



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster

CURSO 2017/2018

*BUQUE PORTACONTENEDORES POST PANAMAX
9000 TEU's*

9000 TEU POST PANAMAX CONTAINERSHIP

*BUQUE PORTACONTENEDORES POST PANAMAX
9000 TEU's*

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA

Nadia Conde Alonso

TUTOR

José Daniel Pena Agras

FECHA

FEBRERO 2018



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

*BUQUE PORTACONTENEDORES POST PANAMAX
9000 TEU's*

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 3

COEFICIENTES DE FORMA Y PLANO DE FORMAS



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2017-2018

PROYECTO NÚMERO: 18-02

TIPO DE BUQUE: Buque Portacontenedores Post-panamax.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Lloyd's Register. Marpol. Solas.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 9000 TEUS.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: Velocidad máxima de 25,5 nudos, al 85% de MCR y 10% de margen de mar.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Sin grúas.

PROPULSIÓN: Motor acoplado a la línea de ejes.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 15 camarotes oficiales, 13 camarotes tripulación.

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

Ferrol, Octubre de 2017

ALUMNO: D^a Nadia Conde Alonso.

ÍNDICE

1	Introducción	5
2	Generación del Plano de Formas.....	6
2.1	Transformación Paramétrica.....	6
2.1.1	Coeficientes de Forma, Curva de Áreas Seccionales y Cartilla de Trazado.....	7
2.2	Series Sistemáticas BSRA.....	11
2.2.1	Coeficientes de Forma, Curva de Áreas Seccionales y Cartilla de Trazado....	14
2.3	Justificación de las Formas Obtenidas.....	18
3	Contorno de Proa.....	19
3.1	Conveniencia del Bulbo	19
3.2	Determinación de los Parámetros Principales.....	19
3.2.1	Altura del Bulbo	19
3.2.2	Protuberancia.....	20
3.2.3	Área, SC20.....	20
4	Contorno de Popa.....	22
4.1	Definición Claras entre Propulsor y Codaste.....	22
	Anexo I: Gráficas Series Sistemáticas	25
	Anexo II: Plano de Formas Transformación Paramétrica	35
	Anexo III: Plano de Formas Series Sistemáticas BSRA	38
	Anexo IV: Contorno de Proa, Bulbo	41
	Anexo V: Contorno de Popa, Codaste	43

1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se centra en el proceso de diseño de las formas del buque y los aspectos significativos a considerar en el mismo.

Constará de las siguientes partes: Contornos de proa y popa, generación del plano de formas a partir de series sistemáticas y mediante transformación paramétrica partiendo de otro buque, coeficientes de forma y curva de áreas seccionales.

A continuación se muestran las dimensiones obtenidas y utilizadas en los Cuadernos 1 y 2:

TEU'S TOTALES	9000 TEU'S
TEU'S BODEGA	4256 TEU'S
TEU'S CUBIERTA	4744 TEU'S
ESLORA TOT (<i>LOA</i>)	333,37 m.
ESLORA PERPENDICULARES (<i>LPP</i>)	318,4 m.
MANGA (<i>B</i>)	44,23 m.
PUNTAL (<i>D</i>)	26,41 m.
CALADO (<i>T</i>)	14,73 m.
DESPLAZAMIENTO (Δ)	138.197 ton.
VELOCIDAD (<i>V</i>)	25,5 kn.

N FROUD	0,235
COEF BLOQUE	0,65
COEF MAESTRA	0,994
COEF PRISM	0,654

2 GENERACIÓN DEL PLANO DE FORMAS

La generación del plano de formas del buque se llevará a cabo mediante dos métodos diferentes, aunque para ambos se utilice el mismo programa informático *Maxsurf*, por transformación paramétrica y series sistemáticas BSRA.

2.1 TRANSFORMACIÓN PARAMÉTRICA

El primer método empleado para la generación del plano de formas se realiza mediante la transformación de un buque base de referencia con la ayuda del programa informático *Maxsurf Modeler*. El buque seleccionado será un buque portacontenedores con la superficie del casco diseñada en dicho programa (Container Ship_1 Surface).

Una vez seleccionado el buque de la base de datos del programa el siguiente paso será realizar una transformación paramétrica de las formas de este mediante la opción "Parametric Transformation", escalando primero la eslora en la flotación, manga y calado y después ajustar los coeficientes de forma del buque lo máximo posible a las características obtenidas en los Cuadernos 1 y 2, y que son las que aparecen en la introducción de este.

A continuación se muestran las características principales del buque base de partida:

Displacement	8043 t
Volume (displaced)	7846,984 m ³
Draft Amidships	6,6 m
Immersed depth	6,6 m
WL Length	99,986 m
Beam max extents on WL	18 m
Wetted Area	2414,657 m ²
Max sect. area	117,673 m ²
Waterpl. Area	1396,763 m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,67
Block coeff. (Cb)	0,66
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,99
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,78
LCB length	48,969 from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	45,473 from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	48,969 from zero pt. (+ve fwd) % Lbp
LCF %	45,473 from zero pt. (+ve fwd) % Lbp
KB	3,501 m
KG fluid	0 m
BMt	3,896 m
BML	101,973 m
GMt corrected	7,397 m
GML	105,474 m
KMt	7,397 m
KML	105,474 m
Immersion (TPc)	14,317 tonne/cm
MTc	84,834 tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	1038,312 tonne.m
Length:Beam ratio	5,56
Beam:Draft ratio	2,73
Length:Vol ^{0.333} ratio	5,03

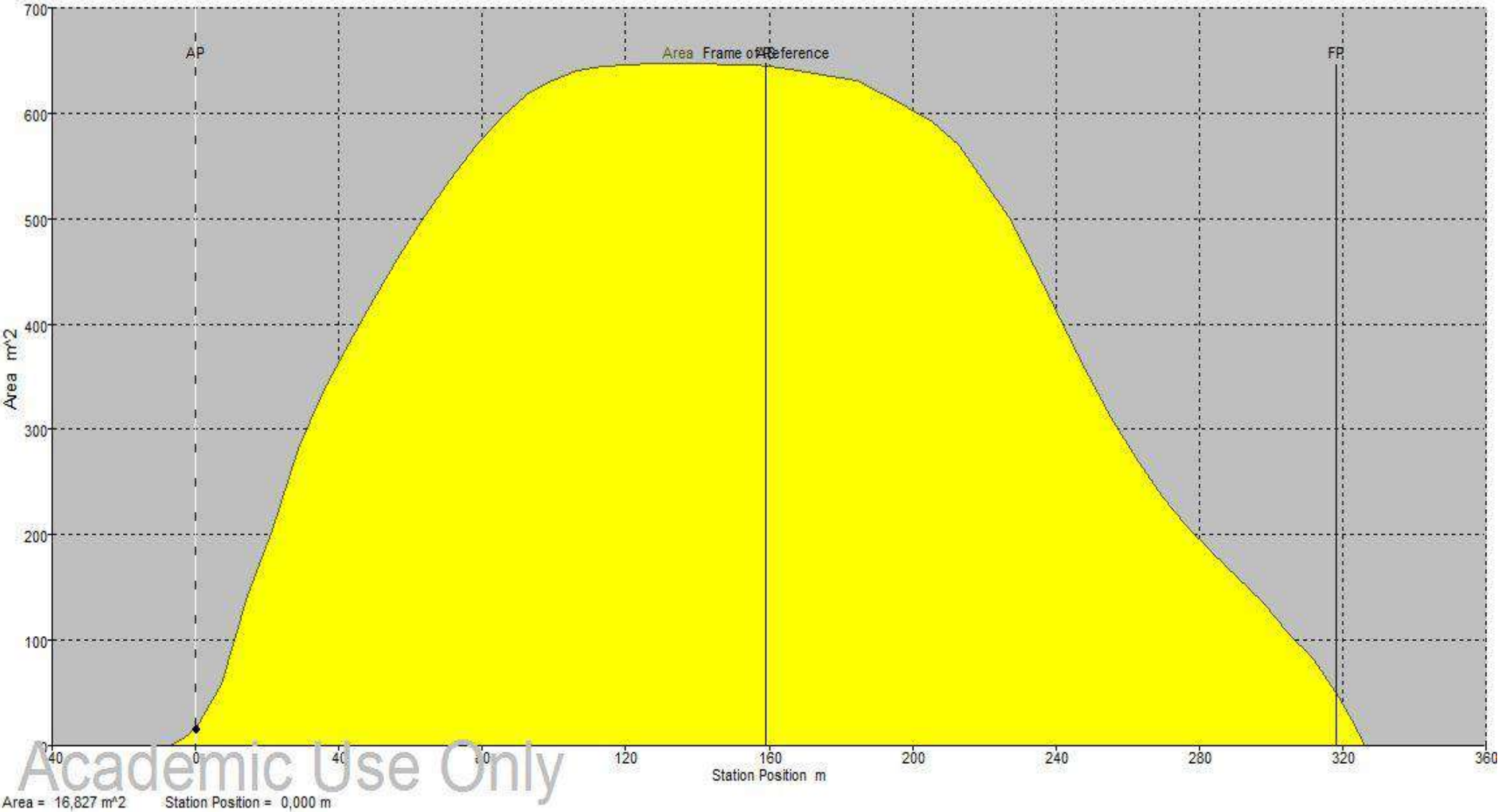
Se mostrarán en los siguientes apartados la curva de áreas seccionales, los coeficientes de forma obtenidos mediante este método y su cartilla de trazado.

También se incluirán como Anexo II los diferentes planos de formas del buque.

2.1.1 COEFICIENTES DE FORMA, CURVA DE ÁREAS SECCIONALES Y CARTILLA DE TRAZADO

Se muestran a continuación los coeficientes de forma, la curva de áreas seccionales y la cartilla de trazado obtenidos mediante el programa *Maxsurf* y el buque de referencia:

Displacement	144194 t
Volume (displaced)	140677,28 m ³
Draft Amidships	14,73 m
Immersed depth	14,73 m
WL Length	325,285 m
Beam max extents on WL	44,23 m
Wetted Area	18622,63 m ²
Max sect. area	647,07 m ²
Waterpl. Area	11768,86 m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,68
Block coeff. (Cb)	0,67
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,99
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,83
LCB length	150,43 from zero pt. (+ve fwd)
LCF length	137,60 from zero pt. (+ve fwd)
LCB %	47,25 from zero pt. (+ve fwd)
LCF %	43,22 from zero pt. (+ve fwd)
KB	7,97 m
KG fluid	0 m
BMt	11,69 m
BML	543,07 m
GMt corrected	19,66 m
GML	551,04 m
KMt	19,66 m
KML	551,04 m
Immersion (TPc)	120,63 tonne/cm
MTc	2495,49 tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	49487,27 tonne.m
Length:Beam ratio	7,18
Beam:Draft ratio	3,01
Length:Vol ^{0.333} ratio	6,12
Precision	Medium 66 stations



CARTILLA DE TRAZADO DIMENSIONAL

		X (popa-proa)	0,00	7,96	15,92	23,88	31,84	47,76	63,68	79,60	95,52	111,44	127,36	159,20
FLOTACIONES	% Calado	CALADO	0	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5
LB	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A	7,69	1,13	-	-	0,82	1,65	2,49	4,43	7,51	13,00	18,79	21,25	21,49	21,25
B	15,38	2,27	-	-	1,03	2,01	3,05	5,50	9,47	15,82	20,40	21,79	21,98	21,90
C	23,08	3,40	-	-	1,20	2,20	3,47	6,46	11,54	18,19	21,12	21,96	22,08	22,03
D	38,46	5,67	-	-	1,54	2,65	4,82	9,66	17,73	20,51	21,71	22,06	22,11	22,07
E	53,85	7,93	-	-	1,74	3,42	9,57	17,91	20,35	21,41	21,94	22,09	22,11	22,07
F	69,23	10,20	-	-	3,09	11,81	17,31	20,59	21,36	21,82	22,05	22,11	22,12	22,08
G	84,62	12,46	-	5,84	15,91	18,97	20,32	21,53	21,82	22,02	22,10	22,11	22,12	22,08
H	100,00	14,73	10,84	18,26	20,44	21,19	21,53	21,96	22,04	22,10	22,11	22,12	22,12	22,09
J	115,38	17,00	19,18	21,46	21,78	21,93	22,00	22,08	22,11	22,12	22,12	22,12	22,12	22,09
K	130,77	19,26	21,57	22,10	22,11	22,11	22,11	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,10

		X (popa-proa)	191,04	206,96	222,88	238,80	254,72	270,64	286,56	294,52	302,48	310,44	318,40
FLOTACIONES	% Calado	Calado	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10
LB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A	7,69	1,13	20,12	18,44	15,04	10,29	6,77	4,84	3,51	2,85	2,03	1,134	0,00
B	15,38	2,27	20,94	19,41	16,41	11,94	8,17	5,94	4,45	3,77	2,98	2,017	0,91
C	23,08	3,40	21,24	19,93	17,12	12,94	9,17	6,75	5,15	4,44	3,65	2,707	1,602
D	38,46	5,67	21,40	20,32	17,95	14,01	10,45	7,90	6,16	5,43	4,63	3,739	2,69
E	53,85	7,93	21,47	20,53	18,49	14,80	11,06	8,49	6,68	5,89	5,03	4,191	3,236
F	69,23	10,20	21,55	20,72	18,97	15,79	11,80	8,73	6,69	5,78	4,74	3,809	2,85
G	84,62	12,46	21,62	20,90	19,45	16,88	13,21	9,47	6,64	5,43	4,01	2,661	1,06
H	100,00	14,73	21,69	21,10	19,96	18,04	15,03	11,27	7,81	6,11	4,13	2,374	0,00
J	115,38	17,00	21,80	21,36	20,55	19,19	16,93	13,58	10,15	8,33	5,99	3,739	0,521
K	130,77	19,26	21,92	21,65	21,12	20,17	18,57	16,09	13,03	11,25	8,84	5,629	1,886

Por último se muestra una tabla comparativa con los resultados iniciales del Cuaderno 1 y los utilizados en la transformación del buque base mediante *Maxsurf*.

	CUADERNO 1	TRANSF.PARAMÉTRICA
ESLORA TOT (LOA)	333,37 m	333,37 m.
ESLORA FLOTACIÓN (LWL)	323,1 m.	325 m.
ESLORA PERPENDICULARES (LPP)	318,4 m.	318,4 m.
MANGA (B)	44,23 m.	44,23 m.
PUNTAL (D)	26,41 m.	26,41 m
CALADO (T)	14,73 m.	14,73 m.
DESPLAZAMIENTO (Δ)	138.197 ton.	144.194 ton.
COEF. BLOQUE	0,65	0,67
COEF. MAESTRA	0,99	0,99
COEF. PRISMÁTICO	0,65	0,68

Se observa un cambio en las formas del buque aumentando los coeficientes de formas y el desplazamiento para aproximar las formas obtenidas del *Maxsurf* a unas más similares a las de los buques reales.

2.2 SERIES SISTEMÁTICAS BSRA

El segundo método empleado para la obtención de las formas del buque serán las Series Sistemáticas BSRA para buques con bulbo, extraídas del libro de proyectos del profesor Fernando Junco, "*Proyectos de buques y artefactos. Proyecto de las formas de un buque*"

Para su uso, entramos con el valor de nuestro coeficiente de bloque (0,65) y trazamos una línea que corte con las distintas flotaciones. En la proyección en el eje de abscisas obtenemos el valor correspondiente a cada una. A continuación se muestran las cartillas de trazado, tanto la cartilla de trazado adimensional como la dimensional ya con los valores finales, obtenidas de la medición directa de dichas series:

CARTILLA DE TRAZADO ADIMENSIONAL

		X (popa-proa)	0	7,96	15,92	23,88	31,84	47,76	63,68	79,6	95,52	111,44	127,36	159,2
FLOTACIONES	% Calado	CALADO	0	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5
LB	0	0	-	0,015	0,015	0,015	0,019	0,024	0,0675	0,1465	0,2835	0,4495	0,5945	0,7615
A	7,69	1,13	-	0,02	0,025	0,05	0,07	0,15	0,275	0,41	0,595	0,745	0,85	0,915
B	15,38	2,27	-	0,023	0,04	0,075	0,115	0,225	0,38	0,545	0,71	0,845	0,924	0,96
C	23,08	3,40	-	0,025	0,05	0,095	0,145	0,29	0,455	0,63	0,78	0,9	0,96	0,99
D	38,46	5,67	-	0,028	0,075	0,15	0,22	0,4	0,596	0,755	0,88	0,96	0,995	1
E	53,85	7,93	-	0,03	0,12	0,215	0,32	0,53	0,705	0,85	0,95	0,985	1	1
F	69,23	10,20	-	0,06	0,19	0,315	0,44	0,65	0,8	0,91	0,975	1	1	1
G	84,62	12,46	0,015	0,17	0,325	0,45	0,57	0,75	0,86	0,95	0,997	1	1	1
H	100	14,73	0,15	0,31	0,45	0,56	0,67	0,825	0,92	0,985	1	1	1	1
J	115,38	17,00	0,26	0,405	0,525	0,63	0,73	0,88	0,95	1	1	1	1	1
K	130,77	19,26	0,325	0,465	0,58	0,68	0,785	0,915	0,97	1	1	1	1	1

		X (popa-proa)	191,04	206,96	222,88	238,8	254,72	270,64	286,56	294,52	302,48	310,44	318,4
FLOTACIONES	% Calado	CALADO	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10
LB	0	0	0,7225	0,624	0,444	0,259	0,1265	0,0605	0,0305	0,0225	0,0165	0,014	-
A	7,69	1,13	0,89	0,81	0,68	0,51	0,35	0,25	0,175	0,15	0,13	0,125	0,11
B	15,38	2,27	0,95	0,87	0,76	0,605	0,45	0,315	0,225	0,19	0,155	0,135	0,06
C	23,08	3,40	0,98	0,92	0,815	0,655	0,5	0,36	0,24	0,2	0,16	0,14	0,12
D	38,46	5,67	1	0,955	0,87	0,74	0,58	0,42	0,26	0,2	0,15	0,125	0,05
E	53,85	7,93	1	0,97	0,92	0,79	0,625	0,45	0,275	0,2	0,14	0,065	0,025
F	69,23	10,20	1	0,985	0,935	0,825	0,66	0,485	0,285	0,2	0,12	0,05	0
G	84,62	12,46	1	1	0,95	0,85	0,7	0,51	0,31	0,22	0,125	0,045	0
H	100	14,73	1	1	0,97	0,875	0,725	0,54	0,34	0,245	0,15	0,065	0
J	115,38	17,00	1	1	0,977	0,89	0,75	0,57	0,38	0,285	0,185	0,09	0,01
K	130,77	19,26	1	1	0,983	0,91	0,775	0,615	0,42	0,32	0,22	0,125	0,03

CARTILLA DE TRAZADO DIMENSIONAL

		X (popa-proa)	0	7,96	15,92	23,88	31,84	47,76	63,68	79,6	95,52	111,44	127,36	159,2
FLOTACIONES	% Calado	CALADO	0	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5
LB	0	0	-	0,332	0,332	0,332	0,420	0,531	0,531	3,240	6,270	6,270	13,147	16,841
A	7,690	1,133	-	0,442	0,553	1,106	1,548	3,317	3,317	9,067	13,158	13,158	18,798	20,235
B	15,380	2,265	-	0,509	0,885	1,659	2,543	4,976	4,976	12,053	15,702	15,702	20,434	21,230
C	23,080	3,400	-	0,553	1,106	2,101	3,207	6,413	6,413	13,932	17,250	17,250	21,230	21,894
D	38,460	5,665	-	0,619	1,659	3,317	4,865	8,846	8,846	16,697	19,461	19,461	22,004	22,115
E	53,850	7,932	-	0,663	2,654	4,755	7,077	11,721	11,721	18,798	21,009	21,009	22,115	22,115
F	69,230	10,198	-	1,327	4,202	6,966	9,731	14,375	14,375	20,125	21,562	21,562	22,115	22,115
G	84,620	12,465	0,332	3,760	7,187	9,952	12,606	16,586	16,586	21,009	22,049	22,049	22,115	22,115
H	100,000	14,730	3,317	6,856	9,952	12,384	14,817	18,245	18,245	21,783	22,115	22,115	22,115	22,115
J	115,380	16,995	5,750	8,957	11,610	13,932	16,144	19,461	19,461	22,115	22,115	22,115	22,115	22,115
K	130,770	19,262	7,187	10,283	12,827	15,038	17,360	20,235	20,235	22,115	22,115	22,115	22,115	22,115

		X (popa-proa)	191,04	206,96	222,88	238,8	254,72	270,64	286,56	294,52	302,48	310,44	318,4
FLOTACIONES	% Calado	Calado	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10
LB	0	0	15,978	13,800	9,819	5,728	2,798	1,338	0,675	0,498	0,365	0,310	-
A	7,690	1,133	19,682	17,913	15,038	11,279	7,740	5,529	3,870	3,317	2,875	2,764	2,433
B	15,380	2,265	21,009	19,240	16,807	13,380	9,952	6,966	4,976	4,202	3,428	2,986	1,327
C	23,080	3,400	21,673	20,346	18,024	14,485	11,058	7,961	5,308	4,423	3,538	3,096	2,654
D	38,460	5,665	22,115	21,120	19,240	16,365	12,827	9,288	5,750	4,423	3,317	2,764	1,106
E	53,850	7,932	22,115	21,452	20,346	17,471	13,822	9,952	6,082	4,423	3,096	1,437	0,553
F	69,230	10,198	22,115	21,783	20,678	18,245	14,596	10,726	6,303	4,423	2,654	1,106	0
G	84,620	12,465	22,115	22,115	21,009	18,798	15,481	11,279	6,856	4,865	2,764	0,995	0
H	100,000	14,730	22,115	22,115	21,452	19,351	16,033	11,942	7,519	5,418	3,317	1,437	0
J	115,380	16,995	22,115	22,115	21,606	19,682	16,586	12,606	8,404	6,303	4,091	1,990	0,221
K	130,770	19,262	22,115	22,115	21,739	20,125	17,139	13,601	9,288	7,077	4,865	2,764	0,663

Se adjuntan como Anexo I las gráficas a partir de las cuales obtenemos las semimangas del buque.

2.2.1 COEFICIENTES DE FORMA, CURVA DE ÁREAS SECCIONALES Y CARTILLA DE TRAZADO

El paso siguiente será introducir los valores de la cartilla de trazado en el programa *Maxsurf*, del cual obtendremos las diferentes secciones de nuestro buque, la curva de áreas seccionales y los coeficientes de forma.

Debido a que las series sistemáticas BSRA utilizadas no son específicas para buques portacontenedores, cuyas formas se ensanchan en la zona de popa, se han tenido que corregir las formas para poder disponer de espacio suficiente en cubierta para la estiba de estos. La corrección ha sido realizada directamente sobre el modelo *Maxsurf*.

Se muestran a continuación los coeficientes de forma, la curva de áreas seccionales y la cartilla de trazado obtenidos mediante este método.

Se incluirán como Anexo III los diferentes planos de formas del buque.

Displacement	131799 t
Volume (displaced)	128584,565 m ³
Draft Amidships	14,73 m
Immersed depth	14,73 m
WL Length	318,4 m
Beam max extents on WL	44,23 m
Wetted Area	16593,937 m ²
Max sect. area	618,685 m ²
Waterpl. Area	10653,964 m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,65
Block coeff. (Cb)	0,62
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,95
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,76
LCB length	154,542 from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	149,679 from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	48,537 from zero pt. (+ve fwd) % Lbp
LCF %	47,01 from zero pt. (+ve fwd) % Lbp
KB	8,088 m
KG fluid	0 m
BMt	10,633 m
BML	467,534 m
GMt corrected	18,72 m
GML	475,622 m
KMt	18,72 m
KML	475,622 m
Immersion (TPc)	109,203 tonne/cm
MTc	1968,799 tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	43061,022 tonne.m
Length:Beam ratio	7,20
Beam:Draft ratio	3,00
Length:Vol ^{0.333} ratio	6,31
Precision	Medium 59 stations

CARTILLA DE TRAZADO DIMENSIONAL

		X (popa-proa)	0	7,96	15,92	23,88	31,84	47,76	63,68	79,6	95,52	111,44	127,36	159,2
FLOTACIONES	% Calado	CALADO	0	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5
LB	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
A	7,690	1,133	0,00	0,00	0,951	3,484	4,407	6,148	7,88	9,743	11,782	13,897	16,123	17,774
B	15,380	2,265	0,00	0,00	1,841	4,52	5,691	7,892	9,937	12,139	14,487	16,757	19,007	20,334
C	23,080	3,400	0,00	0,00	2,634	5,204	6,545	9,014	11,218	13,567	16,001	18,207	20,246	21,169
D	38,460	5,665	0,00	0,783	3,925	6,305	7,869	10,663	13,101	15,587	18,002	19,954	21,47	21,883
E	53,850	7,932	0,00	1,819	5,002	7,306	9,007	11,998	14,581	17,059	19,35	20,935	21,905	22,08
F	69,230	10,198	0,00	3,071	6,154	8,471	10,286	13,474	16,048	18,352	20,512	21,575	22,049	22,108
G	84,620	12,465	0,177	4,671	7,707	10,036	11,935	15,276	17,578	19,519	21,472	21,964	22,102	22,114
H	100,000	14,730	3,208	6,694	9,541	11,886	13,823	17,091	18,928	20,421	21,888	22,094	22,113	22,113
J	115,380	16,995	5,585	8,549	11,207	13,551	15,458	18,59	20,079	21,089	22,02	22,114	22,115	22,113
K	130,770	19,262	7,187	10,076	12,73	15,041	16,888	19,909	21,16	21,674	22,115	22,115	22,115	22,115

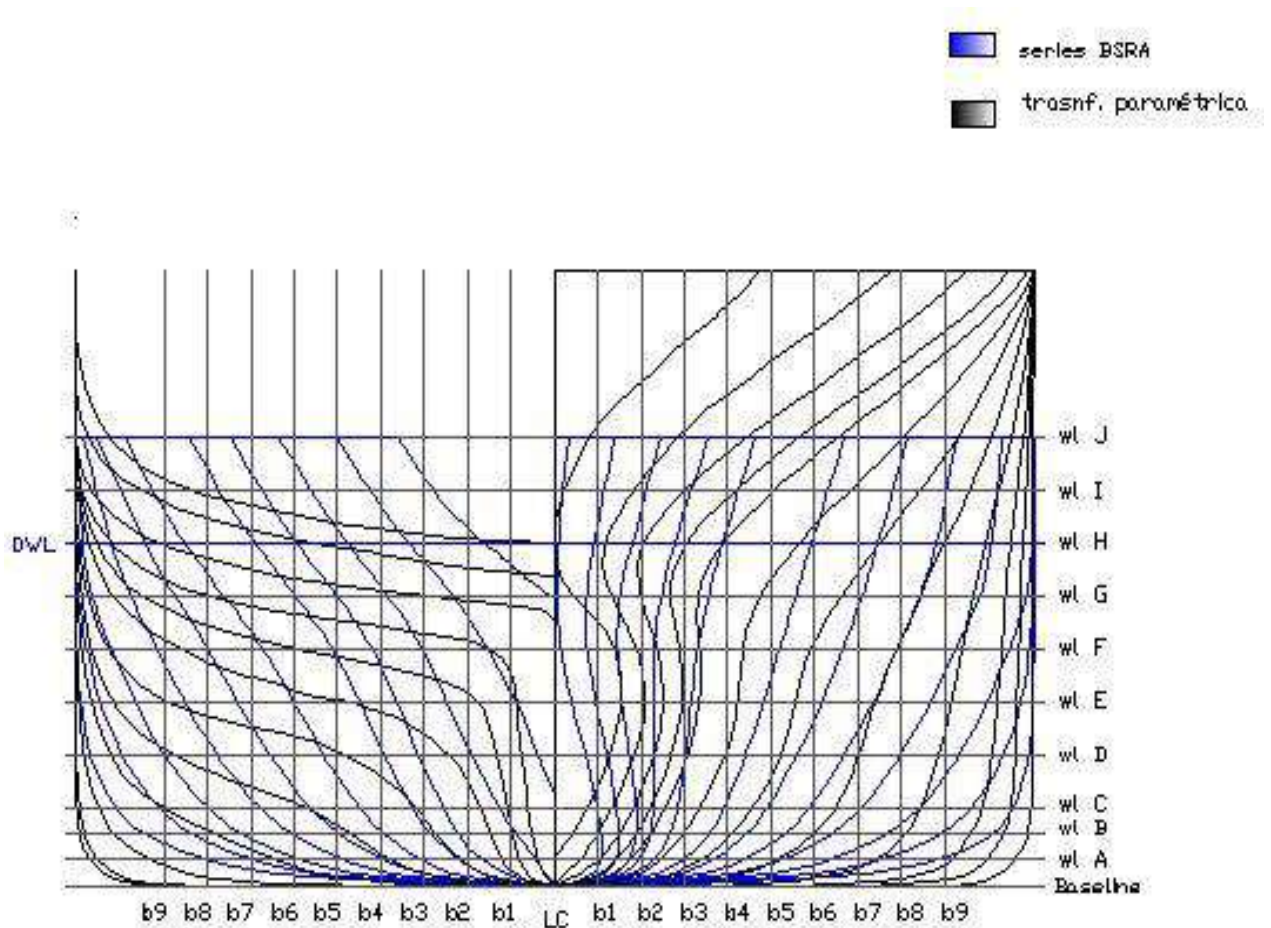
		X (popa-proa)	191,04	206,96	222,88	238,8	254,72	270,64	286,56	294,52	302,48	310,44	318,4
FLOTACIONES	% Calado	Calado	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	10
LB	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A	7,690	1,133	15,09	12,786	10,453	8,727	7,235	5,934	4,583	3,85	3,471	2,801	0,00
B	15,380	2,265	17,929	15,457	12,741	10,634	8,808	7,167	5,35	4,406	3,838	2,979	0,00
C	23,080	3,400	19,256	16,865	14,022	11,721	9,712	7,852	5,67	4,565	3,823	2,85	0,00
D	38,460	5,665	20,773	18,715	15,855	13,349	11,105	8,899	6,032	4,613	3,518	2,399	1,24
E	53,850	7,932	21,539	19,956	17,245	14,641	12,237	9,748	6,276	4,556	3,112	1,895	0,821
F	69,230	10,198	21,932	20,981	18,506	15,813	13,251	10,514	6,59	4,607	2,848	1,516	0,328
G	84,620	12,465	22,081	21,768	19,608	16,85	14,161	11,239	7,093	4,947	2,979	1,474	0,12
H	100,000	14,730	22,11	22,068	20,268	17,608	14,957	11,963	7,751	5,57	3,535	1,813	0,188
J	115,380	16,995	22,115	22,112	20,563	18,118	15,664	12,671	8,482	6,317	4,215	2,287	0,405
K	130,770	19,262	22,115	22,115	20,739	18,538	16,337	13,363	9,23	7,084	4,885	2,764	0,663



2.3 JUSTIFICACIÓN DE LAS FORMAS OBTENIDAS

Para la realización de los siguientes cuadernos se utilizarán las **formas obtenidas mediante la transformación del buque base con el programa *Maxsurf*** ya que, como se puede observar en el siguiente croquis, posee un mayor radio de pantoque y carece de astilla muerta, lo habitual en este tipo de buques.

Además de esto, las formas obtenidas de las series sistemáticas BSRA debido a la utilización de series no específicas para buques portacontenedores, se deberían corregir las formas en toda la eslora a fin de poder disponer de espacio suficiente en cubierta para la estiba de contenedores



3 CONTORNO DE PROA

3.1 CONVENIENCIA DEL BULBO

El primer paso en el contorno de proa será determinar la necesidad de bulbo o no en el buque a proyectar.

Para ello se toman unos ciertos criterios indicados en el libro “*Proyectos de buques y artefactos. Proyecto de las formas de un buque*” del profesor Fernando Junco, que determinarán o no la aplicación del bulbo.

Los criterios son los siguientes:

PARÁMETRO	VALOR	CRITERIO	APLICACIÓN
C_B	0,67	$0,65 < C_B < 0,815$	SI
L_{PP} / B	7,1	$5,5 < L_{PP} / B < 7$	NO
F_N	0,235	$0,24 < F_N < 0,57$	NO
$C_B \times B/L$	0,088	$C_B \times B/L < 0,135$	SI

A vista de los resultados, quedaría a elección la aplicación del bulbo o no. Ya que todos los buques utilizados en base de datos del Cuaderno 1 llevan bulbo y el efecto principal de este es la reducción de la resistencia al avance, se aplicará también al buque que estamos proyectando.

3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES

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

3.2.1 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:

$$h_{\text{bulbo}} = T_{\text{máx.}} \times 0,45 = 14,73 \times 0,45 = 6,637 \approx 6,64 \text{ m.}$$

Su valor adimensional será:

$$\frac{h}{T} = \frac{6,64}{14,73} = \mathbf{0,45}$$

3.2.2 PROTUBERANCIA

La protuberancia puede determinarse a partir del buque base o mediante formulación. Seguiremos la formulación del libro "El proyecto básico del buque mercante":

$$X = 0,1811 \times C_B \times \frac{B}{L_{pp}} + 0,0074 = 0,1811 \times 0,67 \times \frac{44,23}{318,4} + 0,0074 = \mathbf{0,024}$$

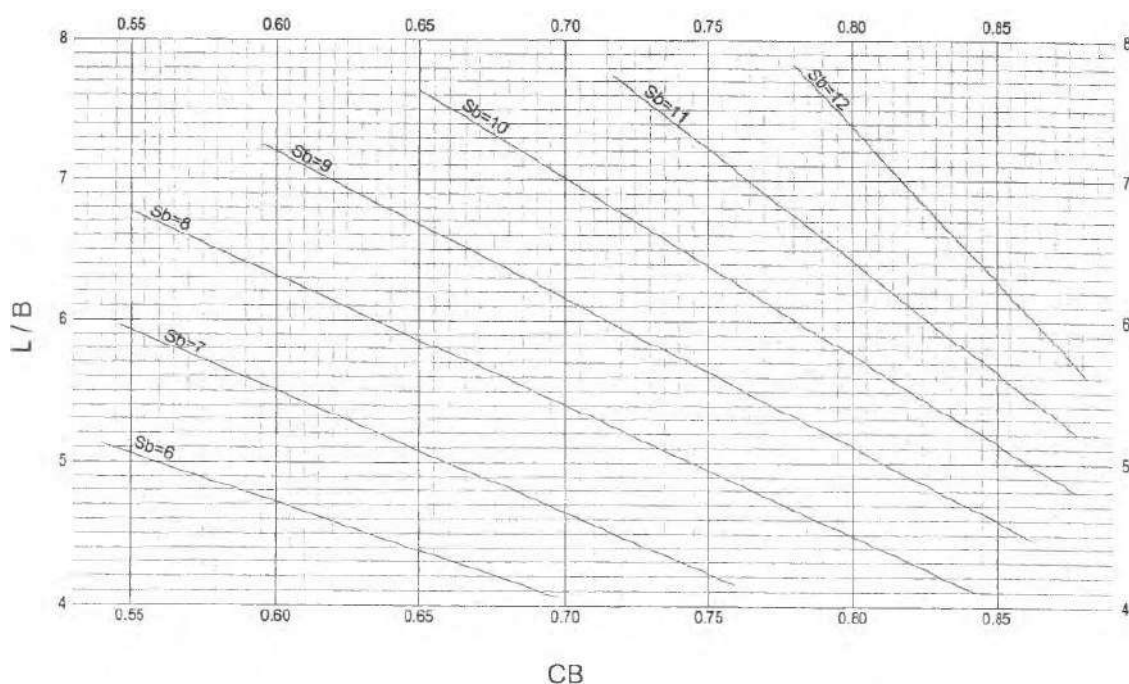
Por lo tanto, la protuberancia, según la formulación, será:

$$x = X \times L_{pp} = 0,024 \times 318,4 = \mathbf{7,64 \text{ m.}}$$

3.2.3 ÁREA, SC20

Para determinar el área del bulbo necesitaremos conocer el porcentaje de la superficie mojada. Para ello emplearemos la gráfica extraída del libro "Proyectos de buques y artefactos. Proyecto de las formas de un buque" del profesor Fernando Junco.

Entraremos en ella con el valor del C_B (0,65) y con el valor de la relación L_{PP}/B (7,1), obteniendo:



$$S_b = 9,5\% \times S_M$$

Teniendo en cuenta que:

$$S_M = B \times T \times C_B = 44,23 \times 14,73 \times 0,67 = 436,51 \text{ m}^2$$

La superficie mojada del bulbo será:

$$\mathbf{S_b = 9,5\% \times S_M = 0,095 \times 436,51 = 41,46 \text{ m}^2}$$

Se adjuntará un croquis de la zona de proa como Anexo IV.

4 CONTORNO DE POPA

Antes de definir los parámetros del contorno de popa determinaremos el diámetro del propulsor, con la finalidad de establecer unos límites para las formas en la zona del codaste. La fórmula a emplear, extraída del libro “Proyecto básico del buque mercante”, será la siguiente:

$$D_p = 15,75 \times \frac{MCO^{0,2}}{n^{0,6}}$$

donde, MCO es la potencia máxima en HP y n las revoluciones por minuto de la hélice.

Para nuestro buque, la potencia es de 93.360 y n serán 102 rpm. Por lo tanto:

$$D_p = 15,75 \times \frac{MCO^{0,2}}{n^{0,6}} = 15,75 \times \frac{93360^{0,2}}{102^{0,6}} = \mathbf{9,68\ m.}$$

4.1 DEFINICIÓN CLARAS ENTRE PROPULSOR Y CODASTE

Para el caso de buques de una hélice, las claras mínimas vienen definidas por las Sociedades de Clasificación y con las siguientes:

- **BUREAU VERITAS:**

- **Clara a:** $a = A \times f \times D_p$
siendo,

$$f = \frac{(C_B \times BHP)^{2/3}}{B \times L_{pp}}$$

Para nuestro caso, ya que en principio se dispondrá de una hélice con 4 palas, el coeficiente A tomará un valor de 0,65:

$$f = \frac{(C_B \times BHP)^{2/3}}{B \times L_{pp}} = \frac{(0,67 \times 93360)^{2/3}}{44,23 \times 318,4} = 0,11$$

$$a = A \times f \times D_p = 0,67 \times 0,11 \times 9,7 = \mathbf{0,72}$$

▪ Clara b: $b = 1,5 \times a = 1,5 \times 0,72 = \mathbf{1,08}$

▪ Clara c:

Tiene que ser igual o mayor que el valor mayor entre:

$$c = 0,12 \times D_p$$

y el espesor máximo del timón. Debido a que no conocemos el espesor máximo del timón utilizaremos el valor que se obtiene mediante formulación:

$$c = 0,12 \times D_p = 0,12 \times 9,7 = \mathbf{1,17}$$

- LLOYD'S REGISTER:

▪ Clara a: $a = A \times K1 \times D_p$

siendo,

$$K1 = \left(0,1 + \frac{L_{PP}}{3050}\right) \times \left(\frac{2,56 \times C_B \times BHP}{L_{PP}} + 0,3\right)$$

Para nuestro caso, ya que en principio se dispondrá de una hélice con 4 palas, el coeficiente A tomará un valor de 1:

$$K1 = \left(0,1 + \frac{318,4}{3050}\right) \times \left(\frac{2,56 \times 0,67 \times 93360}{318,4} + 0,3\right) = 103$$

$$a = A \times K1 \times D_p = \mathbf{1}$$

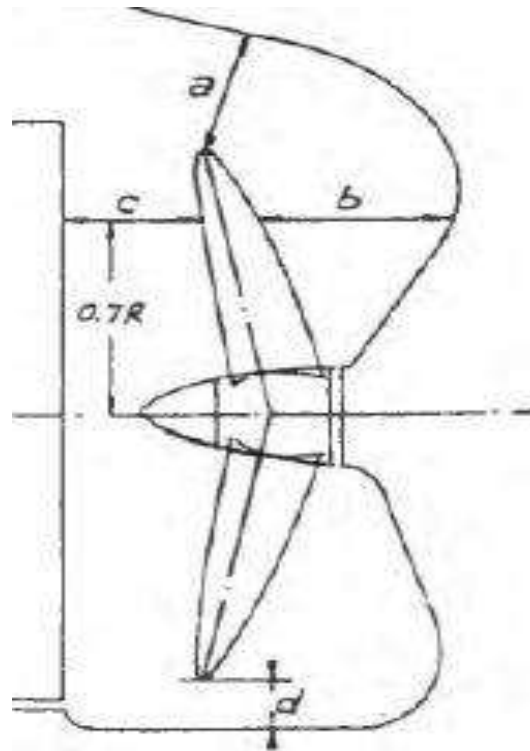
▪ Clara b: $b = 1,5 \times a = 1,5 \times 1 = \mathbf{1,5}$

▪ Clara c: $c = 0,12 \times D_p = 0,12 \times 9,7 = \mathbf{1,17}$

▪ Clara d: $d = 0,03 \times D_p = 0,03 \times 9,7 = \mathbf{0,29}$

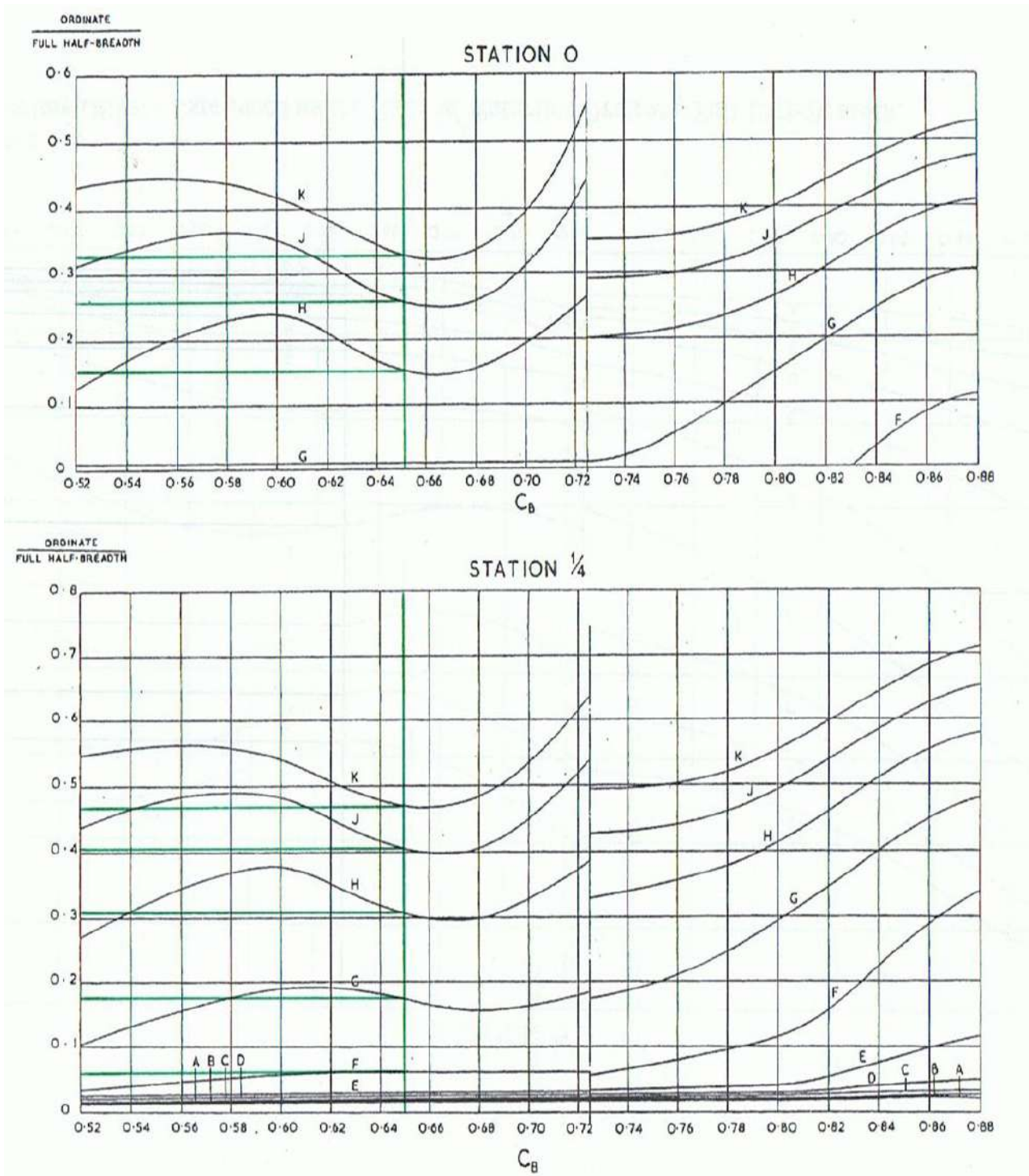
Calculadas las claras mediante las formulaciones dadas por las Sociedades de Clasificación, calcularemos la media aritmética de ambas:

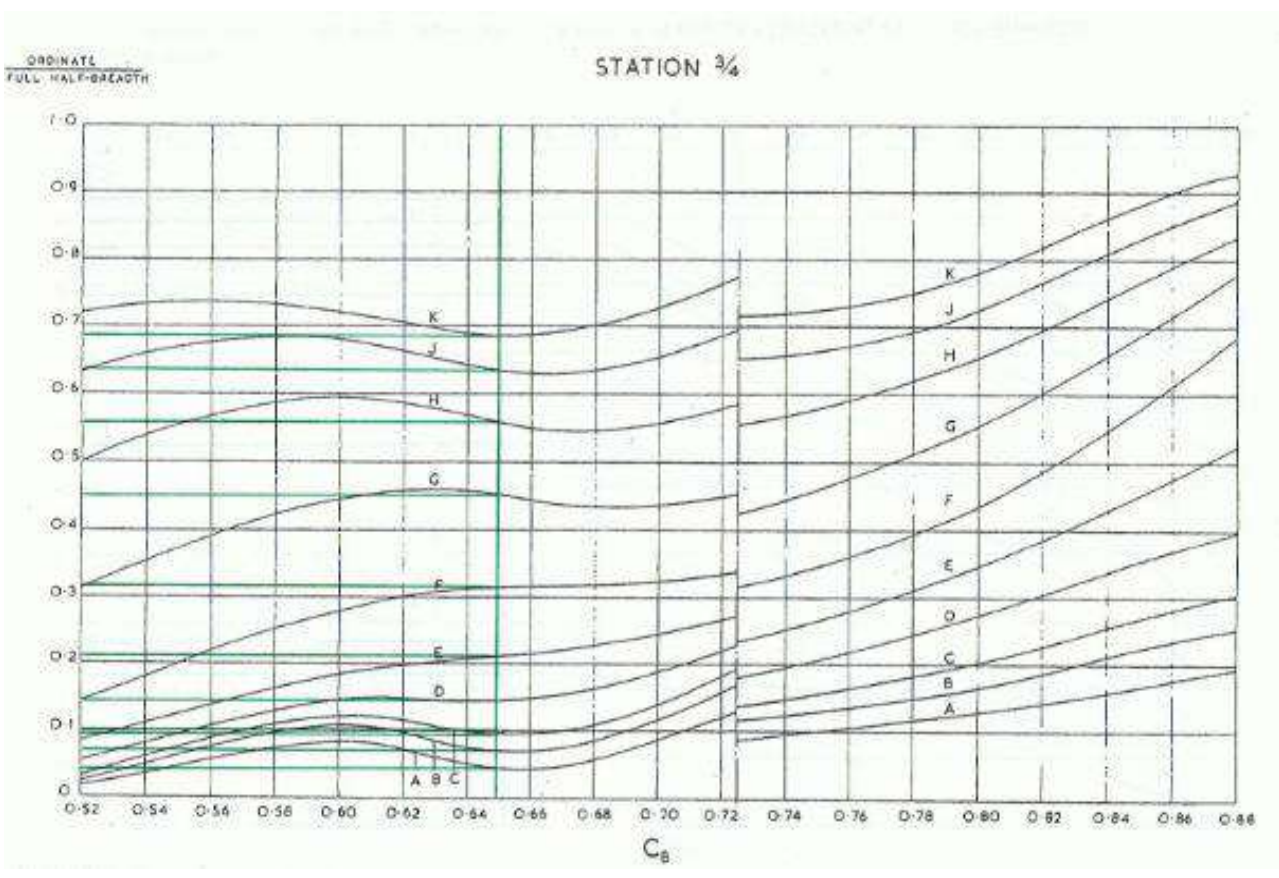
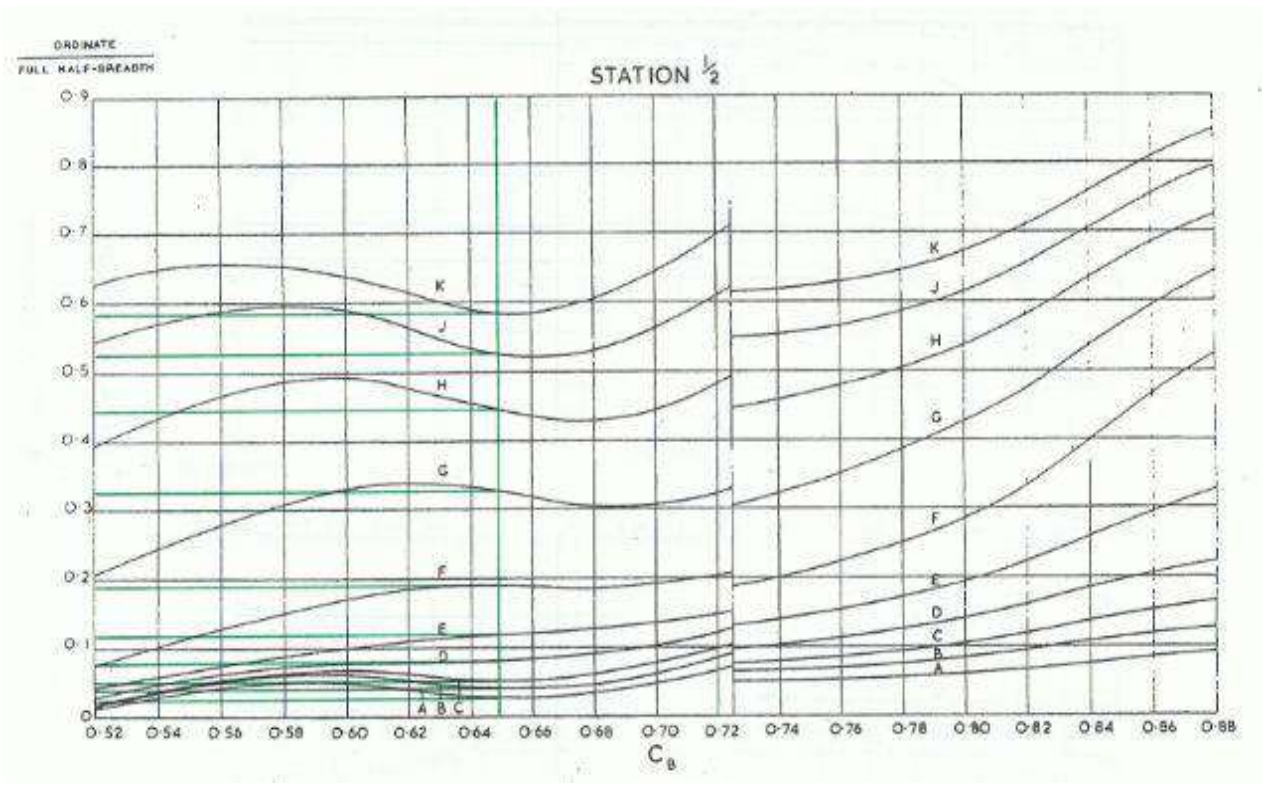
CLARA	BUREAU VERITAS	LLOYD'S REGISTER	MEDIA	+ MARGEN (30%)
<i>a</i>	0,72	1	0,865	1,12
<i>b</i>	1,08	1,5	1,295	1,68
<i>c</i>	1,17	1,17	1,17	1,53
<i>d</i>	-	0,29	0,29	0,38

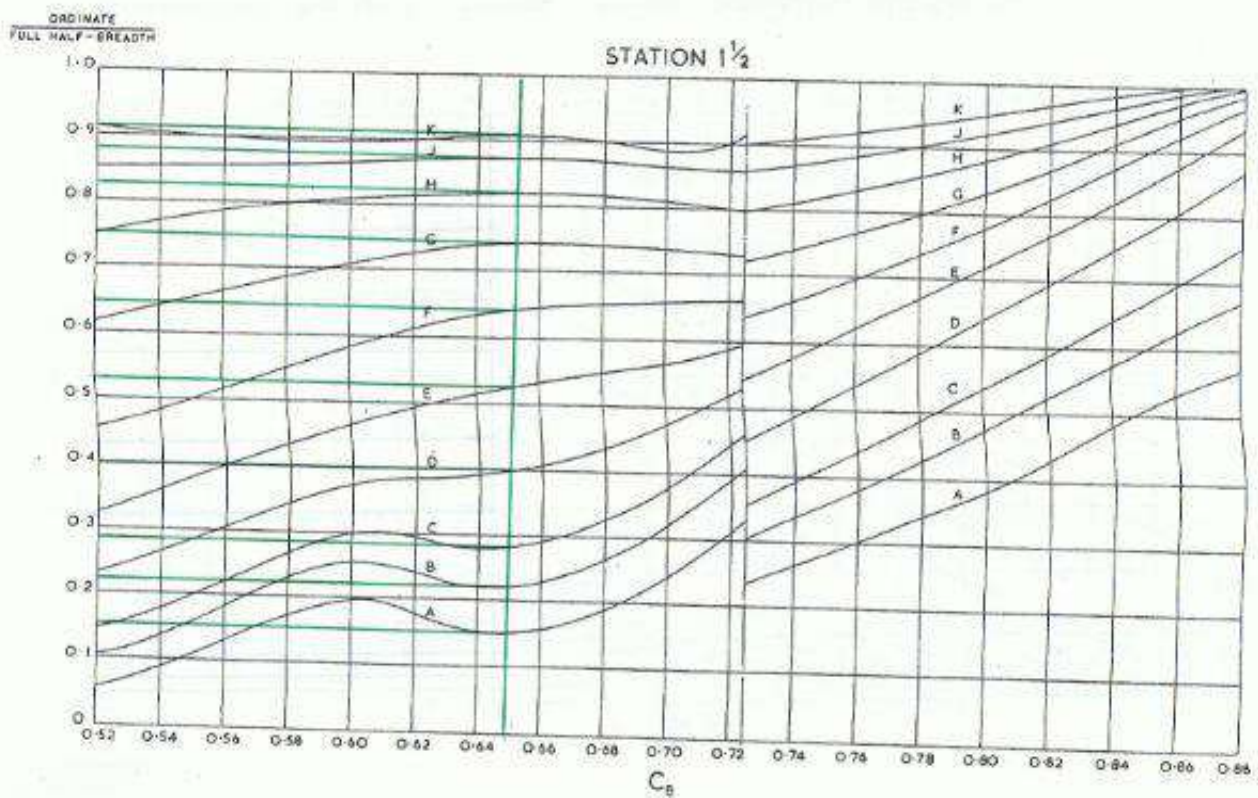
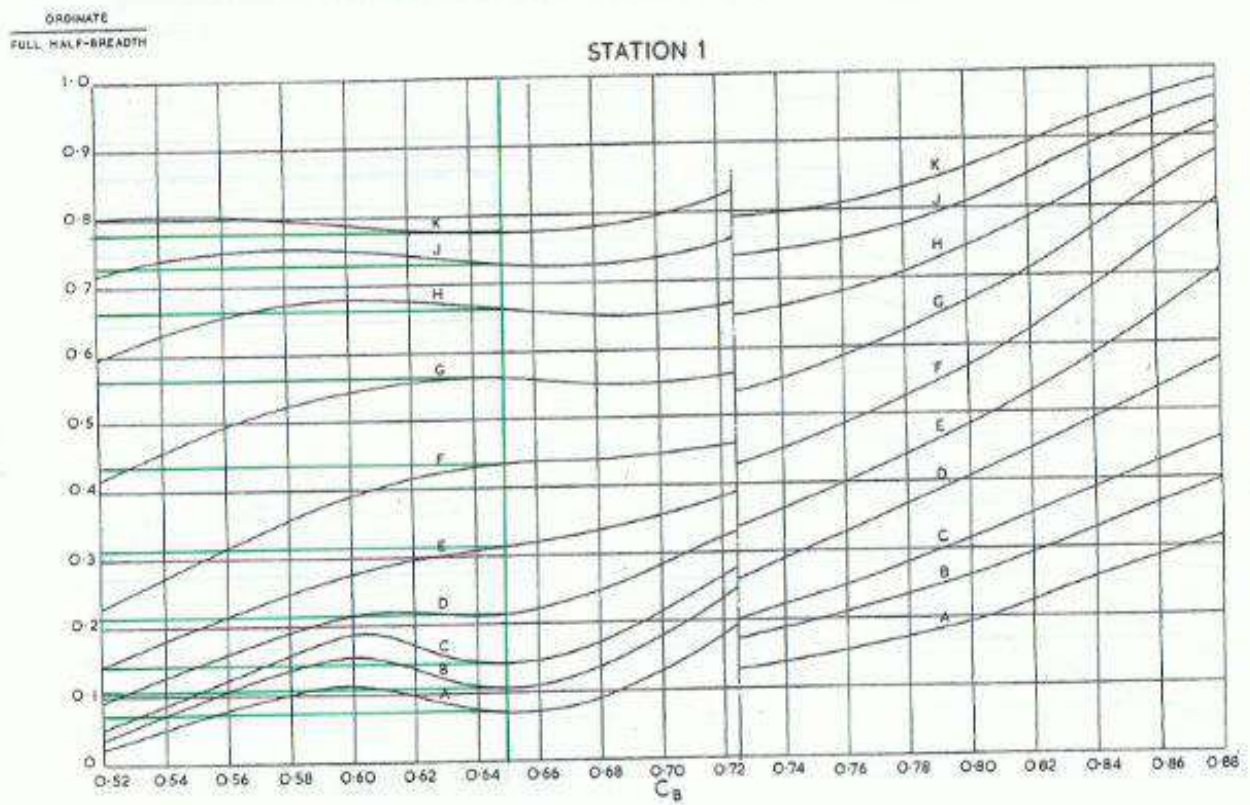


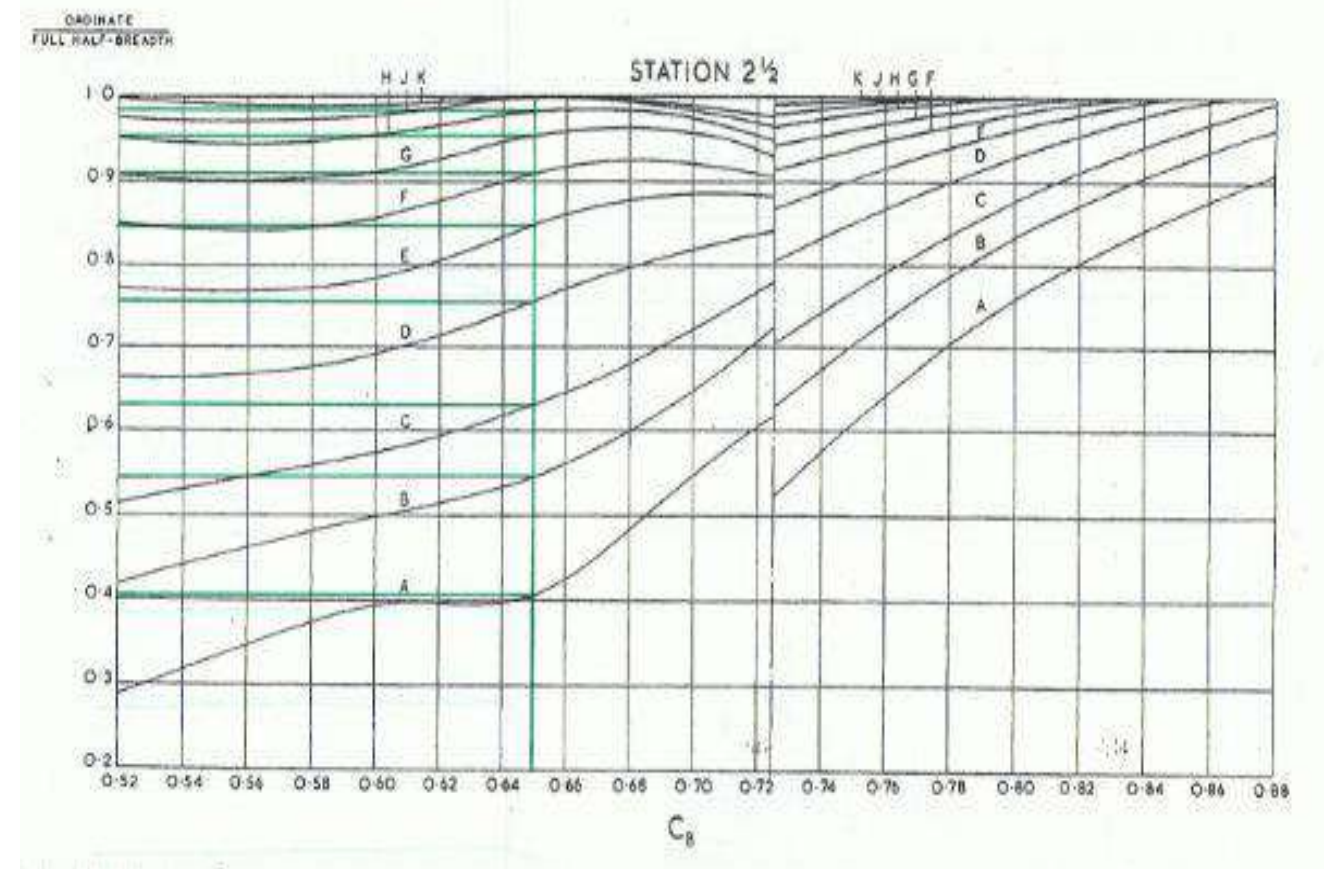
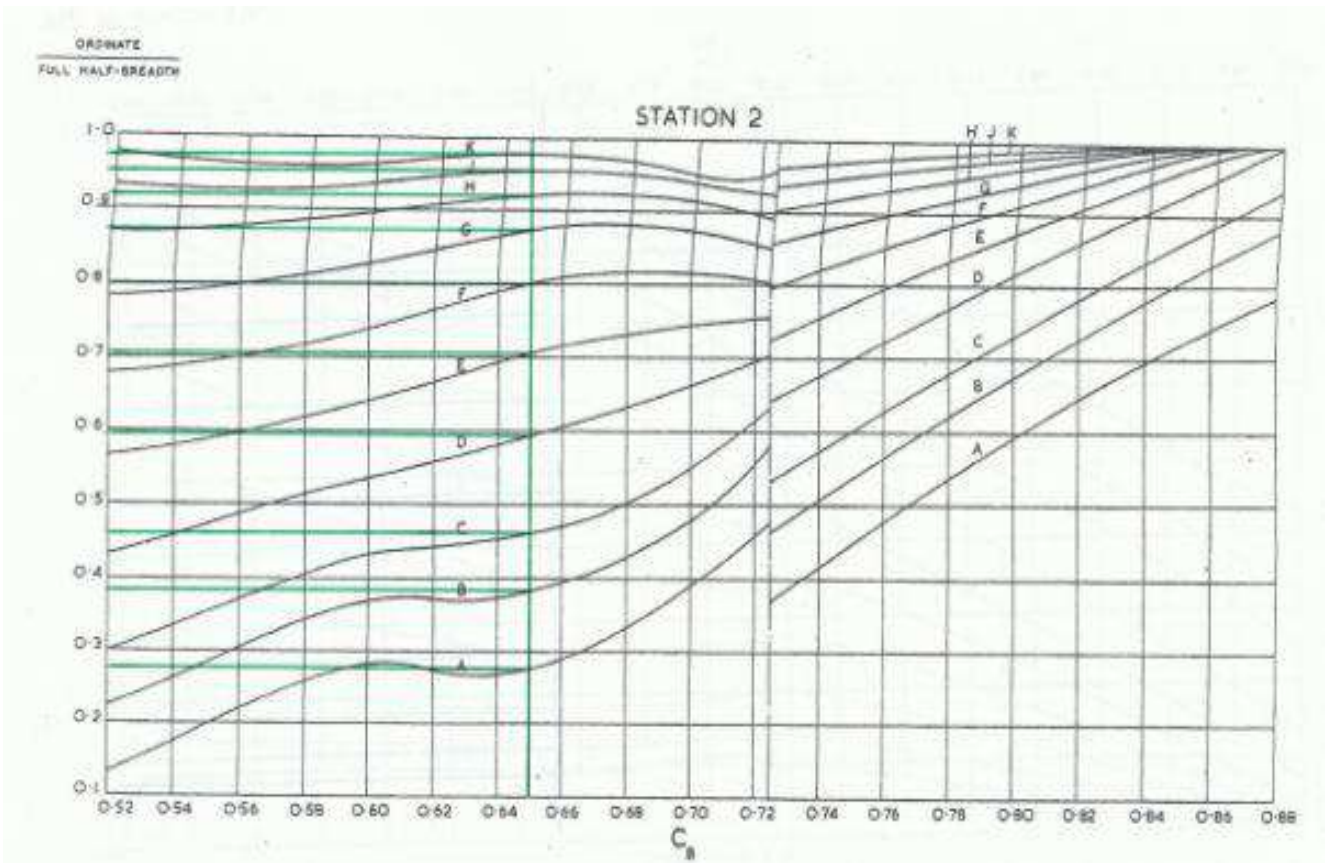
Se adjuntará un croquis de la zona de popa como Anexo V.

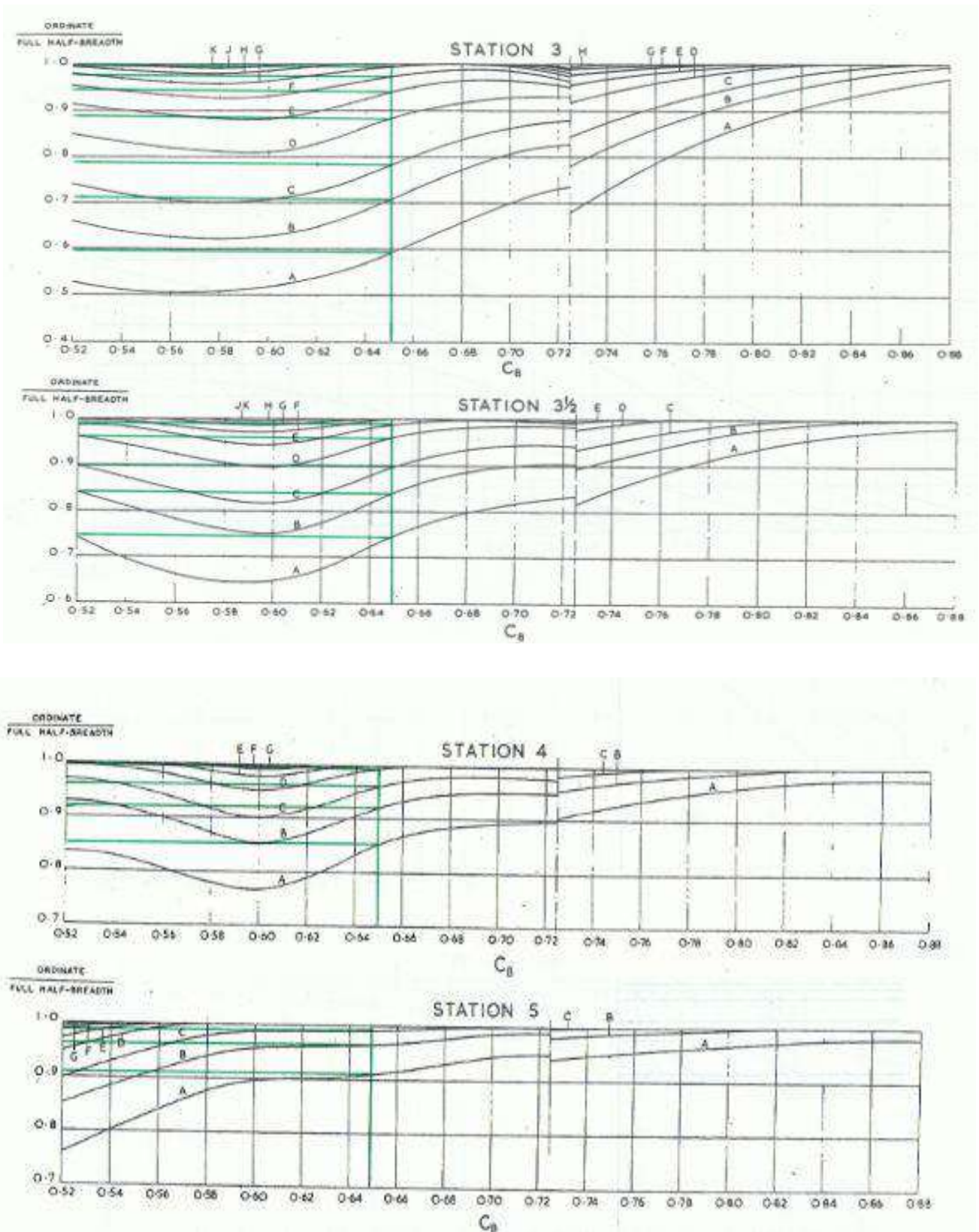
ANEXO I: GRÁFICAS SERIES SISTEMÁTICAS

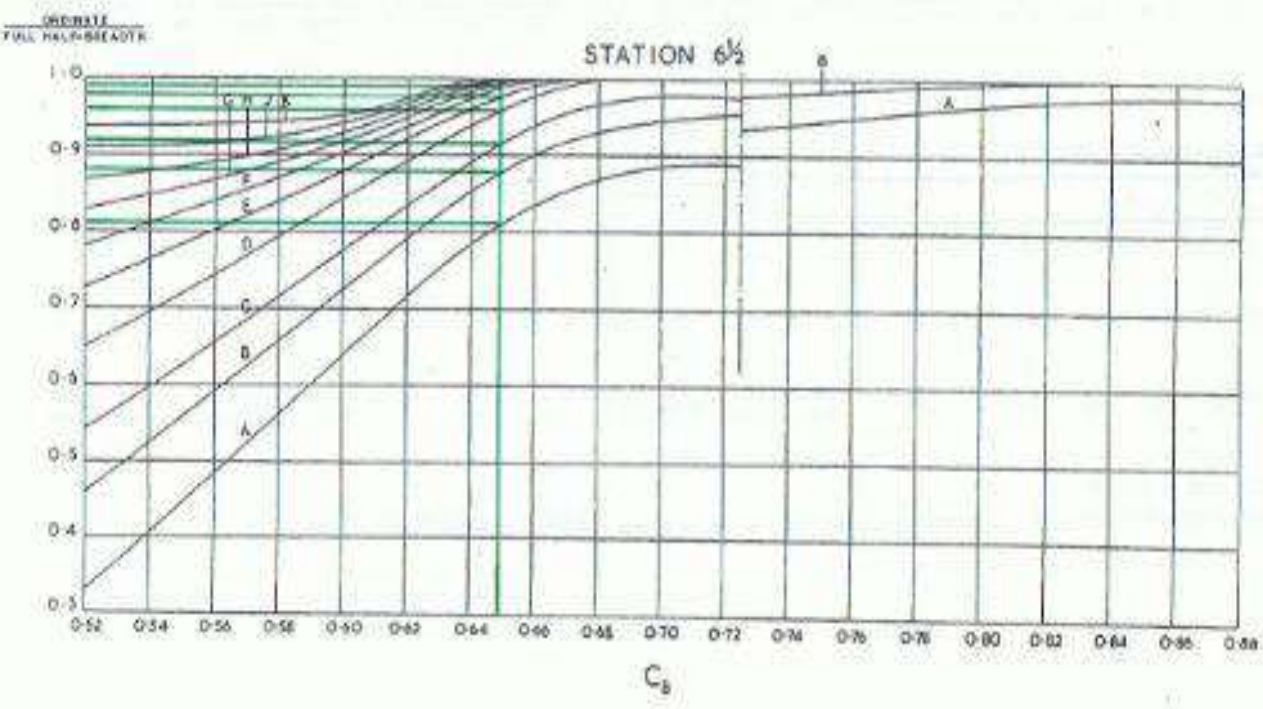
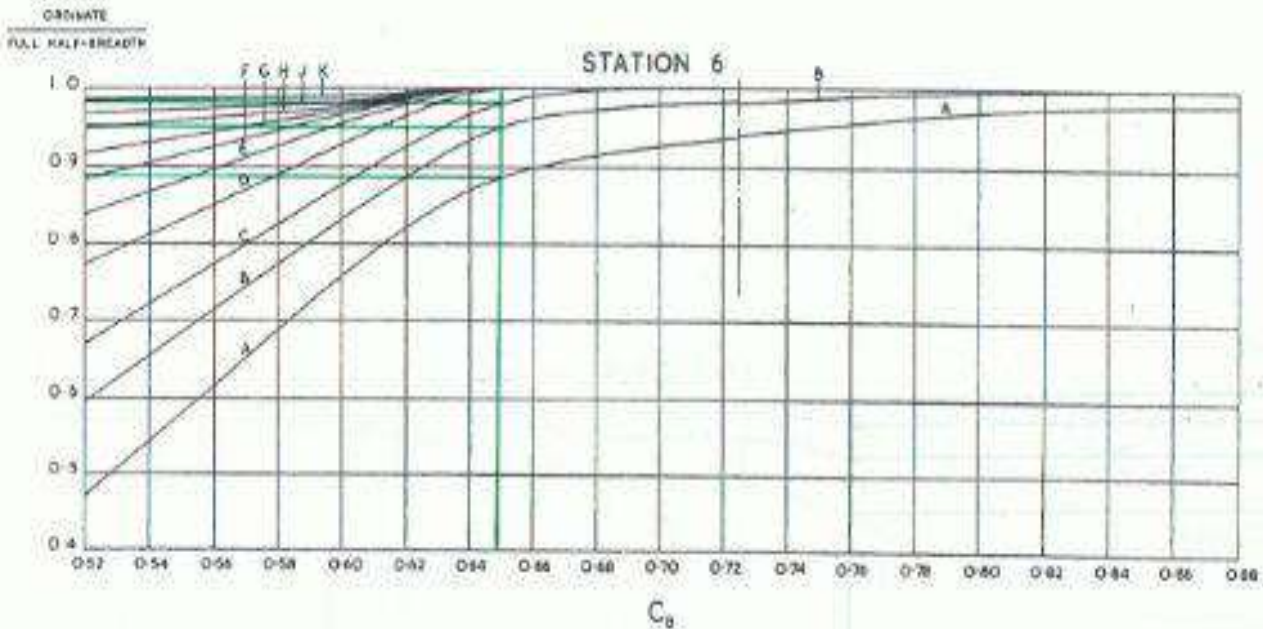


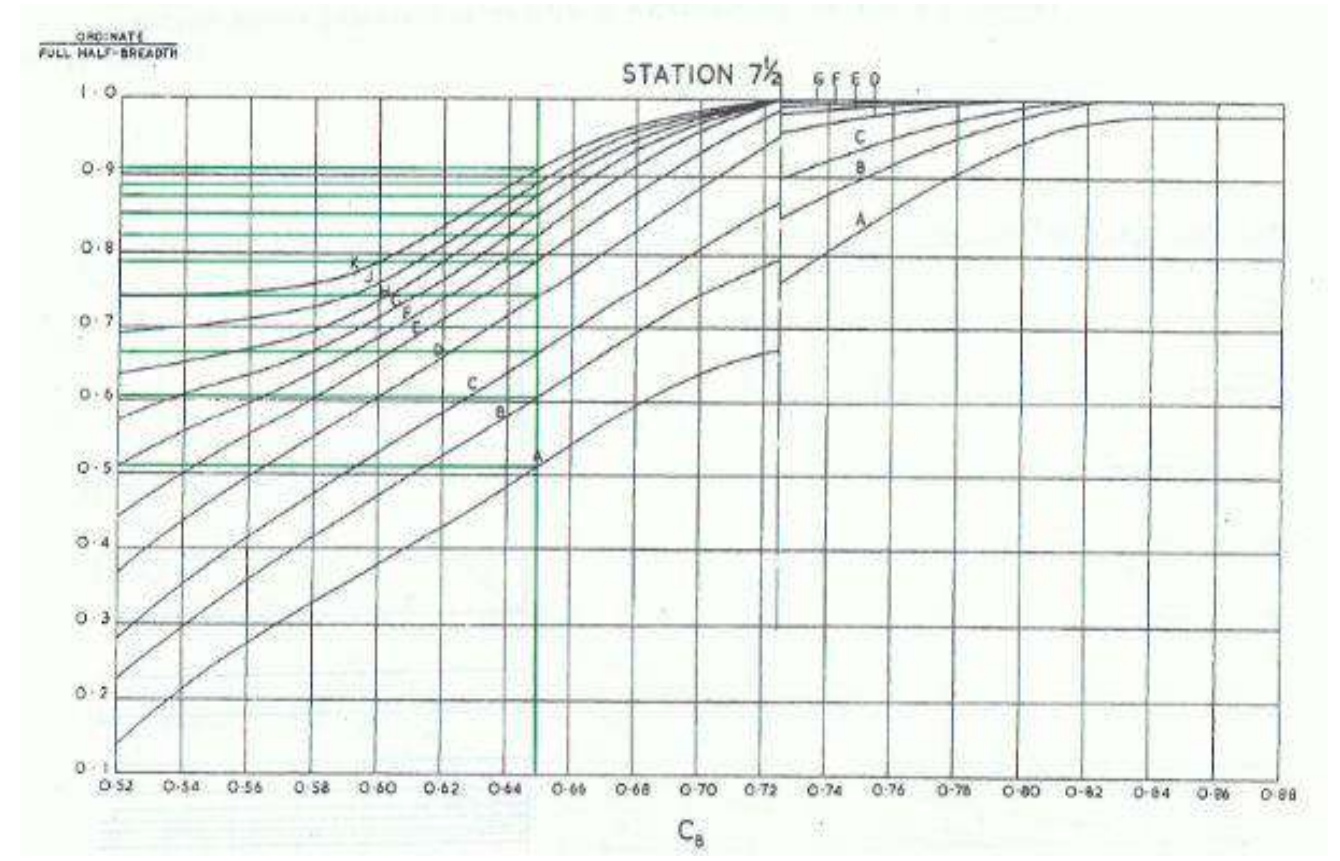
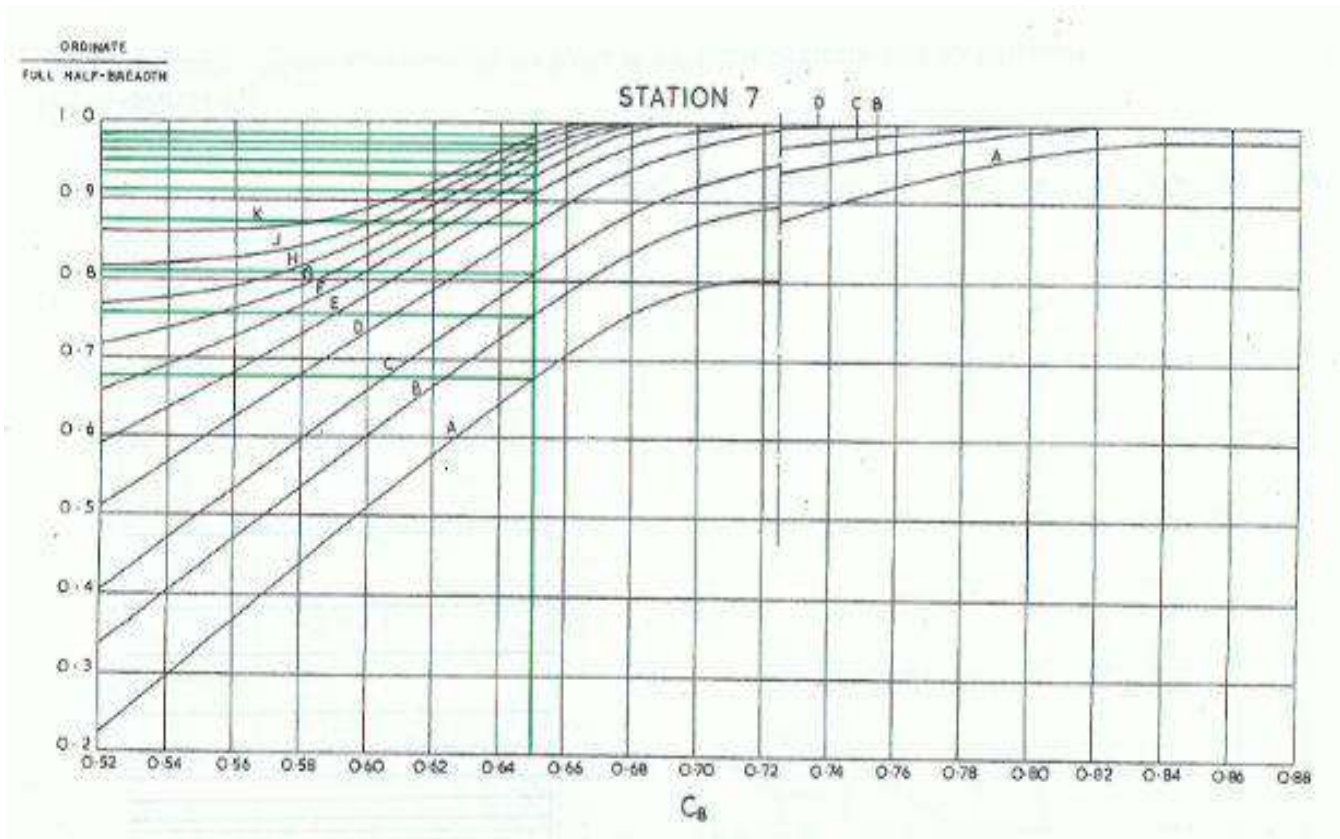


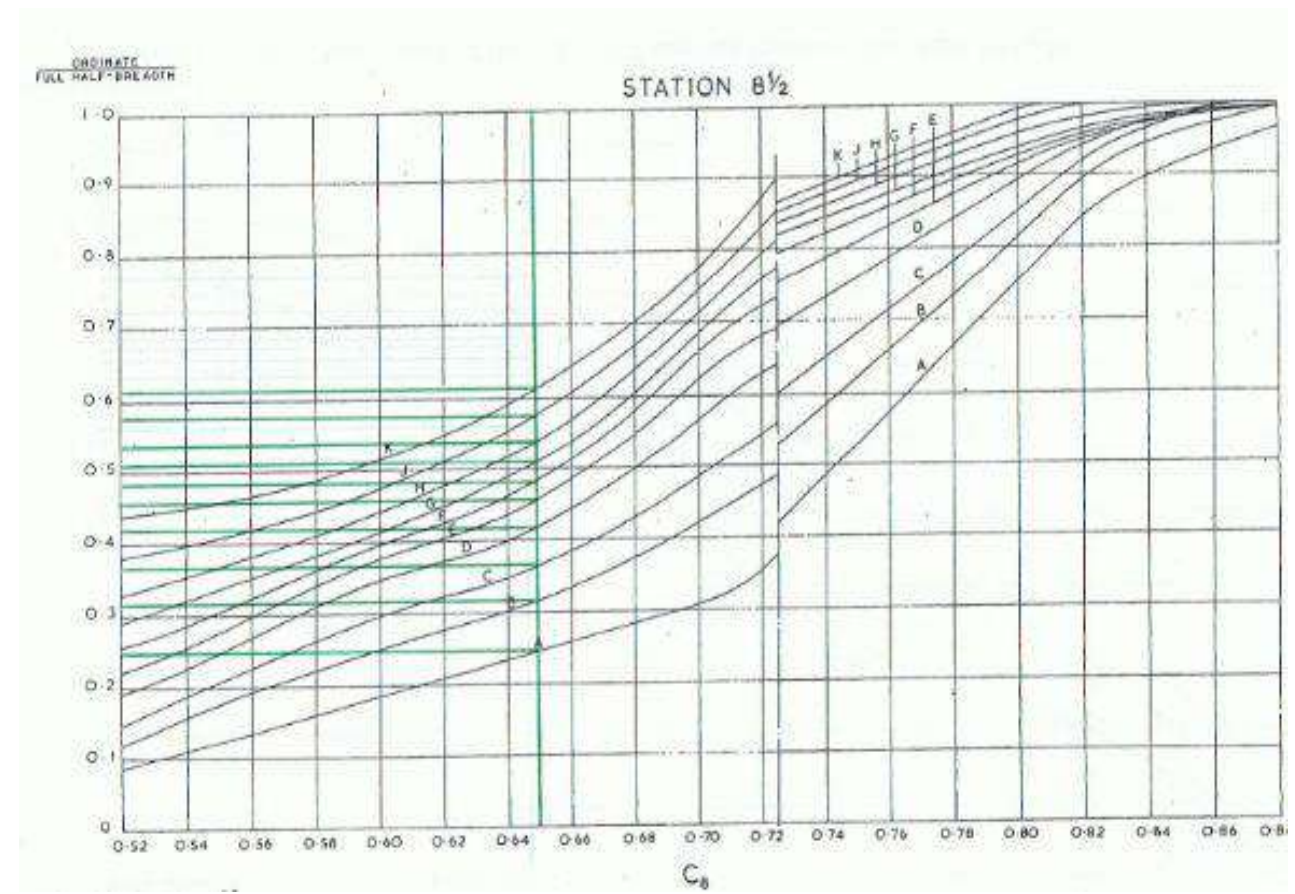
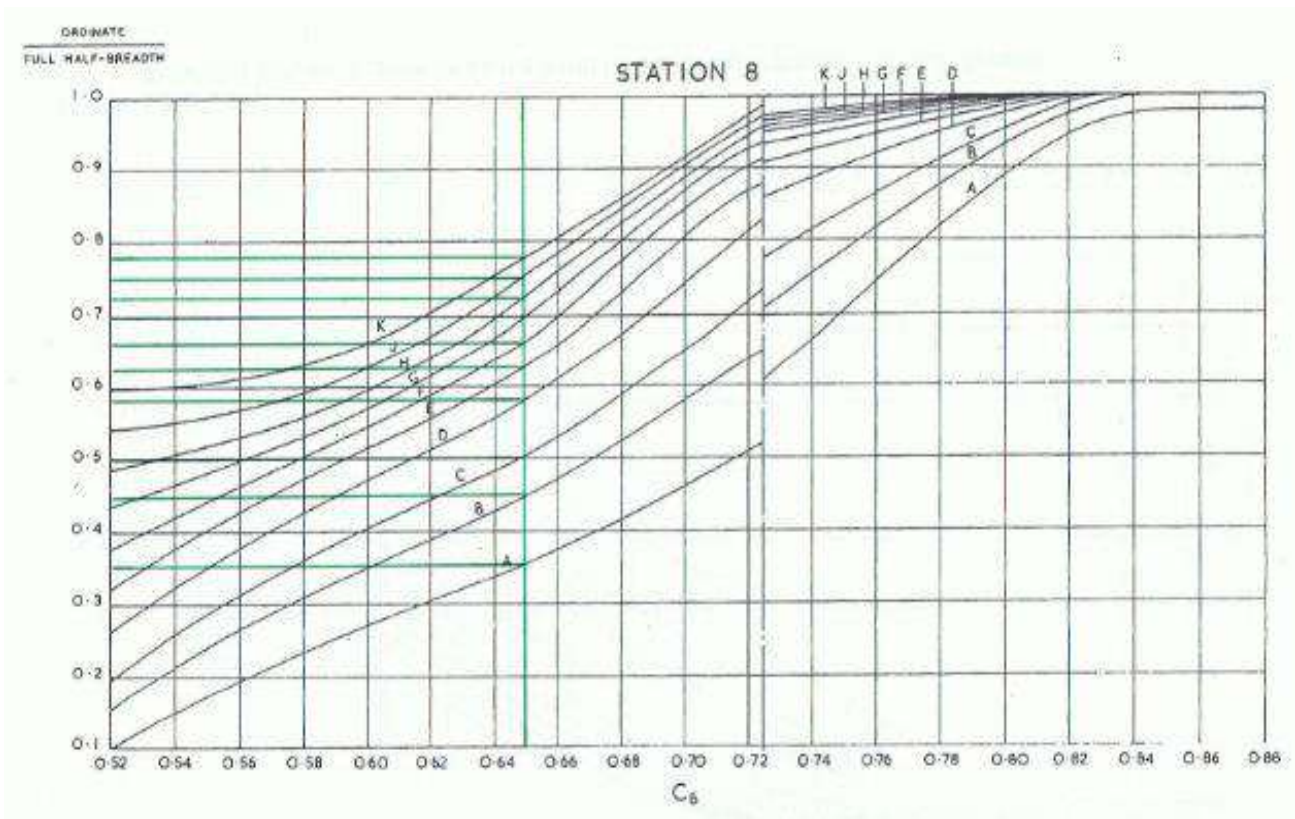


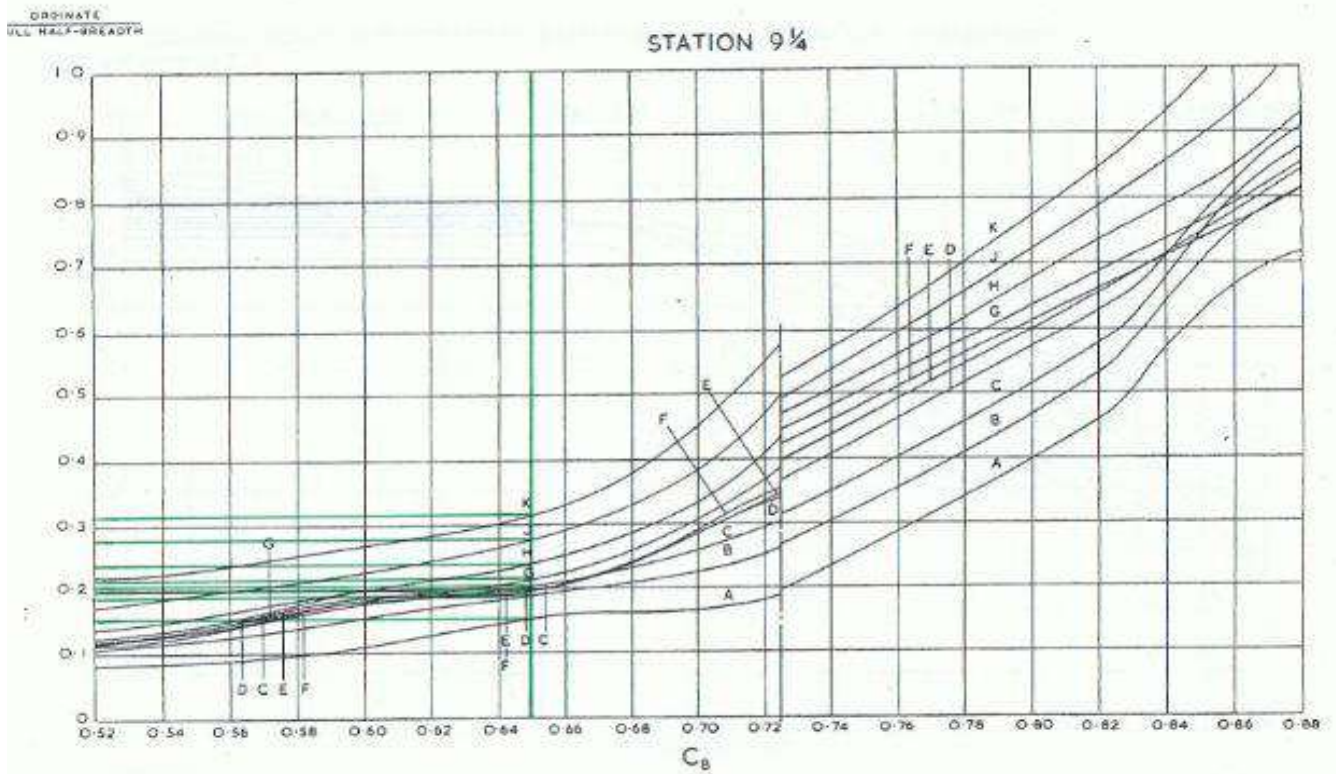
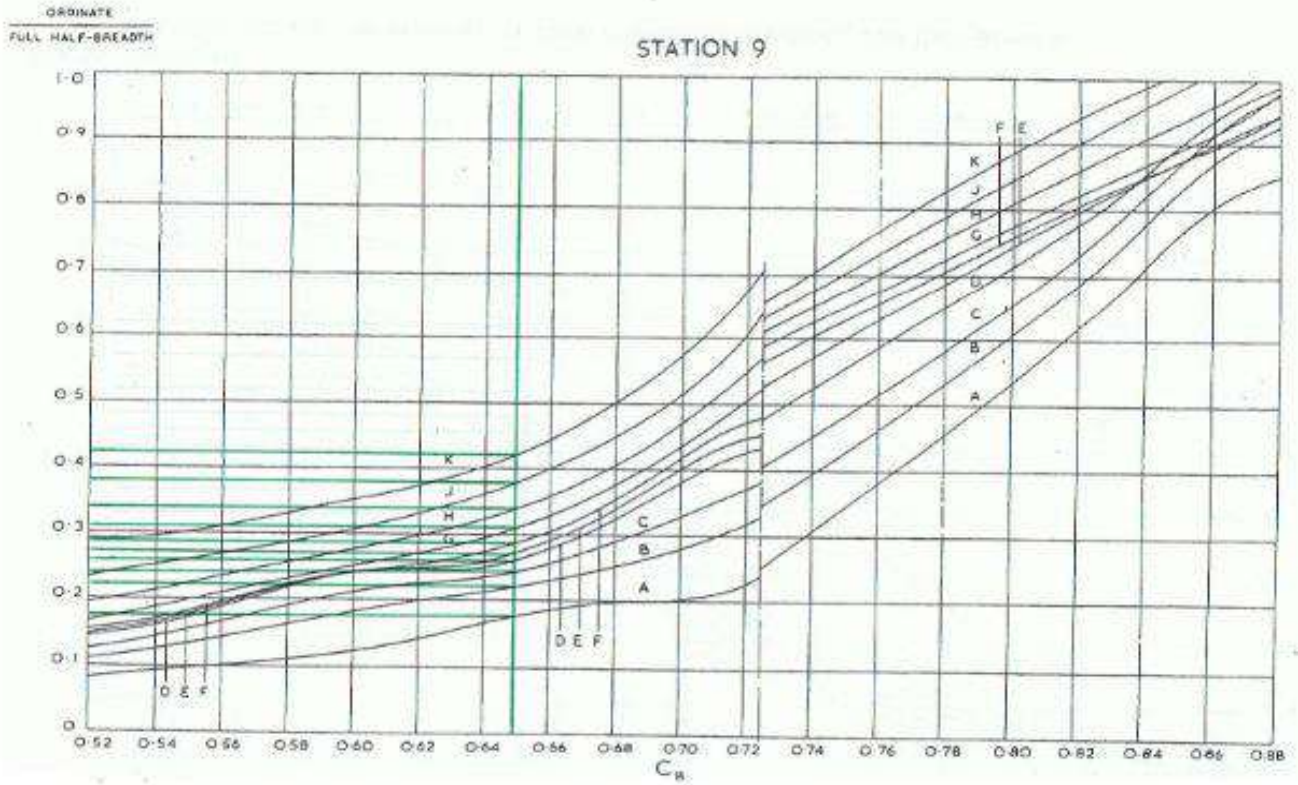


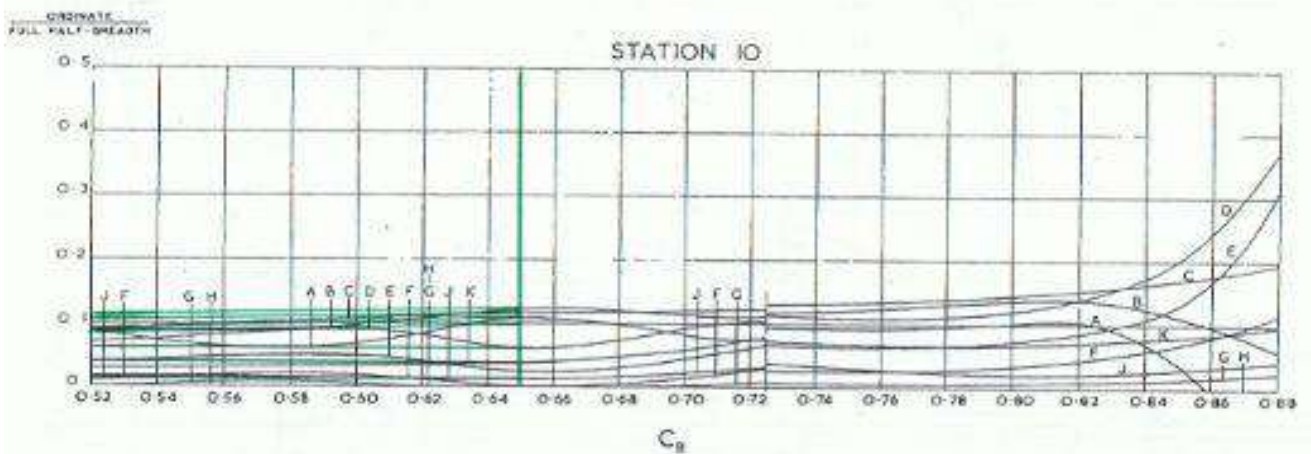
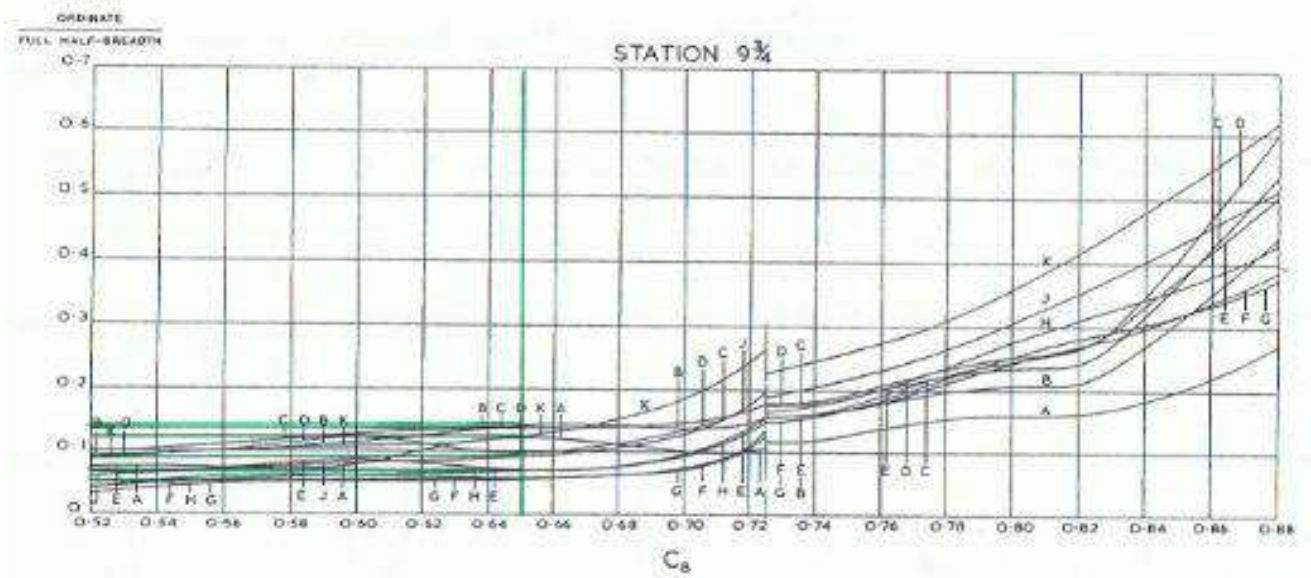
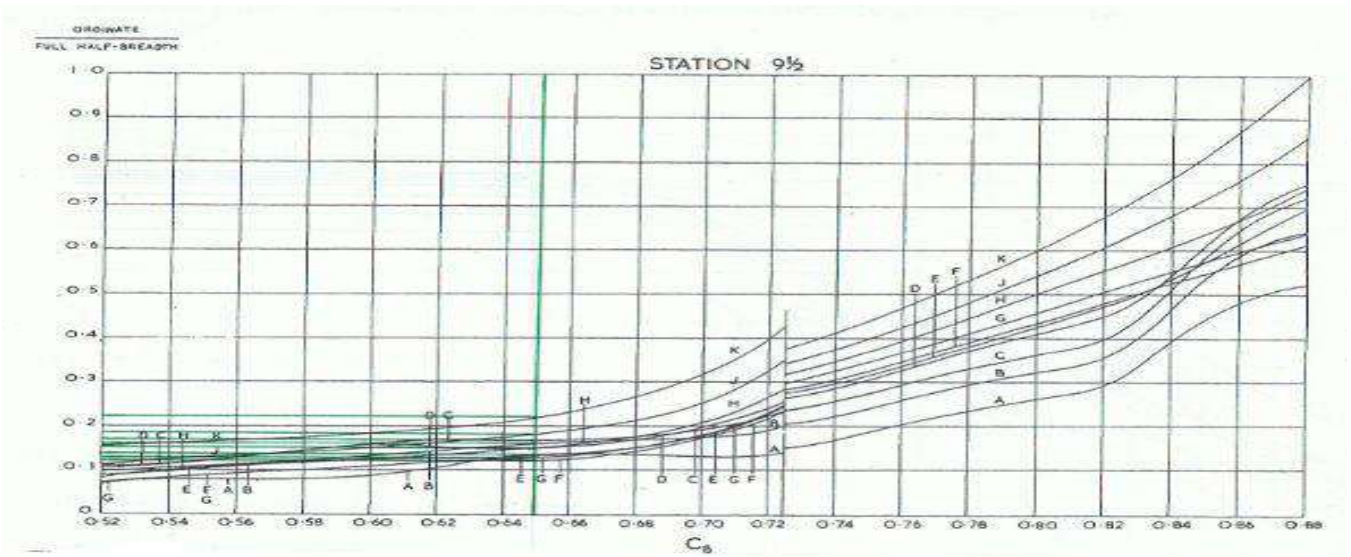




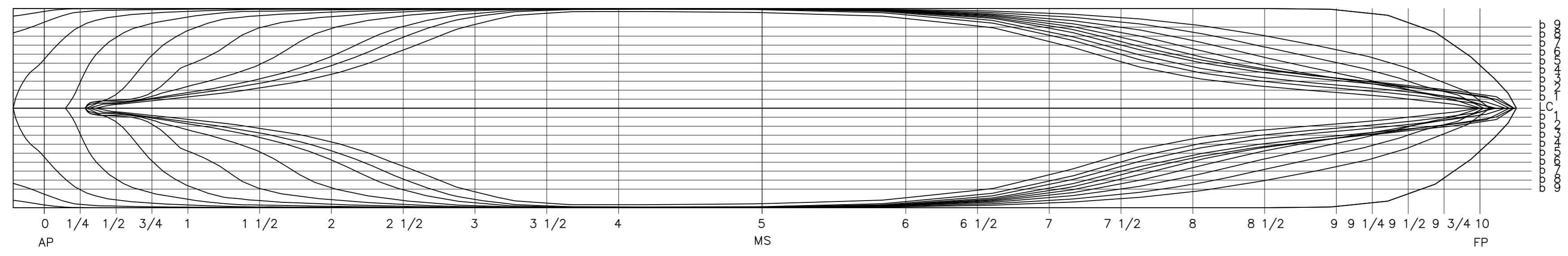
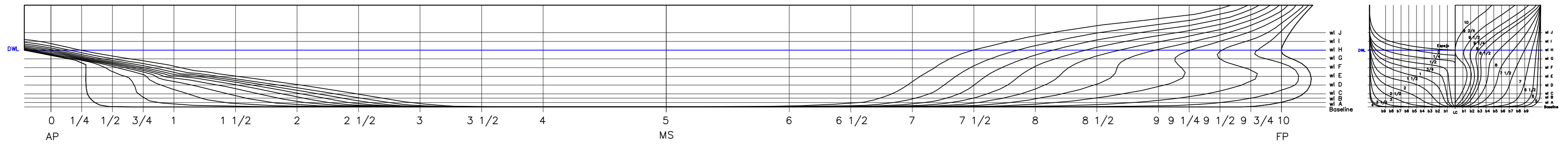




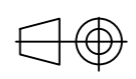


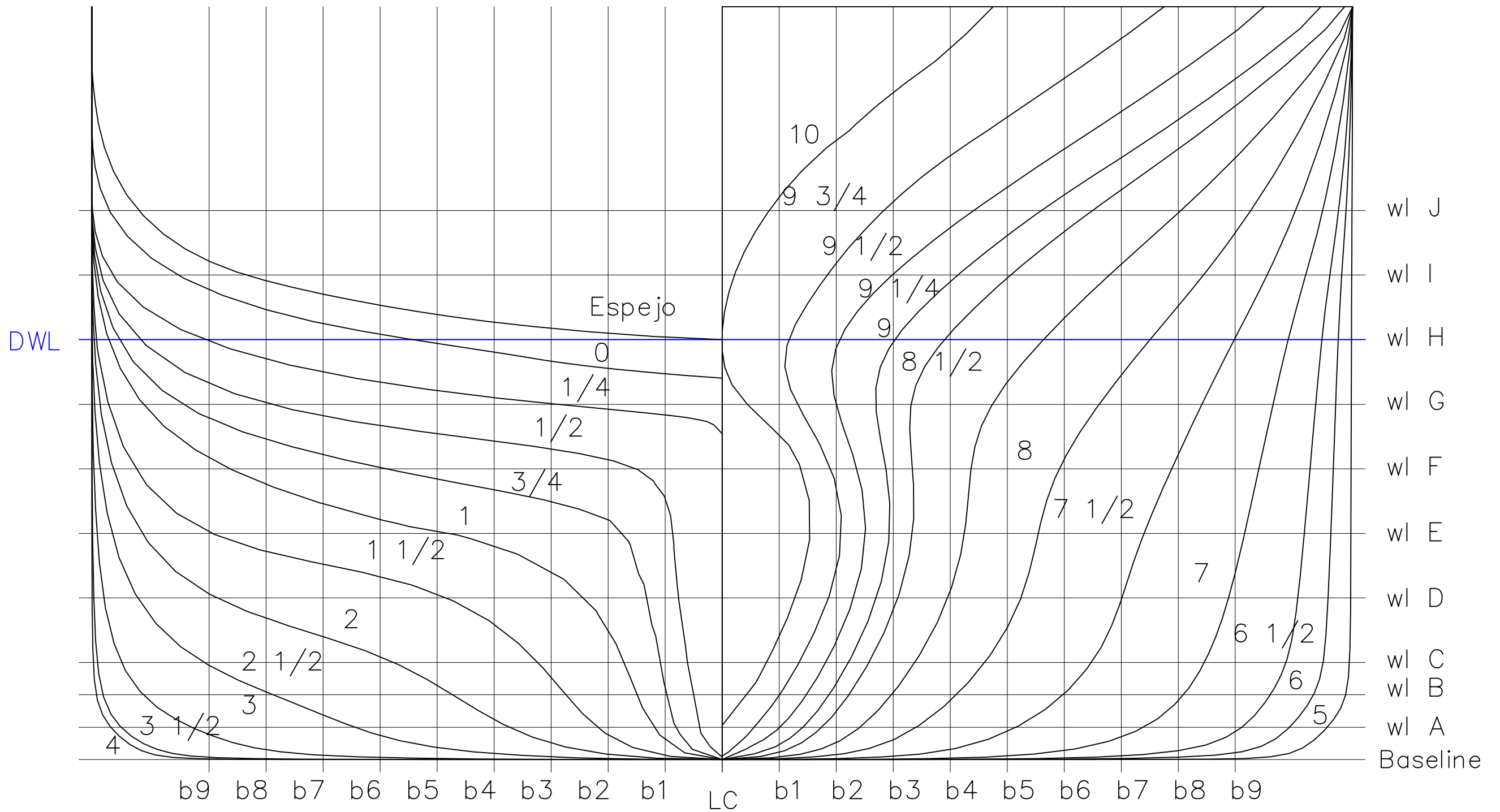


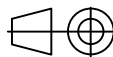
ANEXO II: PLANO DE FORMAS TRANSFORMACIÓN PARAMÉTRICA



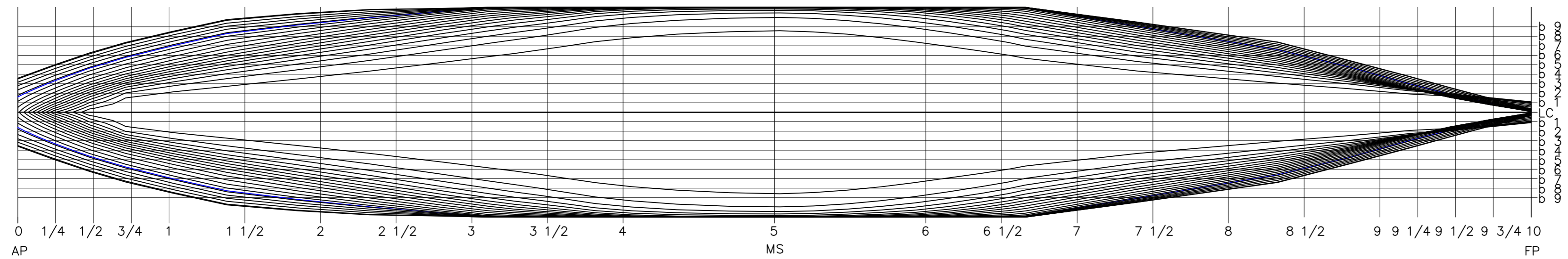
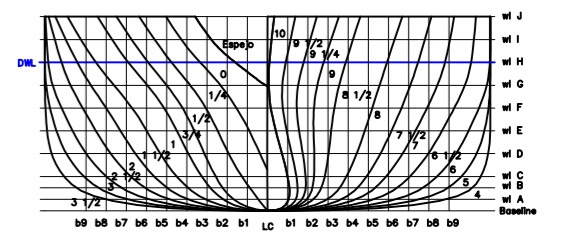
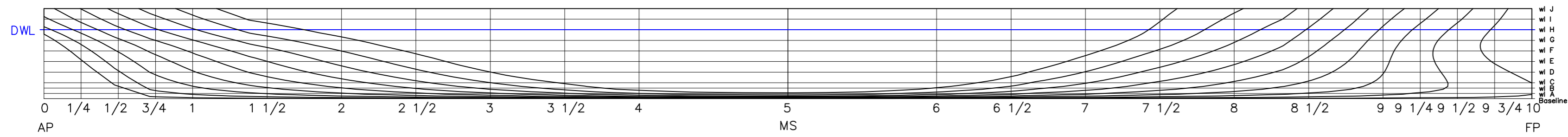
ESLORA TOTAL, LOA: 333.37 m
 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES, LPP: 318.40 m
 MANGA, B: 44.23 m
 PUNTAL, D: 26.41 m
 CALADO, T: 14.73 m

Estado	Fecha	Nombre	Firmas	Proyecto:	A2
Dibujado	01/02/18	Nadia Conde		Portacontenedores 9000 TEU's	
Comprobado					
Escala:	Num proyecto: 18 - 02			Escuela Politécnica Superior de Ferrol	
1: 750	Alumna: Nadia Conde Alonso				
	Título: PLANO DE FORMAS, PARAMÉTRICA			Num plano: 2	Rev. 1/1
	Sustituido por:			Sustituye a:	



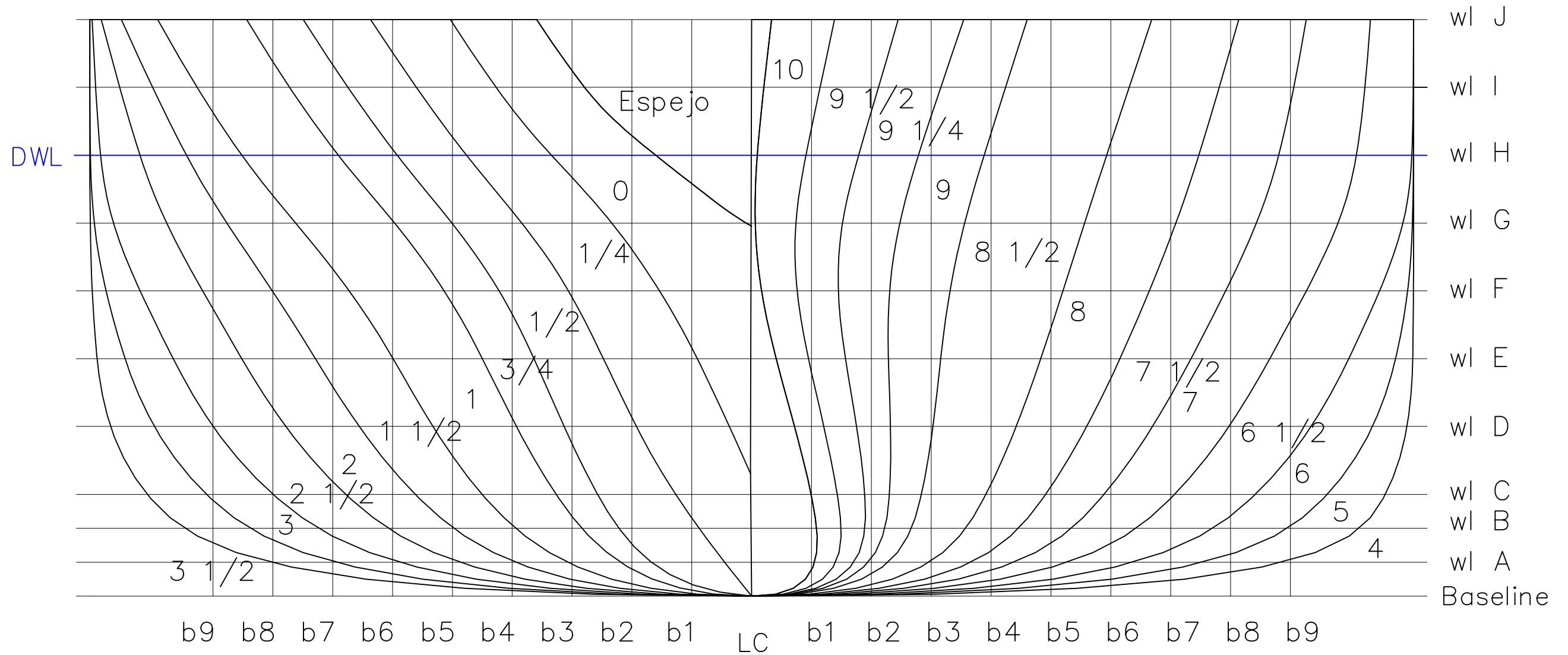
Estado	Fecha	Nombre	Firmas	Proyecto:	A3
Dibujado	01/02/17	Nadia Conde		Portacontenedores 9000 TEU's	
Comprobado					
Escala:	Num proyecto: 18 - 02			Escuela Politécnica Superior de Ferrol	
1:150	Alumna: Nadia Conde Alonso				
	Título: CAJA DE CUADERNAS, PARAMÉTRICA			Num plano: 3	Rev:
				Hoja: 1/1	
				Sustituido por:	Sustituye a:

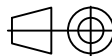
ANEXO III: PLANO DE FORMAS SERIES SISTEMÁTICAS BSRA



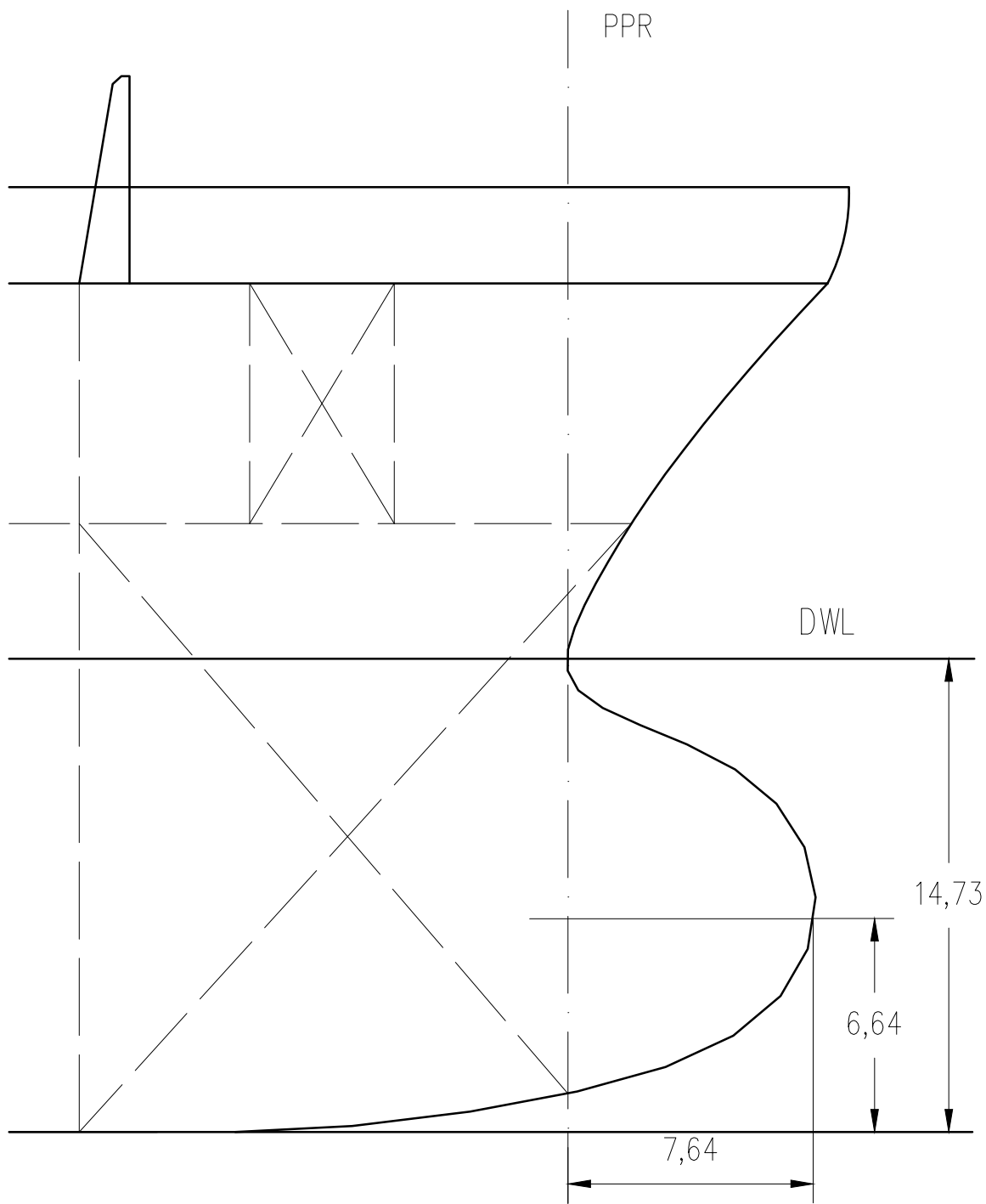
ESLORA TOTAL, LOA: 333.37 m
 ESLORA ENTRE PERPENDICULARES, LPP: 318.40 m
 MANGA, B: 44.23 m
 PUNTAL, D: 26.41 m
 CALADO, T: 14.73 m

Estado	Fecha	Nombre	Firmas	Proyecto:	A2
Dibujado	01/02/18	Nadia Conde		Portacontenedores 9000 TEU's	
Comprobado					
Escala:	Num proyecto: 18 - 02			Escuela Politécnica Superior de Ferrol	
1: 750	Alumna: Nadia Conde Alonso				
	Título: PLANO DE FORMAS, BSRA			Num plano: 4	Rev.:
	Sustituido por:			Sustituye a:	
				Hoja: 1/1	



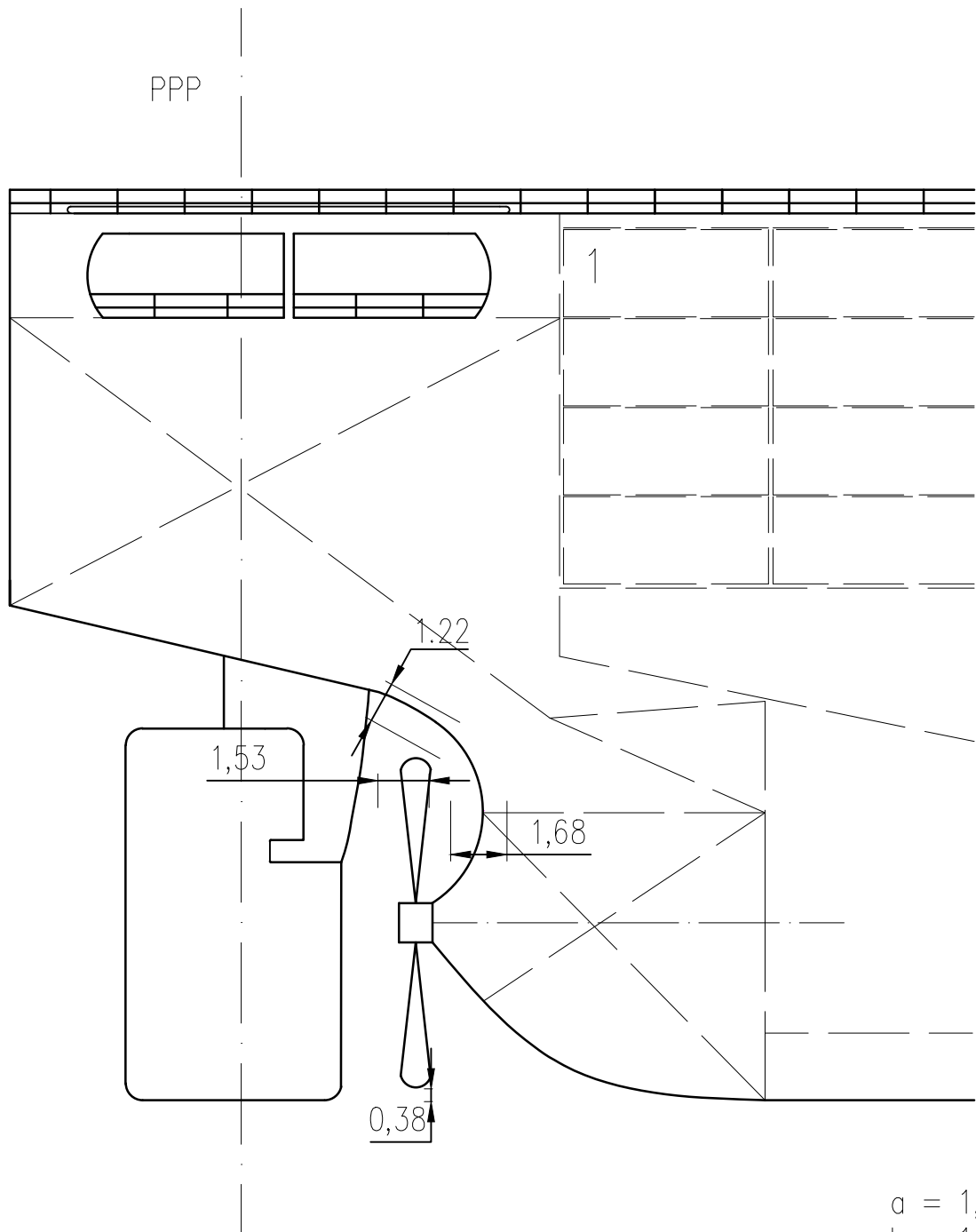
Estado	Fecha	Nombre	Firmas	Proyecto:	A3
Dibujado	01/02/18	Nadia Conde		Portacontenedores 9000 TEU's	
Comprobado					
Escala:	Num proyecto: 18 - 02			Escuela Politécnica Superior de Ferrol	
1:150	Alumna: Nadia Conde Alonso				
	Título: CAJA DE CUADERNAS, BSRA			Num plano: 5	Rev:
				Hoja: 1/1	Sustituido por:

ANEXO IV: CONTORNO DE PROA, BULBO

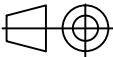


Estado	Fecha	Nombre	Firmas	Proyecto:	A4
Dibujado	01/02/18	Nadia Conde		Portacontenedores 9000 TEU's	
Comprobado					
Escala:	Num proyecto: 18 - 02			Escuela Politécnica Superior de Ferrol	
1:200	Alumna: Nadia Conde Alonso				
	Título: CONTORNO DE PROA, BULBO			Num plano:	Rev:
				6	
				Sustituido por:	Sustituye a:

ANEXO V: CONTORNO DE POPA, CODASTE



$a = 1,12 \text{ m.}$
 $b = 1,68 \text{ m.}$
 $c = 1,53 \text{ m.}$
 $d = 0,38 \text{ m.}$

Estado	Fecha	Nombre	Firmas	Proyecto:	A4
Dibujado	01/02/18	Nadia Conde		Portacontenedores 9000 TEU's	
Comprobado					
Escala:	Num proyecto: 18 - 02			Escuela Politécnica Superior de Ferrol	
1:200	Alumna: Nadia Conde Alonso				
	Título: CONTORNO DE POPA, CODASTE			Num plano:	Hoja:
				7	1/1
				Sustituido por:	Sustituye a: