



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/21

CUADERNO 3

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA

Carla Fuentes Lorenzo

TUTOR

Marcos Míguez González

FECHA

Septiembre 2021

1 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.020-2021

PROYECTO NÚMERO 2021-GENO-25

TIPO DE BUQUE: Buque arrastrero congelador 1500m3.

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: Bureau Veritas NR600 Noviembre 2018. Torremolinos, MARPOL.PARA ZONAS POLARES.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Volumen de bodega de 1500 m^3 . Bodegas y entrepuentes de carga.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 12 nudos en condiciones de servicio, 85% MCR Y 10 % margen de mar. 40 días de autonomía.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Los propios de este tipo de buques.

PROPULSIÓN: Motor diésel acoplado a hélice de paso fijo.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 32 tripulantes.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Hélice transversal de proa y los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 02 Febrero 2021

ALUMNA: **D^a Carla Fuentes Lorenzo**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/21**

BUQUE ARRASTRERO CONGELADOR DE 1500m3

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 3

DISEÑO DE FORMAS

CONTENIDOS

1 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD.....	3
2 PRESENTACIÓN	7
3 CÁLCULO DE COEFICIENTES	8
3.1 Opción 1: Trawler_1Surface	8
3.2 Opción 2: Trawler_2surfaceBonded	9
3.3 Elección de buque base	9
4 PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS	10
4.1 Descripción del buque base utilizado	10
4.2 Procedimiento para la modificación de formas	13
4.3 Espaciado entre secciones, líneas de agua y longitudinales	15
4.3.1 Espaciado entre secciones	15
4.3.2 Espaciado entre líneas de agua (LA).....	16
4.3.3 Espaciado entre longitudinales	17
4.4 Cartilla de trazado del buque proyecto una vez obtenido a partir del buque base.....	17
4.5 Curva de áreas del buque proyecto.....	26
5 CONTORNOS DE PROA Y POPA.....	27
5.1 Bulbo de proa	27
5.1.1 Requisitos dimensionales	27
5.1.2 Parámetros dimensionales	28
5.1.3 Croquis del bulbo de proa.....	30
5.2 Codaste	32
6 PLANO DE FORMAS PRELIMINAR DEL BUQUE PROYECTO.....	36
6.1 Vista de perfil.....	37
6.2 Vista horizontal	37
6.3 Vista transversal	38
7 COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS	39
7.1 Cálculo de hidrostáticas al calado de diseño con las formas definitivas del buque proyecto.....	39
7.2 Comprobación con las dimensiones y coeficientes adimensionales obtenidos en el predimensionado del buque	40
8 BIBLIOGRAFÍA.....	42
9 ANEXO I: VISTA GENERAL DEL CASCO	43

10 ANEXO II: VISTA DE PERFIL DE LOS PUNTOS DE CONTROL	44
11 ANEXO III: VISTA LONGITUDINAL DE LOS PUNTOS DE CONTROL	45
12 ANEXO IV: VISTA TRANSVERSAL DE LOS PUNTOS DE CONTROL.....	46
13 ANEXO V: PLANO DE FORMAS PRELIMINAR DEL BUQUE PROYECTO .	47

2 PRESENTACIÓN

En el presente cuaderno modelaremos el casco de nuestro buque proyecto para así obtener una formas que se adecuen a las características dimensionales definidas en el cuaderno 1. Para ello utilizaremos el software Maxsurf.

Recordamos las dimensiones que obtuvimos en el cuaderno 1 para nuestro buque proyecto:

Ltotal	67,800	m
Lpp	61,000	m
B	15,000	m
Dcp	6,600	m
Dcs	9,400	m
T	6,379	m
NCS	6039,000	
Vol bodega	1505,664	m3
Potencia	2660,623	kw
Fn	0,252	
Cp	0,681	
Cm	0,964	
Cb	0,640	
AM	92,242	
Vol carena	3736,375	m3
Desplazamiento	3829,785	t

Tabla 1: dimensiones definitvas tras cuaderno 1

El procedimiento a seguir para obtener las formas más adecuadas para nuestro buque es el siguiente: de entre los buques modelo de la base de datos de Maxsurf, escogeremos el que más se adapte a nuestros requerimientos, y le realizaremos los cambios necesarios para que, tras estos, el casco modelizado tenga las características dimensionales expuestas en la tabla 1.

Incidiremos en el modelado de los contornos de proa y popa, que explicaremos en detalle en el apartado correspondiente.

Se estudiarán los coeficientes adimensionales del buque base y se compararán con los obtenidos de Maxsurf

Se adjuntará el plano de áreas seccionales, así como la cartilla de trazado del buque proyecto. Se anexará también un plano donde se aprecien la caja de cuadernas, las líneas de agua y los longitudinales.

3 CÁLCULO DE COEFICIENTES

Los coeficientes adimensionales del buque proyecto ya se han recalculado en el cuaderno 1, de hecho, podemos ver que ya están incluidos en la tabla 1, pero los recordamos:

Cp	0,681	
Cm	0,964	
Cb	0,640	

Tabla 2: coeficientes de partida buque base

Mencionar que:

Cp se refiere a coeficiente prismático, que veremos como “prismatic coeff. En las capturas de Maxsurf”

Cm es el coeficiente de la maestra o “max. Sect. Área coeff.”

Cb es el coeficiente de bloque, “block coeff.”

Con esta información escogeremos, de entre los buques pesqueros propuestos por Maxsurf, el que más se ajuste a nuestros coeficientes. En la base de datos del programa se facilitan dos modelos de buques pesqueros, que parecen ser los que tienen unas formas más similares a nuestros buques de la base de datos. Estos modelo están guardados bajo la denominación “Trawler_2surfaceBonded” y “Trawler_1Surface”

3.1 Opción 1: Trawler_1Surface

Las dimensiones y coeficientes de este modelo son los siguientes:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	552,3	t
2	Volume (displaced)	538,859	m ³
3	Draft Amidships	2,455	m
4	Immersed depth	2,495	m
5	WL Length	39,835	m
6	Beam max extents on WL	10,558	m
7	Wetted Area	405,817	m ²
8	Max sect. area	23,024	m ²
9	Waterpl. Area	282,346	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,588	
11	Block coeff. (Cb)	0,514	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,883	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,671	

Ilustración 1: características buque "trawler_1Surface"

3.2 Opción 2: Trawler_2surfaceBonded

Obtenemos de Maxsurf las siguientes características de este buque propuesto:

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	549,3	t
2	Volume (displaced)	535,856	m ³
3	Draft Amidships	2,430	m
4	Immersed depth	2,430	m
5	WL Length	39,837	m
6	Beam max extents on WL	10,398	m
7	Wetted Area	402,693	m ²
8	Max sect. area	22,636	m ²
9	Waterpl. Area	277,445	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,594	
11	Block coeff. (Cb)	0,532	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,896	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,670	

Ilustración 2: características buque "Trawler_2SurfaceBonded"

3.3 Elección de buque base

Tenemos entonces que:

	Buque proyecto	Trawler 1	Trawler 2
Cp	0,681	0,588	0,594
Cb	0,64	0,514	0,532
Cm	0,964	0,883	0,896

Tabla 3: Comparativa coeficientes adimensionales

Entre los dos buques base facilitados por Maxsurf optamos por el modelo "Trawler_2SurfaceBonded", ya que, como podemos ver en la tabla anterior, se ajusta más a los coeficientes dimensionales de nuestro buque.

De todas formas, se modificarán formas y dimensiones, de manera que los coeficientes dimensionales definitivos se parezcan lo máximo posible a los iniciales.

4 PROCESO DE DISEÑO DE LAS FORMAS

4.1 Descripción del buque base utilizado

Una vez justificada la elección de este buque, pasamos a describir sus características dimensionales.

A continuación se adjuntan unas capturas de Maxsurf donde podemos ver los parámetros dimensionales más representativos:

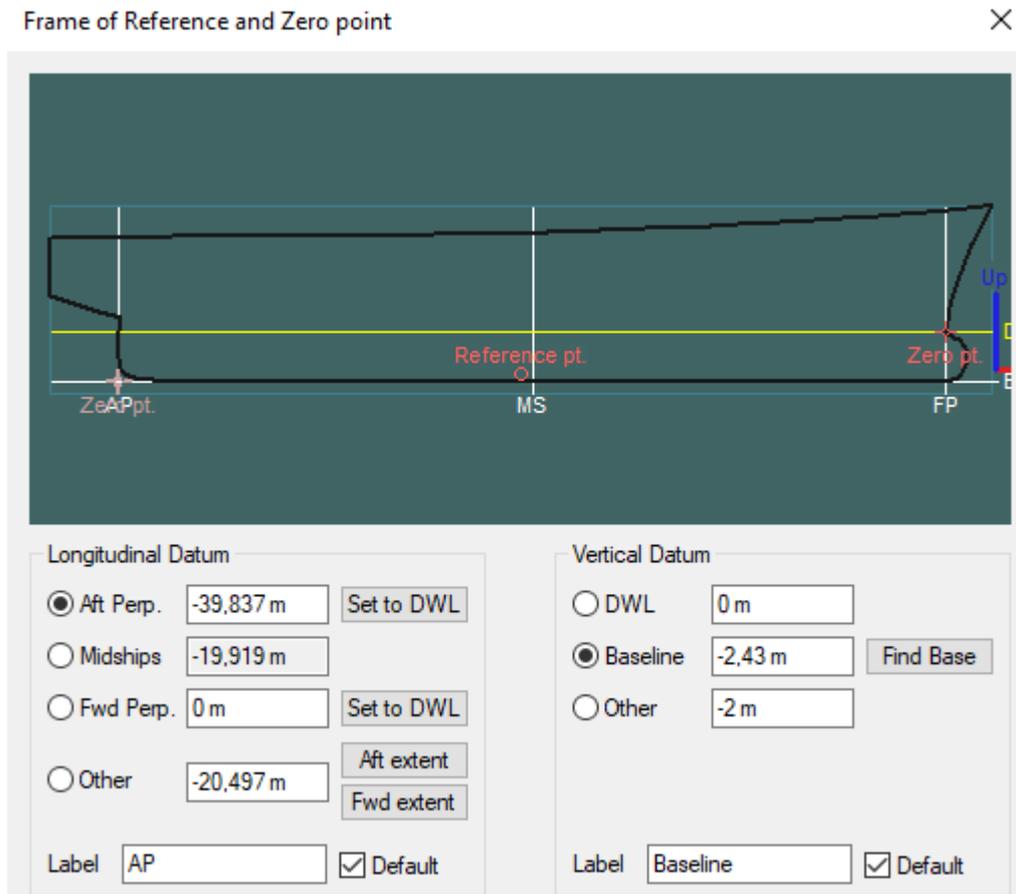


Ilustración 3: Puntos de referencia buque base (Trawler 2)

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4194	t
2	Volume (displaced)	4091,394	m ³
3	Draft Amidships	6,370	m
4	Immersed depth	6,600	m
5	Immersed depth of station with max area	6,599	m
6	Immersed depth amidships	6,599	m
7	WL Length	64,792	m
8	Beam max extents on WL	15,011	m
9	Beam max on WL	15,011	m
10	Beam extents on WL of station with max	15,011	m
11	Beam on WL of station with max area	15,011	m
12	Beam extents on WL amidships	15,011	m
13	Beam on WL amidships	15,011	m
14	Wetted Area	1394,815	m ²
15	Max sect. area	94,521	m ²
16	Sect. area amidships	94,502	m ²
17	Waterpl. Area	774,050	m ²
18	Waterpl. trans	12093,533	m ⁴
19	Waterpl. long	191642,923	m ⁴
20	Prismatic coeff. (Cp)	0,668	
21	Block coeff. (Cb)	0,637	
22	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,954	
23	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,796	
24	LCB length	29,954	from zero pt
25	LCF length	27,240	from zero pt
26	LCB %	46,231	from zero pt
27	LCF %	42,043	from zero pt
28	VCB	3,373	m
29	KB	3,373	m
30	KG fluid	0,000	m
31	BMT	2,956	m
32	BML	46,840	m
33	GMT corrected	6,329	m
34	GML	50,214	m
35	KMt	6,329	m
36	KML	50,214	m
37	Immersion (TPc)	7,934	tonne/cm
38	MTc	34,521	tonne.m
39	RM at 1deg = GMT Disp sin(1)	463,207	tonne.m
40	Length:Beam ratio	4,316	
41	Beam:Draft ratio	2,274	
42	Length:Vol ^{0.333} ratio	4,051	
43	Precision	Low	42 stations

Ilustración 4: hidrostáticas del buque base (trawler 2)

En las siguientes imágenes podemos ver tanto el modelo 3D del casco como las vistas 2D longitudinal, horizontal y transversal:

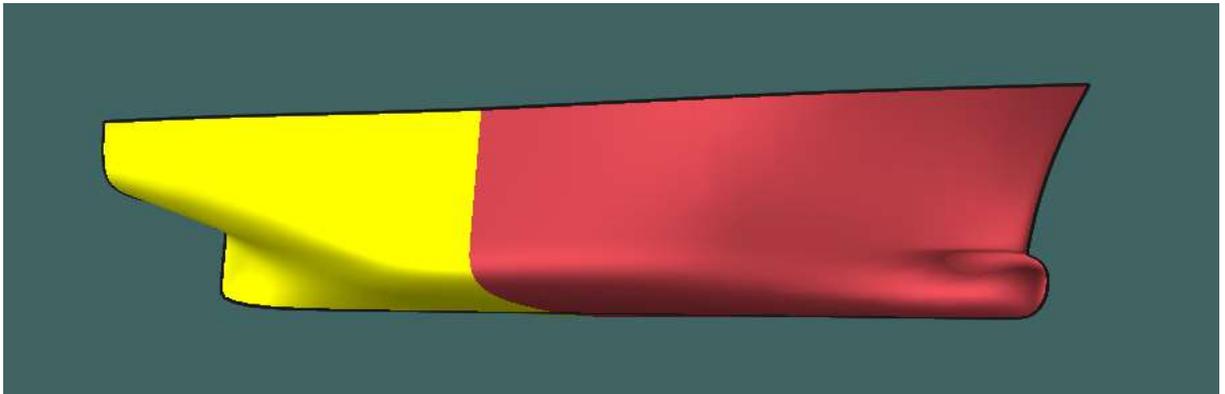


Ilustración 5: vista 3D del buque base (trawler 2)

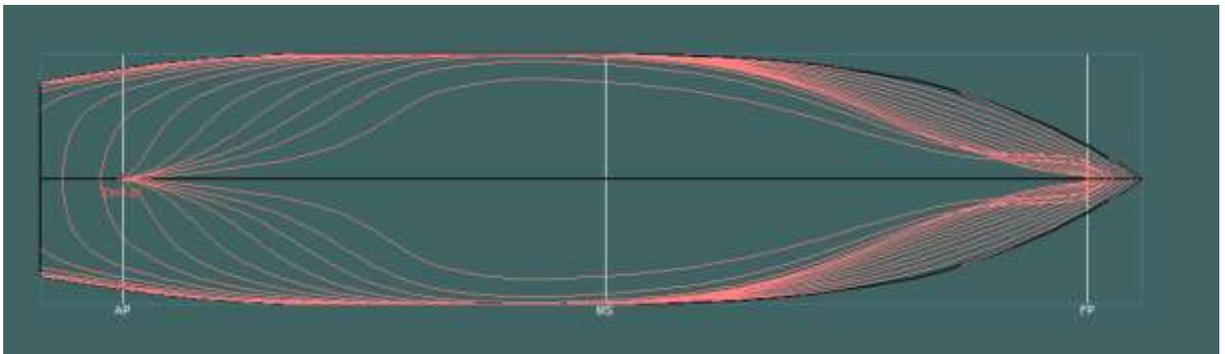


Ilustración 6: líneas de agua del buque base (trawler 2)

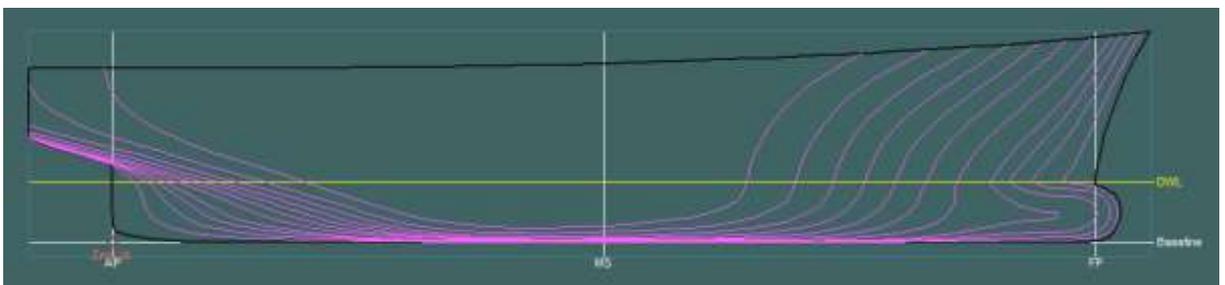


Ilustración 7: longitudinales del buque base (trawler 2)

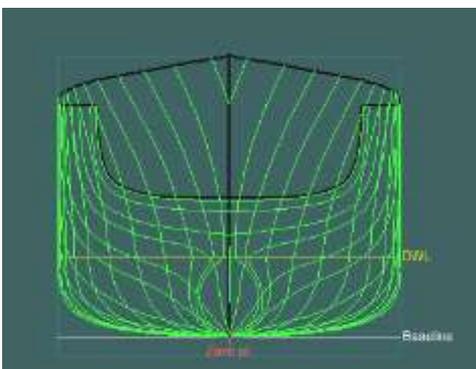


Ilustración 8: secciones del buque base (trawler 2)

4.2 Procedimiento para la modificación de formas

Una vez estudiado el buque base, actuamos sobre sus formas para cambiar tanto los coeficientes adimensionales como las dimensiones de manga, eslora y calado.

Para ajustar el casco a nuestras necesidades seguimos 2 procedimientos: en primer lugar realizamos transformaciones paramétricas, y si, tras ellas todavía tenemos formas concretas que no se adaptan, las modificamos manualmente, esto quiere decir, que movemos los puntos de control.

Además, este modelo de buque tiene la popa abierta, por lo que creamos una nueva superficie para el espejo de popa, si no este casco abierto nos dará problemas a la hora de realizar los cálculos de estabilidad. Cerramos también la cubierta del buque, que se correspondería con la cubierta superior ($Dcs=9,4m$), también modificamos las formas de la cubierta, ya que el modelo tiene arrufo de proa, y nuestro buque proyecto no tendrá arrufo.

Para realizar las transformaciones paramétricas el procedimiento a seguir es el siguiente: en el programa Maxsurf vamos a Data-Parametric Transformation y aparece lo que vemos en la siguiente captura. Entonces, para variar los coeficientes adimensionales, seleccionamos, por ejemplo, el coeficiente de bloque, introducimos el valor que buscamos (para el C_b , 0,64), y pinchamos en "search", de manera que así es el propio programa el que modifica las formas del casco para buscar las que más se adapten a un $C_b=0,64$. Este procedimiento se realiza para los demás coeficientes adimensionales, buscando que se parezcan lo máximo posible a los del buque proyecto.

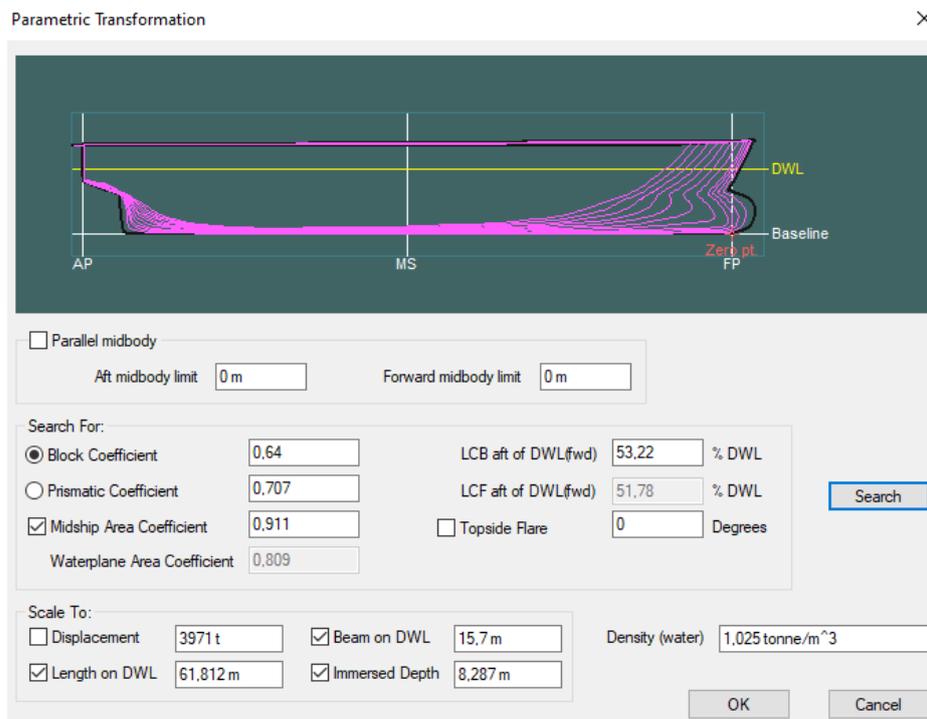


Ilustración 9: ejemplo de transformación paramétrica de coeficientes adimensionales

Tras estas transformaciones obtenemos las siguientes dimensiones, que hemos ajustado lo máximo posible a nuestros requerimientos iniciales:

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4228	t
2	Volume (displaced)	4124,785	m ³
3	Draft Amidships	6,370	m
4	Immersed depth	6,597	m
5	WL Length	64,741	m
6	Beam max extents on WL	14,998	m
7	Wetted Area	1392,666	m ²
8	Max sect. area	93,506	m ²
9	Waterpl. Area	784,653	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,681	
11	Block coeff. (Cb)	0,644	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,947	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,808	
14	LCB length	-29,941	from zero pt
15	LCF length	-27,424	from zero pt
16	LCB %	-46,248	from zero pt
17	LCF %	-42,360	from zero pt
18	KB	3,415	m
19	KG fluid	6,370	m
20	BMT	2,999	m
21	BML	47,954	m
22	GMt corrected	0,045	m
23	GML	44,999	m
24	KMt	6,415	m
25	KML	51,369	m
26	Immersion (TPc)	8,043	tonne/cm
27	MTC	31,189	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	3,286	tonne.m
29	Length:Beam ratio	4,317	
30	Beam:Draft ratio	2,273	
31	Length:VoI ^{0.333} ratio	4,037	
32	Precision	Low	42 stations

Ilustración 10: hidrostáticas buque proyecto

Como hemos dicho, tanto dimensiones como coeficientes se han aproximado lo máximo posible a los requerimientos dimensionales obtenidos tras el cuaderno 1.

Se adjunta una tabla a modo de comparación entre los requisitos y los resultados:

Requerimientos dimensionales (Cuaderno 1)			Dimensiones resultantes		
Ltotal	67,8	m	Ltotal (plano)	67,4	m
Lpp	61	m	Lpp	61	m
			LWL	64,7	m
B	15	m	B	14,99=15	m
Dcp	6,6	m	Dcp	6,59=6,6	m
Dcs	9,4	m	Dcs (Dcp+2,8)	9,4	m
T	6,379	m	T	6,37	m
NCS	6039		NCS	6039	
Cp	0,681		Cp	0,681	
Cm	0,964		Cm	0,947	
Cb	0,64		Cb	0,644	
AM	92,242		AM	93,506	
Vol carena	3736,375	m3	Vol carena	4124,785	m3
Desplazamiento	3829,785	t	Desplazamiento	4228	t

4.3 Espaciado entre secciones, líneas de agua y longitudinales

En este apartado buscamos obtener la cartilla de trazado del buque, para lo que, en primer lugar, necesitamos definir la distancia entre líneas de agua, entre secciones y entre longitudinales.

4.3.1 Espaciado entre secciones

En primer lugar establecemos la separación entre secciones, que será de 3 metros, resultando así que tendremos unas 23 secciones.

Como podemos ver en la imagen siguiente las secciones van desde los -3m hasta los 65, ya que la perpendicular de popa es el punto 0, que se corresponde con la mecha del timón, pero la estampa del barco se extiende más a popa.

Design Grid ×

	Label	Station m	Split	Visible
1	S-1	-3,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	S0	0,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	S1	3,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	S2	6,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	S3	9,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	S4	12,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	S5	15,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	S6	18,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	S7	21,000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	S8	24,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	S9	27,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	S10	30,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	S11	33,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	S12	36,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	S13	39,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	S14	41,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	S15	44,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	S16	47,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	S17	50,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	S18	53,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	S19	56,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	S20	59,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	S21	62,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	S22	65,000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Sections
 Buttocks
 Waterlines
 Diagonals

4.3.2 Espaciado entre líneas de agua (LA)

La distancia entre líneas de agua la establecemos en 1m, de manera que la LA1 se corresponde con la Línea Base (LB), ya que están a una altura de 0m

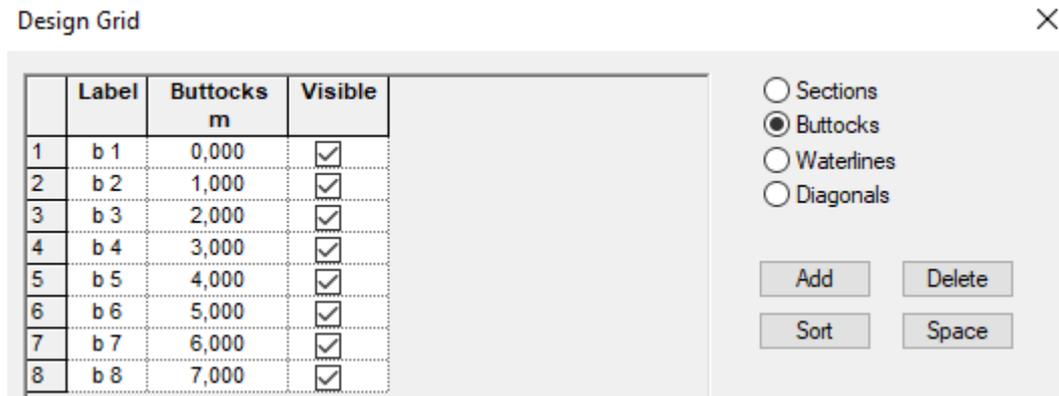
Design Grid ×

	Label	Waterlines m	Visible
1	LA 1	0,000	<input checked="" type="checkbox"/>
2	LA 2	1,000	<input checked="" type="checkbox"/>
3	LA 3	2,000	<input checked="" type="checkbox"/>
4	LA 4	3,000	<input checked="" type="checkbox"/>
5	LA 5	4,000	<input checked="" type="checkbox"/>
6	LA 6	5,000	<input checked="" type="checkbox"/>
7	LA 7	6,000	<input checked="" type="checkbox"/>
8	LA 8	7,000	<input checked="" type="checkbox"/>
9	LA 9	8,000	<input checked="" type="checkbox"/>

Sections
 Buttocks
 Waterlines
 Diagonals

4.3.3 Espaciado entre longitudinales

Establecemos una separación de 1m entre longitudinales, y como nuestra manga será de 15m, solamente necesitamos 8 longitudinales para tener una buena representación de las formas del buque en una vista de perfil.



4.4 Cartilla de trazado del buque proyecto una vez obtenido a partir del buque base

Sección transversal	Posición longitudinal (m)	Semimanga (m)	Altura (m)	Línea de Agua
2	0	0,04	0	LA 1
2	0	0,156	1	LA 2
2	0	0,35	2	LA 3
2	0	1,028	3	LA 4
2	0	3,978	4	LA 5
2	0	6,137	5	LA 6
2	0	6,91	6	LA 7
2	0	7,258	7	LA 8
2	0	7,437	8	LA 9
3	3	0,393	0	LA 1
3	3	2,306	1	LA 2
3	3	4,387	2	LA 3
3	3	5,747	3	LA 4
3	3	6,538	4	LA 5
3	3	7,001	5	LA 6
3	3	7,27	6	LA 7
3	3	7,423	7	LA 8
3	3	7,499	8	LA 9
4	6	0,721	0	LA 1
4	6	4,061	1	LA 2
4	6	6,031	2	LA 3
4	6	6,732	3	LA 4
4	6	7,096	4	LA 5
4	6	7,3	5	LA 6

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

4	6	7,419	6	LA 7
4	6	7,487	7	LA 8
4	6	7,519	8	LA 9
5	9	1,088	0	LA 1
5	9	5,728	1	LA 2
5	9	6,917	2	LA 3
5	9	7,232	3	LA 4
5	9	7,381	4	LA 5
5	9	7,458	5	LA 6
5	9	7,502	6	LA 7
5	9	7,527	7	LA 8
5	9	7,54	8	LA 9
6	12	1,542	0	LA 1
6	12	6,746	1	LA 2
6	12	7,343	2	LA 3
6	12	7,475	3	LA 4
6	12	7,524	4	LA 5
6	12	7,548	5	LA 6
6	12	7,561	6	LA 7
6	12	7,569	7	LA 8
6	12	7,573	8	LA 9
7	15	2,038	0	LA 1
7	15	7,132	1	LA 2
7	15	7,506	2	LA 3
7	15	7,57	3	LA 4
7	15	7,591	4	LA 5
7	15	7,6	5	LA 6
7	15	7,605	6	LA 7
7	15	7,609	7	LA 8
7	15	7,61	8	LA 9
8	18	2,24	0	LA 1
8	18	7,246	1	LA 2
8	18	7,571	2	LA 3
8	18	7,606	3	LA 4
8	18	7,617	4	LA 5
8	18	7,622	5	LA 6
8	18	7,625	6	LA 7
8	18	7,627	7	LA 8
8	18	7,628	8	LA 9
9	21	2,271	0	LA 1
9	21	7,274	1	LA 2
9	21	7,607	2	LA 3
9	21	7,625	3	LA 4
9	21	7,63	4	LA 5

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

9	21	7,632	5	LA 6
9	21	7,634	6	LA 7
9	21	7,634	7	LA 8
9	21	7,635	8	LA 9
10	24	2,212	0	LA 1
10	24	7,244	1	LA 2
10	24	7,629	2	LA 3
10	24	7,634	3	LA 4
10	24	7,635	4	LA 5
10	24	7,636	5	LA 6
10	24	7,637	6	LA 7
10	24	7,637	7	LA 8
10	24	7,637	8	LA 9
11	27	2,106	0	LA 1
11	27	7,158	1	LA 2
11	27	7,642	2	LA 3
11	27	7,637	3	LA 4
11	27	7,636	4	LA 5
11	27	7,636	5	LA 6
11	27	7,636	6	LA 7
11	27	7,636	7	LA 8
11	27	7,636	8	LA 9
12	30	1,978	0	LA 1
12	30	7,007	1	LA 2
12	30	7,648	2	LA 3
12	30	7,636	3	LA 4
12	30	7,633	4	LA 5
12	30	7,633	5	LA 6
12	30	7,632	6	LA 7
12	30	7,632	7	LA 8
12	30	7,632	8	LA 9
13	33	1,866	0	LA 1
13	33	6,869	1	LA 2
13	33	7,621	2	LA 3
13	33	7,618	3	LA 4
13	33	7,617	4	LA 5
13	33	7,617	5	LA 6
13	33	7,618	6	LA 7
13	33	7,618	7	LA 8
13	33	7,618	8	LA 9
14	36	1,804	0	LA 1
14	36	6,701	1	LA 2
14	36	7,421	2	LA 3
14	36	7,506	3	LA 4

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

14	36	7,539	4	LA 5
14	36	7,554	5	LA 6
14	36	7,564	6	LA 7
14	36	7,57	7	LA 8
14	36	7,575	8	LA 9
15	39	1,719	0	LA 1
15	39	6,098	1	LA 2
15	39	6,979	2	LA 3
15	39	7,243	3	LA 4
15	39	7,371	4	LA 5
15	39	7,432	5	LA 6
15	39	7,47	6	LA 7
15	39	7,495	7	LA 8
15	39	7,513	8	LA 9
16	41	1,644	0	LA 1
16	41	5,434	1	LA 2
16	41	6,457	2	LA 3
16	41	6,907	3	LA 4
16	41	7,162	4	LA 5
16	41	7,284	5	LA 6
16	41	7,358	6	LA 7
16	41	7,41	7	LA 8
16	41	7,449	8	LA 9
17	44	1,497	0	LA 1
17	44	4,268	1	LA 2
17	44	5,216	2	LA 3
17	44	5,944	3	LA 4
17	44	6,55	4	LA 5
17	44	6,843	5	LA 6
17	44	7,022	6	LA 7
17	44	7,151	7	LA 8
17	44	7,253	8	LA 9
18	47	1,315	0	LA 1
18	47	3,278	1	LA 2
18	47	3,952	2	LA 3
18	47	4,528	3	LA 4
18	47	5,477	4	LA 5
18	47	6,014	5	LA 6
18	47	6,356	6	LA 7
18	47	6,622	7	LA 8
18	47	6,85	8	LA 9
19	50	1,143	0	LA 1
19	50	2,629	1	LA 2
19	50	3,111	2	LA 3

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

19	50	3,391	3	LA 4
19	50	4,21	4	LA 5
19	50	4,906	5	LA 6
19	50	5,422	6	LA 7
19	50	5,86	7	LA 8
19	50	6,257	8	LA 9
20	53	1,034	0	LA 1
20	53	2,233	1	LA 2
20	53	2,56	2	LA 3
20	53	2,703	3	LA 4
20	53	3,088	4	LA 5
20	53	3,819	5	LA 6
20	53	4,446	6	LA 7
20	53	5,007	7	LA 8
20	53	5,53	8	LA 9
21	56	1,014	0	LA 1
21	56	2,004	1	LA 2
21	56	2,187	2	LA 3
21	56	2,233	3	LA 4
21	56	2,176	4	LA 5
21	56	2,813	5	LA 6
21	56	3,449	6	LA 7
21	56	4,041	7	LA 8
21	56	4,599	8	LA 9
22	59	1,026	0	LA 1
22	59	1,857	1	LA 2
22	59	2,068	2	LA 3
22	59	2,134	3	LA 4
22	59	1,872	4	LA 5
22	59	1,607	5	LA 6
22	59	2,074	6	LA 7
22	59	2,607	7	LA 8
22	59	3,171	8	LA 9
23	62	0,77	1	LA 2
23	62	1,057	2	LA 3
23	62	1,016	3	LA 4
23	62	0,354	6	LA 7
23	62	0,969	7	LA 8
23	62	1,549	8	LA 9
2	0	1,468	6	LA 7
2	0	6,199	7	LA 8
2	0	6,93	8	LA 9
3	3	3,887	6	LA 7
3	3	6,492	7	LA 8

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

3	3	7,043	8	LA 9
4	6	0,283	0	LA 1
4	6	1,002	1	LA 2
4	6	1,491	2	LA 3
4	6	2,136	3	LA 4
4	6	3,77	4	LA 5
4	6	5,812	5	LA 6
4	6	6,624	6	LA 7
4	6	7,026	7	LA 8
4	6	7,245	8	LA 9
5	9	0,827	0	LA 1
5	9	3,2	1	LA 2
5	9	4,491	2	LA 3
5	9	5,68	3	LA 4
5	9	6,443	4	LA 5
5	9	6,866	5	LA 6
5	9	7,112	6	LA 7
5	9	7,258	7	LA 8
5	9	7,342	8	LA 9
6	12	1,401	0	LA 1
6	12	5,201	1	LA 2
6	12	6,275	2	LA 3
6	12	6,799	3	LA 4
6	12	7,063	4	LA 5
6	12	7,211	5	LA 6
6	12	7,299	6	LA 7
6	12	7,353	7	LA 8
6	12	7,384	8	LA 9
7	15	2,071	0	LA 1
7	15	6,311	1	LA 2
7	15	6,925	2	LA 3
7	15	7,167	3	LA 4
7	15	7,283	4	LA 5
7	15	7,344	5	LA 6
7	15	7,38	6	LA 7
7	15	7,403	7	LA 8
7	15	7,417	8	LA 9
8	18	2,974	0	LA 1
8	18	6,827	1	LA 2
8	18	7,201	2	LA 3
8	18	7,33	3	LA 4
8	18	7,385	4	LA 5
8	18	7,413	5	LA 6
8	18	7,43	6	LA 7

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

8	18	7,441	7	LA 8
8	18	7,449	8	LA 9
9	21	4,133	0	LA 1
9	21	7,053	1	LA 2
9	21	7,321	2	LA 3
9	21	7,404	3	LA 4
9	21	7,437	4	LA 5
9	21	7,454	5	LA 6
9	21	7,465	6	LA 7
9	21	7,474	7	LA 8
9	21	7,48	8	LA 9
10	24	4,923	0	LA 1
10	24	7,151	1	LA 2
10	24	7,386	2	LA 3
10	24	7,446	3	LA 4
10	24	7,467	4	LA 5
10	24	7,479	5	LA 6
10	24	7,488	6	LA 7
10	24	7,495	7	LA 8
10	24	7,501	8	LA 9
11	27	5,218	0	LA 1
11	27	7,172	1	LA 2
11	27	7,422	2	LA 3
11	27	7,471	3	LA 4
11	27	7,485	4	LA 5
11	27	7,493	5	LA 6
11	27	7,5	6	LA 7
11	27	7,506	7	LA 8
11	27	7,511	8	LA 9
12	30	5,174	0	LA 1
12	30	7,132	1	LA 2
12	30	7,432	2	LA 3
12	30	7,484	3	LA 4
12	30	7,494	4	LA 5
12	30	7,5	5	LA 6
12	30	7,505	6	LA 7
12	30	7,509	7	LA 8
12	30	7,513	8	LA 9
13	33	4,876	0	LA 1
13	33	7,035	1	LA 2
13	33	7,413	2	LA 3
13	33	7,488	3	LA 4
13	33	7,496	4	LA 5
13	33	7,5	5	LA 6

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

13	33	7,503	6	LA 7
13	33	7,506	7	LA 8
13	33	7,509	8	LA 9
14	36	4,372	0	LA 1
14	36	6,883	1	LA 2
14	36	7,352	2	LA 3
14	36	7,483	3	LA 4
14	36	7,492	4	LA 5
14	36	7,495	5	LA 6
14	36	7,497	6	LA 7
14	36	7,498	7	LA 8
14	36	7,5	8	LA 9
15	39	4,145	0	LA 1
15	39	6,418	1	LA 2
15	39	6,958	2	LA 3
15	39	7,245	3	LA 4
15	39	7,322	4	LA 5
15	39	7,365	5	LA 6
15	39	7,396	6	LA 7
15	39	7,42	7	LA 8
15	39	7,441	8	LA 9
16	42	3,862	0	LA 1
16	42	5,529	1	LA 2
16	42	6,15	2	LA 3
16	42	6,683	3	LA 4
16	42	6,903	4	LA 5
16	42	7,018	5	LA 6
16	42	7,102	6	LA 7
16	42	7,169	7	LA 8
16	42	7,227	8	LA 9
17	45	3,124	0	LA 1
17	45	4,628	1	LA 2
17	45	5,288	2	LA 3
17	45	5,841	3	LA 4
17	45	6,213	4	LA 5
17	45	6,413	5	LA 6
17	45	6,555	6	LA 7
17	45	6,671	7	LA 8
17	45	6,772	8	LA 9
18	48	2,363	0	LA 1
18	48	3,815	1	LA 2
18	48	4,466	2	LA 3
18	48	4,934	3	LA 4
18	48	5,27	4	LA 5

Buque arrastrero 1500m3. Cuaderno 3
 Carla Fuentes Lorenzo

18	48	5,503	5	LA 6
18	48	5,691	6	LA 7
18	48	5,864	7	LA 8
18	48	6,031	8	LA 9
19	51	1,829	0	LA 1
19	51	3,167	1	LA 2
19	51	3,766	2	LA 3
19	51	4,122	3	LA 4
19	51	4,357	4	LA 5
19	51	4,548	5	LA 6
19	51	4,741	6	LA 7
19	51	4,95	7	LA 8
19	51	5,179	8	LA 9
20	54	1,44	0	LA 1
20	54	2,58	1	LA 2
20	54	3,023	2	LA 3
20	54	3,213	3	LA 4
20	54	3,338	4	LA 5
20	54	3,469	5	LA 6
20	54	3,645	6	LA 7
20	54	3,879	7	LA 8
20	54	4,161	8	LA 9
21	57	1,106	0	LA 1
21	57	1,922	1	LA 2
21	57	2,071	2	LA 3
21	57	1,813	3	LA 4
21	57	1,67	4	LA 5
21	57	1,777	5	LA 6
21	57	2,041	6	LA 7
21	57	2,41	7	LA 8
21	57	2,845	8	LA 9
22	60	0,966	0	LA 1
22	60	1,352	1	LA 2
22	60	1,328	2	LA 3
22	60	0,909	3	LA 4
22	60	0,44	4	LA 5
22	60	0,566	5	LA 6
22	60	0,825	6	LA 7
22	60	1,216	7	LA 8
22	60	1,698	8	LA 9
23	63	0,266	0	LA 1
23	63	1,329	1	LA 2
23	63	1,122	2	LA 3
23	63	0,259	8	LA 9

4.5 Curva de áreas del buque proyecto

La siguiente gráfica se corresponde con la curva de áreas de nuestro buque proyecto, en la que podemos diferenciar la estampa en la zona de popa, un cuerpo cilíndrico que se extiende desde los 12 a los 43 metros aproximadamente y la zona del bulbo de proa, ubicada entorno a los 61m, donde la perpendicular de proa.

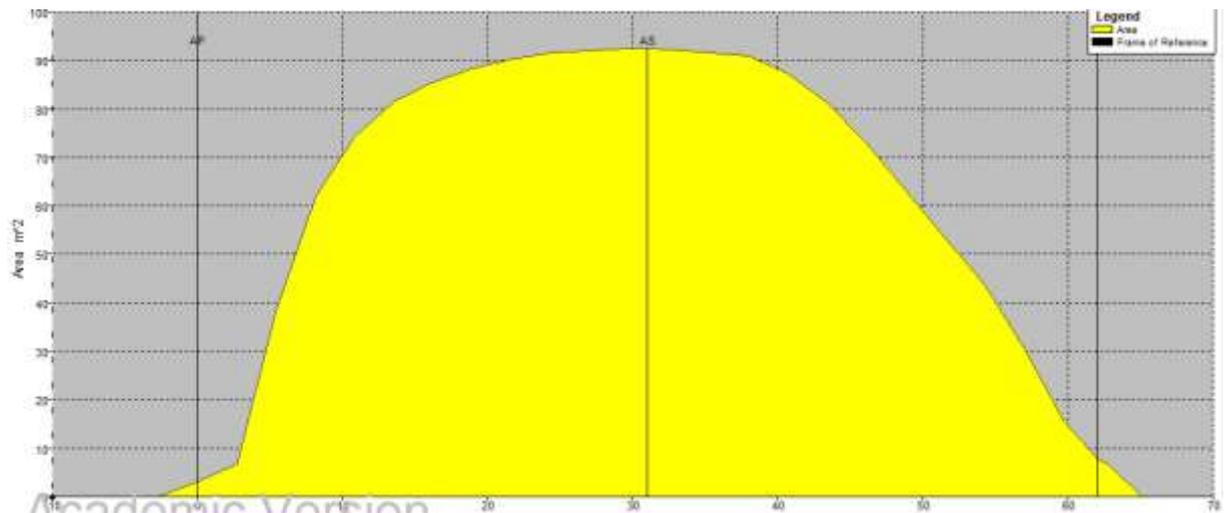


Ilustración 11: curva de áreas

5.1.2 Parámetros dimensionales

Existen tres grandes tipos de bulbos de proa: tipo delta, tipo nábila o peonza y tipo ovalado. La elección de la forma se hace en función de las condiciones de navegación, velocidad, formas de proa, etc.

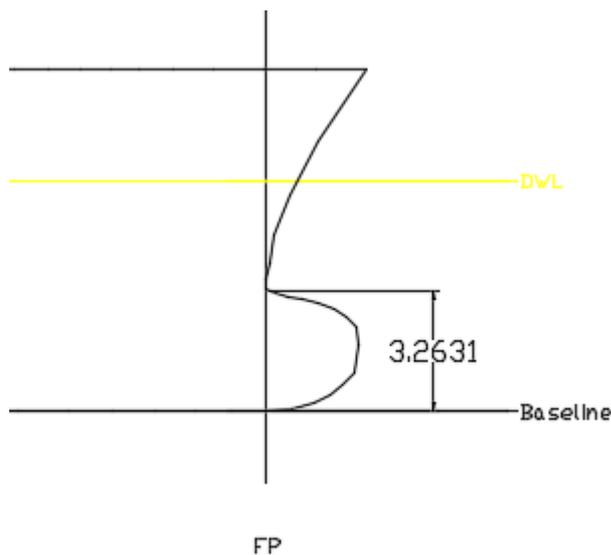
Para los buques arrastreros de dimensiones similares a nuestro buque proyecto lo habitual es disponer de un bulbo de proa de tipo óvalo y alisado. La condición de alisado se puede distinguir en los planos de las líneas de agua, donde se ve la continuidad de las mismas.

Los principales parámetros del bulbo son los siguientes:

5.1.2.1 Altura del bulbo (h)

Debe estar dentro del rango $0,35T < h < 0,55T$

T es el calado de la perpendicular de proa, 6,324 como podemos ver en la siguiente captura. Entonces el bulbo de proa debe tener una altura de entre 2,21m y 3,47m. Vemos en la siguiente captura acotada como el bulbo se encuentra entre los márgenes de altura.



5.1.2.2 Abscisa de la protuberancia

Aplicamos la siguiente formulación:

$$(100 * x') = 100 * x + k1 * (Cb' - Cb) - k2 * \left(\frac{L}{B}\right)' - \left(\frac{L}{B}\right)$$

$$(100 * x') = 100 * 1.1 + 8 * (0.64 - 0.53) - 0.4 * \left(\frac{61}{15}\right)' - \left(\frac{40}{10.3}\right)$$

Resulta un valor de $X'=1,1\text{m}$. Pero, como veremos en el plano acotado de las formas de popa, nuestro buque tendrá un protuberancia mayor, de $2,54\text{m}$, acorde con las formas del buque, ya que un bulbo con una protuberancia de $1,1\text{m}$ se vería muy pequeño en nuestro casco.

Hemos optado por modelar en bulbo basándonos en las dimensiones que tenemos de bulbos de buques similares, que se ajustan más a la realidad que el bulbo del buque modelo de Maxsurf.

5.1.2.3 Área

Para calcular el área del bulbo aplicamos la siguiente ecuación:

$$Abulbo = 0,08 * Cm * B * T$$

$$Abulbo = 0,08 * 0,937 * 15 * 6,37 = 7,15\text{m}^2$$

En la siguiente captura de Maxsurf podemos ver cómo a la altura de entre 61 y $61,7\text{m}$, que se corresponde con nuestro bulbo, el área tiene un valor similar al calculado por formulación ($7,8\text{m}^2$ de media)

	Area X m	Area Y m ²
4	0,000000	2,950126
5	2,680000	6,611583
6	5,365467	37,103416
7	8,050934	61,305791
8	10,736402	73,968980
9	13,421869	81,271521
10	16,107336	85,184182
11	18,792803	88,203288
12	21,478270	89,988985
13	24,163738	91,294536
14	26,849205	91,310146
15	29,534672	91,323324
16	30,500000	91,285718
17	32,220139	90,476897
18	34,905606	89,205040
19	37,591074	87,922041
20	40,276541	83,712659
21	42,962008	77,613303
22	45,647475	69,615780
23	48,332942	60,062525
24	51,018410	50,802570
25	53,703877	41,411989
26	56,389344	29,092273
27	59,074811	14,759199
28	61,000000	8,701429
29	61,760278	6,933295
30	62,053644	6,587647
31	64,445746	0,000000

Ilustración 12: Áreas resultantes de Maxsurf

5.1.2.4 Manga

La manga máxima del bulbo será igual a la manga máxima en la perpendicular de proa, 2.6m

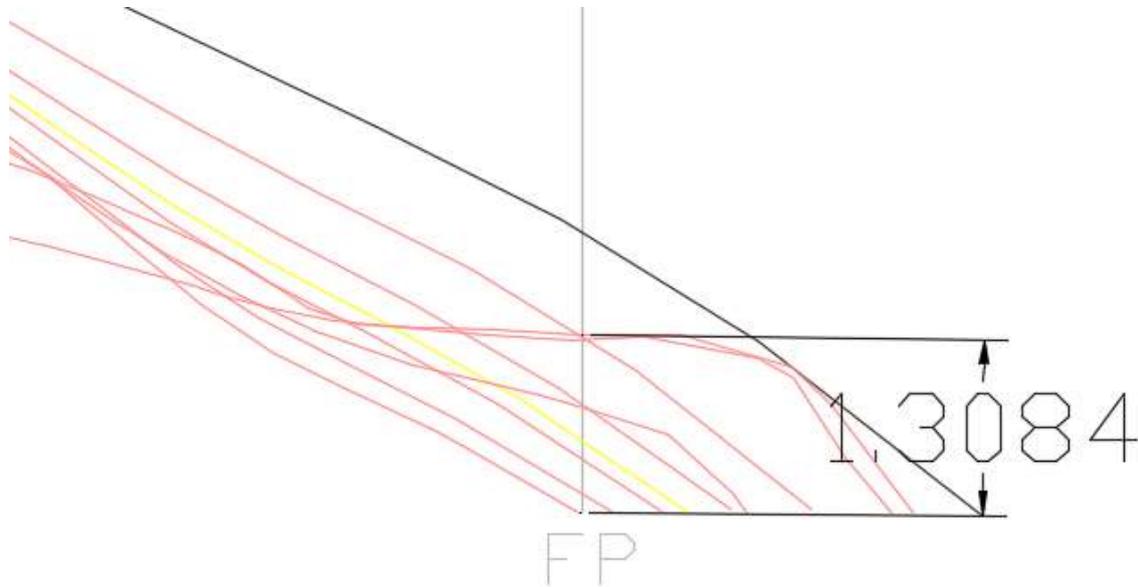


Ilustración 13: vista en planta de media sección del buque

5.1.2.5 Coeficiente de afinamiento

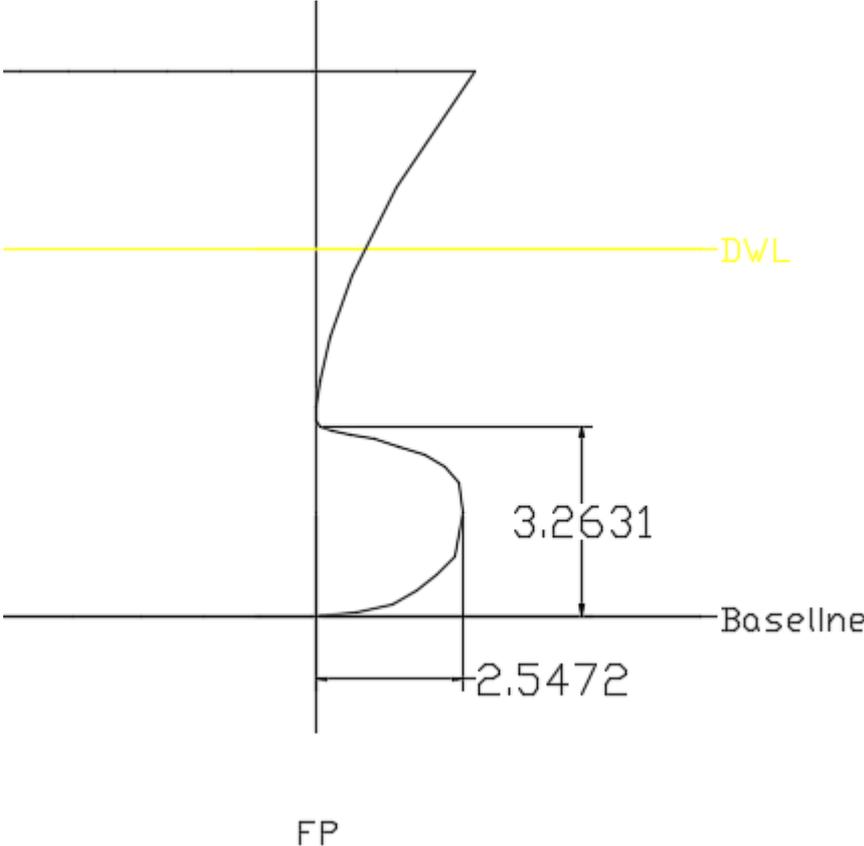
Para calcularlo nos apoyamos en la siguiente fórmula:

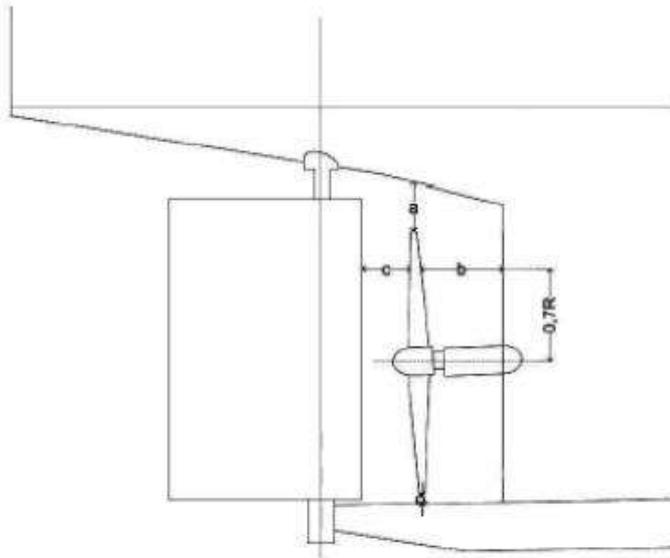
$$Ca = \frac{S}{B * z}$$

$$Ca = \frac{7.15}{2.6 * 3.2} = 0.85$$

5.1.3 Croquis del bulbo de proa

En el siguiente plano de perfil se adjuntan las cotas de altura y protuberancia. Recordar que la manga máxima del bulbo es de 2,6m:





Ahora, la formulación es la siguiente:

Siendo R e, radio del propulsor, 1,88m, y Z_p el número de palas del propulsor, que consideramos 4 según la información que tenemos de buques base:

$$a \geq 0,2 * R$$

$$b \geq (0,7 - 0,04 * Z_p) * R$$

$$c \geq (0, -0,02 * Z_p) * R$$

$$d \geq 0,07 * R$$

Entonces:

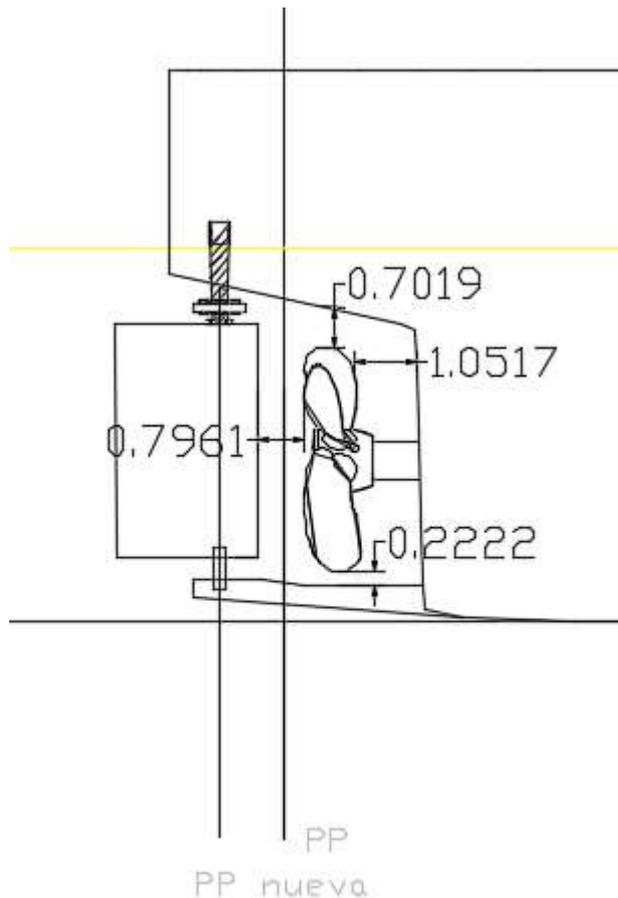
$$a \geq 0,376m$$

$$b \geq 1,010m$$

$$c \geq 0,752m$$

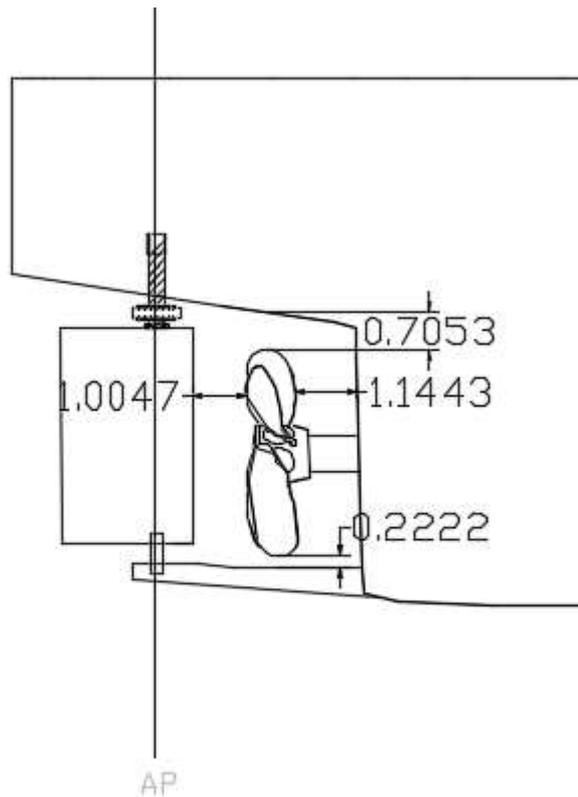
$$d \geq 0,131m$$

Las medidas anteriores se corresponden con el mínimo a cumplir. En la siguiente imagen representamos estas medidas:



Como podemos ver, tal y como teníamos proyectado el codaste no nos entrarían hélice y timón cumpliendo las dimensiones mínimas, por lo que procedemos a variar las formas del codaste del buque en Maxsurf, llevando así, tanto la estampa de popa como la perpendicular de popa más a popa, ya que esta última debe coincidir con la mecha del timón.

El codaste definitivo de nuestro buque proyecto será, entonces, el siguiente, que cumple con todas las dimensiones mínimas, tiene la Ppp a la altura de la mecha del timón, y este no sobrepasa la estampa de popa.



No la hemos dibujado para no dificultar la comprensión del esquema con las cotas, pero la hélice de nuestro buque llevaría tobera, al igual que todos los pesqueros de nuestra base de datos. No la dimensionaremos pero tenemos que considerar cierto espacio de separación entre las palas de la hélice y la tobera, más el espesor de la propia tobera. De ahí que el diámetro máximo de la hélice se establezca en 3780mm.

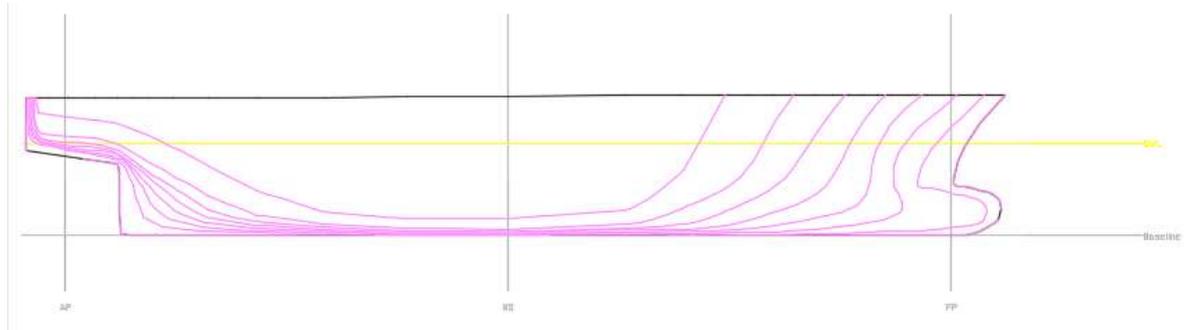
6 PLANO DE FORMAS PRELIMINAR DEL BUQUE PROYECTO

El plano de formas se adjunta al final del cuaderno como anexo, para que no pierda calidad, pero en las siguientes capturas tenemos las vistas individuales donde se pueden apreciar los planos con mayor definición y detalle

En primer lugar adjuntamos el plano de formas y, en las siguientes páginas adjuntamos las vistas individuales donde podemos ver los planos con mayor definición y detalle.

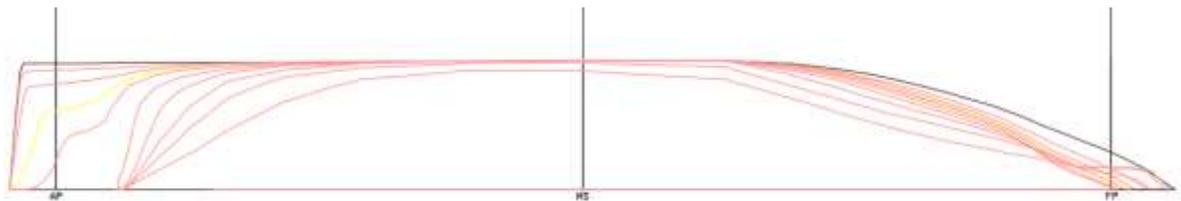
6.1 Vista de perfil

En el siguiente plano tenemos una vista de perfil de nuestro buque, donde podemos apreciar los longitudinales anteriormente justificados.



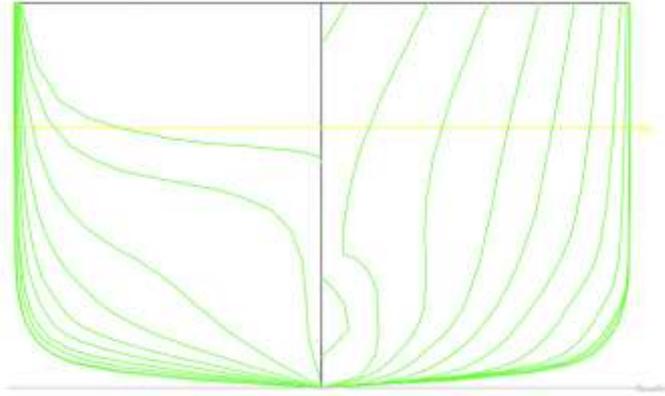
6.2 Vista horizontal

En este plano, que es una vista horizontal, se representan las diferentes líneas de agua del buque proyectado.



6.3 Vista transversal

Se adjunta también una vista transversal del casco, donde podemos ver, a babor, las secciones que se corresponden a la parte de proa del buque, y a estribor, las secciones de popa.



7 COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS

7.1 Cálculo de hidrostáticas al calado de diseño con las formas definitivas del buque proyecto

Adjuntamos la captura de Maxsurf para justificar las dimensiones definitivas. Decir que hemos aproximado los valores para no trabajar con muchos decimales, es decir, si la manga de salida de Maxsurf es 14,998m, aceptamos 15 m para facilitar cálculos posteriores.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4228	t
2	Volume (displaced)	4124,785	m ³
3	Draft Amidships	6,370	m
4	Immersed depth	6,597	m
5	WL Length	64,741	m
6	Beam max extents on WL	14,998	m
7	Wetted Area	1392,666	m ²
8	Max sect. area	93,506	m ²
9	Waterpl. Area	784,653	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,681	
11	Block coeff. (Cb)	0,644	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,947	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,808	
14	LCB length	-29,941	from zero pt
15	LCF length	-27,424	from zero pt
16	LCB %	-46,248	from zero pt
17	LCF %	-42,360	from zero pt
18	KB	3,415	m
19	KG fluid	6,370	m
20	BMT	2,999	m
21	BML	47,954	m
22	GMt corrected	0,045	m
23	GML	44,999	m
24	KMt	6,415	m
25	KML	51,369	m
26	Immersion (TPc)	8,043	tonne/cm
27	MTC	31,189	tonne.m
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	3,286	tonne.m
29	Length:Beam ratio	4,317	
30	Beam:Draft ratio	2,273	
31	Length:Vol ^{0.333} ratio	4,037	
32	Precision	Low	42 stations

7.2 Comprobación con las dimensiones y coeficientes adimensionales obtenidos en el predimensionado del buque

Se adjunta la tabla comparativa, que ya hemos visto en el apartado 4.2, donde tenemos tanto dimensiones como coeficientes adimensionales de partida (Cuaderno 1), como las dimensiones y coeficientes obtenidos en el presente cuaderno, modelando el caso del buque para se aproximase lo máximo posible a los requerimientos.

Como podemos ver en el reporte de las hidrostáticas (apartado anterior), ciertas medidas de esloras no las da el Maxsurf, pero las medimos sobre el plano, por lo que adjuntamos plano acotado.

La eslora entre perpendiculares la conocemos porque a la hora de modelar el buque establecemos la ubicación de las mismas².

Requerimientos dimensionales (Cuaderno 1)			Dimensiones resultantes		
Ltotal	67,8	m	Ltotal (plano)	67,4	m
Lpp	61	m	Lpp	61	m
			LWL	64,7	m
B	15	m	B	14,99=15	m
Dcp	6,6	m	Dcp	6,59=6,6	m
Dcs	9,4	m	Dcs (Dcp+2,8)	9,4	m
T	6,379	m	T	6,37	m
NCS	6039		NCS	6039	
Cp	0,681		Cp	0,681	
Cm	0,964		Cm	0,947	
Cb	0,64		Cb	0,644	
AM	92,242		AM	93,506	
Vol carena	3736,375	m3	Vol carena	4124,785	m3
Desplazamiento	3829,785	t	Desplazamiento	4228	t

² Ver ilustración 9 del presente cuaderno

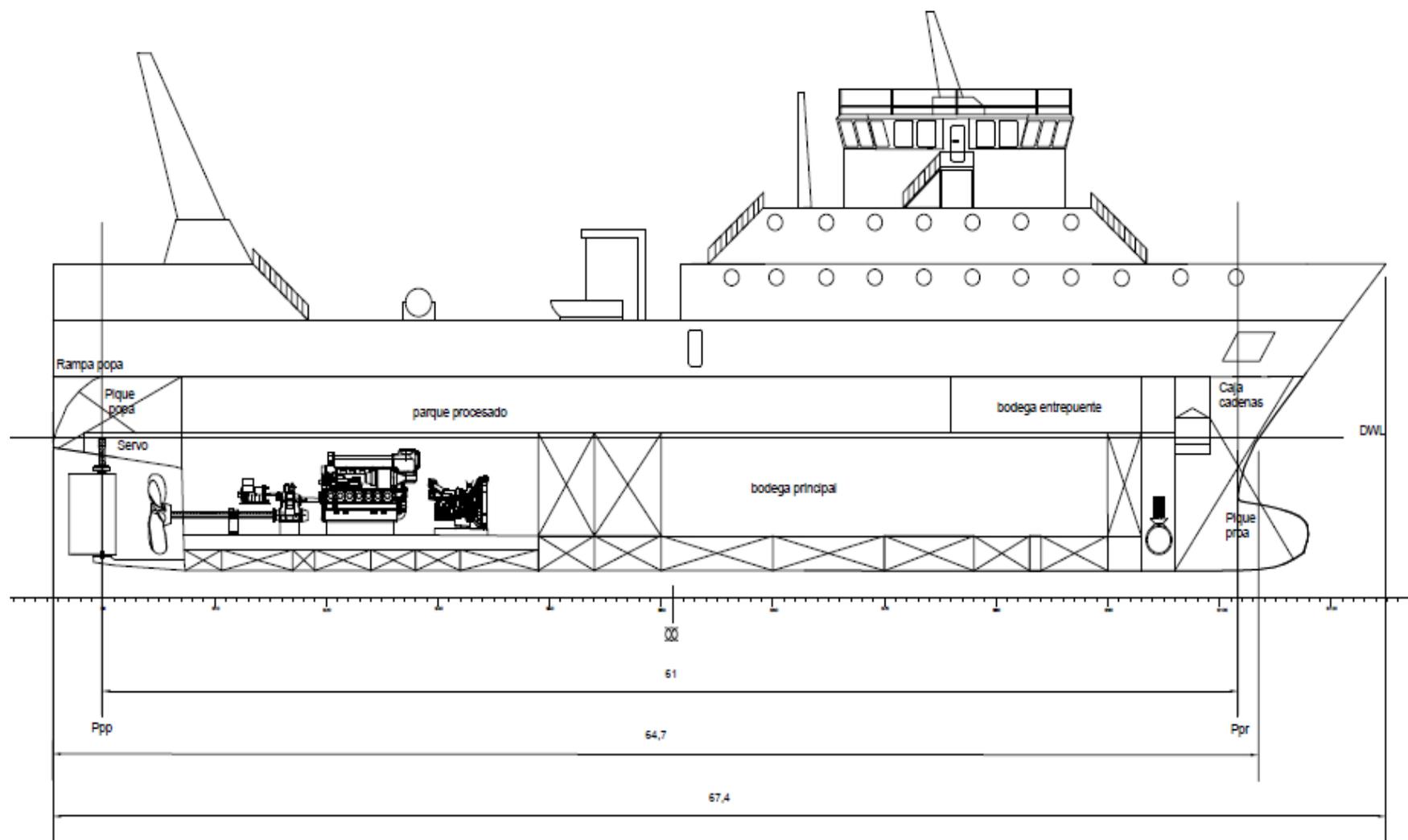


Ilustración 15: esloras acotadas

8 BIBLIOGRAFÍA

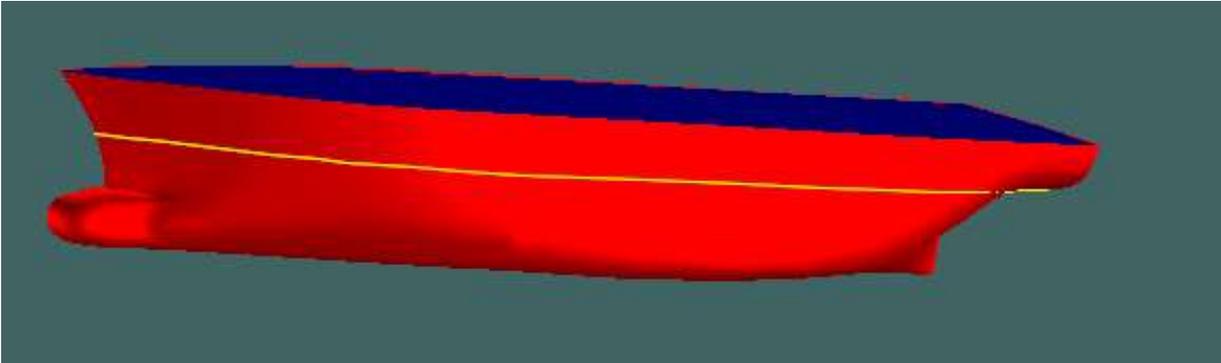
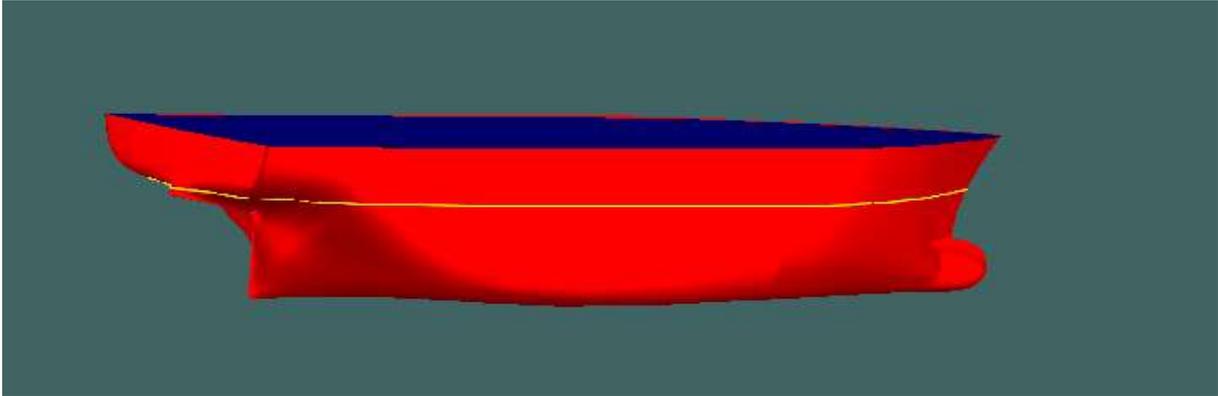
Alvariño Casto, Azpíroz Azpíroz, J.J. y Meizoso Fernande, M., 1997. Proyecto Basico del Buque Mercante. 1997. S.I.: s.n.

DNV GL, 2021. DNV GL Rules for Classification.

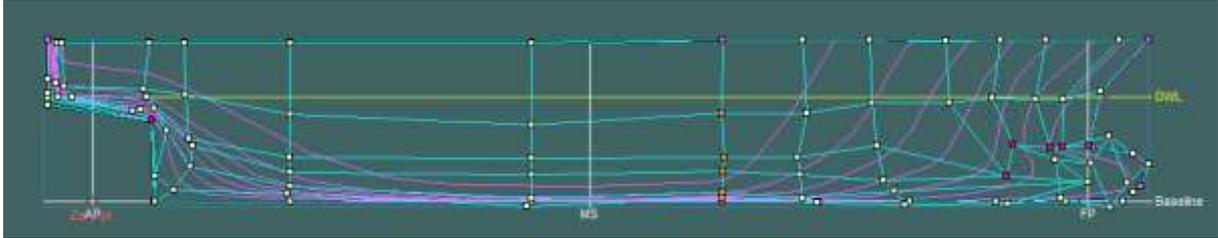
García Gómez, A. "Predicción de potencia y optimización del bulbo de proa en buques pesqueros" Publicación nº 134 del Canal de Experiencias Hidrodinámicas del Pardo". Madrid, Abril 1991.

Manual del programa Maxsurf.

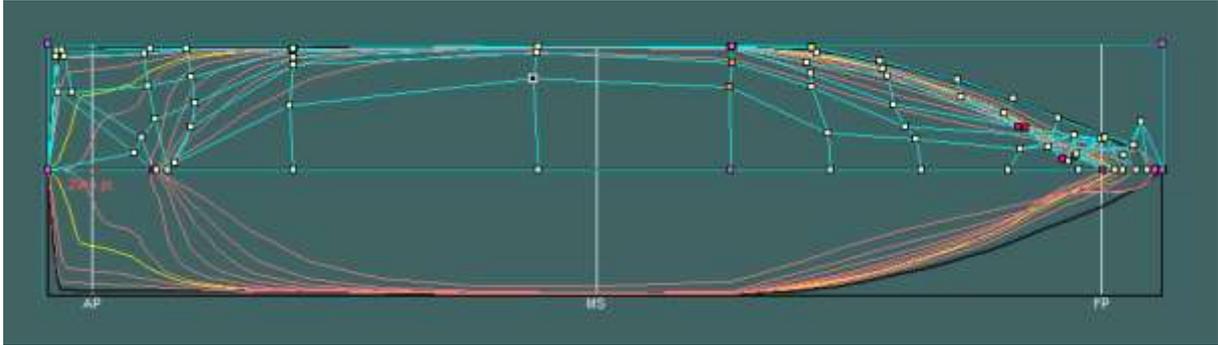
9 ANEXO I: VISTA GENERAL DEL CASCO



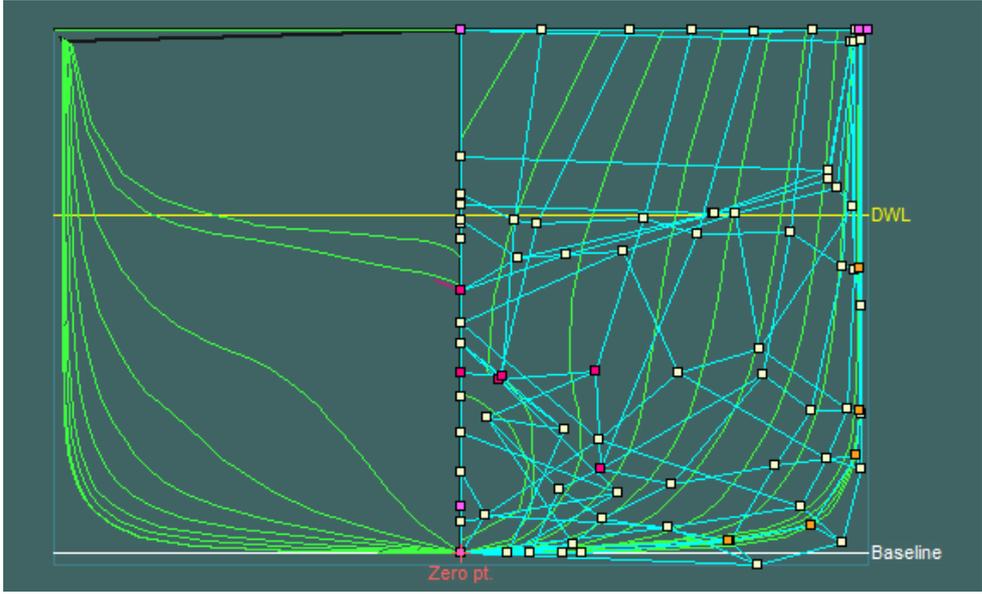
10 ANEXO II: VISTA DE PERFIL DE LOS PUNTOS DE CONTROL



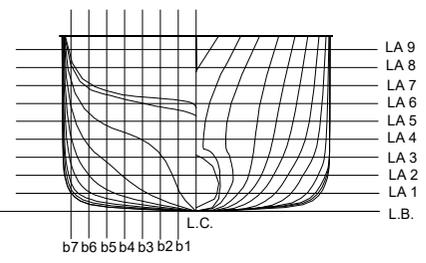
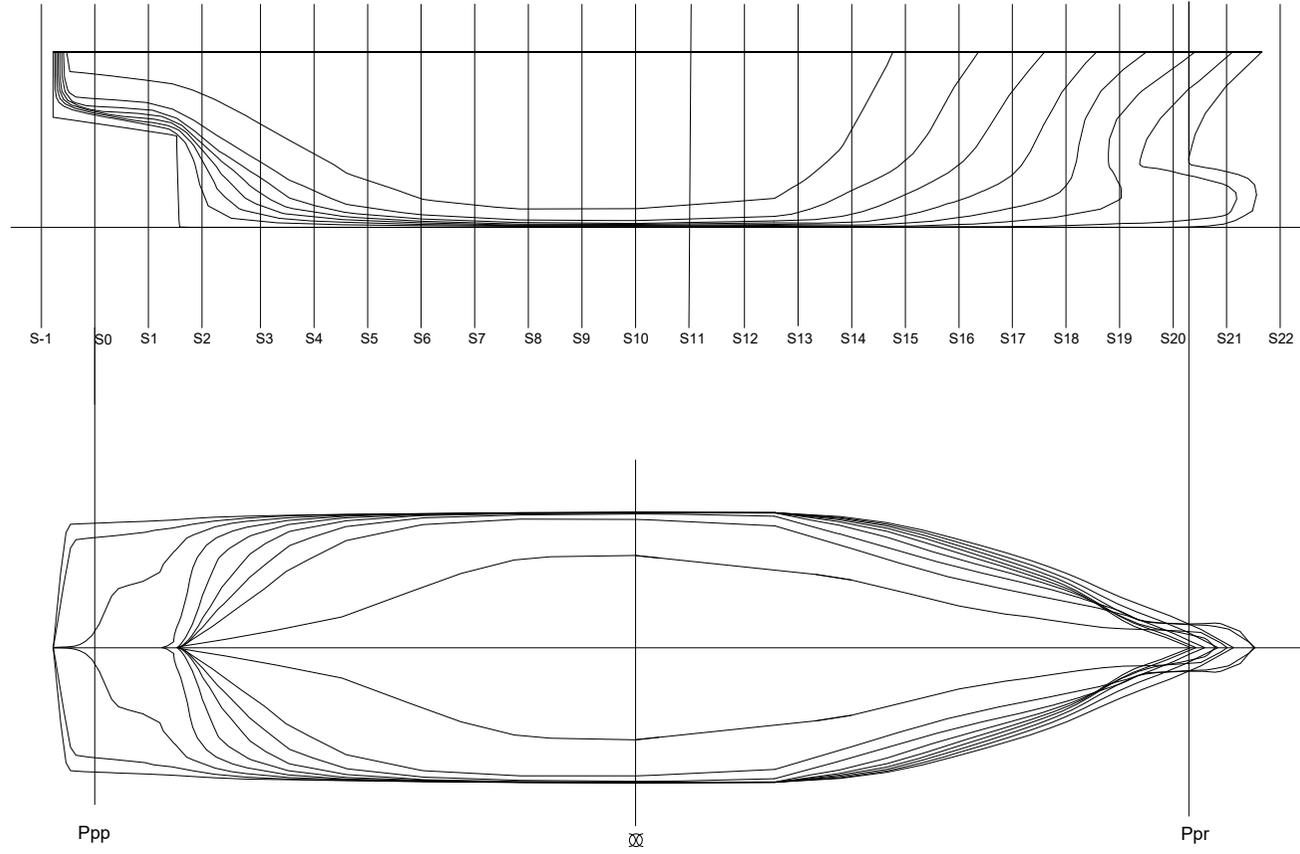
11 ANEXO III: VISTA LONGITUDINAL DE LOS PUNTOS DE CONTROL



12 ANEXO IV: VISTA TRANSVERSAL DE LOS PUNTOS DE CONTROL



13 ANEXO V: PLANO DE FORMAS PRELIMINAR DEL BUQUE PROYECTO



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

- Eslora entre perpendiculares: 61m
- Manga máxima: 15m
- Puntal a la cubierta principal: 6,6m
- Puntal a la cubierta superior: 9,4m
- Calado de diseño: 6,37m
- Separación entre secciones: 3000mm
- Separación entre longitudinales: 1000mm
- Separación entre líneas de agua: 1000mm

INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA		EPS FERROL
CUADERNO 3		
ARRASTRERO CONGELADOR 1500M3		UNIVERSIDADE DA CORUÑA
ESCALA 1:400	PLANO PLANO DE FORMAS	
		CARLA FUENTES LORENZO