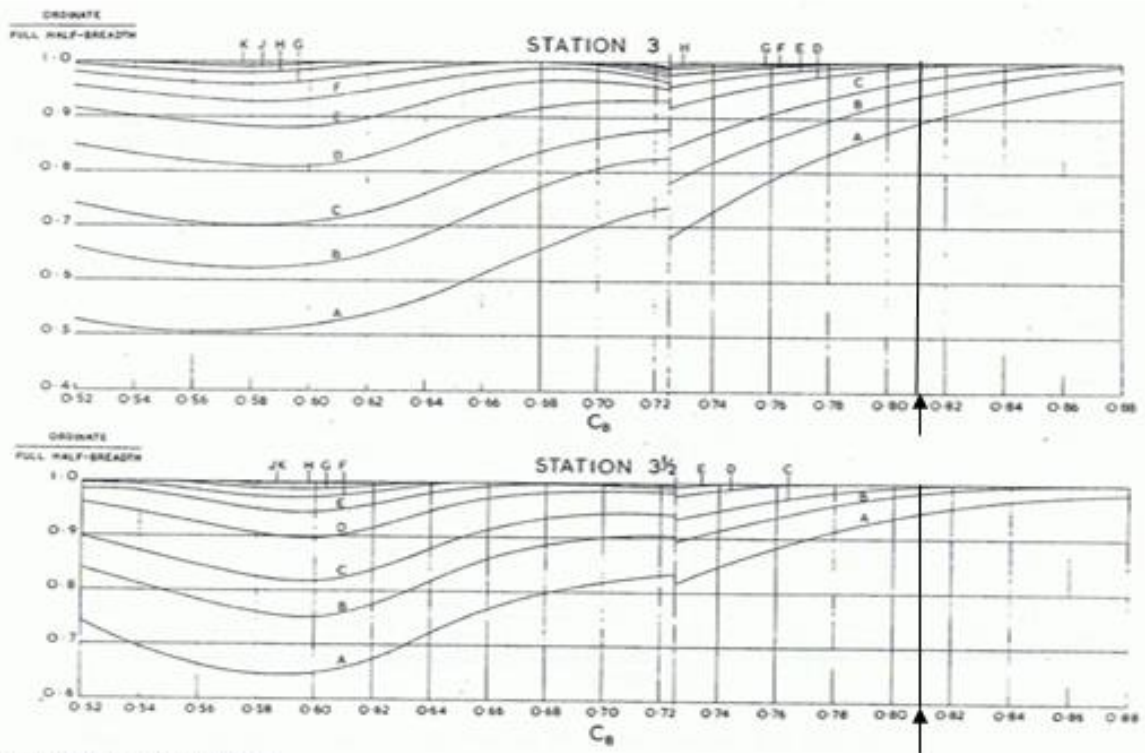


Fig. 40—Stations 3 and 3 1/2.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

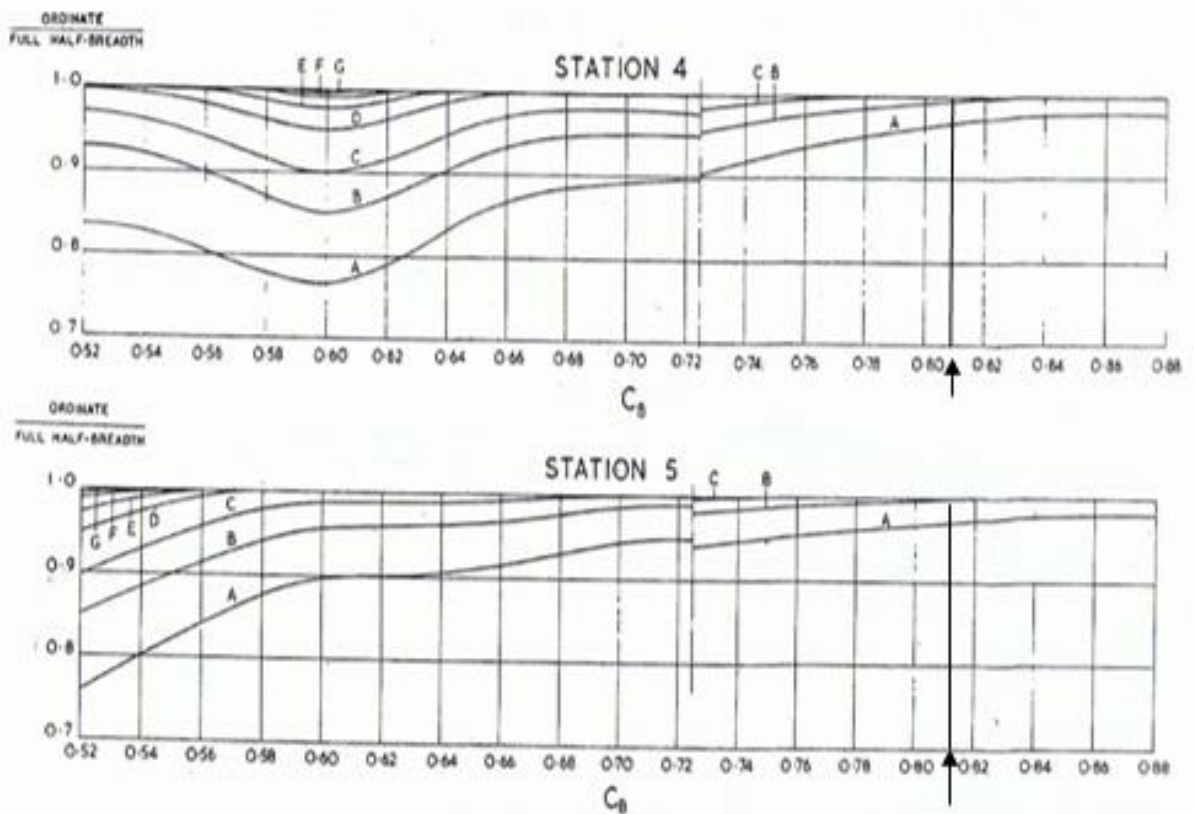


Fig. 41—Stations 4 and 5.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

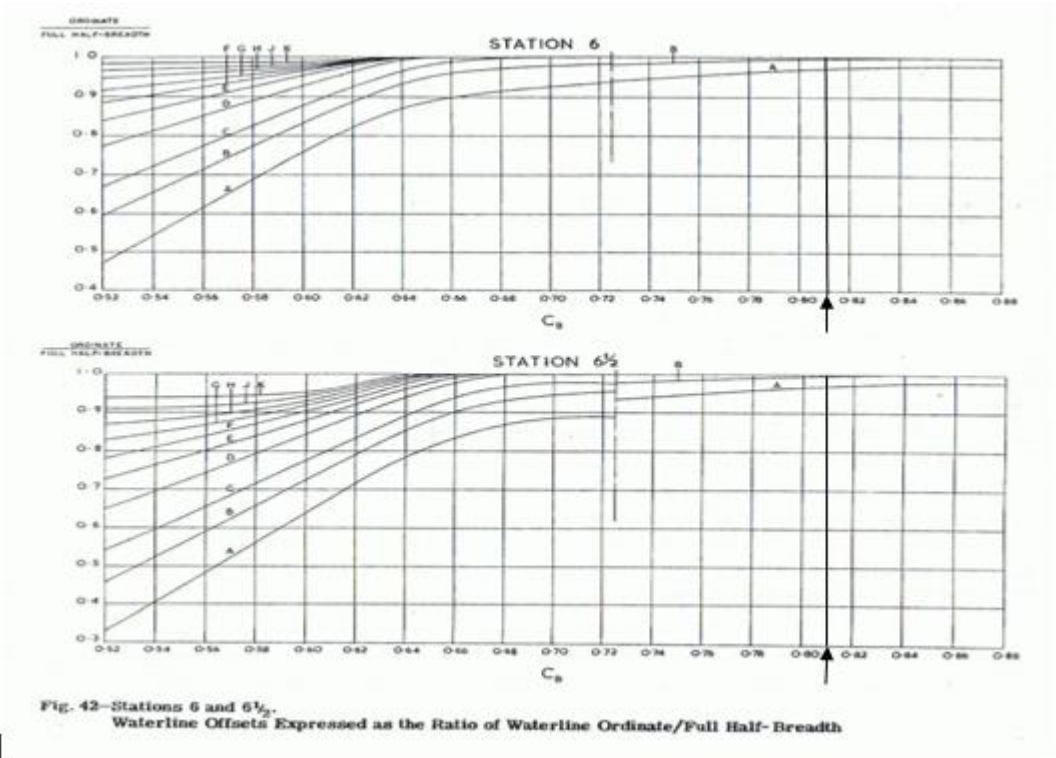


Fig. 42—Stations 6 and 6 1/2.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth

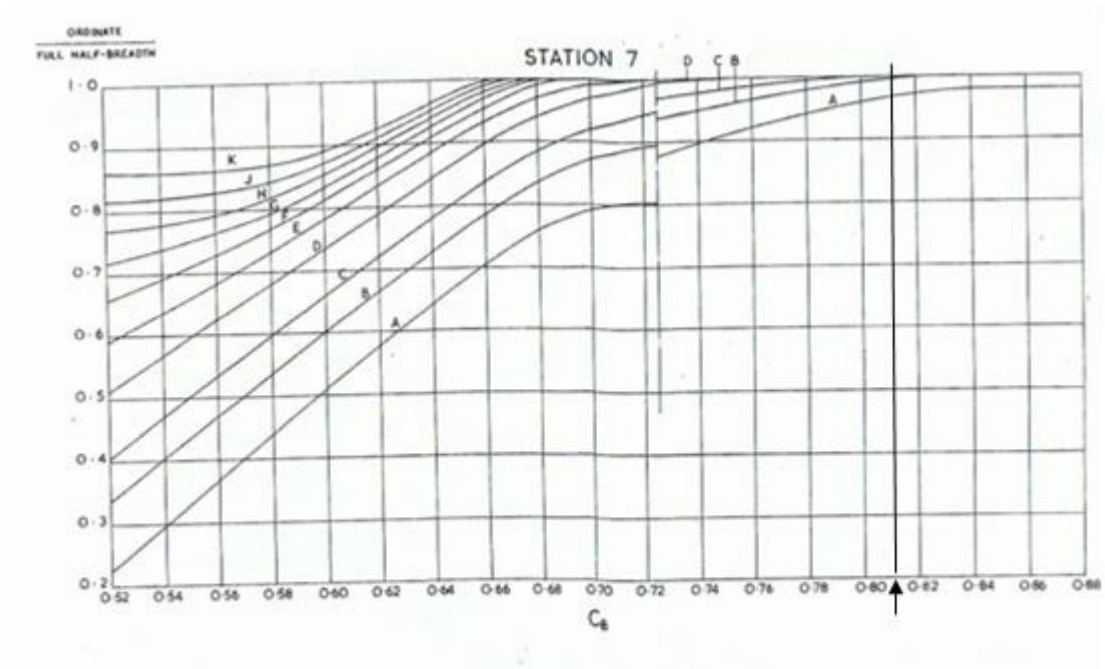


Fig. 43—Station 7.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

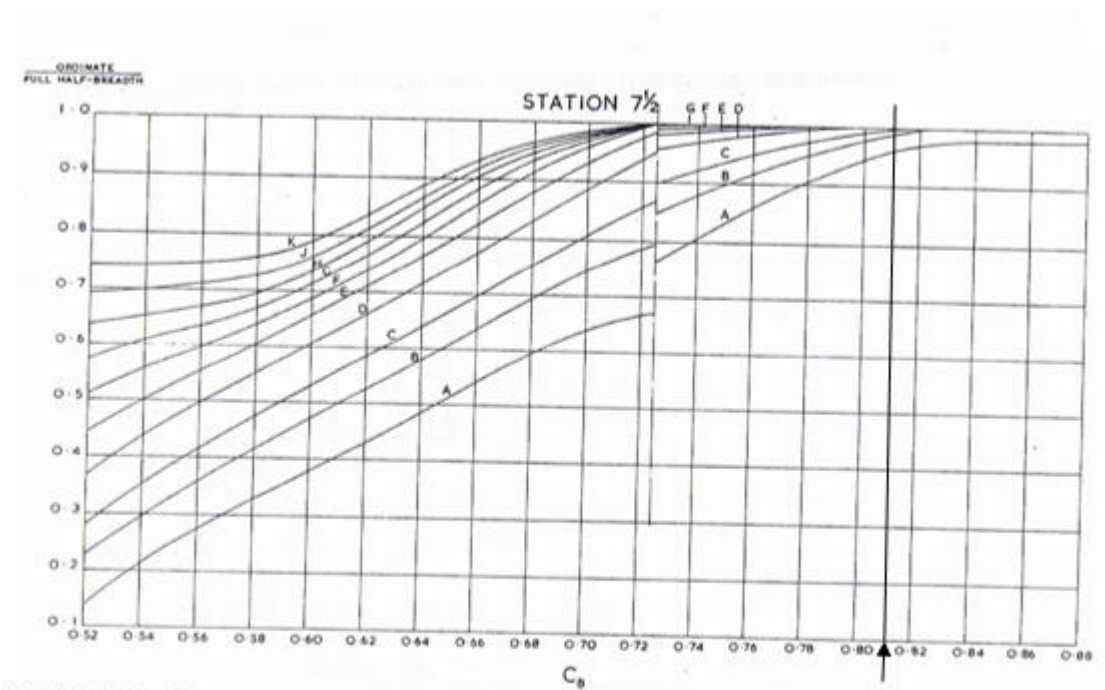


Fig. 44—Station 7 1/2.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

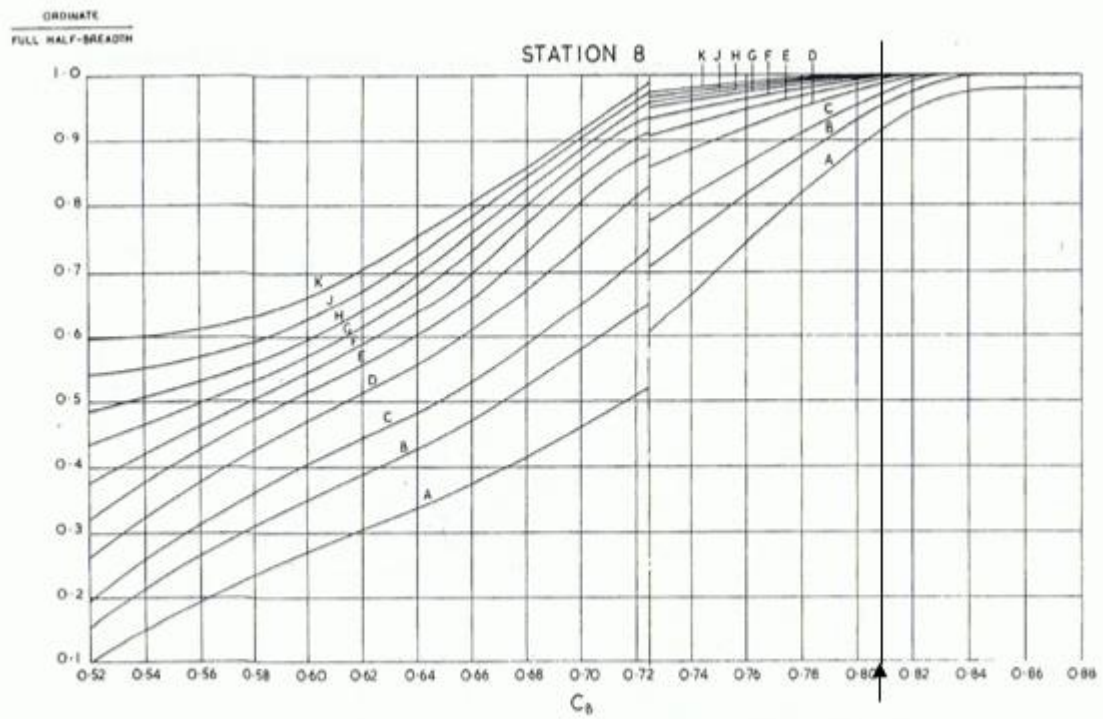


Fig. 45—Station 8.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

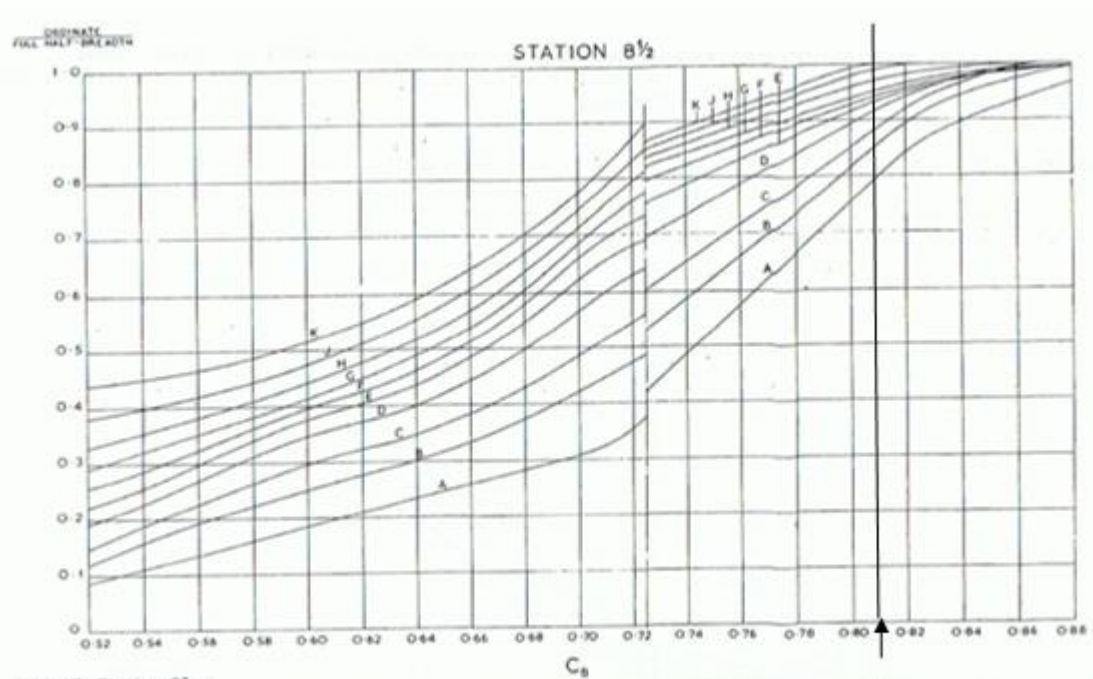


Fig. 46—Station 8 1/2.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

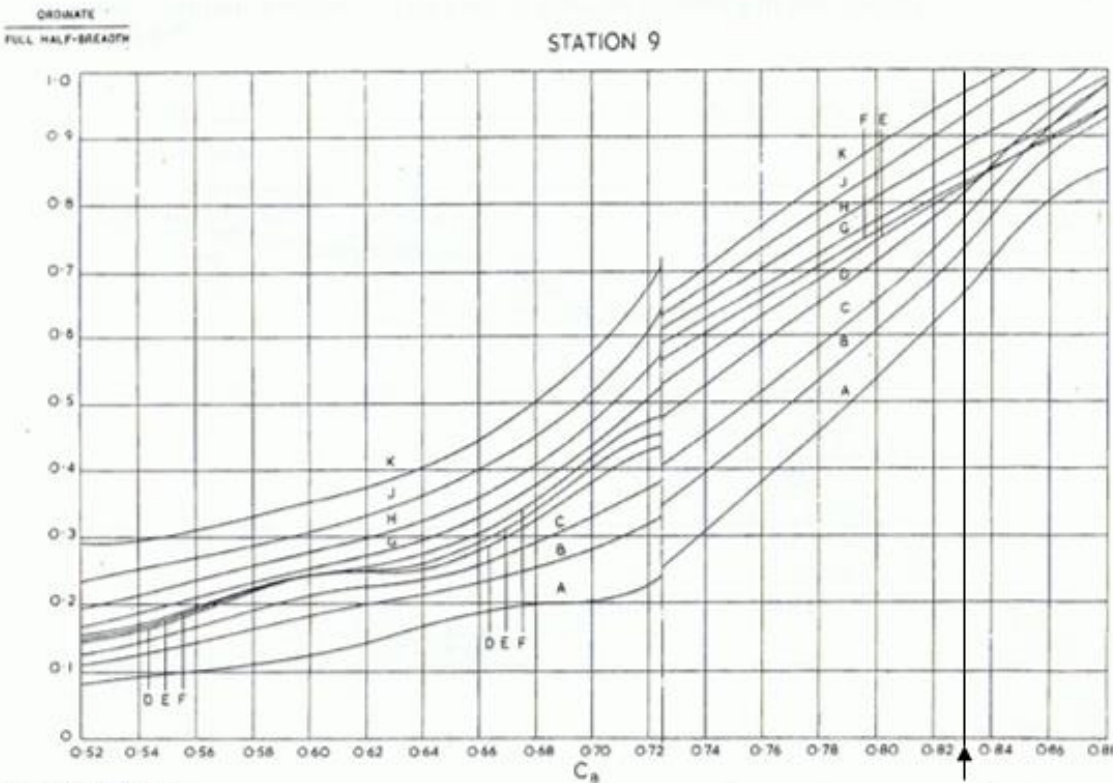


Fig. 47—Station 9.
Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

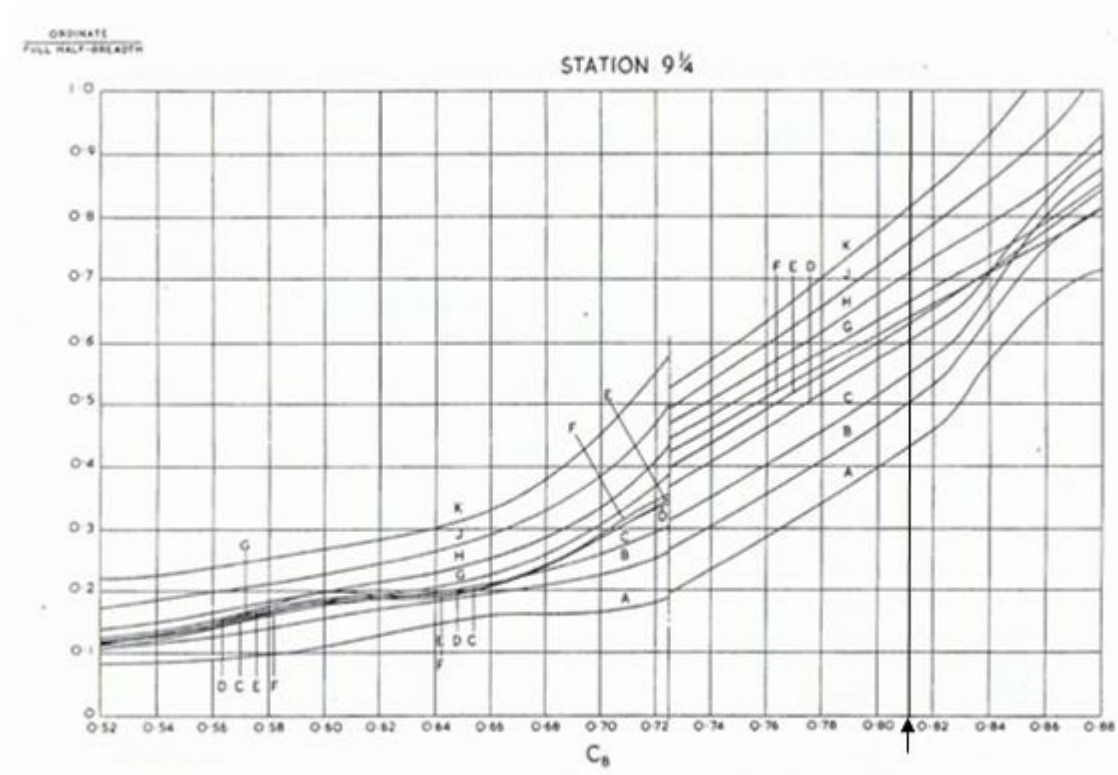


Fig. 48—Station 9 $\frac{1}{4}$.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

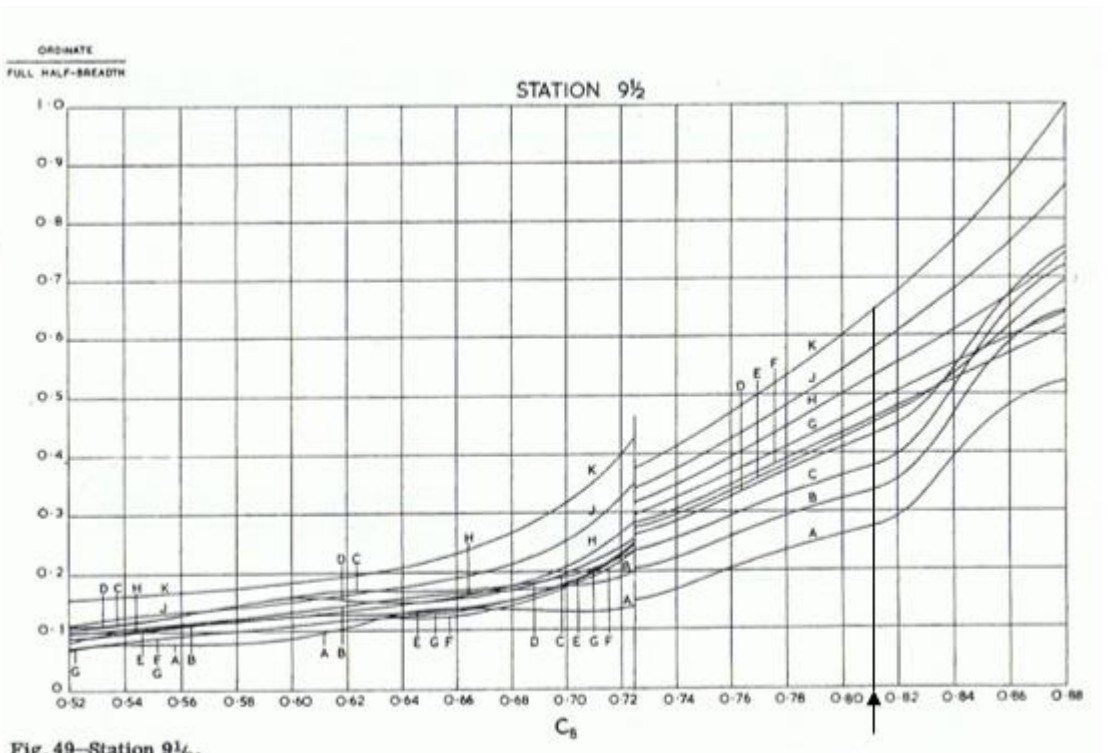


Fig. 49—Station 9 $\frac{1}{2}$.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

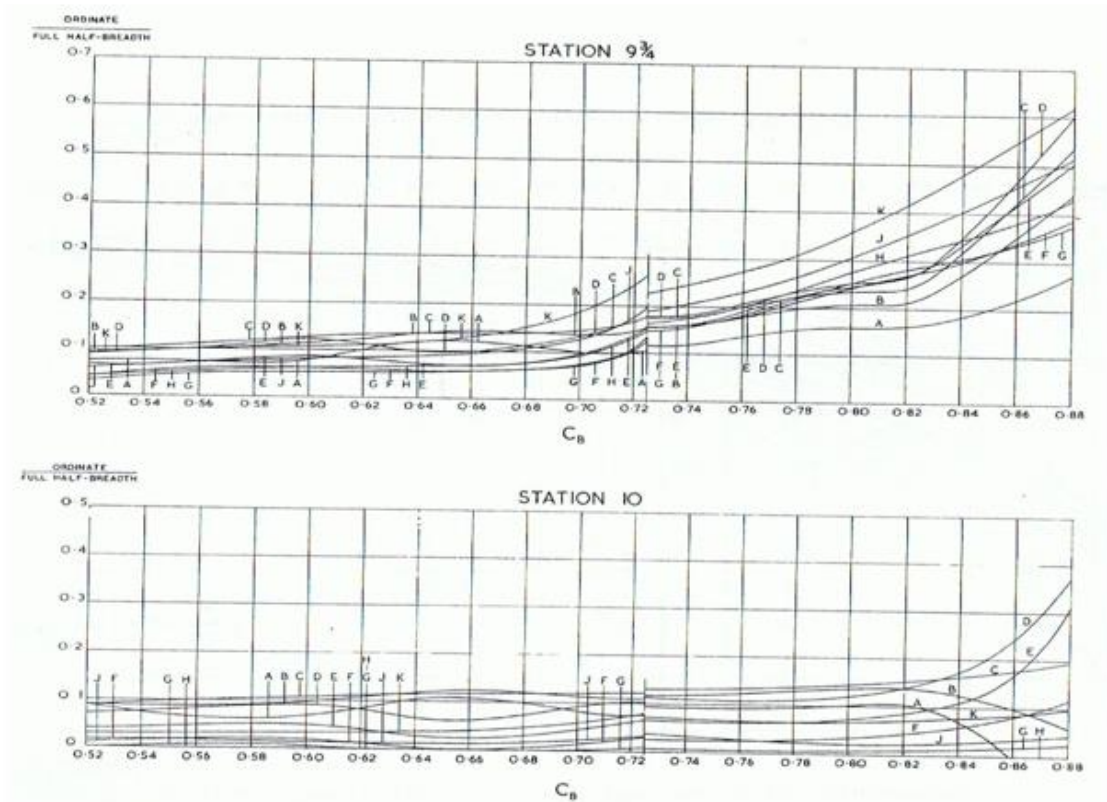


Fig. 50—Stations 9 3/4 and 10.
 Waterline Offsets Expressed as the Ratio of Waterline Ordinate/Full Half-Breadth.

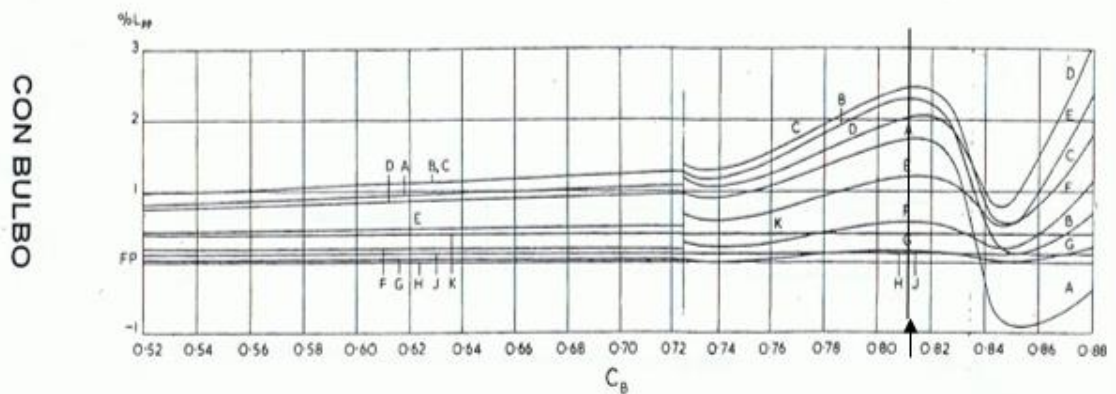
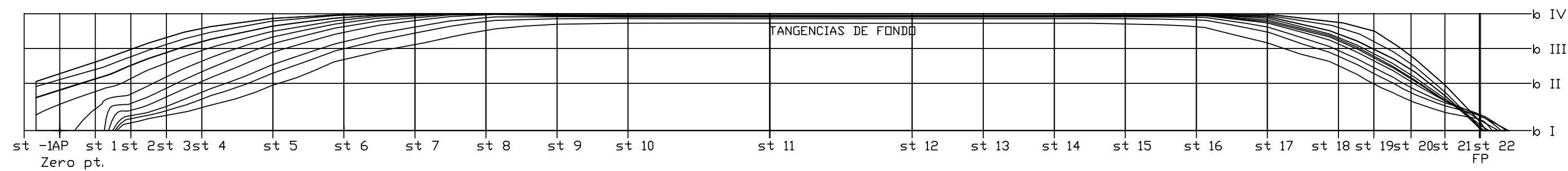
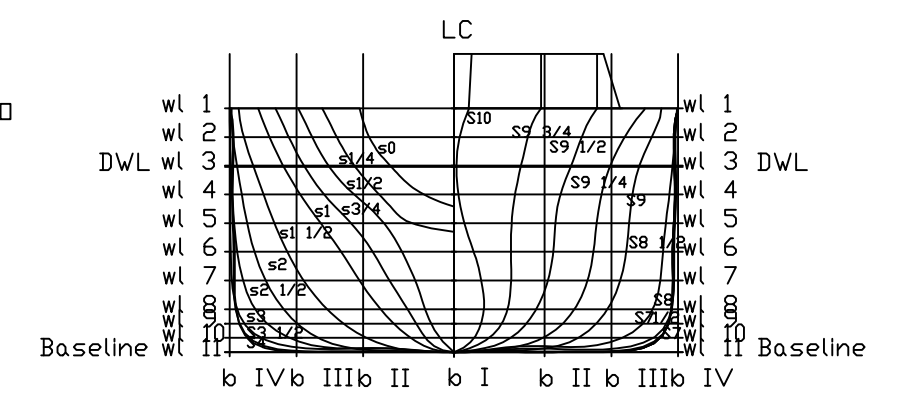
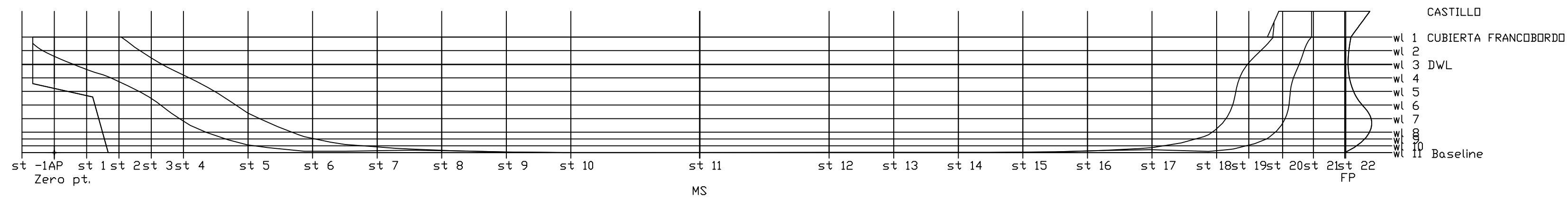


Fig. 51—Stem Profile Offsets.
 Expressed as Percentage of L_{pp} Relative to Station 10.

ANEXO IV. PLANO DE FORMAS



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES 180,14m

MANGA DE TRAZADO 29,66m

PUNTA DE TRAZADO 16,13m

CALADO DE DISEÑO 12,07m

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	PROYECTO NÚMERO: 18-03
	TÍTULO DEL PROYECTO: BULKCARRIER DE 44500 TPM	
TÍTULO DEL PLANO: PLANO DE FORMAS	FECHA: SEPTIEMBRE-2018	ESCALA: 1:500
AUTOR: LUCÍA CACHAZA VÁZQUEZ	PLANO Nº01	