

Universidad de **Cádiz**

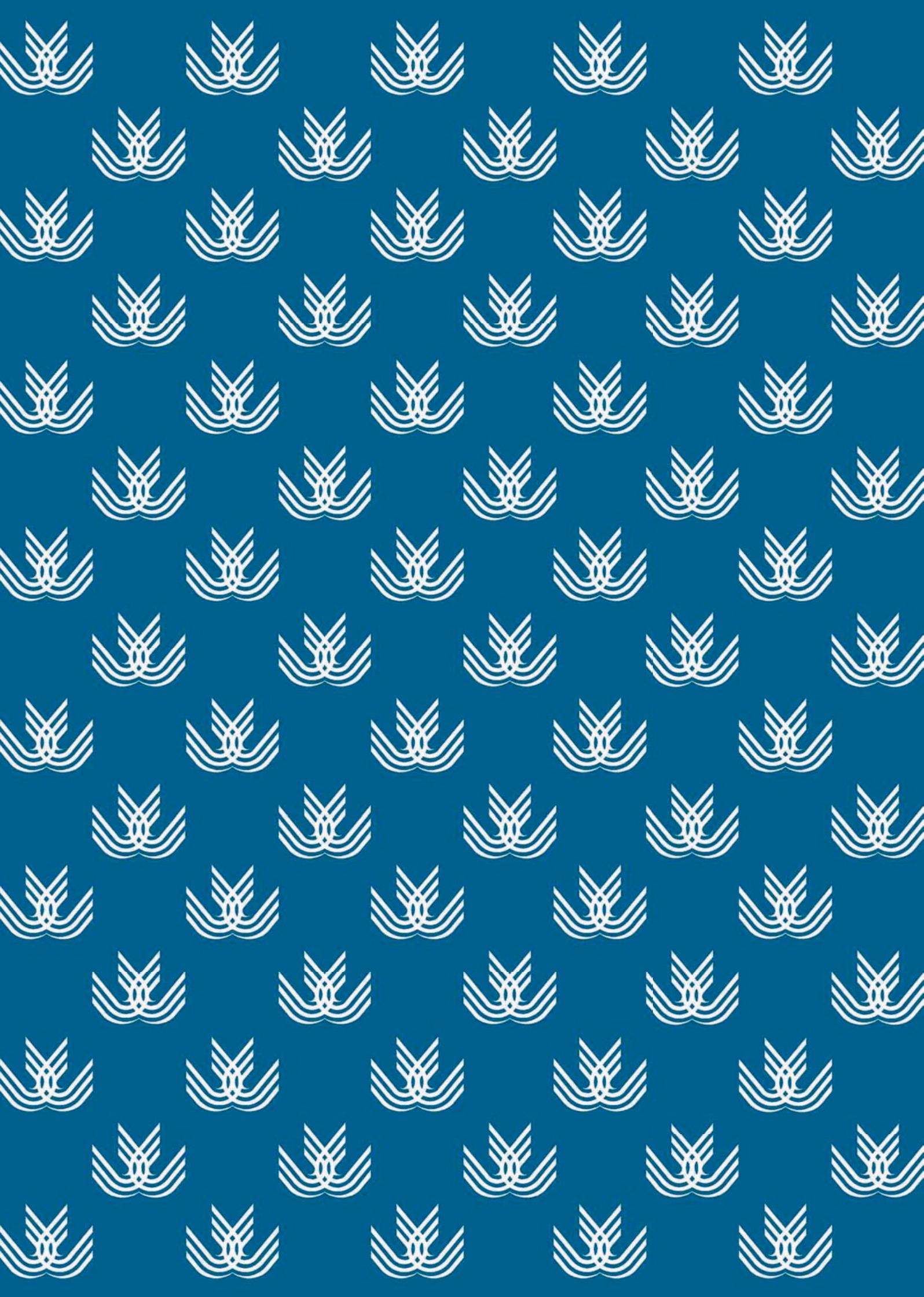
Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

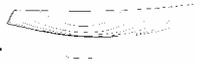
**Diseño de un velero estilo clásico
de 10 m LOA**

Begoña FLETHES BERNAL



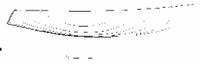
Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Marzo 2007





ÍNDICE

1. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
2. REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS
3. ESTUDIO ESTADÍSTICO
4. DIMENSIONAMIENTO
5. DISEÑO DE LA CARENA
6. DISEÑO DE APÉNDICES (ORZA Y TIMÓN)
7. DISEÑO DE INTERIORES
8. DISEÑO DE CUBIERTA
9. DISEÑO DEL PLANO VÉLICO
10. DISEÑO ESTRUCTURAL Y CALCULO DE ESCANTILLONADO
11. EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS DE ABORDO
12. ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DEL C.D.G.
13. ESTUDIO DE ESTABILIDAD
14. PREDICCIÓN DE VELOCIDAD A VELA
15. PRESUPUESTO PRELIMINAR
16. CONCLUSIONES GENERALES
17. BIBLIOGRAFÍA
18. PLANOS
19. ANEXO: CURVAS HIDROSTÁTICAS DE LA EMBARCACIÓN



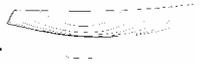


CAPÍTULO 1

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

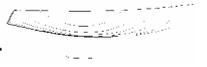
El presente proyecto consiste en el desarrollo de una embarcación a vela tipo crucero de estilo clásico con las siguientes características:

1. Concepto: Embarcación a vela de estilo similar a las diseñadas y construidas en los años 70.
2. Uso: Se utilizará la embarcación para realizar navegaciones de crucero costero.
3. Número de personas: La embarcación cumplirá con todos los criterios de estabilidad y flotabilidad para la navegación con seis personas a bordo.
4. Zona de navegación: La distancia máxima de navegación perpendicular a la costa será de 12 millas, o lo que es lo mismo, la Zona de navegación 4 según los criterios de la Dirección General de Marina Mercante (D.G.M.M.).
5. Autonomía: La embarcación deberá poder recorrer una distancia a motor de 60 millas y permitir la navegación a vela y/o motor durante seis días seguidos sin repostar consumibles.



6. Normativa de seguridad a cumplir: Se garantizará que la embarcación cumple con los criterios de la D.G.M.M, para la Categoría de Diseño C.
7. Restricciones dimensionales: La embarcación deberá poder atracarse en un puerto de la Empresa Pública de Puertos de Andalucía con la tarifa correspondiente a un pantalán de 9-10 metros de eslora.
8. Prestaciones de navegación a vela: Se intentará diseñar la embarcación para permitir navegaciones relativamente cómodas y marineras. Se dotará de suficiente superficie vélica como para garantizar navegaciones de crucero no excesivamente lentas.

----- 0 -----





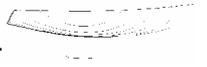
CAPÍTULO 2

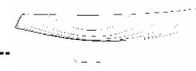
REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS

Para la realización del proyecto se han utilizado las siguientes reglamentaciones y normativas:

1. Cálculo de la estructura: Reglas de la sociedad de clasificación Lloyds Register of Shipping: *Rules and regulation for the classification of yachts and small crafts*
2. Cálculo del aparejo: Reglas del Nordic Boat Standard.
3. Criterios de estabilidad y flotabilidad: Norma ISO 12217-2:2002
4. Equipamiento de seguridad: ORDEN FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.

----- 0 -----





CAPÍTULO 3

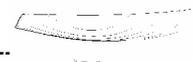
ESTUDIO ESTADÍSTICO

1. INTRODUCCIÓN.

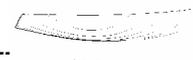
El estudio estadístico se ha realizado a fin de utilizar la información que la experiencia en el diseño de embarcaciones nos facilita, para ayudarnos en la toma de decisiones a la hora de definir las dimensiones principales de nuestra embarcación. Para ello se ha recopilado datos de diferentes veleros cuyas esloras están comprendidas entre 9 y 11 metros, abarcando dicho estudio tanto a veleros cruceros costero como cruceros regatas.

El objetivo final del estudio estadístico no es definir exactamente las dimensiones de nuestra embarcación sino el obtener unos rangos de valores máximos y mínimos en los que poder movernos con cierta “tranquilidad”.

Todos los datos del estudio estadístico han sido recolectados de revistas náuticas y de diferentes páginas web de Internet.



Modelo	LOA	LWL	B	T	DESP. (Δ)	SUP. VEL.	LAS TRE
Etap 30	9,1	7,65	3,15	1,74	3600	50,4	1325
Gib'Sea 302	9,1	7,8	3,3	1,85	3200	50,5	1000
Catalina 30 MK III	9,12	7,62	3,3	1,6	4627	46,91	1905
Hunter 306	9,12	8,19	3,28	1,63	3246	37,16	1158
Sun Light 30	9,15	7,7	3,23	1,45	3100	48	1180
Etap 30i	9,35	8	3,16	1,7	3600	37	1100
Hallberg-Rassy 31 M.	9,36	7,5	2,87	1,4	4200	39	1900
Elan 31	9,4	8,2	3,2	1,85	4500	54,5	1450
Hanse 312	9,45	8,07	3,2	1,75	4090	59,9	1250
Sun Odyssey 32.2	9,5	8,22	3	1,45	4050	50,8	1350
E 31	9,53	8,35	3,2	1,9	3200	68	1200
32 DS (Sirius)	9,6	8,33	3,18	1,3	5500	47,8	2250
Sun Odyssey 32	9,6	8,52	3,3	1,5	4540	52,5	1370
Pacific Seacraft 31	9,7	7,37	3	1,5	4989	45,05	1995
Etap 32 i	9,73	8	3,42	1,4	3975	42,4	1300
Dufour 32 Classic	9,83	8,25	3,28	1,7	4200	54	1197
Etap 32 S	9,84	8,38	2,84	1,3	3890	54,8	1296
Catalina 320	9,91	8,53	3,58	1,32	5119	48,4	1814
Faurby 330	9,98	8,3	2,8	1,7	4200	60	1700
Najad 331	9,98	8,14	3,26	1,7	5300	50	2100
Gib'Sea 33	10	8,89	3,48	1,45	5169	49,98	1347
Hunter 33	10,21	8,97	3,51	1,37	4997	58,06	1623
Explorer 34	10,25	9,1	3,4	1,9	4200	56	1400
HR 34	10,28	8,64	3,42	1,85	5300	55	2100
Sunbeam 33	10,3	8,9	3,2	1,8	4500	66	1710
Hanse 341	10,35	8,9	3,4	1,85	5290	69,5	1820
Elan 333	10,45	8,75	3,46	1,5	4800	66,4	1720
Catalina 34	10,52	9,09	3,58	1,7	5420	51,46	2268
Dufour 34	10,59	10,31	3,48	1,92	4700	65	1500
Dehler 34	10,6	9,3	3,2	1,6	4500	76,5	1700
Etap 35 i	10,62	8,7	3,51	1,55	5200	58,4	1740
Etap 34 S	10,63	9,07	3,52	1,85	5100	63,5	1700
Starlight 35 MK 2	10,67	8,56	3,51	1,8	5993	66,1	2406
Faurby 360	10,68	9,7	3	1,7	5250	71,2	2050
Elan 36	10,69	9,27	3,58	1,91	5500	60,48	2270
Comfortina 35	10,7	9,4	3,35	1,8	5800	71,5	2000
Tartan 3500	10,7	9,14	3,58	1,98	5180	57,3	1905
Freedom 35	10,78	9,1	3,66	1,98	6270	68,7	2065
Hunter 36	10,82	9,32	3,66	1,5	6318	66,98	2302
Comet 36	10,9	9,33	3,57	1,95	6200	63,4	1800
Grand Soleil 343	10,9	8,75	3,42	1,8	4650	62,4	1750
Dehler 36	10,95	9,95	3,5	1,95	6000	85	2200
Faurby 363	10,98	9,7	3,3	1,8	5700	74,1	2300
First 36.7	10,98	9,23	3,45	1,8	5870	78	1785

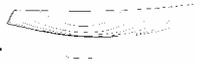


2. PARÁMETROS COMPARATIVOS

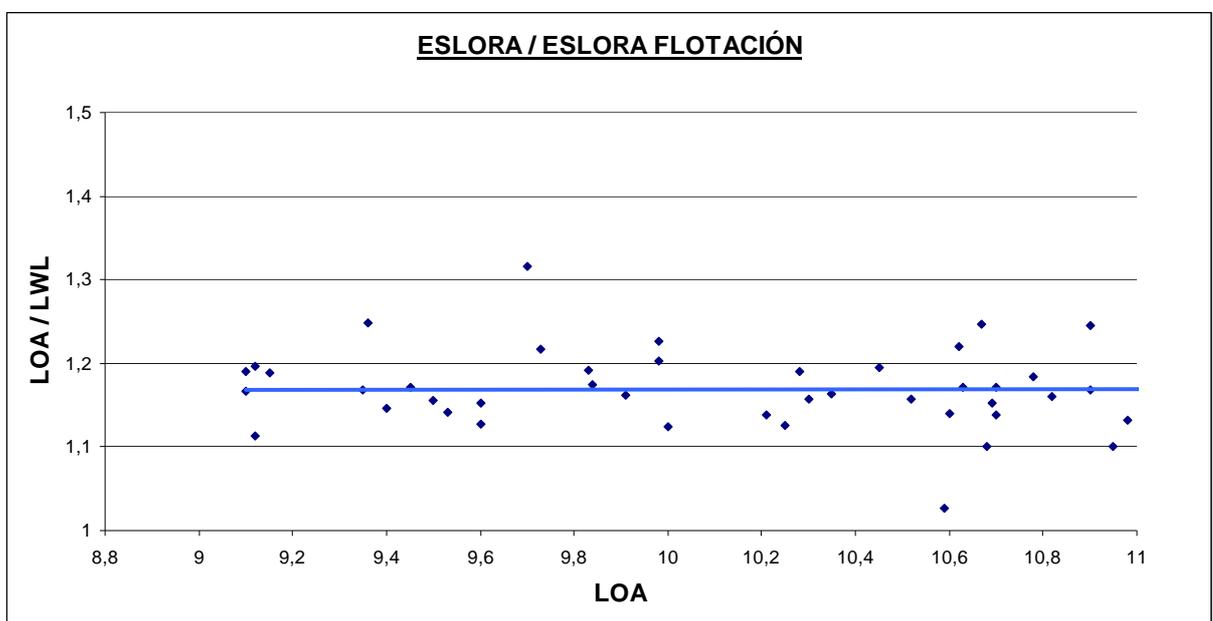
A la hora de determinar el comportamiento de una embarcación frente a otra, se emplean parámetros comparativos que relacionan distintas dimensiones. El estudio estadístico, empleado como fuente de información, nos sirve como “banco de pruebas” de embarcaciones existentes, así como método sencillo de extrapolación de diseños similares

PARAMETROS COMPARATIVOS

VELERO	Loa / Lwl	Loa / B	Lwl / T	B / T	Δ / Lwl	Last / Δ	Lwl / Δ 1/3	SV / Δ
Etap 30	1,190	2,889	4,397	1,810	470,588	37%	0,499	14,000
Gib'Sea 302	1,167	2,758	4,216	1,784	410,256	31%	0,529	15,781
Catalina 30 MK III	1,197	2,764	4,763	2,063	607,218	41%	0,457	10,138
Hunter 306	1,114	2,780	5,025	2,012	396,337	36%	0,553	11,448
Sun Light 30	1,188	2,833	5,310	2,228	402,597	38%	0,528	15,484
Etap 30i	1,169	2,959	4,706	1,859	450,000	31%	0,522	10,278
Hallberg-Rassy 31 M.	1,248	3,261	5,357	2,050	560,000	45%	0,465	9,286
Elan 31	1,146	2,938	4,432	1,730	548,780	32%	0,497	12,111
Hanse 312	1,171	2,953	4,611	1,829	506,815	31%	0,505	14,645
Sun Odyssey 32.2	1,156	3,167	5,669	2,069	492,701	33%	0,516	12,543
E 31	1,141	2,978	4,395	1,684	383,234	38%	0,567	21,250
32 DS (Sirius)	1,152	3,019	6,408	2,446	660,264	41%	0,472	8,691
Sun Odyssey 32	1,127	2,909	5,680	2,200	532,864	30%	0,515	11,564
Pacific Seacraft 31	1,316	3,233	4,913	2,000	676,934	40%	0,431	9,030
Etap 32 i	1,216	2,845	5,714	2,443	496,875	33%	0,505	10,667
Dufour 32 Classic	1,192	2,997	4,853	1,929	509,091	29%	0,511	12,857
Etap 32 S	1,174	3,465	6,446	2,185	464,200	33%	0,533	14,087
Catalina 320	1,162	2,768	6,462	2,712	600,117	35%	0,495	9,455
Faurby 330	1,202	3,564	4,882	1,647	506,024	40%	0,514	14,286
Najad 331	1,226	3,061	4,788	1,918	651,106	40%	0,467	9,434
Gib'Sea 33	1,125	2,874	6,131	2,400	581,440	26%	0,514	9,669
Hunter 33	1,138	2,909	6,547	2,562	557,079	32%	0,525	11,619
Explorer 34	1,126	3,015	4,789	1,789	461,538	33%	0,564	13,333
HR 34	1,190	3,006	4,670	1,849	613,426	40%	0,496	10,377
Sunbeam 33	1,157	3,219	4,944	1,778	505,618	38%	0,539	14,667
Hanse 341	1,163	3,044	4,811	1,838	594,382	34%	0,511	13,138
Elan 333	1,194	3,020	5,833	2,307	548,571	36%	0,519	13,833
Catalina 34	1,157	2,939	5,347	2,106	596,260	42%	0,517	9,494
Dufour 34	1,027	3,043	5,370	1,813	455,868	32%	0,615	13,830
Dehler 34	1,140	3,313	5,813	2,000	483,871	38%	0,563	17,000
Etap 35 I	1,221	3,026	5,613	2,265	597,701	33%	0,502	11,231
Etap 34 S	1,172	3,020	4,903	1,903	562,293	33%	0,527	12,451
Starlight 35 MK 2	1,246	3,040	4,756	1,950	700,117	40%	0,471	11,030
Faurby 360	1,101	3,560	5,706	1,765	541,237	39%	0,558	13,562
Elan 36	1,153	2,986	4,853	1,874	593,312	41%	0,525	10,896
Comfortina 35	1,138	3,194	5,222	1,861	617,021	34%	0,523	12,328
Tartan 3500	1,171	2,989	4,616	1,808	566,740	37%	0,528	11,062
Freedom 35	1,185	2,945	4,596	1,848	689,011	33%	0,493	10,957
Hunter 36	1,161	2,956	6,213	2,440	677,897	36%	0,504	10,601
Comet 36	1,168	3,053	4,785	1,831	664,523	29%	0,508	10,226
Grand Soleil 343	1,246	3,187	4,861	1,900	531,429	38%	0,524	13,419
Dehler 36	1,101	3,129	5,103	1,795	603,015	37%	0,548	14,167
Faurby 363	1,132	3,327	5,389	1,833	587,629	40%	0,543	13,000
First 36.7	1,190	3,183	5,128	1,917	635,970	30%	0,512	13,288

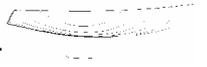


Relación Loa / Lwl: Este parámetro nos marca los lanzamientos de la embarcación. Para embarcaciones ligeras la relación es menor, al intentar mantener una alta velocidad de casco, la cual está limitada por la Lwl. Sin embargo para embarcaciones más pesadas es recomendable dotar de ciertos lanzamientos en proa y en popa para reducir así el cabeceo y mejorar las condiciones de navegación con mar de proa. Los valores medios se encuentran alrededor de 1.23 fluctuando 0.15 hacia arriba y abajo.



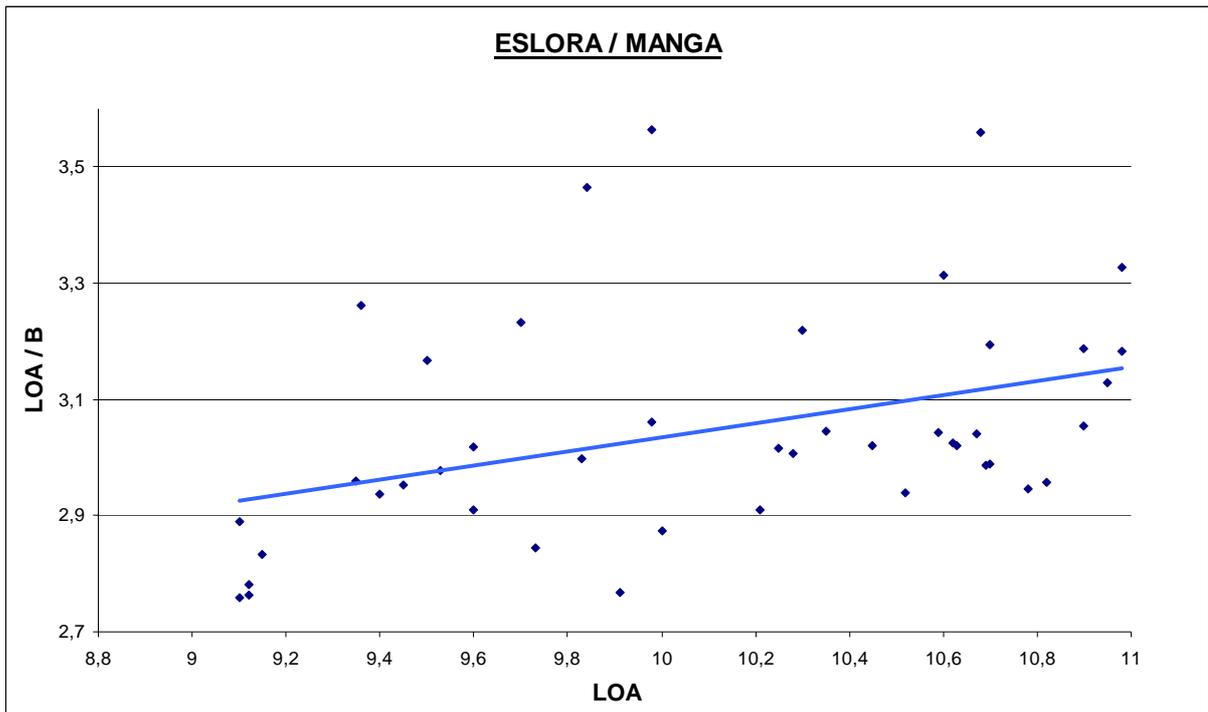
Resultados del estudio estadístico:

- Rango de valores del parámetro Loa / Lwl = [1.1 - 1.3]



Relación Loa / Bmax: Al comparar la manga máxima de una embarcación frente a su eslora máxima, vemos que al aumentar la eslora, la relación va aumentando, o lo que es lo mismo: la embarcación se vuelve más estilizada. Esto está justificado por la estabilidad, ya que al aumentar la eslora y aumentar así su desplazamiento, la estabilidad de la embarcación aumenta y no requiere tanta estabilidad por formas, reduciéndose en comparación su manga máxima

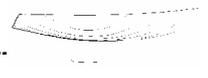
Actualmente se tiende a cascos más amplios para obtener un mayor volumen interior y dar más estabilidad al casco. Y más estabilidad por manga tiene como consecuencia que el barco escore menos y que el rendimiento de las velas sea mayor.



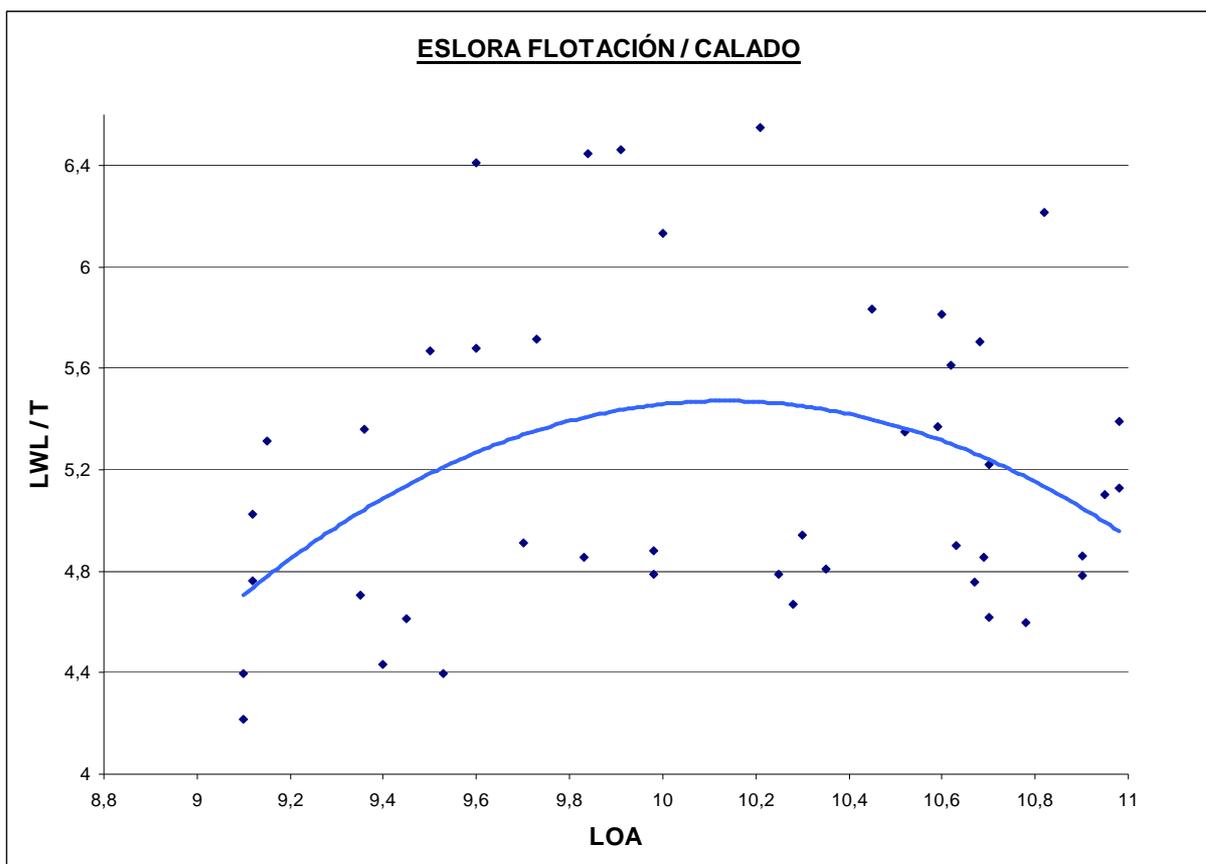
Resultados del estudio estadístico:

- Rango de valores del parámetro $Loa/B = [2.8 - 3.5]$

Relación Lwl / T . Al igual que en el caso anterior, el calado relativo va



disminuyendo al aumentar la eslora. El valor del calado está relacionado con la relación de aspecto de la orza. Sin embargo cuando la embarcación sobre pasa una determinada eslora, necesita reducir el calado total para no tener problemas de acceso a los puertos, aún en detrimento del rendimiento de la orza, o teniendo que emplear orzas abatibles.

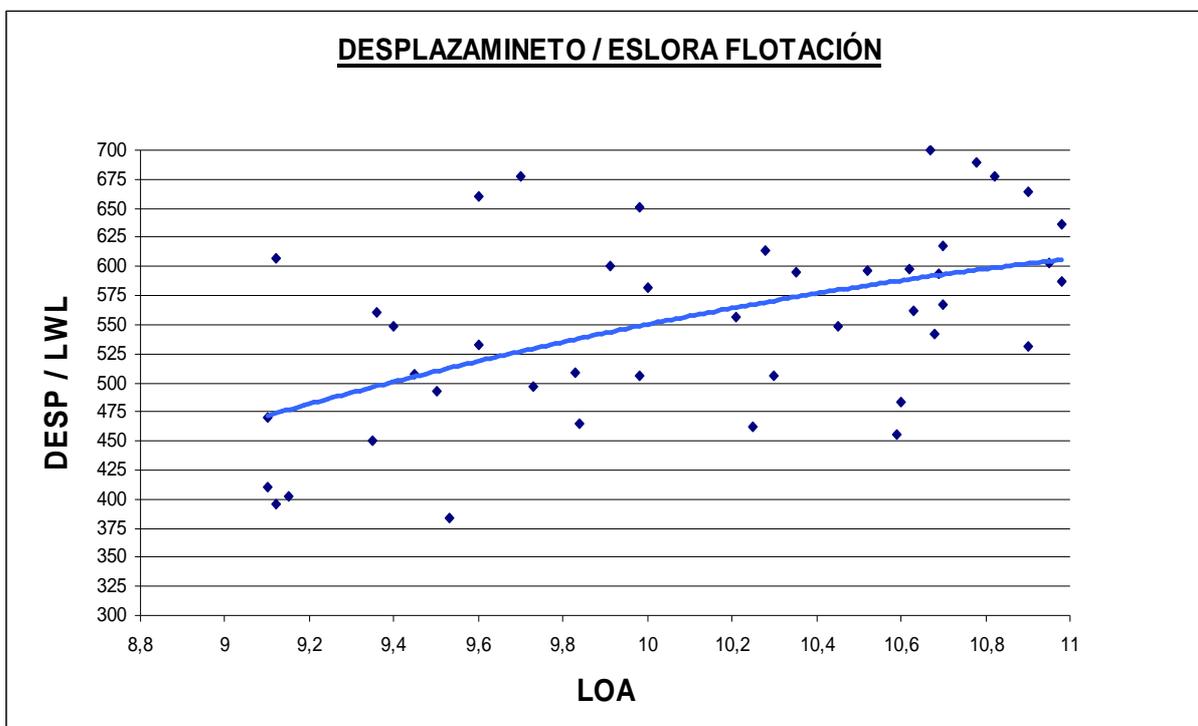


Resultados del estudio estadístico:

- Rango de valores del parámetro $Lwl / T = [4.6 - 6.2]$



Relación Desplazamiento / Eslora. Este factor delimita el régimen de navegación, siendo necesario un valor alto para conseguir navegar en régimen de planeo a mas de $FN = 0.45$.



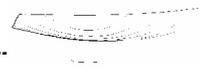
Resultados del estudio estadístico:

- Rango de valores del parámetro Desplazamiento / Lwl = [450 - 650]

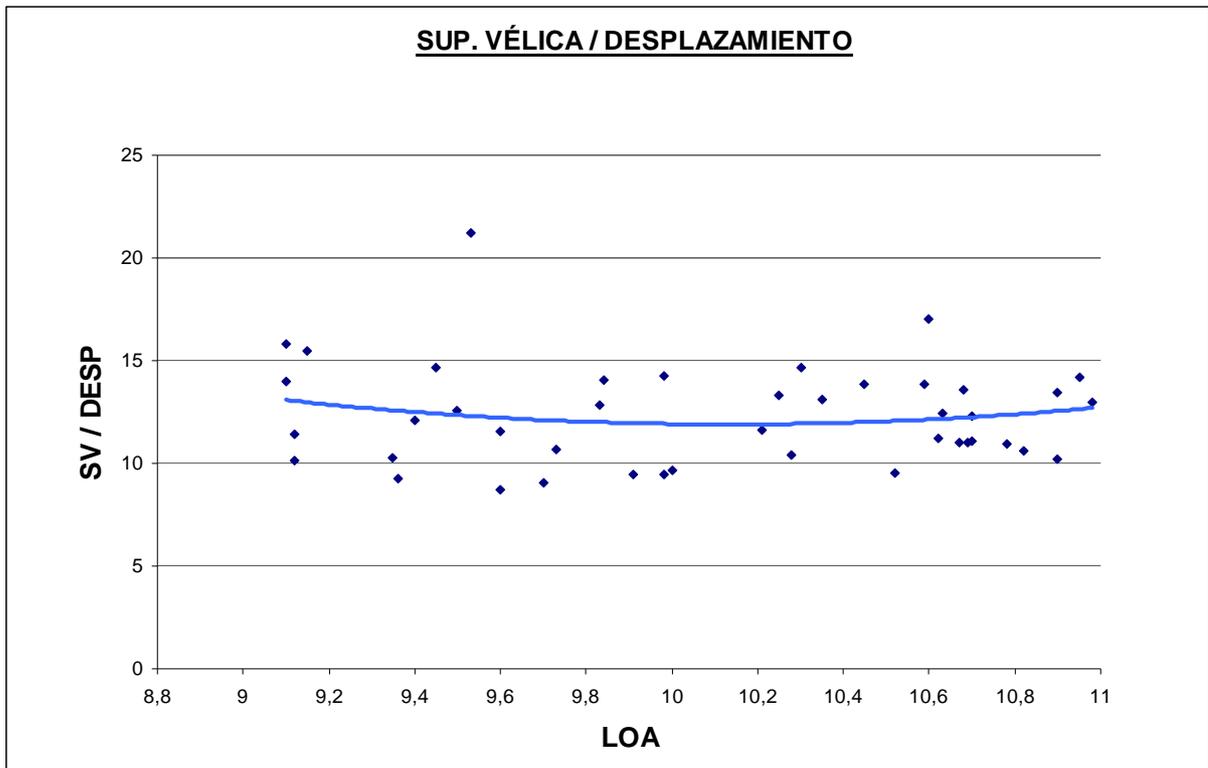
Relación de Lastre (Peso del lastre / desplazamiento rosca): Este valor no varía con la eslora y fluctúa entre valores del 0.35 a 0.55. Embarcaciones más regateras, al poseer menor desplazamiento necesitan bajar más el c.d.g. (KG) para conseguir suficiente estabilidad, por lo que suelen tener una relación de lastre mayor, llegando al caso extremo de algunos *Copa América* que han llegado hasta el 0.80.

Resultados del estudio estadístico:

- Rango de valores del parámetro Lastre / Desplazamiento / Lwl = [0.26 - 0.45]



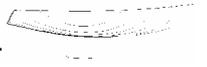
Relación Superficie Vélica / Desplazamiento. Este parámetro nos marca la capacidad propulsora de la embarcación y nos determina en cierta manera la velocidad máxima.

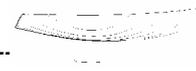


Resultados del estudio estadístico:

- Rango de valores del parámetro SV / Desplazamiento = [8 -15]

----- 0 -----





CAPÍTULO 4

DIMENSIONAMIENTO

Una vez realizado el estudio estadístico, pasamos a concretar las dimensiones principales de nuestra embarcación, teniendo en cuenta los criterios fijados en la especificación del capítulo 1 y usando el estudio estadístico como marco de referencia en el que movernos.

- **Eslora de casco ($L_h = L_oa$):** Este parámetro fue fijado desde el planteamiento inicial del proyecto en 10 metros, sin embargo a fin de conseguir una mejor captación comercial de la embarcación se decidió ajustar la eslora de casco (L_h) en 9.95 m, reduciendo así la cuota de atraque en los puertos de la EPPA.

$$L_h = 9.95 \text{ m}$$

- **Eslora en la flotación (L_{wl}):** Las embarcaciones clásicas suele dotarse de unos altos lanzamientos en proa y popa, lo que hacer reducir notablemente la L_{wl} . El estudio estadístico nos dejó un rango del parámetro $L_oa / L_{wl} = 1.1$ y



1.3.. Para nuestra embarcaciones ha decidido usar una relación Loa / Lwl de 1.24 lo que supone una Lwl de 8.00 metros.

$$Lwl = 8.00 \text{ m}$$

- **Manga:** Este parámetro nos afecta a la habitabilidad interior, a la estabilidad por formas y por último a la resistencia al avance. Las embarcaciones diseñadas en los años 70 eran dotadas de una relación L / B mayor que las actuales, motivado fundamentalmente porque al ser más pesadas poseían mayor estabilidad por pesos y consecuentemente no requerían una excesiva estabilidad por formas.

Si analizamos el estudio estadístico vemos que el parámetro L / B oscilaba entre valores 2.8 y 3.2, lo que supone que para una eslora de 9.95 la manga debería estar entre 2.8 y 3.5. Como se trata de diseñar nuestra embarcación con estilo clásico decidimos optar por una manga de 3 m.

$$B_{max} = 3.00 \text{ m}$$

- **Calado:** Al definir el calado máximo de la embarcación estaremos marcando la profundidad que podremos dotar a la orza, y consecuentemente la capacidad de navegación en ceñida del velero. Dado que se trata de diseñar un crucero no se quiere restringir la navegación por zonas de poca profundidad así que tampoco se quiere dotar de un excesivo calado.

El estudio estadístico nos fija la relación Lwl / T entre 4.6 y 6.2, lo que supone un rango de calados de entre 2.17 y 1.61 m.



En nuestro caso fijamos el calado en rosca en 1.65 m.

$$T = 1.65 \text{ m}$$

- **Desplazamiento en rosca (Δr):** Ya que estamos diseñando una embarcación clásica y hemos optado por una manga no excesivamente grande, debemos dotar de suficiente desplazamiento a la embarcación para permitir soportar la superficie vélica con escoras razonables.

El estudio estadístico nos ha dado un rango de trabajo para el parámetro Desplazamiento / L_{wl} entre 450 y 650. Para nuestra embarcación optamos por un valor de 537 lo que supone un desplazamiento en rosca de 4300 kg

$$\Delta r = 4300 \text{ kg}$$

- **Lastre:** El resultado de nuestro estudio estadístico nos revela un rango de 0.26 a 0.45. Al tratarse de una embarcación de alto desplazamiento podemos utilizar una relación de lastre intermedia. En nuestro caso hemos optado por 1500 kg de lastre lo que supone una relación de lastre de 0.35.

$$\text{Lastre} = 1500 \text{ kg}$$

- **Superficie Vélica (SV):** El estudio estadístico nos marca un rango de trabajo entre 8 y 15 para la relación $SV / \Delta r$ (en toneladas). Dado que estamos diseñando una embarcación tipo crucero familiar, hemos optado por una



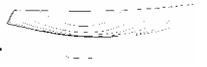
superficie vélica manejable y no excesiva, permitiendo así una navegación más segura con vientos fuertes. Utilizando una relación de $SV / \Delta r$ de 8.8 obtenemos una Superficie vélica de de 38 m²

$$SV = 38 \text{ m}^2$$

Tras comprobar que todas las dimensiones cumplen con la especificación del Capítulo 1 podemos resumir las dimensiones principales en el siguiente cuadro:

Eslora máxima (de casco)	Lh	9,95	m
Eslora en flotación	Lwl	8.00	m
Manga máxima	Bmax	3.00	m
Calado en rosca	T	1.65	m
Desplazamiento en rosca	Δr	4300	Kg.
Lastre		1500	Kg.
Superficie Vélica	SV	38	m ²

----- o -----





CAPÍTULO 5

DISEÑO DE LA CARENA

Introducción. Una vez fijadas las dimensiones principales de nuestra embarcación podemos hacer un ajuste más preciso de las formas de la carena. Al tratarse de una embarcación clásica hemos de tener en cuenta que en general, son formas de alto desplazamiento, con pronunciados lanzamientos en proa y popa y con secciones en V.

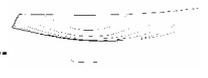
Los parámetros que nos quedan por fijar de la carena serán:

- La manga en la flotación (B_{wl}),
- El calado del casco sin apéndices (T_c),
- El Coeficiente Prismático (C_p)
- La posición longitudinal del centro de carena (LCB)

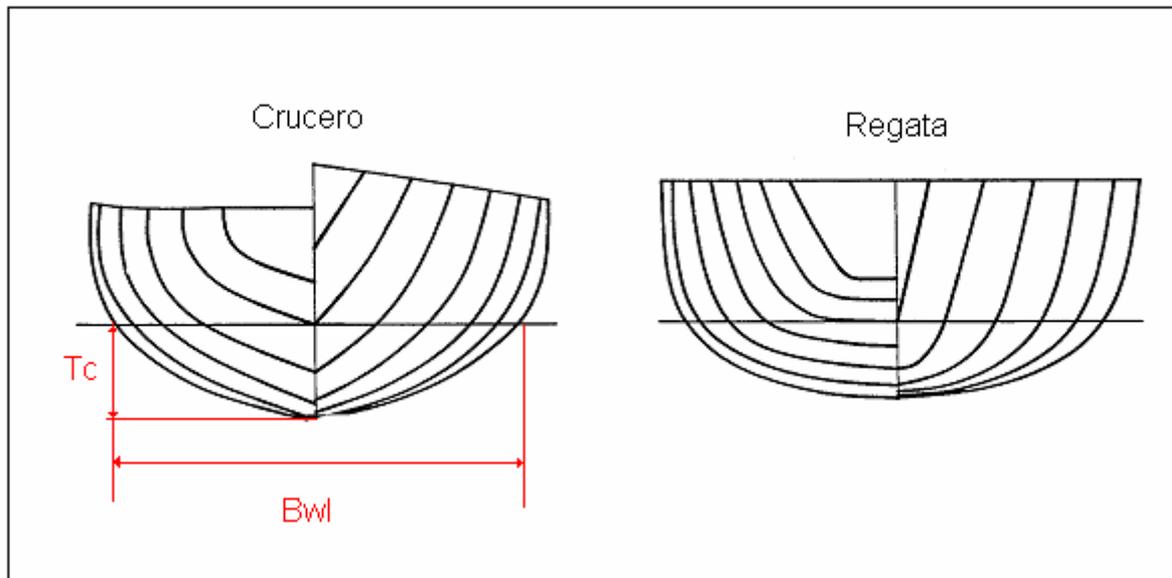
Si observamos en detalle, las tres primeras dimensiones están relacionadas entre sí. Para un mismo desplazamiento y L_{wl} , el Coeficiente Prismático está relacionado con B_{wl} y T_c .

Las embarcaciones con alto C_p poseen una B_{wl} alta y un T_c bajo.

Resistencia. La resistencia residual esta íntimamente ligada al coeficiente prismático y se recomienda que para embarcaciones que tengan previsto navegar en

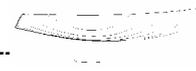


regimenes de navegaciones altos se recomiendan valores de C_p altos. De esta manera podemos ver que las secciones transversales de los veleros varían en función del tipo de navegación que vayan a realizar. En el siguiente dibujo se representa dicha evolución de formas.



Esto significa que las embarcaciones más de crucero poseen menos capacidad de navegación en régimen de semidesplazamiento. Es decir que serán más lentas sobre todo en navegación con rumbos abiertos al viento.

Estabilidad. Además del efecto en la resistencia al avance es necesario considerar el efecto sobre la estabilidad de formas. Las carenas modernas más de regata necesitan tener una mayor manga en flotación para conseguir la estabilidad necesaria. En las embarcaciones clásicas de crucero, con un mayor desplazamiento se puede reducir la B_{wl} .



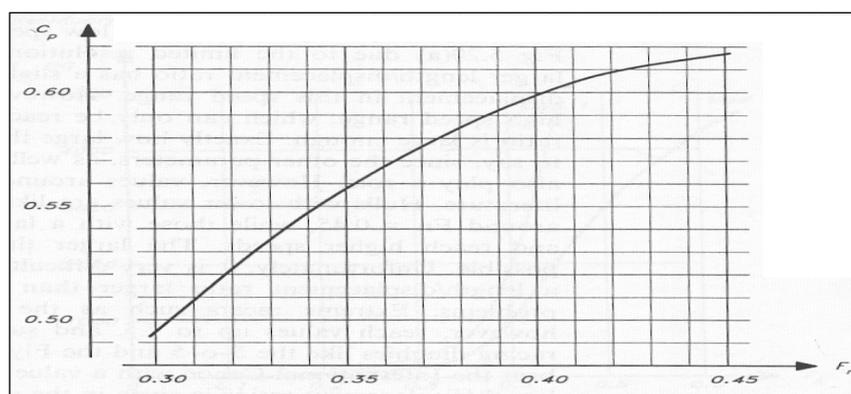
Navegabilidad. Las embarcaciones clásicas con formas en V, aunque suelen ser más lentas, permiten navegaciones más suaves, reduciéndose el impacto de los pantocazos y los periodos de balance gracias a su mayor superficie lateral.

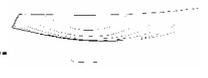
Dimensionamiento de la carena.

- **Calado del casco (Tc). Relación Lwl / Tc.** El calado del casco (Tc) se escala linealmente con la eslora. En función del tipo de barco y consecuentemente de su Coeficiente prismático, obtenemos que para embarcaciones de desplazamiento medio el valor típico es de 18, embarcaciones ultraligeras pueden llegar hasta a 26 y embarcaciones crucero de desplazamiento alto su Lwl/Tc puede llegar a 12.

En nuestro caso fijamos el calado del casco en 0.53 m.

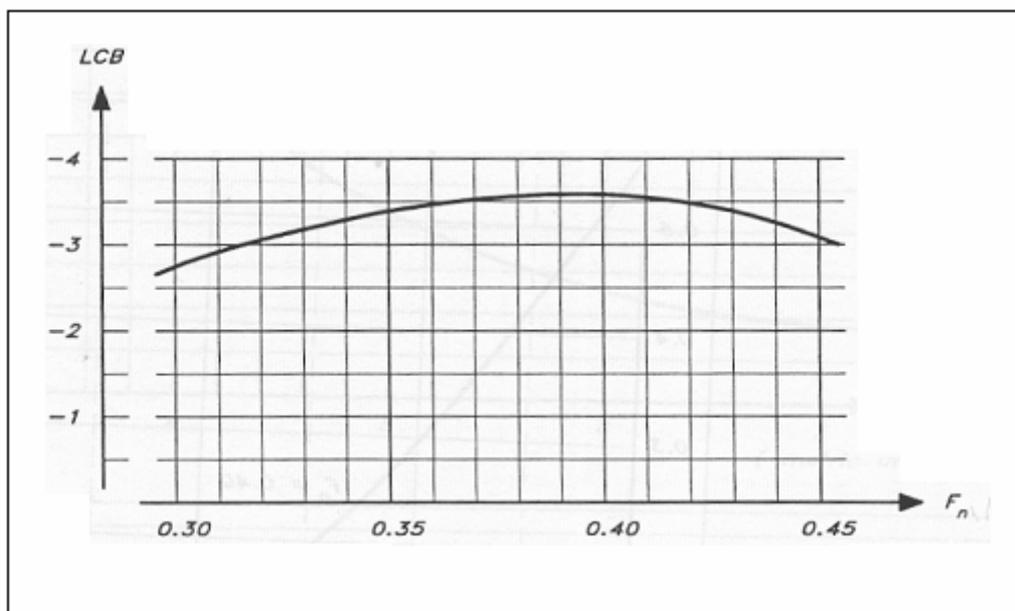
- **Coeficiente Prismático.** Para obtener el Cp utilizamos las series de la Universidad de Delft que permiten obtener el Cp y el LCB óptimos para un velero en función de la velocidad de navegación o lo que es lo mismo en función del número de Fraude (Fn)





En nuestro caso suponemos que la embarcación navegará habitualmente en régimen de desplazamiento con un número de Fraude de 0.32 lo que supone que el Coeficiente Prismático óptimo debe ser de 0.52.

- **Posición Longitudinal del Centro de Carena (LCB).** Utilizando las mismas series de la Universidad de Delft obtenemos un valor recomendado del LCB a un 3% de la Lwl a popa de la sección maestra.



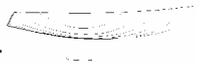
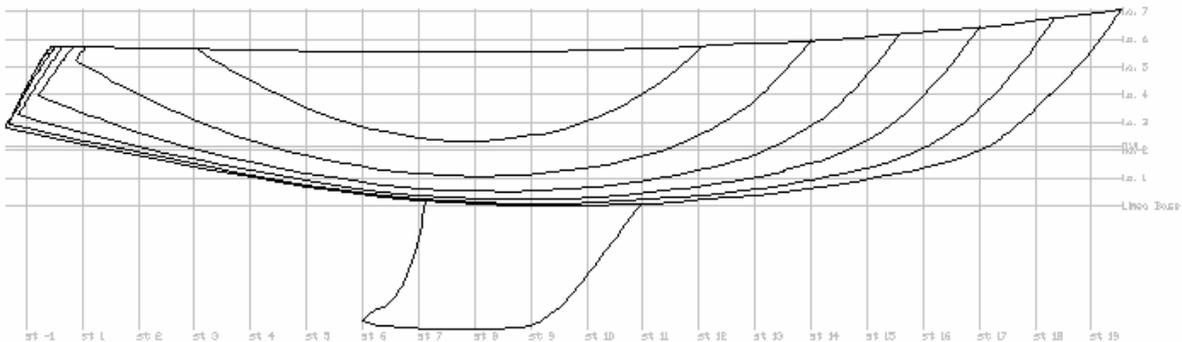


Tabla resumen

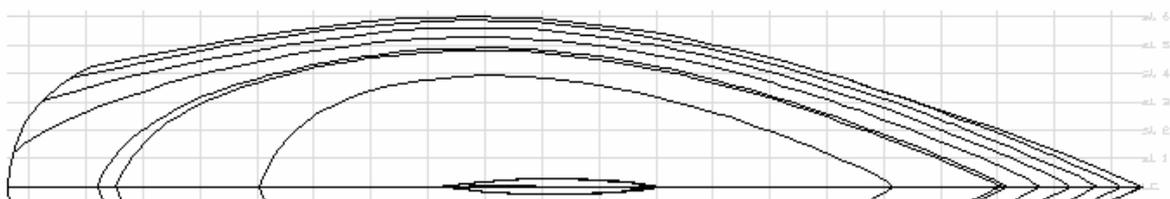
Eslora máxima (de casco)	Lh	9,95	m
Eslora en flotación	Lwl	8,00	m
Manga máxima	Bmax	3,00	m
Manga en flotación	Bwl	2,45	M
Calado del casco en rosca	Tc	0,53	m
Desplazamiento en rosca	Δr	4300	kg
Coefficiente Prismático	Cp	0,52	
Posición Longitudinal del Centro Carena	LCB	-3%Lwl	m

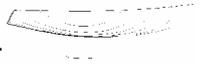
Una vez fijados los parámetros de nuestra carena se ha utilizado el software Maxsurf para la realización de la carena con el siguiente resultado:

Perfil Longitudinal

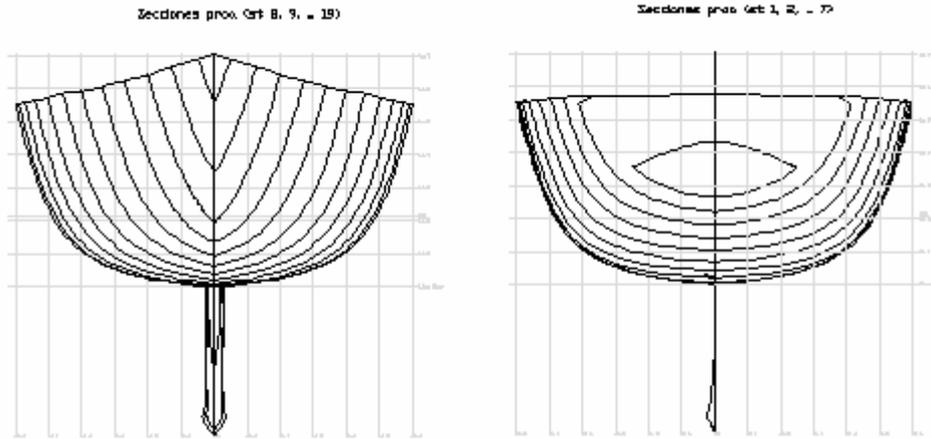


Planta



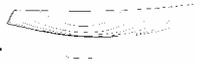


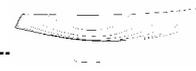
Secciones transversales



Todos los detalles de la carena se pueden consultar en el plano nº BFB-2007-02-001

----- O -----





CAPÍTULO 6

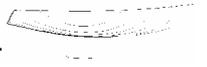
DISEÑO DE APÉNDICES

1. Diseño de la orza.

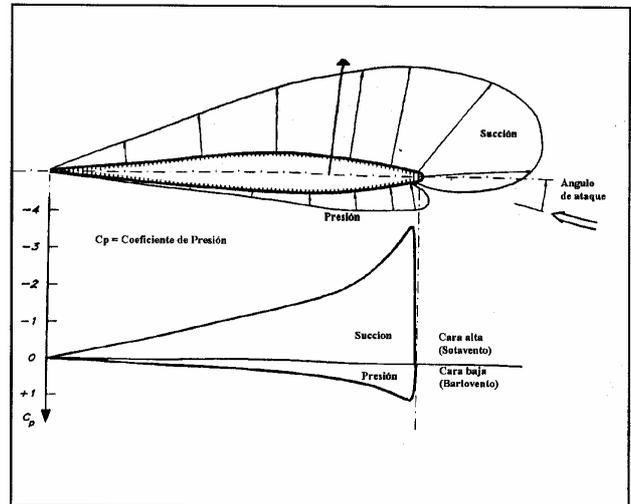
Introducción. En toda embarcación a vela la orza debe cumplir dos funciones, la principal, la función hidrodinámica y la secundaria la función adrizante.

- **Función hidrodinámica::** La orza ha de generar una fuerza de sustentación capaz de contrarrestar el esfuerzo lateral de las velas con el menor ángulo posible de abatimiento, de modo que la embarcación tenga buen rendimiento en ángulos cerrados al viento, tratando además que su resistencia sea mínima.
- **Función adrizante:** Debe servir de ubicación del lastre fijo, de manera que se consiga bajar lo suficiente el centro de gravedad de la embarcación como para asegurar la estabilidad necesaria para soportar la superficie vélica dentro de ángulos de escora razonables.

A la hora de intentar optimizar la función adrizante, debemos pensar en cómo se genera la fuerza de sustentación en un perfil hidrodinámico:



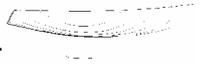
Si analizamos qué ocurre cuando el cuerpo no es simétrico y se desplaza inmerso en un fluido, o cuando siéndolo se enfrenta con un cierto ángulo de ataque a dicho fluido. Supongamos dos moléculas de fluido que llegan al objeto con una determinada velocidad, que se separaran y que cada una viaje por cada cara del cuerpo hasta que se vuelven a encontrar. Resulta que al ser el cuerpo asimétrico la molécula de la cara alta ha recorrer más espacio y, consecuentemente, si tiene que reunirse con la de la cara inferior ha de viajar a más velocidad. Esto significa que en la cara superior (sotavento) el fluido viaja a más velocidad, o lo que es lo mismo, aplicando menor presión sobre el cuerpo que el fluido que viaja en la cara inferior (barlovento). Esta diferencia de presión entre las caras del objeto provoca una succión o empuje perpendicular a la dirección del fluido y en sentido ascendente. Dicha fuerza se denomina Fuerza de Sustentación.



- La fuerza de sustentación $L = \frac{1}{2} \rho C_L S_p V^2$

Donde:

- ρ es el peso específico de fluido alrededor del cuerpo (kg/m³)
- C_L es el coeficiente de sustentación (adimensional)
- S_p es la superficie proyectada del cuerpo aerodinámico. (m²)
- V es la velocidad del fluido con respecto al cuerpo. (m/s)



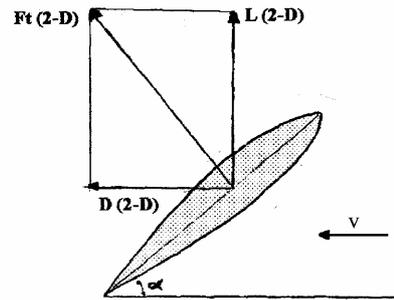
- La resistencia total $D_t = D_f + D_i$

- $D_f = \frac{1}{2} \rho C_f S_m V^2$

- $D_i = \frac{1}{2} \rho C_{Di} S_p V^2$

Donde:

- C_f es el coeficiente de fricción (adimensional)
- C_{Di} es el coeficiente de resistencia inducida
- S_m es la superficie mojada del cuerpo aerodinámico ($S_m = 2 S_p$)
- D_f es la resistencia por formas
- D_i es la resistencia inducida



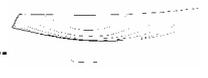
Según la teoría hidrodinámica basada en fluidos potenciales (Potential Flow Theory), los coeficientes de empuje C_L y de resistencia inducida C_{Di} dependen de la relación de aspecto efectiva del foil y de su ángulo de ataque.

$$\left[\frac{dC_L}{d\alpha} \right]_{\alpha=0} = 2\pi / (1 + 3/AR_e)$$

$$C_L = \alpha \cdot \left[\frac{dC_L}{d\alpha} \right]_{\alpha=0}$$

$$C_{Di} = C_L^2 / (\pi AR_e)$$

Donde AR_e es la *relación de aspecto efectiva* la cual varía desde uno hasta dos veces la relación de aspecto geométrico, según el sistema de fluido alrededor del perfil se acerque más a una condición bidimensional.



La resistencia total de un perfil es pues la suma de la resistencia de fricción (debida a su superficie mojada), la resistencia inducida (debida a la generación de sustentación en un sistema 3D) y la resistencia de formas (debida a la separación del fluido).

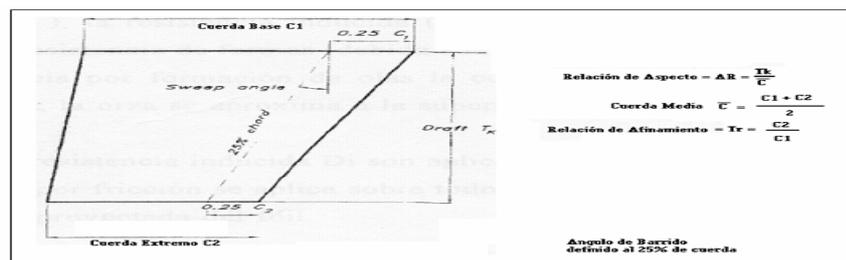
La sustentación L y la resistencia inducida D_i son aplicadas sobre el área proyectada mientras que la resistencia por fricción se aplica sobre todo el área mojada o, lo que es lo mismo, dos veces el área proyectada del foil.

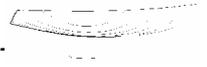
Conclusiones.

- Debemos buscar la superficie de orza suficiente para reducir el abatimiento.
- No debemos superar la superficie de orza necesaria porque aumentaremos la resistencia innecesariamente.
- Si dotamos de suficiente relación de aspecto podemos reducir la superficie de orza necesaria.

Dimensionamiento de la orza.

En el siguiente dibujo se muestran las dimensiones que definen a cualquier perfil hidrodinámico.



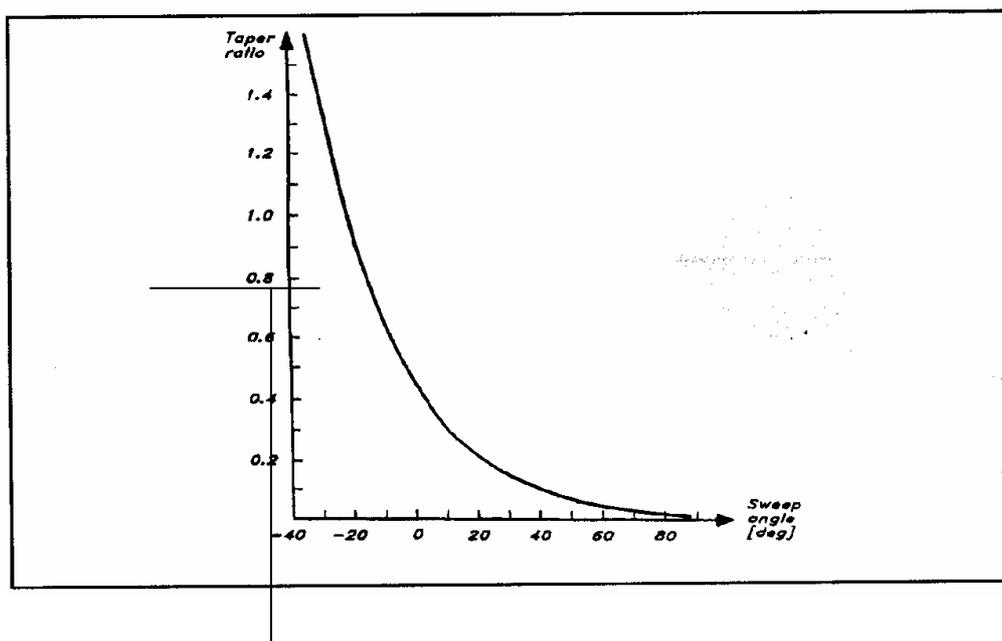
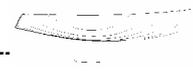


El primer dato de la orza que ya ha sido fijado es el calado de la misma (t_k) ya que en los Capítulos 4 y 5 habíamos fijado el calado en rosca en 1.65 m y el calado del casco sin apéndices (T_c) en 0.53 m. Esto supone un t_k de 1.12 m.

Por otro lado, para estimar la superficie necesaria consideramos las recomendaciones establecidas en las que se considera que la superficie de la orza debe rondar en torno al 3.5 % de la superficie vélica, aumentando o disminuyendo en función de la relación de aspecto de la misma.

Hemos estimado que la superficie vélica (S_V) de nuestra embarcación rondará los 38 m² lo que supone que la superficie proyectada de la orza (S_p) debe oscilar alrededor de 1.33 m². Sin embargo al tratarse de una embarcación con poco calado, y consecuentemente una orza de relación de aspecto moderada, decidimos utilizar una S_p algo más elevada, de 1.6 m²

Dado que la S_p puede estimarse como: $S_p = t_k \times C_m$ (cuerda media), podemos obtener C_m igual a 1.428 m. El paso siguiente es obtener el reparto de la cuerda media en las cuerdas base (C_1) y extremo (C_2), referidas en la Relación de Afinamiento (Tr), así como el ángulo de barrido. Para lo cual utilizaremos las recomendaciones existentes que relacionan ambos parámetros para conseguir una buena distribución de presiones. Dichas recomendaciones están representadas en la siguiente gráfica:



Si fijamos el ángulo de barrido en -18° , obtenemos un valor recomendado de relación de afinamiento (*taper ratio*) Tr de 0.77.

Sabiendo pues que $C_m = (C_2 + C_1) / 2 = 1.428 \text{ m}$

y que

$$Tr = C_2 / C_1 = 0.77,$$

despejamos

y

obtenemos que $C_2 = 1.242 \text{ m}$ y $C_1 = 1.613 \text{ m}$

Por último nos queda definir la sección NACA a utilizar. Cada sección NACA se diferencia de las demás en su nariz (redondeamiento de la cara de ataque) y en la posición de su grosor máximo. Las Secciones NACA más comúnmente usadas en barcos de vela son las de las series 6, que incluyen las series 63-... y las series 65-..., y las de cuatro dígitos. A la hora de elegir una sección apropiada para el diseño de los apéndices debemos considerar la orza y el timón de forma separada ya que van a operar en distintas condiciones. La orza ha de conseguir obtener una



sustentación suficientemente alta trabajando a pequeños ángulos de ataque para reducir al mínimo el abatimiento del barco.

Ya que la orza trabaja con bajos ángulos de ataque, las secciones de la serie 63 o 65 son preferibles, siempre que la relación de espesor no sea demasiado baja y pueda entrar en pérdida. Tampoco debe ser demasiado gruesa ya que de ser así aumentaría la resistencia por formación de olas en navegación con escora.

Aunque no existe un criterio definitivo, últimos experimentos constatan como un buen diseño las orzas con una relación de grosor de 15-18% en el extremo, reduciéndose gradualmente hasta un 12% en la base. Al mismo tiempo reduciendo también la sección de la 65 a la 63.

Tabla resumen

Superficie Proyectada	Sp	9,95	m
Calado orza	Tk	1.120	m
Cuerda media	Cm	1.428	m
Cuerda base	C1	1.613	M
Cuerda extremo	C2	1.242	m
Angulo de barrido		-18°	grados

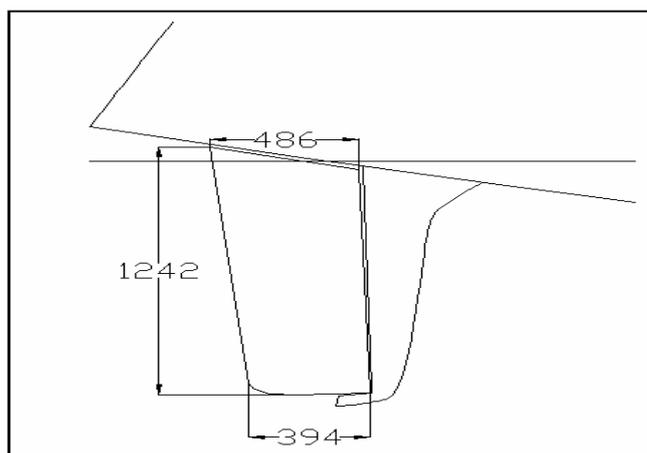


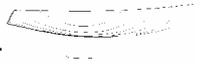
Diseño del timón.

En los últimos tiempos el valor del área del timón ha aumentado, tanto para mejorar el gobierno de la embarcación en navegaciones con mar de popa como para utilizar el timón como plano antideriva en conjunción con la orza.

Se suele considerar que la Superficie Proyectada del Timón sea entre el 1 y el 2% de la superficie vélica. En nuestro caso hemos utilizado una superficie proyectada de 0.5 lo que supone un 1.3 % de la superficie vélica.

A fin de proteger al timón de posibles impactos hemos optado por un timón con skeg.

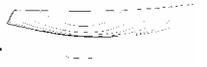


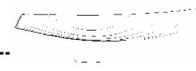


En cuanto al tipo de sección NACA a utilizar hay que tener en cuenta que el principal objetivo en el diseño del timón es el de conseguir toda la fuerza lateral requerida para maniobrar la embarcación. Debido a que el timón opera a grandes ángulos, sobre todo navegando con oleaje, donde hay que realizar continuamente grandes correcciones de rumbo, es conveniente utilizar una sección de cuatro dígitos, las cuales dan su máximo sustentación a altos ángulos de ataque

Todos los detalles geométricos de la orza y timón se pueden consultar en el plano nº
BFB-2007-02-001

----- 0 -----





CAPÍTULO 7

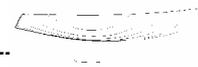
DISEÑO DE INTERIORES

Introducción. Al tratarse de una embarcación clásica con vocación de crucero, se ha optado por realizar una distribución convencional pensada para permitir llevar una vida cómoda a bordo durante periodos de tiempo relativamente largos.

A la hora de realizar el diseño de interiores se han tenido los siguientes factores en cuenta:

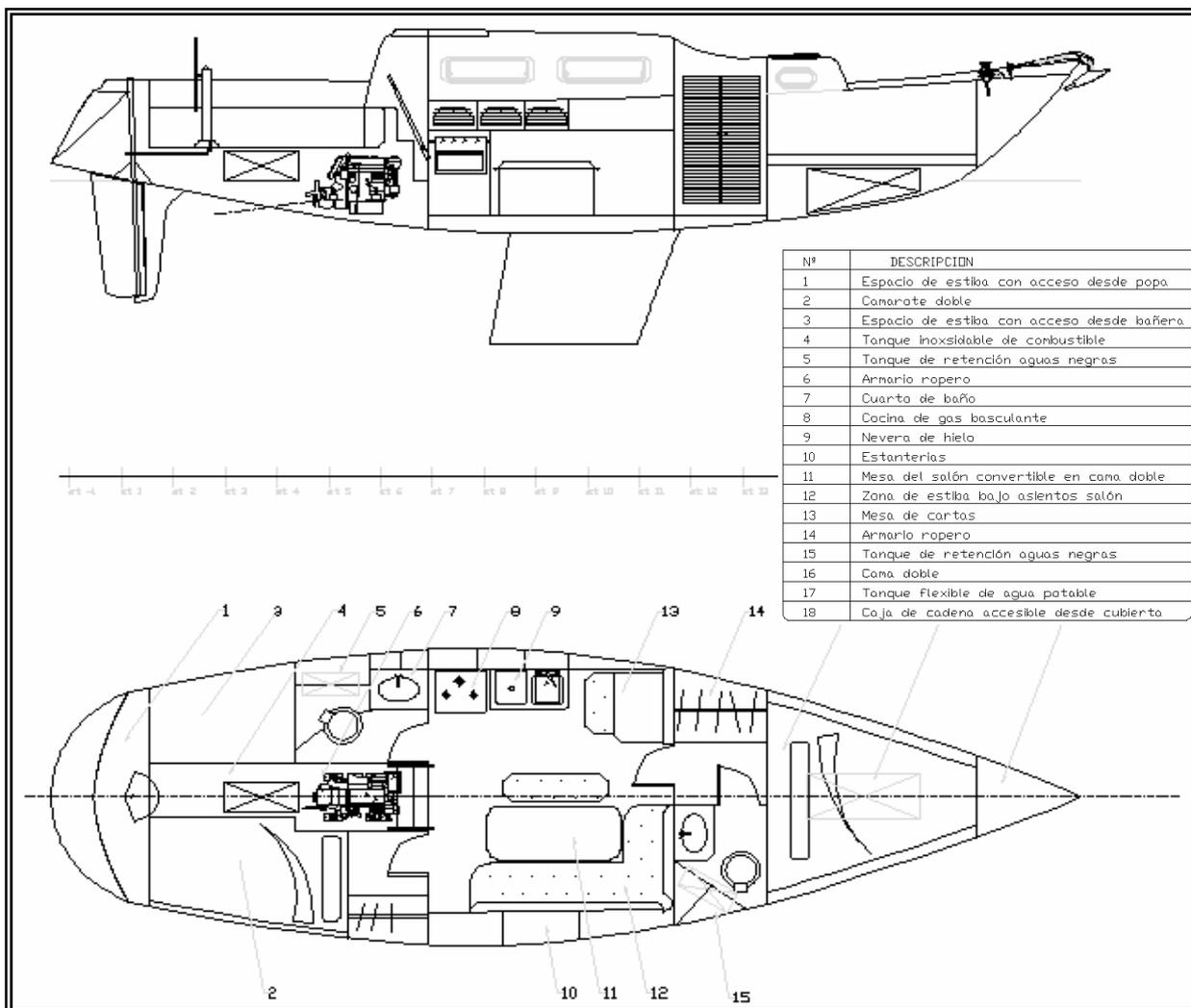
- Facilidad de acceso desde bañera y de movimientos en el interior.
- Ergonomía, habitabilidad y comodidad en los camarotes.
- Facilidad de acceso a la mesa de cartas y zona de navegación.
- Localización y aprovechamiento de los espacios de estiba.
- Facilidad y seguridad en las actividades de cocina.
- Seguridad y rapidez de las posibles vías de evacuación.

Teniendo en cuenta que se dispone de una eslora reducida, se ha optado por establecer dos camarotes dobles y dos cuartos de baño independientes. Esto significa que para largas navegaciones de crucero, la tripulación ideal a bordo será



de cuatro personas, sin embargo la mesa del salón se puede convertir junto con los asientos en otra cama doble, lo que permitiría a seis personas dormir abordo.

A continuación pasamos a describir la distribución interior de la embarcación para lo cual representamos el plano de disposición general.





- **Espacios de estiba con acceso desde cubierta.** Se han previsto dos grandes espacios de estiba independiente (elementos 1 y 3 del plano), con acceso desde bañera y que serán descritos en el capítulo 8
- **Camarote de popa.** Las dimensiones son suficientes para permitir la pernocta de dos personas. El camarote posee suficiente altura en el distribuidor de acceso al mismo. Cuenta con un armario ropero y con zona de estiba bajo la cama doble (elemento 2).
- **Aseo de popa.** Dispone de w.c. marino con descarga a un tanque de retención de aguas negras (elemento 5) y lavabo. El grifo del lavabo es extensible mediante una manguera permitiendo así que sea usado como grifo de ducha. El agua de la ducha es bombeada al exterior mediante una bomba automática situada bajo el tecele de madera del suelo.
- **Cámara de máquinas.** El principal acceso a la cámara del motor se realiza retirando las escaleras de acceso desde bañera. Dichas escaleras llevarán material aislante en la cara del motor y podrán ser elevadas gracias a la ayuda de dos pistones neumáticos. Desde el camarote de popa se podrá acceder también al habitáculo del motor para realizar las inspecciones del eje, bocina, mecha y demás elementos.
- **Cocina.** La ubicación de la cocina cercana al centro de gravedad de la embarcación permite realizar las labores culinarias con gran seguridad, gracias al sistema de engranajes que hacen posible la utilización de la misma con escoras de hasta 20 ° a cada banda. La bombona de gas se almacena en el espacio de estiba de popa babor con acceso y ventilación desde bañera.



Se ha contemplado además la ubicación de una amplia encimera debajo de la cual se esconde la nevera de hielo con acceso desde arriba. Por último tenemos un lavabo que funciona tanto con el sistema presurizado de agua dulce como con agua salada mediante una pequeña bomba de pié. El desagüe se realiza directamente al costado.

- **Salón Principal.** Se ha diseñado teniendo en cuenta que se puedan ubicar seis personas con comodidad alrededor de la mesa. Debajo de los asientos de estribor y proa existen espacios de estiba. Bajo el pequeño banco de crujía se esconden las baterías de 12 v.

Para que pueda ser utilizado como cama doble, se ha previsto la posibilidad de bajar la mesa del salón y utilizando los cojines del respaldo sobre dicha mesa se consigue una cama de dimensiones suficiente para dos personas.

- **Mesa de cartas.** Esta zona está diseñada para permitir al patrón realizar con comodidad todas las tareas de navegación. La mesa tiene unas dimensiones suficientes para utilizar las cartas de navegación deportivas. Bajo la misma se puede almacenar todo el material necesario. Frente al asiento y en el costado de babor se podrán colocar todos los instrumentos de navegación así como el cuadro principal eléctrico.
- **Camarote de proa.** Este camarote se considera el camarote del armador, por ser el más grande en dimensiones y poseer un cuarto de baño propio. Cabe destacar el amplio armario ropero que se ha previsto en babor. Bajo la cama de proa se ha instalado un tanque de agua dulce flexible. El cuarto de baño posee similares características al de popa y también tiene tanque de retención de aguas negras.

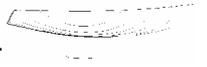


- **Caja de ancla.** En proa se ha dispuesto de un espacio estanco y con único acceso desde cubierta para la estiba del ancla y de la cadena y su molinete. Dicho espacio posee dos desagües directos al costado para evacuar el agua procedente de la cadena.

En general podemos decir que se ha tratado de conseguir el mayor y mejor aprovechamiento del reducido espacio disponible, manteniendo una distribución compatible con los estilos clásicos especificados en el proyecto.

Todos los detalles de la distribución de interiores se pueden consultar en el plano nº BFB-2007-02-002

----- 0 -----





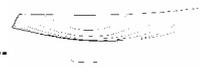
CAPÍTULO 8

DISEÑO DE CUBIERTA

A la hora de realizar el diseño de la cubierta se ha tenido en cuenta tanto la funcionalidad como el estilo. Se ha tratado de mantener en todo momento un estilo clásico en la distribución y formas de la cabina, bañera y pasillos. Desde el punto de vista funcional, se ha pretendido que la tripulación pueda realizar la mayoría de las labores propias de la navegación a vela desde la bañera, para lo cual se han reenviado todas las escotas y drizas hasta dicha zona.

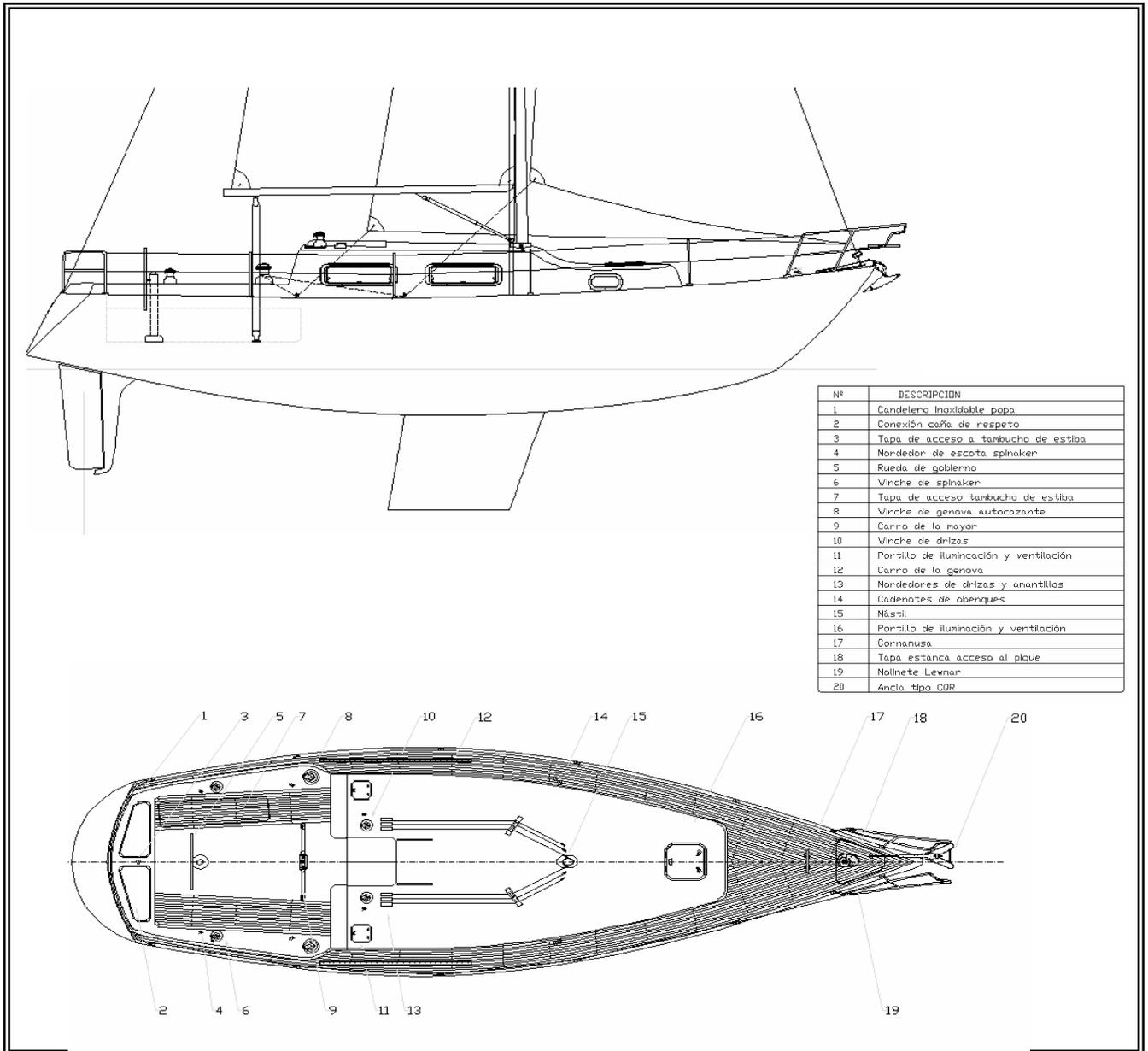
A continuación se describe las características principales de nuestro diseño de cubierta desde distintos enfoques:

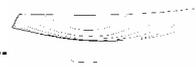
- **Seguridad.** Para evitar la caída por la borda se han dispuestos candeleros con guardamancebos cubriendo todo el perímetro de la cubierta, así como dos candeleros de acero inoxidable en la zonas de popa y proa. Para aumentar la seguridad de la tripulación en cubierta se ha dispuesto de material



antideslizante en la superficie alta de la cabina, así como madera de teca en los pasillos.

La botavara se ha colocado a una altura segura sobre el suelo de la bañera.

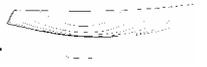




- **Visibilidad desde el puesto de gobierno.** La ubicación de la rueda de gobierno permite la correcta visibilidad por encima de la cabina.
- **Manejo de la jarcia de labor.** La ubicación de todos los elementos de manejo de las velas, tales como winches, poleas, mordedores y carros han sido dispuestos teniendo en cuenta el correcto funcionamiento de los mismos y el fácil manejo por parte de la tripulación desde la bañera.
- **Ergonomía de la bañera.** La bañera ha sido diseñada para permitir la correcta posición de los seis tripulantes en cualquier rumbo de navegación. Se han contemplado pequeños huecos de estiba ubicados en el respaldo de los asientos. Desde el asiento de babor se accede a un amplio cofre donde almacenar las velas, defensas y demás útiles necesarios.
- **Acceso al interior.** Existen dos accesos posibles al interior de la embarcación. El principal y más cómodo se realiza a través de la escalera desde la bañera y el de emergencia a través del tambucho de iluminación y ventilación del camarote de proa.
- **Maniobra de amarre.** Se han dispuesto seis cornamusas repartidas dos en proa, dos en la maestra y dos en popa.

Todos los detalles de la distribución de interiores se pueden consultar en el plano nº BFB-2007-02-003

----- 0 -----





CAPÍTULO 9

DISEÑO DEL PLANO VÉLICO

Introducción. A la hora de determinar la configuración del Plano Vélido es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

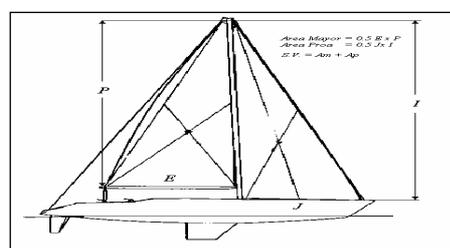
- Estabilidad de la embarcación. Este factor nos limitará la altura del centro de presión vélica.
- Resistencia de la embarcación. Este factor nos marcará la fuerza propulsora aerodinámica necesaria para navegar a una determinada velocidad o número de Fraude F_n .
- Zona de Navegación. Cuando la zona en la que va navegar la embarcación tiene características especiales de vientos fuertes o flojos, la superficie vélica podrá disminuir o aumentar para mantener la misma fuerza propulsora.

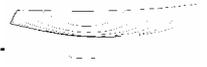
Por otro lado, ya que cuando navegamos en rumbos menores a 100° con respecto al viento, el plano vélico se comporta como un perfil aerodinámico generando fuerza de sustentación, hemos de tener en cuenta el efecto que la relación de aspecto de las



velas tiene en el coeficiente de sustentación, en la fuerza de sustentación y consecuentemente en la fuerza aerodinámica propulsora. Con lo cual, si queremos diseñar una embarcación que tenga buen rendimiento en ceñida es necesario una alta relación de aspecto de las velas, sin embargo esto traerá consigo una elevación del centro de presión vélica, y consecuentemente un aumento del efecto escorante de la fuerza aerodinámica lateral, siendo necesario dotar a la embarcación de más estabilidad.

Dado que el rumbo más crítico para el buen diseño del plano vélico es el de ceñida, en el cual el correcto funcionamiento del plano aerodinámico marcará, el rumbo máximo de ceñida y la velocidad de la embarcación, a la hora de estudiar la Superficie Vélica necesaria se utiliza el concepto de *Superficie vélica en ceñida*, la cual es calculada como la superficie proyectada del plano vélico cuando se navega en rumbos cerrados. Para estandarización de dicho parámetro y poder comparar distintas embarcaciones se utiliza como superficie vélica proyectada la suma de la superficie de la mayor y la superficie de la vela de proa, según el siguiente dibujo:





Dimensionamiento

El parámetro superficie vélica (SV) fue fijado en 38 m² en el Capítulo 4 . Para poder determinar la forma de repartirlo debemos primero confirmar el tipo de configuración vélica a utilizar, después comprobar que la estabilidad de la embarcación se ajusta a dicha configuración y por último definir la posición de la orza que nos garantice un correcto equilibrio vélico.

- **Configuraciones del Plano Vélico**

Las configuraciones vélicas más comunes para este tipo de embarcación son el aparejo tipo sloop o balandro (un solo palo) y el aparejo tipo Ketch (dos palos: mayor y mesana). Cada configuración es recomendada para cada tipo de navegación o uso de la embarcación, ya que afecta a la facilidad de manejo de la superficie vélica, a su complejidad de trimado y maniobras y al efecto en estabilidad. Por supuesto, existen otros parámetros más subjetivos que influyen a la hora de definir el tipo de configuración vélica, como por ejemplo la moda.

- Aparejo Tipo Sloop: Se trata de la configuración más común hoy en día. Existen dos versiones según el estay de proa llegue o no hasta el tope del palo:
 - Aparejo Fraccionado: Se denomina así a los aparejos cuyo estay de proa termina a una distancia por debajo del tope de palo. En función la fracción de dicha distancia con respecto al palo se obtienen configuraciones de fraccionado a 7/8, 8/9, etc..El objetivo de este tipo de aparejo es reducir el tamaño de la vela de proa, aumentando la vela



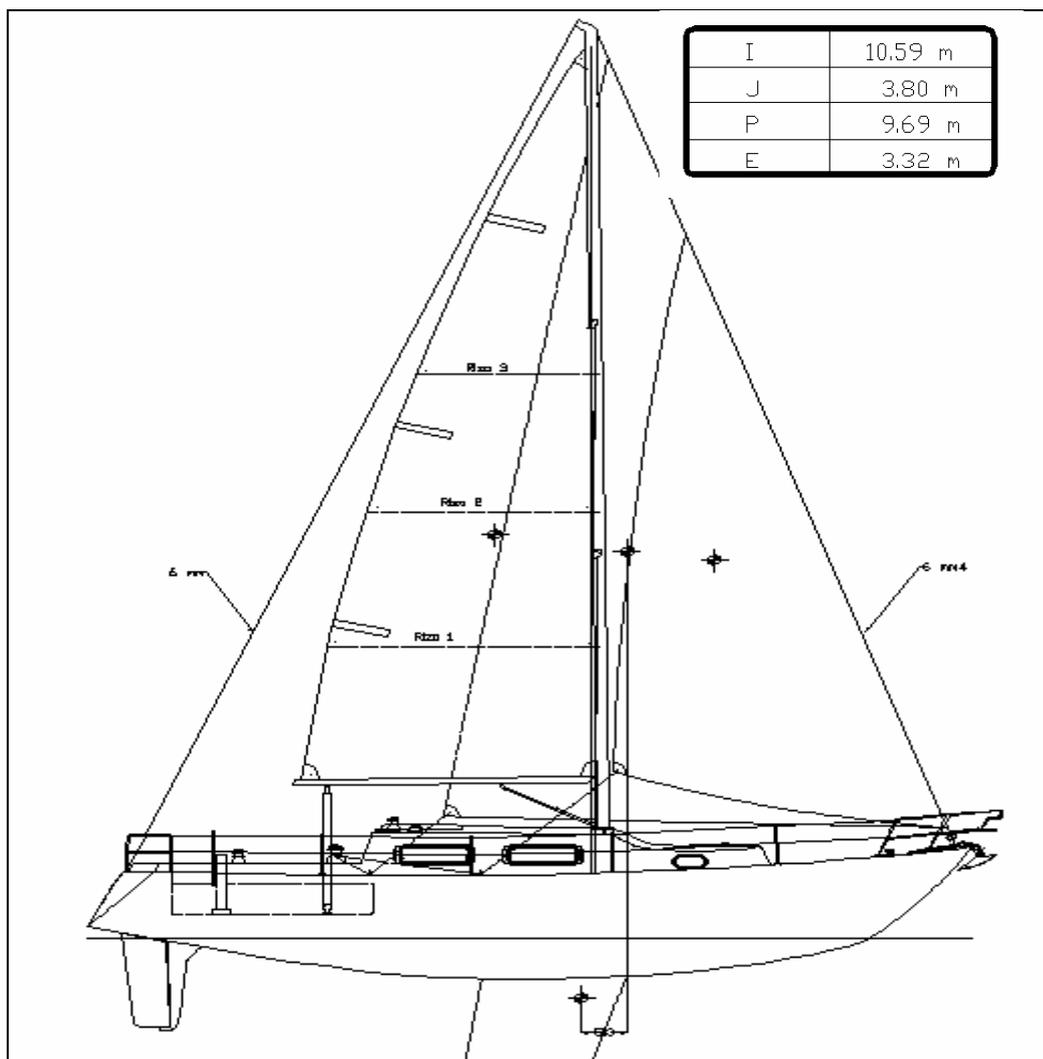
mayor y permitiendo así una mayor rapidez en los bordos, al facilitar el paso de la vela de proa de una banda a otra. Además al aumentar la superficie de la mayor, se obtiene más superficie efectiva cuando se navega en rumbos abiertos con spinnaker y mayor conjuntamente. Por otro lado las dimensiones del palo pueden reducirse en la parte superior, mejorando así el rendimiento del plano vélico y reduciendo el efecto escorante del mismo. Esta configuración es comúnmente empleada en embarcaciones de regatas, y sobre todo en embarcaciones de vela ligera.

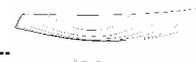
- Aparejo a Tope: Se emplea fundamentalmente en embarcaciones de crucero, donde los cambios de bordos no son tan frecuentes y es más conveniente el uso de una mayor más reducida, de manera que en caso de trasluchadas imprevistas, el efecto sea menor. Sin embargo, últimamente han aparecido versiones de embarcaciones de regatas con aparejo a tope, marcada dicha decisión para optimizar la medición del reglamento IMS. Así mismo también se está empleando cada vez más el aparejo fraccionado en embarcaciones de crucero-regatas.
- Aparejo Tipo Ketch: La ventaja fundamental de este tipo de aparejo, es la de poder repartir la superficie vélica en tres superficies más pequeñas, reduciéndose así la complejidad del manejo y permitiendo una mayor variedad de configuraciones. Este tipo de aparejo empleado comúnmente en embarcaciones de crucero y muy rara vez en regatas, está siendo poco utilizado últimamente, siguiendo seguramente la tendencia de la moda, en la cual las embarcaciones de crucero tienden a parecerse cada vez más a



configuraciones regateras.

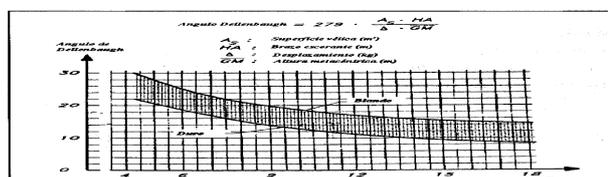
Para el caso de nuestra embarcación se considera que el aparejo más óptimo es el aparejo a tope. A continuación se muestran los valores de nuestro aparejo, que serán comprobados más adelante desde el punto de vista de estabilidad.





- **Criterios de estabilidad.** Para conocer si la estabilidad de la embarcación es adecuada a su superficie vélica se utiliza el **Angulo de Dellenbaugh**, gracias al cual podemos conocer la escora que tendrá la embarcación cuando se navega ciñendo (hacia barlovento) con un viento de 8 m/seg. Este ángulo depende de la superficie vélica, la altura metacéntrica GM y el *brazo escorante*, definido como la altura vertical desde el centro de presión vélico y el centro de resistencia lateral de la obra viva, o centro de deriva. De esta manera podemos saber si se trata de un barco *duro* (stiff) o *blando* (tender).

En la siguiente gráfica, se hace un estudio estadístico con diferentes barcos, pudiendo ver para una determinada eslora, la escora que se consideraría como “aconsejable”, y dónde estarían los barcos con estabilidad más blanda o más dura. Por supuesto, el empleo de esta comparativa para determinar la superficie vélica de un nuevo diseño, debe ser tratado con cuidado, ya que si pretendemos diseñar una embarcación cuya zona de navegación tiene unas características especiales (tanto por exceso como por falta de viento), debemos optar por una opción válida, aunque podamos estar fuera de lo considerado “normal”. Es decir un velero diseñado para navegar en el





Mediterráneo podrá poseer más superficie vélica que otro con el mismo par adrizante, pero diseñado para navegar en el Mar del Norte.

En nuestro caso el ángulo de Dellanbaugh será chequeado cuando se realice el estudio de pesos y una vez calculado el KG podamos obtener el GM de la embarcación.

Equilibrio Vélico:

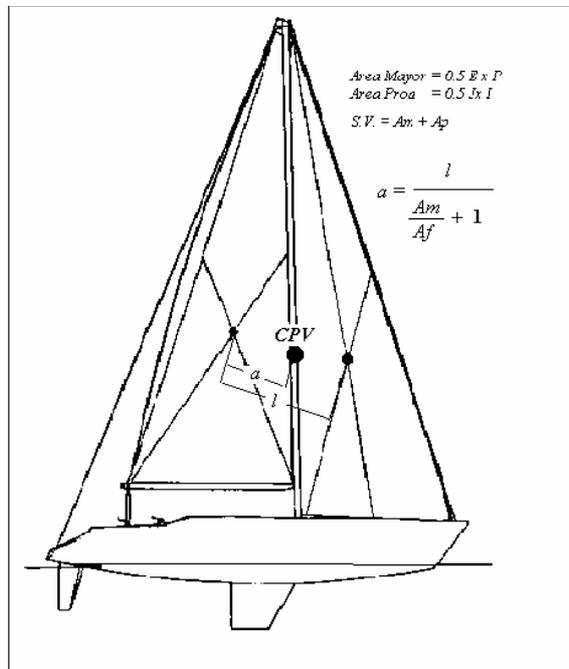
Un velero se encuentra en equilibrio cuando su centro de presión vélica (CPV) se encuentra en la misma vertical que su centro de deriva o resistencia lateral (CRL). Cuando esto no ocurre la embarcación tiene una tendencia a variar su rumbo, produciéndose la necesidad de utilizar el timón para corregir el rumbo, y aumentando así la resistencia de la embarcación y reduciendo su velocidad.

- Tendencia a Orzar (girar hacia la dirección del viento): ocurre cuando el CPV se encuentra a popa de del C.R.L
- Tendencia a Arribar (girar hacia sotavento abriéndose al viento): ocurre cuando el CPV se encuentra a proa del C.R.L.

Las tendencias a orzar y a arribar dependen fundamentalmente de dos factores: la distancia longitudinal entre los dos centros de presiones y la intensidad de la fuerza lateral aerodinámica. Dado que dicha fuerza es mayor cuanto más cerrado al viento naveguemos, normalmente se intenta diseñar la embarcación para que esté en equilibrio vélico en dichos rumbos. Para lo cual es necesario estimar la posición del CPV y del CLR en ceñida.



- Estimación del C.P.V. Dado que el rumbo al cual debemos equilibrar la embarcación es el rumbo de ceñida, empleamos la superficie vélica proyectada para determinar la posición de su centro geométrico. Por supuesto la posición de dicho centro no es constante y varía con los rumbos de navegación, el trimado de las velas y el trimado de la jarcia.



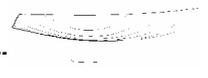
- Estimación del C.R.L. Al igual que el C.P.V. el CRL varía su posición en función de la efectividad de la obra viva, y más concretamente de su plano antideriva. Así en embarcaciones clásicas donde el casco es el que produce la fuerza hidrodinámica lateral tendrá su CRL en una posición diferente a las embarcaciones modernas donde la efectividad de la orza predomina sobre la del casco. Es necesario pues establecer métodos distintos para estimar su posición, en función del tipo de embarcación.

○ Método Geométrico:

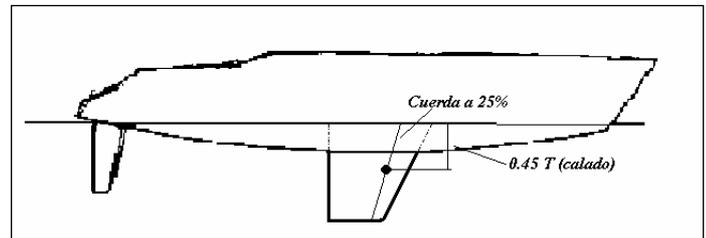


Empleado exclusivamente en embarcaciones clásicas. Se obtiene el

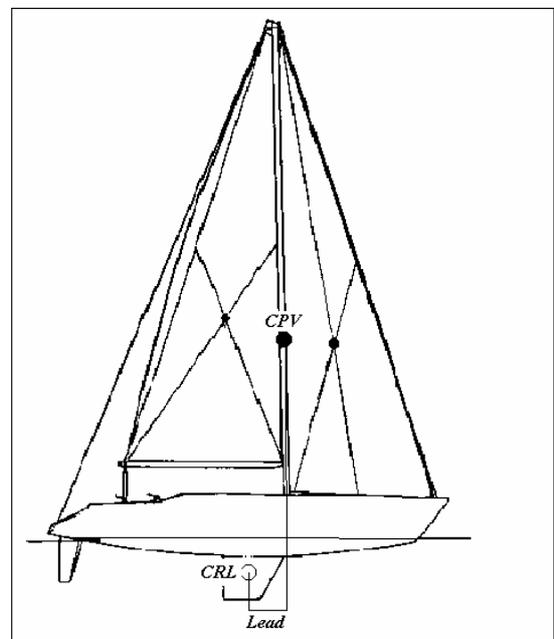
CRL hayando el centro geométrico del plano lateral del casco.



- Método del Profesor K.Nomoto: Empleado para embarcaciones modernas con perfiles hidrodinámicos (orzas). Consiste en prolongar la orza hasta la flotación y ubicar el CRL en la línea que une las cuerdas a 25 % y al 45 % del calado total.



Por otro lado, hay que tener en cuenta que cuando la embarcación navega en ceñida, al escorar, el centro de carena suele desplazarse hacia popa produciéndose así un trimado hacia proa. Esta tendencia es mayor cuanto más hacia popa se encuentre la manga máxima. Al producirse dicho trimado hemos de tener en cuenta el efecto del



casco en la posición del CRL, ya que éste se desplazará hacia proa. Por todo ello, a la hora de intentar equilibrar la posición del plano vélico es necesario predecir cual será el avance hacia proa del CLR. Normalmente, se estima la posición del CLR en situación de escora cero, ubicandolo a popa del CPV a una distancia conocida como **LEAD** o *avance*, de manera que cuando la embarcación navegue en ceñida, escore y trime hacia proa, el CLR avance también hacia proa y se sitúe lo más cercano posible a la vertical del CPV.

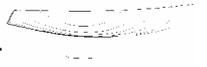


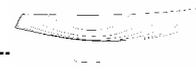
- Lead Optimo: Hemos de distinguir también entre el tipo de embarcación, ya que influye el método de cálculo del CRL así como el del CPV en función del tipo de aparejo. A continuación se muestran los Lead óptimos medidos en porcentaje de la eslora en flotación (Lwl):
 - Embarcaciones Clásicas:
 - Aparejo a tope: 12 – 16 %
 - Aparejo Fraccionado: 10 – 14 %
 - Aparejo tipo Ketch: 11 – 15 %

Dado que la orza sirve de depósito para el lastre, y que la posición longitudinal de dicho lastre afectará de forma importante al correcto equilibrio longitudinal de la embarcación, se comprobará si el “lead” es óptimo una vez haya sido situada la misma en el estudio de centros de gravedad del Capítulo 13.

Todos los detalles geométricos de la orza y timón se pueden consultar en el plano nº BFB-2007-02-004

-----0000-----





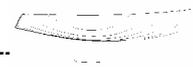
CAPÍTULO 10

DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE ESCANTILLONADO

Para realizar el escantillonado de la embarcación utilizaremos las reglas del Lloyd's Register: "*Rules and regulations for the classification of yachts and small crafts.*"

El casco será laminado manualmente sobre un molde hembra, utilizando como materiales la resina de poliéster y la fibra de vidrio E-glass también de poliéster. Dicha fibra de vidrio se presenta y utiliza en la construcción naval en forma de CSM (chopped strand mat o filamentos dispuestos de manera aleatoria) y WR (woven rowing o tejido). Cada uno de los cuales tiene un contenido en resina diferente. Comercialmente se encuentran fibras de distinto grosor y peso como por ejemplo:

Material	Peso w (gr /m2)	Contenido en resina (gc)	Espesor (t) mm.
CSM	300	0.34	0.60
CSM	450	0.34	0.90
WR	450	0.50	0.55
WR	800	0.50	0.98



Para comenzar con el cálculo de escantillonado lo primero que debemos definir es la eslora de escantillonado $L = (Lwl+Loa) / 2$, que para esta embarcación es 9 m.

De la tabla 2.5.2. del reglamento, e interpolando entre valores de $L=8$ y $L=10$, obtenemos los pesos mínimos de laminado del casco a nivel del costado, fondo y quilla, así como el ancho de ésta.

Datos de partida	
LOA	10
LWL	8
L	9
Velocidad máxima	7

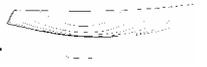
Laminado básico del casco (tabla 2.5.2)

L	espaciado básico (mm)	Fondo	Costado	Quilla	Ancho quilla	Cubierta
8	250	3500	2500	6400	430	1950
10	405	3900	2850	6800	480	2050
9	espaciado básico (mm)	Fondo	Costado	Quilla	Ancho quilla	Cubierta
	327,5	3700	2675	6600	455	2000

Definimos el *costado* como la parte del casco comprendida entre la regala y una línea de agua situada a 150 mm de la flotación en máxima carga. Así mismo, el *fondo* va desde dicha línea de agua hasta el punto donde comienza la *quilla*, punto definido en la tabla 2.5.2 como el ancho de quilla.

Estos valores deben ser multiplicados por un coeficiente corrector K_w que depende del laminado usado así como del contenido en resina de está. Este factor se obtiene usando la fórmula siguiente:

$$K_w = 2.8 G_c + 0.16$$



donde Gc es el contenido en resina del laminado (excluyendo el gel coat)

$$Gc = 2.56 / ((3072 \mathbf{T} / \mathbf{W}) + 1.36)$$

siendo T el espesor total del laminado, obtenido de la suma de los espesores de las distintas capas; W es el peso total de la fibra (sin resina).

El peso de la fibra en el laminado W debe ser mayor que el peso obtenido en la tabla

2.5.2. una vez corregido por el factor Kw.

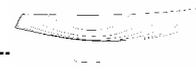
Del punto 4.2.2 del reglamento obtenemos los contenidos en resina :

$$CSM = 0.34 \text{ (34\%)}$$

$$WR = 0.5 \text{ (50\%)}$$

El espesor de cada capa de laminado se obtiene en el punto 4.2.3. del reglamento por medio de la siguiente fórmula:

$$t = (w / 3072) * ((2.56/ gc) - 1.36) \text{ mm.}$$



Laminado del costado.

Laminado mínimo = 2758 * Kw (gr/m2)

Suponiendo el siguiente laminado:

Capa	Refuerzo	gr/m2	t	Peso resina	Peso laminado
1	CSM	300	0,60	506,08	806
2	CSM	300	0,60	506,08	806
3	WR	600	0,73	440,63	1041
4	CSM	450	0,90	759,13	1209
5	WR	600	0,73	440,63	1041
6	CSM	450	0,90	759,13	1209
7	WR	600	0,73	440,63	1041
8	CSM	300	0,60	506,08	806
9	CSM	300	0,60	506,08	806

El peso total de fibra es W= 3900 gr/m2

El espesor total es T = 6.4 mm.

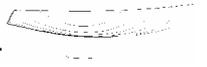
El contenido en resina del laminado es:

$$G_c = 2.56 / ((3072 * 6.4 / 3900) + 1.36) = 0.4$$

$$K_w = 2.8 * 0.4 + 0.16 = 1.28$$

El peso mínimo de fibra en el costado sería pues:

2675 * 1.28 = 3416 gr/m2 que como vemos es menor que el peso del laminado estándar aplicado (W=3900 gr/ m2), luego podemos decir que el espesor mínimo que debería tener en el costado una embarcación de las mismas características que la embarcación nuestra es de 6.4 mm.



Laminado del fondo.

Laminado mínimo = 3700 * Kw (gr/m2)

Añadimos cuatro capas más para el fondo.

Capa	Refuerzo	Peso fibra gr/m2	Espesor laminado t (mm)	Peso resina	Peso laminado
1	CSM	300	0,60	506,08	806
2	CSM	300	0,60	506,08	806
3	WR	600	0,73	440,63	1041
4	CSM	450	0,90	759,13	1209
5	WR	600	0,73	440,63	1041
6	CSM	450	0,90	759,13	1209
7	WR	600	0,73	440,63	1041
8	CSM	300	0,60	506,08	806
9	CSM	300	0,60	506,08	806
10	CSM	450	0,90	759,13	1209
11	WR	600	0,73	440,63	1041
12	CSM	300	0,60	506,08	806
13	CSM	300	0,60	506,08	806

Procedemos a calcular el factor corrector Kw:

El peso total de fibra es W= **5550 gr / m2**

El espesor total es T = 9.3 mm.

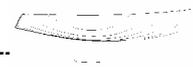
El contenido en resina del laminado es:

$$G_c = 2.56 / ((3072 * 8.7 / \mathbf{5550}) + 1.36) = 0.39$$

$$K_w = 2.8 * \mathbf{0.39} + 0.16 = 1.26$$

El peso mínimo de fibra en el fondo sería pues:

3700 * 1.26 = **4680** gr/m2 que como vemos es menor que el peso del laminado estándar (5500 gr/ m2), luego podemos decir que el espesor mínimo que debería



tener en el fondo una embarcación de las mismas características que la embarcación nuestra es de 8.7 mm.

Laminado de la quilla.

Laminado mínimo = $6600 * Kw$ (gr/m²)

Añadimos seis capas en la zona de la quilla (511 mm de ancho a lo largo del casco):

Capa	Refuerzo	gr/m ²	t	Peso resina	Peso laminado
1	CSM	300	0,60	506,08	806
2	CSM	300	0,60	506,08	806
3	WR	600	0,73	440,63	1041
4	CSM	450	0,90	759,13	1209
5	WR	600	0,73	440,63	1041
6	CSM	450	0,90	759,13	1209
7	WR	600	0,73	440,63	1041
8	CSM	300	0,60	506,08	806
9	CSM	300	0,60	506,08	806
10	CSM	450	0,90	759,13	1209
11	WR	600	0,73	440,63	1041
12	CSM	300	0,60	506,08	806
13	CSM	300	0,60	506,08	806
14	WR	600	0,73	440,63	1041
15	CSM	450	0,90	759,13	1209
16	WR	600	0,73	440,63	1041
17	CSM	450	0,90	759,13	1209
18	CSM	450	0,90	759,13	1209
19	CSM	450	0,90	759,13	1209

El peso total de fibra es $W = 8550$ gr / m²

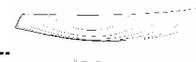
El espesor total es $T = 14.3$ mm.

El contenido en resina del laminado es:

$$G_c = 2.56 / ((3072 * 14.3 / 8550) + 1.36) = 0.39$$

$$K_w = 2.8 * 0.39 + 0.16 = 1.26$$

El peso mínimo de fibra en la quilla sería pues:



$6600 * 1.26 = 8318 \text{ gr/m}^2$ que como vemos es menor que el peso del laminado estándar (8550 gr/ m^2), luego podemos decir que el espesor mínimo que debería tener en la quilla una embarcación de las mismas características que la embarcación nuestra es de 14.3 mm.

Laminado de la cubierta

Laminado mínimo = $2000 * K_w \text{ (gr/m}^2\text{)}$

Capa	Refuerzo	gr/m ²	t	Peso resina	Peso laminado
1	CSM	300	0,60	506,08	806
2	CSM	300	0,60	506,08	806
3	WR	450	0,55	330,47	780
4	CSM	450	0,90	759,13	1209
5	CSM	450	0,90	759,13	1209
6	WR	450	0,55	330,47	780
7	CSM	300	0,60	506,08	806
8	CSM	300	0,60	506,08	806

El peso total de fibra es $W = 3000 \text{ gr / m}^2$

El espesor total es $T = 5.3 \text{ mm}$.

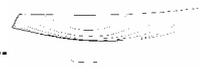
El contenido en resina del laminado es:

$$G_c = 2.56 / ((3072 * 5.3 / 3000) + 1.36) = 0.38$$

$$K_w = 2.8 * 0.39 + 0.16 = 1.21$$

El peso mínimo de fibra en la cubierta sería pues:

$2000 * 1.21 = 2426 \text{ gr/m}^2$ que como vemos es menor que el peso del laminado estándar (3000 gr/ m^2), luego podemos decir que el espesor mínimo que debería

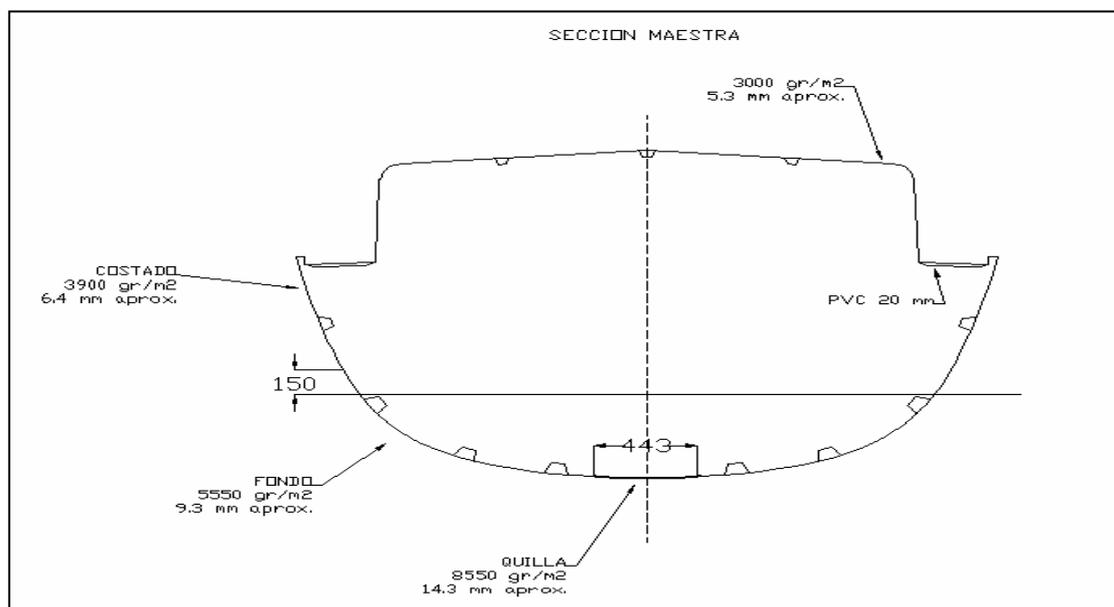


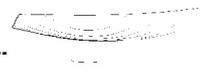
tener en la cubierta una embarcación de las mismas características que la embarcación nuestra es de 5.3 mm.

Para aumentar la rigidez y evitar flexiones al andar sobre la cubierta, se decide utilizar una construcción en sándwich con PVC de 80 Kg /m3, para la zona de los pasillos laterales.

En la zona de esfuerzos tales como la base del palo, los winches, poleas y demás elementos de cubierta se recomienda no utilizar el sándwich sino duplicar el espesor en monolítico.

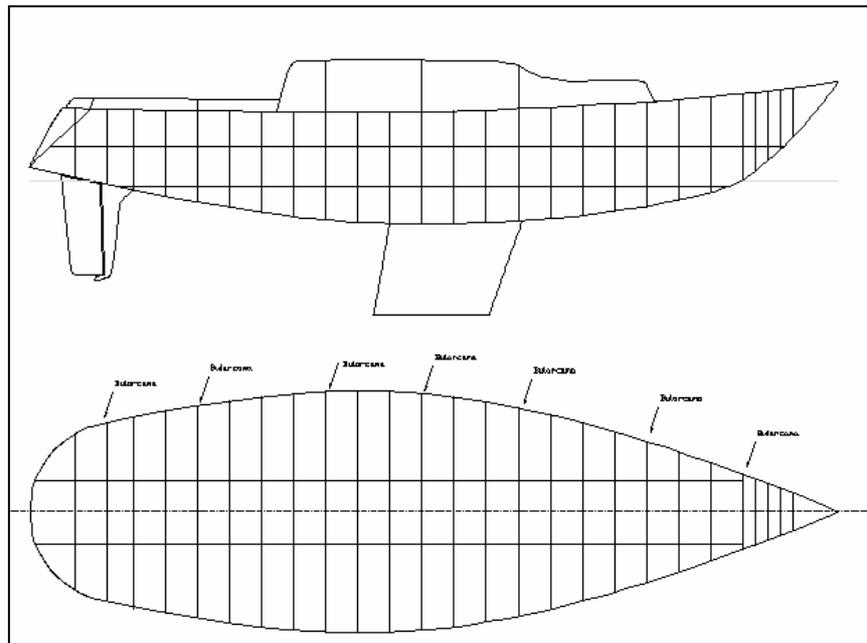
Sección maestra





Refuerzos internos del casco.

La estructura de la embarcación esta formada por combinación de cuadernas, anillos de bulárcamas y longitudinales, tal como se indica en la siguiente figura:

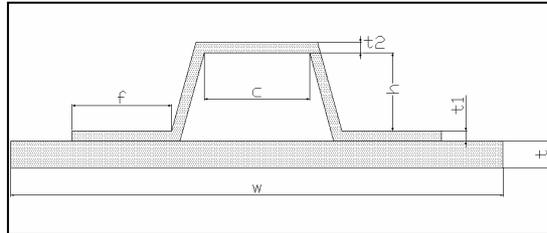


La siguiente tabla contiene los módulos requeridos para cada elemento estructural

	SM requerido cm3 (2.6.3)
LONGITUDINALES FONDO	100
LONGITUDINAL COSTADO	65
LONGITUDINAL CUBIERTA	70
CUADERNAS EN COSTADO	55
CUADERNAS EN FONDO	150
BULARCAMAS EN COSTADO	150
BULARCAMAS EN FONDO	327
BAOS EN CUBIERTA	70



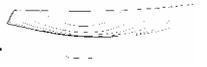
Utilizamos para todos los refuerzos una distribución como la de la figura:

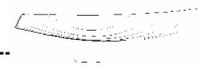


	SM requerido cm ³ (2.6.3)	unidades en mm							I real (cm ⁴)	SM real (cm ³)
		w	t	h	c	f	t1	t2		
LONGITUDINALES FONDO	100	300	9,3	40	70	90	6	7	153	103
LONGITUDINAL COSTADO	66	300	6,4	30	70	90	6	7	84	67
LONGITUDINAL CUBIERTA	70	300	5,3	35	70	90	7	7	109	76
CUADERNAS EN COSTADO	55	300	6,4	30	70	90	5	5	60	66
CUADERNAS EN FONDO	150	300	9,3	55	70	90	7	7	284	152
BULARCAMAS EN COSTADO	150	300	6,4	65	70	90	7	7	348	158
BULARCAMAS EN FONDO	327	300	9,3	85	110	90	9	9	1051	310
BAOS EN CUBIERTA	70	300	5,3	40	70	90	5	5	93	72

Todos los detalles de la estructura se pueden consultar en el plano nº BFB-2007-02-05

----- 000 -----





CAPÍTULO 11

EQUIPAMIENTO Y SISTEMAS DE ABORDO

En el presente capítulo trataremos de describir someramente los equipos y sistemas principales de la embarcación, de manera que podamos realizar más adelante una correcta estimación de pesos y centros de gravedad.

Elementos de salvamento y conraincendio

La embarcación está diseñada para navegaciones de crucero con una tripulación máxima de seis personas. Para lo cual, aparte de suficiente espacio tanto en la bañera de cubierta como en el interior, la embarcación posee los siguientes medios de salvamento y conraincendio.

- Seis chalecos salvavidas de 150 Newtons cada uno.
- Bengalas de señales.
- Bomba de achique de sentina eléctrica.
- Bomba de achique de sentina manual, de accionamiento desde la bañera.



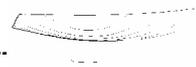
- Un balde con rabiza.
- Un extintor homologado situados junto al motor y accesible desde la bañera.
- Un detector de gas butano homologado situado en la zona de la cocina
- Sonda
- Un aro salvavidas con luz y rabiza.
- Reflector de radar situado en el estay de popa.

Instalación de combustible

El tanque de combustible es de acero inoxidable, tiene una capacidad de 60 litros, se encuentra situado en popa bajo el suelo de la bañera a popa del motor. El llenado se hace por cubierta directamente por encima de éste. El circuito posee una válvula de cierre accesible desde el interior.

Gas butano.

La bombona de gas butano está ubicada en la bañera en cubierta, en el tambucho de estiba de popa. Existen dos válvulas de corte: una junto a la botella y otra en la entrada al equipo de cocina. El sistema posee un detector de gas con alarma acústica situado directamente sobre la cocina.



Agua dulce.

La embarcación posee un tanque de 60 litros situado en proa bajo la cama de proa. Todo el sistema de agua potable está presurizado por una bomba de 12 v que da alimentación al fregadero, lavabo y ducha.

Aguas sucias.

A fin de hacer que la embarcación cumpla con la normativa en vigor: ORDEN FOM/1144/2003 del 28 de abril sobre el sistema de retención de aguas sanitarias. Se han definido dos tanques de aguas sucias con capacidad suficiente para retener las aguas sucias generadas por 12 personas a razón de 4 litros por persona y día. Dichos tanques poseen sendas tomas de conexión en cubierta para su vaciado en puerto.

Sistema eléctrico

Toda la instalación es de 12 v, alimentada por dos baterías.

- Una batería de 70 Ah para arranque del motor.
- Una batería de 110 Ah para servicios varios.

Ambas baterías están situadas debajo del asiento junto a la mesa de cartas. El cuadro principal está compuesto por once grupos de interruptores magneto-térmicos



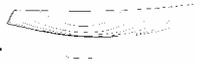
que protegen y dan servicio a los distintos elementos (luces de navegación, luces interiores, equipo de navegación, bomba de agua, etc....)

Motorización

Tras realizar un estudio estadístico de las potencias instaladas en barcos similares vemos que la potencia oscila entre los 20 y 30 HP. Sin embargo, aún a costa de encarecer un poco la embarcación y a fin de mejorar la navegación con mal tiempo y viento de proa se decide instalar un motor diesel más potente de 40 HP con inversor y línea de eje convencional.

Después de analizar distintas marcas alternativas se decide instalar un motor VOLVO PENTA ya que posee una excelente relación peso/potencia y calidad. El modelo del motor elegido es D2-40 con reductora MS15L.

-----000-----





CAPÍTULO 12

ESTIMACIÓN DE PESOS Y CÁLCULO DEL C.D.G.

En el presente capítulo se comprobará que el peso en rosca de la embarcación corresponde con el fijado en el Capítulo 4 (4300 kg) así como la correcta ubicación del centro de gravedad, tanto longitudinalmente (para que coincida con el centro de carena previsto), como vertical y transversalmente.

La posición longitudinal de la orza, al suponer de un 35% del peso en rosca de la embarcación, es crítica a la hora de ajustar el equilibrio de la embarcación. Es por ello que será el último elemento en fijar la posición y después será verificado desde el punto de vista de equilibrio vélico.

Para realizar este estudio se ha dividido la embarcación en distintas zonas principales, las cuales a su vez han sido subdivididas en otros tantos elementos. Los ejes de referencia que se han tomado son los siguientes:

- Eje X , distancias longitudinales desde la perpendicular de popa y positivos hacia proa.
- Eje Z, distancias verticales desde la línea base y positivos hacia arriba

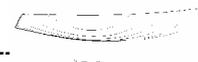


- o Eje Y, distancias transversales desde crujía y positivo hacia estribor

ESTRUCTURA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Quilla	52,3	4,300	0,070	0,000	224,70	3,66	0,00
	Fondo	132,4	4,300	0,450	0,000	569,36	59,58	0,00
	Costado	147,0	4,300	0,840	0,000	632,10	123,48	0,00
	Estructura interna casco	70,0	4,300	0,700	0,000	301,00	49,00	0,00
	Espejo	52,6	-0,300	0,500	0,000	-15,77	26,29	0,00
	Cubierta con regala y teca	156,0	4,500	1,200	0,000	702,00	187,20	0,00
	Cabina	95,4	4,300	1,700	0,000	410,14	162,15	0,00
	Bañera	120,0	1,400	1,100	0,000	168,00	132,00	0,00
	Gelcoat casco (3mm)	110,0	4,300	0,587	0,000	473,00	64,52	0,00
	Gelcoat cabina y bañera (3mm)	76,0	4,000	1,256	0,000	304,00	95,44	0,00
	Mamparo pique proa	15,0	8,200	1,600	0,000	123,00	24,00	0,00
Total zona	1027	3,671	0,880	0,000	3768,52	903,32	0,00	

CUBIERTA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Candelero inox popa	30	0,000	2,000	0,000	0,00	60,00	0,00
	Cornamusas popa	5	0,500	1,200	0,000	2,50	6,00	0,00
	Winches spinaker	10	1,000	1,600	0,000	10,00	16,00	0,00
	Winches genova	20	2,100	1,600	0,000	42,00	32,00	0,00
	Rueda del timón	30	0,750	1,400	0,000	22,50	42,00	0,00
	Carro mayor	4	2,000	0,900	0,000	8,00	3,60	0,00
	winches y piano drizas	15	3,000	2,000	0,000	45,00	30,00	0,00
	Botavara	45	3,500	2,650	0,000	157,50	119,25	0,00
	Palo, obenques y crucetas	95	5,100	5,500	0,000	484,50	522,50	0,00
	Estays	15	5,100	5,500	0,000	76,50	82,50	0,00
	Portillos laterales	40	5,300	1,700	0,000	212,00	68,00	0,00
	Potillos de popa sobre cubierta	8	2,700	2,000	0,000	21,60	16,00	0,00
	Escotilla camarote proa	8	6,500	1,800	0,000	52,00	14,40	0,00
	Candeleros y guardamancebos	40	4,500	1,800	0,000	180,00	72,00	0,00
	Carro genova	6	3,200	1,400	0,000	19,20	8,40	0,00
	Molinete	25	8,400	1,300	0,000	210,00	32,50	0,00
	Ancla y cadena	75	8,650	1,200	0,000	648,75	90,00	0,00
	Candelero púlpito de proa	25	8,800	2,000	0,000	220,00	50,00	0,00
Cornamusas centro y proa	4	6,500	1,400	0,000	26,00	5,60	0,00	
Total zona	500	4,876	2,542	0,000	2438,05	1270,75	0,00	

CAMAROTE POPA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Puerta	8	3,000	1,200	0,750	22,50	9,00	2,25
	Armario	15	2,600	1,200	1,300	39,00	18,00	3,38
	Contramolde techo	23	1,600	1,000	0,800	36,80	23,00	1,28
	Contramolde bajo cama	35	1,200	0,300	0,800	42,00	10,50	0,96
	Suelo	5	2,600	0,200	0,800	13,00	1,00	2,08



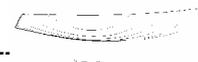
	Colchón cama	10	1,300	0,400	0,800	13,00	4,00	1,04
	Sistema eléctrico	4	1,600	1,000	0,800	6,40	4,00	1,28
	Total zona	100	1,736	0,698	0,123	172,70	69,50	12,27

W.C. POPA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Puerta	8	2,700	1,200	-0,600	21,60	9,60	-1,62
	Contramolde techo	12	2,500	1,700	-0,800	30,00	20,40	-2,00
	Contramolde interior	30	2,500	1,400	-0,800	75,00	42,00	-2,00
	w.c	10	2,200	0,700	-0,650	22,00	7,00	-1,43
	Lavabo	5	2,700	1,500	-1,100	13,50	7,50	-2,97
	Armario	5	2,600	1,500	-1,200	13,00	7,50	-3,12
	Sistema eléctrico	3	2,500	1,700	-0,800	7,50	5,10	-2,00
	Total zona	73	2,501	1,358	-0,207	182,60	99,10	-15,14

TAMBUCHO DE ESTIBA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Velas	43	0,900	0,800	-0,700	38,70	34,40	-30,10
	Defensas	10	0,900	0,800	-0,700	9,00	8,00	-7,00
	Bengalas	5	0,900	0,800	-0,700	4,50	4,00	-3,50
	Bombona gas butano	15	0,900	0,800	-0,700	13,50	12,00	-10,50
	Total zona	73	0,900	0,800	-0,700	65,70	58,40	-51,10

SALON PRINCIPAL	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Cocina de gas	30	3,300	0,800	-1,100	99,00	24,00	-3,63
	Mueble encimera cocina y nevera	15	4,000	0,700	-1,100	60,00	10,50	-4,40
	Fregadero	5	4,150	0,800	-1,100	20,75	4,00	-4,57
	Mesa de cartas y asiento	30	4,900	0,800	-0,900	147,00	24,00	-4,41
	Cuadro principal y electrónica	5	5,250	1,500	-0,900	26,25	7,50	-4,73
	Asiento bajo salón	30	4,300	0,400	-0,100	129,00	12,00	-0,43
	Mesa salón	10	4,400	1,200	0,400	44,00	12,00	1,76
	Asiento lateral salón	40	4,700	0,600	0,800	188,00	24,00	3,76
	Mueble de estiba bajo asiento	10	4,700	0,300	0,800	47,00	3,00	3,76
	Mueble lateral estribor (estanterías)	20	4,700	1,100	1,400	94,00	22,00	6,58
	Suelo de madera	40	4,300	0,200	-0,200	172,00	8,00	-0,86
	Contra molde techo	35	4,300	2,000	0,000	150,50	70,00	0,00
	Sistema eléctrico	3	4,300	1,500	0,000	12,90	4,50	0,00
	Bombas de achique sentina	4	5,000	0,000	0,000	20,00	0,00	0,00
	Baterías	75	4,000	0,600	0,000	300,00	45,00	0,00
	Total zona	352	4,291	0,768	-0,020	1510,40	270,50	-7,16

W.C. PROA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Puerta	8	6,000	1,200	0,100	48,00	9,60	0,80
	Contramolde techo	12	5,800	1,800	0,800	69,60	21,60	9,60



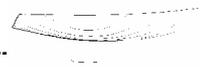
	Contramolde interior	30	5,800	0,400	0,800	174,00	12,00	24,00
	w.c	10	6,000	0,200	0,800	60,00	2,00	8,00
	Lavabo	10	5,600	0,700	0,350	56,00	7,00	3,50
	Armario	15	6,000	0,700	1,100	90,00	10,50	16,50
	Luces	3	6,000	1,000	0,800	18,00	3,00	2,40
Total zona		88	5,859	0,747	0,736	515,60	65,70	64,80

CAMAROTE PROA	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Puerta	8	5,300	0,800	-0,300	39,75	6,00	-2,25
	Armario de babor	10	5,700	0,800	-0,800	57,00	8,00	-8,00
	Contramolde techo	23	7,000	1,000	0,000	161,00	23,00	0,00
	Contramolde bajo cama	35	7,200	0,500	0,000	252,00	17,50	0,00
	Contramolde laterales	35	7,200	0,700	0,000	252,00	24,50	0,00
	Suelo	5	5,800	0,200	-0,300	29,00	1,00	-1,50
	Colchón cama	10	7,200	0,800	0,000	72,00	8,00	0,00
	Tanque de agua potable	10	7,300	0,400	0,000	73,00	4,00	0,00
	Luces	2	6,800	1,000	0,000	13,60	2,00	0,00
	Sistema eléctrico	4	6,800	1,000	0,000	27,20	4,00	0,00
Total zona		142	6,901	0,693	-0,083	976,55	98,00	-11,75

PROPULSIÓN	Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
	Motor central intraborda Volvo D3-190	177	2,200	0,500	0,000	389,40	88,50	0,00
	Eje central	10	1,500	0,300	0,000	15,00	3,00	0,00
	Bocina	4	1,300	0,300	0,000	5,20	1,20	0,00
	Bancada	25	2,200	0,200	0,000	55,00	5,00	0,00
	Tanque de combustible	10	1,350	0,700	0,000	13,50	7,00	0,00
	Sistema de combustible	5	1,350	0,700	0,000	6,75	3,50	0,00
	Timón	30	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00
	Sistema de gobierno	5	0,300	0,800	0,000	1,50	4,00	0,00
	Sistema de escape	30	0,250	0,500	0,000	7,50	15,00	0,00
Total zona		296	1,668	0,430	0,000	493,85	127,20	0,00

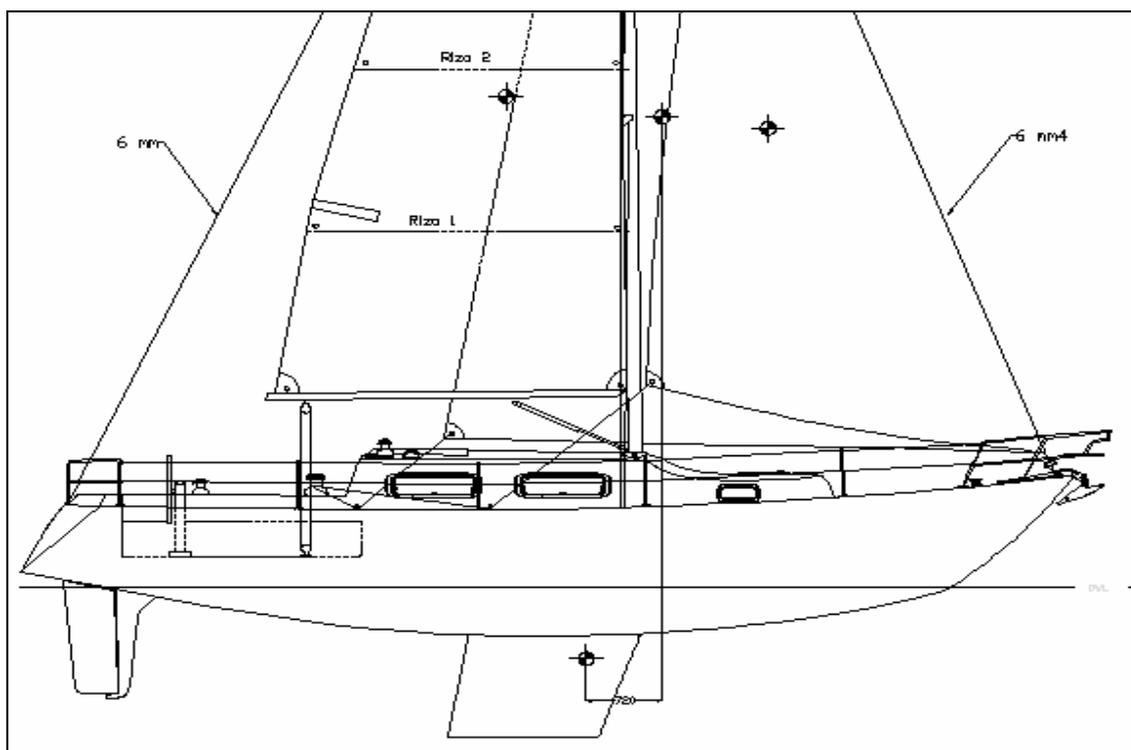
Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg
Varios	150	3,500	1,500	0,000	525,00	225,00	0,00

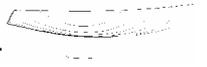
Elemento	peso (kg)	Xg	Zg	Yg	peso x Xg	peso x Zg	peso x Yg	
LASTRE	1500	4,150	-0,450	0,000	6225,00	-675,00	0,00	
Total barco en rosca		4300	3,925	0,584	-0,002	16874	2512	-8



La posición longitudinal del centro de gravedad es correcta teniendo en cuenta que el LCB (posición longitudinal del centro de carena) se encuentra a 3.923 m del punto cero.

Con esta posición de la orza podemos comprobar el equilibrio vélico de la embarcación, tal y como se explicó en el Capítulo 9. Se comprueba que la distancia entre el centro de presión vélica y la del centro de deriva o resistencia lateral es 720 mm, lo que supone un 9% de la Lwl y se encuentra dentro de lo que se considera razonable.

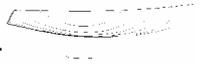


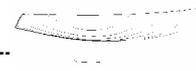


Resumen datos obtenidos:

Desplazamiento en rosca	4300	Kg
XG	3.925	m
KG	0.584	m
YG	0.000	m

----- 000 -----





CAPÍTULO 13

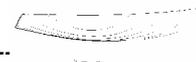
ESTUDIO DE ESTABILIDAD

La embarcación ha sido diseñada para la Categoría de Diseño C, lo que la define según la normativa actual en una embarcación concebida para viajes por zonas cercanas a la costa y en grandes bahías, grandes estuarios, lagos y ríos, durante los cuales el viento puede alcanzar fuerza 6 incluida y las olas pueden alcanzar una altura significativa de 2 m como máximo.

Para realizar el estudio de estabilidad usaremos el software Hydromax y rellenaremos las hojas de cálculo que aparecen en la propia normativa.

1. CONDICIONES DE CARGA A ESTUDIAR

La normativa que se va a utilizar para el chequeo de los criterios de estabilidad y flotabilidad es la ISO 12217-2:2002. Dicha normativa utiliza dos condiciones de carga: la mínima operativa y la de máxima carga. Cuando la diferencia entre ambas supera el 15% se deberá comprobar el cumplimiento de los criterios para las dos condiciones de carga.



2. DATOS DE PARTIDA

Categoría de diseño pretendida: Característica	Monocasco/multicasco:			
	Simbolo	Unidad	Valor	Referencia
Eslora del casco según la Norma ISO 8666		m	9.95	3.4.1
Peso:				
Carga máxima total				
Tripulación límite deseada	CL	-	6	
Peso de:				
Tripulación límite deseada a razón de 75 kg cada persona		Kg	450	
provisiones+efectos especiales		Kg	100	
agua dulce		Kg	60	
combustible		Kg	51	
otros líquidos llevados a bordo		Kg	4	
pañoles, maquinaria de respeto y carga (si hay)		Kg		
equipo opcional y accesorios no incluidos en el suministro básico		Kg	50	
balsa salvavidas neumática		Kg		
otros botes pequeños llevados a bordo		Kg		
margen para futuras inclusiones		Kg	0	
Carga máxima total = suma de los pesos anteriores	<i>mMTL</i>	Kg	715	3.5.4
Condición de peso en rosca	<i>mLCC</i>	Kg	4300	3.5.1
Peso del desplazamiento en carga = $mLCC + mMTL$	<i>mLDC</i>	Kg	5015	3.5.6
Peso de:				
mínimo número de tripulantes de acuerdo con el apartado 3.4.6		kg	75	3.5.2
equipo esencial de seguridad (no inferior a $(LH - 2,5)^2$)		kg	75	3.5.2
pañoles de no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo		kg	50	3.5.2
agua de lastre en los tanques en los que se indique en el manual del propietario que se llenan cuando la embarcación está a flote		kg		3.5.2
balsa salvavidas neumática		kg		3.5.2.
Carga a incluir en las Condiciones Mínimas Operativas	<i>mL</i>	Kg	200	3.5.2
Peso en la condición de embarcación en rosca	<i>mLCC</i>	Kg	4300	3.5.1
Peso en las condiciones mínimas operativas = $mLCC + mMTL$	<i>mMOC</i>	Kg	4500	3.5.1
¿ Está o no propulsada a vela la embarcación?			Si	3.1.2
superficie nominal de las velas	As	m ²	38	3.4.8



3. CONDICIÓN MÍNIMA OPERATIVA (RESULTADOS DE HYDROMAX)

Equilibrium Calculation - carena con orza

Loadcase - minima operativa

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. .m
1	Rosca	1	4300	3,925	0,584	0,000	0,000
2	Tripulante 1	1	75,0	1,000	2,200	0,750	0,000
3	Equipo seguridad minimo	1	50,0	4,500	1,500	0,000	0,000
4	Equipo normalmente abordo	1	75,0	7,203	1,428	0,000	0,000
5		Total Weight=	4500	LCG=3,937 m	VCG=0,635 m	TCG=0,013 m	0
6					FS corr.=0 m		
7					VCG fluid=0,635 m		

1	Draft Amidsh. m	0,550
2	Displacement kg	4500
3	Heel to Starboard degrees	0,9
4	Draft at FP m	0,559
5	Draft at AP m	0,542
6	Draft at LCF m	0,550
7	Trim (+ve by stern) m	-0,018
8	WL Length m	8,066
9	WL Beam m	2,463
10	Wetted Area m ²	18,870
11	Waterpl. Area m ²	13,708
12	Prismatic Coeff.	0,501
13	Block Coeff.	0,132
14	Midship Area Coeff.	0,268
15	Waterpl. Area Coeff.	0,690
16	LCB from zero pt. m	3,938
17	LCF from zero pt. m	3,745
18	KB m	0,332
19	KG fluid m	0,635
20	BMT m	1,098
21	BML m	10,815
22	GMt m	0,795
23	GML m	10,512
24	KMt m	1,430
25	KML m	11,147
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,141
27	MTc tonne.m	0,058
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	62,44
29	Max deck inclination deg	0,9
30	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1



Stability Calculation - carena con orza

Loadcase - minima operativa

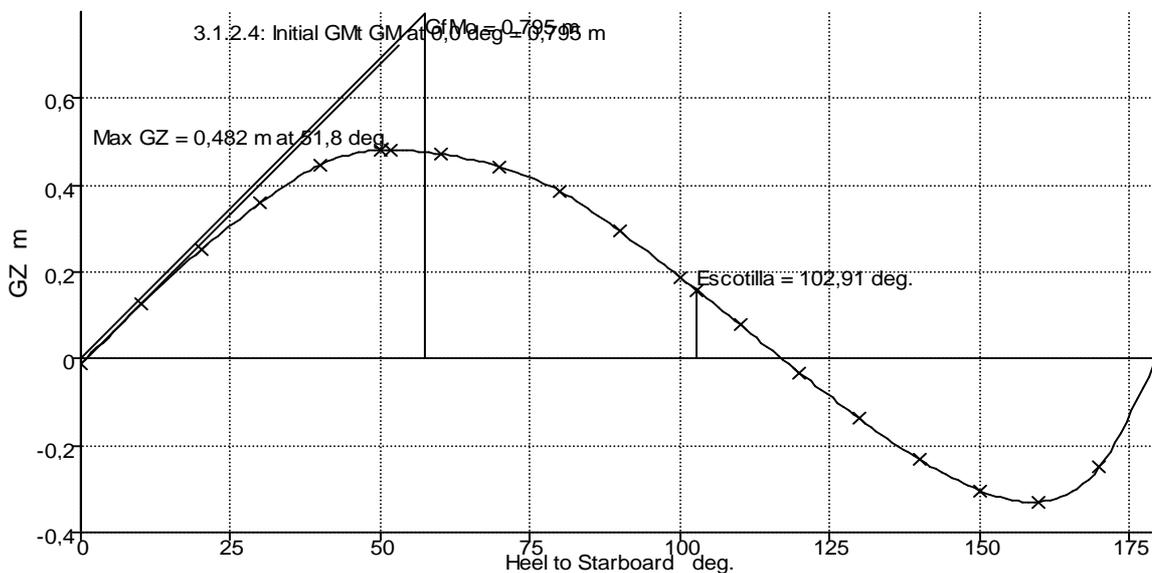
Damage Case - Intact

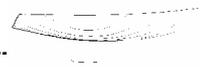
Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1 Rosca	1	4300	3,925	0,584	0,000	0,000
2 Tripulante 1	1	75,0	1,000	2,200	0,750	0,000
3 Equipo seguridad minimo	1	50,0	4,500	1,500	0,000	0,000
4 Equipo normalmente abordado	1	75,0	7,203	1,428	0,000	0,000
	Total Weight=	4500	LCG=3,937 m	VCG=0,635 m	TCG=0,013 m	0
				FS corr.=0 m		
				VCG fluid=0,635 m		





	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30	40	50	60	70
1	Displacement kg	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
2	Draft at FP m	0,559	0,556	0,544	0,516	0,462	0,377	0,237	-0,037
3	Draft at AP m	0,542	0,524	0,466	0,354	0,167	-0,109	-0,539	-1,340
4	WL Length m	8,066	8,050	8,074	8,025	7,848	7,683	7,673	7,958
5	Immersed Depth m	1,672	1,643	1,545	1,375	1,138	0,856	0,697	0,727
6	WL Beam m	2,462	2,454	2,421	2,388	2,112	1,808	1,875	2,325
7	Wetted Area m ²	18,870	18,807	18,645	18,476	18,543	18,807	18,772	17,533
8	Waterpl. Area m ²	13,708	13,620	13,407	13,231	12,652	11,557	10,886	10,266
9	Prismatic Coeff.	0,501	0,502	0,501	0,501	0,508	0,526	0,546	0,567
10	Block Coeff.	0,132	0,135	0,145	0,167	0,233	0,369	0,443	0,433
11	LCB from zero pt. m	3,938	3,938	3,940	3,944	3,950	3,959	3,968	3,976
12	VCB from DWL m	0,218	0,221	0,227	0,230	0,229	0,235	0,248	0,269
13	GZ m	-0,013	0,124	0,251	0,359	0,447	0,481	0,472	0,443
14	LCF from zero pt. m	3,745	3,765	3,812	3,877	3,953	4,026	4,079	4,121
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,221	0,452	0,689	0,856	0,920	0,922	0,905
16	Max deck inclination deg	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1	-0,2	-0,6	-1,2	-2,1	-3,4	-5,5	-9,1

	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
2	-0,915	N/A	-2,761	-1,867	-1,578	-1,434	-1,349	-1,295	-1,261	-1,244	-1,246
3	-3,636	N/A	-5,255	-2,955	-2,160	-1,749	-1,496	-1,329	-1,221	-1,175	-1,177
4	8,463	8,929	9,347	9,647	9,520	9,448	9,402	9,362	9,334	9,330	9,325
5	0,817	0,924	0,998	1,037	1,039	1,002	0,926	0,808	0,648	0,476	0,445
6	1,370	1,318	1,296	1,301	1,327	1,374	1,452	1,582	1,828	2,460	2,916
7	16,415	16,611	16,846	17,141	17,476	17,892	18,478	19,394	20,995	24,336	25,584
8	9,455	9,190	9,128	9,269	9,548	10,002	10,756	12,003	14,166	18,341	19,601
9	0,566	0,555	0,550	0,556	0,590	0,626	0,667	0,720	0,788	0,862	0,851
10	0,463	0,404	0,363	0,337	0,335	0,337	0,347	0,367	0,397	0,402	0,363
11	3,983	3,987	3,985	3,979	3,970	3,960	3,949	3,940	3,934	3,931	3,931
12	0,290	0,303	0,312	0,313	0,308	0,295	0,273	0,242	0,202	0,151	0,116
13	0,386	0,293	0,189	0,079	-0,032	-0,138	-0,232	-0,303	-0,330	-0,249	0,012
14	4,145	4,175	4,197	4,213	4,184	4,126	4,053	3,964	3,842	3,656	3,633
15	0,921	0,867	0,789	0,693	0,576	0,448	0,321	0,208	0,133	0,165	0,000
16	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,5
17	-18,6	-90,0	-17,1	-7,7	-4,1	-2,2	-1,0	-0,2	0,3	0,5	0,5



4. CONDICIÓN MÁXIMA CARGA (RESULTADOS DE HYDROMAX)

Equilibrium Calculation - carena con orza

Loadcase - maxima carga

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	FS Mom. kg.m
1	Rosca	1	4300	3,925	0,584	0,000
2	Combustible y otros liquidos	1	55,0	1,350	0,700	0,000
3	Agua	1	60,0	7,300	0,400	0,000
4	Provisiones y efectos especial	1	100	4,500	1,500	0,000
5	Tripulante 1	1	75,0	1,000	2,200	0,000
6	Tripulante 2	1	75,0	1,000	2,200	0,000
7	Tripulante 3	1	75,0	2,000	2,200	0,000
8	Tripulante 4	1	75,0	2,000	2,200	0,000
9	Tripulante 5	1	75,0	5,000	2,200	0,000
10	Tripulante 6	1	75,0	5,000	2,200	0,000
11	Equipo opcional	1	50,0	4,500	1,500	0,000
12		Total Weight=	5015	LCG=3,841 m	VCG=0,755 m	0
13					FS corr.=0 m	
14					VCG fluid=0,755 m	

1	Draft Amidsh. m	0,584
2	Displacement kg	5015
3	Heel to Starboard degrees	0
4	Draft at FP m	0,564
5	Draft at AP m	0,603
6	Draft at LCF m	0,586
7	Trim (+ve by stern) m	0,040
8	WL Length m	8,358
9	WL Beam m	2,502
10	Wetted Area m ²	19,815
11	Waterpl. Area m ²	14,397
12	Prismatic Coeff.	0,501
13	Block Coeff.	0,137
14	Midship Area Coeff.	0,279
15	Waterpl. Area Coeff.	0,689
16	LCB from zero pt. m	3,839
17	LCF from zero pt. m	3,632
18	KB m	0,357
19	KG fluid m	0,755
20	BMt m	1,062
21	BML m	10,917
22	GMt m	0,663
23	GML m	10,518
24	KMt m	1,419
25	KML m	11,274



26	Immersion (TPC) tonne/cm	0,148
27	MTc tonne.m	0,065
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	58,043
29	Max deck inclination deg	0,3
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,3

Stability Calculation - carena con orza

Loadcase - maxima carga

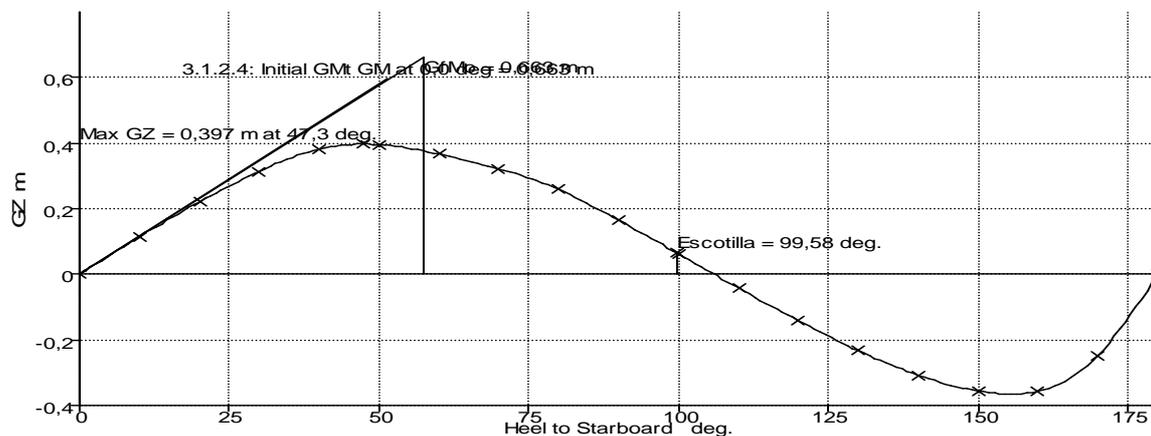
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

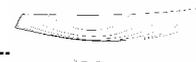
Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	FS Mom. kg.m
1	Rosca	1	4300	3,925	0,584	0,000
2	Combustible y otros liquidos	1	55,0	1,350	0,700	0,000
3	Agua	1	60,0	7,300	0,400	0,000
4	Provisiones y efectos especial	1	100	4,500	1,500	0,000
5	Tripulante 1	1	75,0	1,000	2,200	0,000
6	Tripulante 2	1	75,0	1,000	2,200	0,000
7	Tripulante 3	1	75,0	2,000	2,200	0,000
8	Tripulante 4	1	75,0	2,000	2,200	0,000
9	Tripulante 5	1	75,0	5,000	2,200	0,000
10	Tripulante 6	1	75,0	5,000	2,200	0,000
11	Equipo opcional	1	50,0	4,500	1,500	0,000
12		Total Weight=	5015	LCG=3,841 m	VCG=0,755 m	0
13					FS corr.=0 m	
14					VCG fluid=0,755 m	



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30	40	50	60	70
1	Displacement kg	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015
2	Draft at FP m	0,564	0,560	0,547	0,517	0,462	0,378	0,239	-0,034
3	Draft at AP m	0,603	0,588	0,536	0,433	0,264	0,019	-0,361	-1,061
4	WL Length m	8,358	8,342	8,348	8,283	8,112	7,981	8,013	8,175
5	Immersed Depth m	1,707	1,675	1,576	1,405	1,170	0,892	0,745	0,778
6	WL Beam m	2,502	2,500	2,480	2,462	2,100	1,802	1,782	2,178
7	Wetted Area m ²	19,816	19,784	19,643	19,497	19,658	19,945	20,061	18,995
8	Waterpl. Area m ²	14,398	14,351	14,177	14,039	13,165	11,957	11,179	10,546
9	Prismatic Coeff.	0,501	0,502	0,501	0,502	0,513	0,530	0,543	0,569
10	Block Coeff.	0,137	0,140	0,150	0,171	0,245	0,381	0,460	0,433
11	LCB from zero pt. m	3,839	3,840	3,842	3,846	3,851	3,859	3,867	3,873
12	VCB from DWL m	0,228	0,231	0,237	0,241	0,242	0,252	0,267	0,289
13	GZ m	0,000	0,114	0,221	0,314	0,383	0,395	0,367	0,321
14	LCF from zero pt. m	3,632	3,646	3,694	3,757	3,832	3,908	3,973	4,051
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,220	0,451	0,691	0,838	0,900	0,911	0,888
16	Max deck inclination deg	0,3	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	0,3	0,2	-0,1	-0,6	-1,4	-2,5	-4,2	-7,2

	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015	5015
2	-0,898	N/A	-2,736	-1,850	-1,562	-1,420	-1,335	-1,281	-1,247	-1,233	-1,236
3	-3,047	N/A	-4,645	-2,654	-1,966	-1,609	-1,392	-1,251	-1,164	-1,134	-1,139
4	8,593	9,015	9,406	9,728	9,583	9,503	9,448	9,402	9,363	9,347	9,340
5	0,873	0,981	1,057	1,095	1,095	1,055	0,974	0,852	0,686	0,485	0,453
6	1,378	1,330	1,313	1,325	1,361	1,422	1,514	1,659	1,930	2,642	2,903
7	17,471	17,655	17,883	18,178	18,520	18,946	19,556	20,510	22,166	25,379	26,080
8	9,699	9,437	9,400	9,583	9,922	10,447	11,286	12,629	14,906	18,922	19,520
9	0,575	0,566	0,561	0,563	0,596	0,630	0,671	0,720	0,783	0,828	0,823
10	0,473	0,416	0,375	0,347	0,342	0,343	0,351	0,368	0,395	0,409	0,398
11	3,878	3,879	3,876	3,870	3,863	3,853	3,845	3,839	3,835	3,834	3,834
12	0,311	0,325	0,333	0,334	0,327	0,313	0,289	0,256	0,214	0,160	0,128
13	0,260	0,165	0,062	-0,042	-0,142	-0,233	-0,308	-0,356	-0,357	-0,248	0,000
14	4,077	4,108	4,127	4,141	4,117	4,058	3,985	3,893	3,774	3,633	3,624
15	0,908	0,859	0,787	0,697	0,587	0,465	0,345	0,240	0,176	0,206	0,000
16	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,3
17	-14,9	-90,0	-13,3	-5,7	-2,9	-1,3	-0,4	0,2	0,6	0,7	0,7

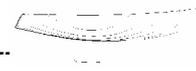


5. REQUISITOS A APLICAR

(Ref 6.1) Las embarcaciones propulsadas a vela de tipo monocasco deben los requisitos de alguna de las siete opciones de acuerdo con las características de flotación y cubierta. En nuestro caso hemos elegido la opción 2

Opción		Todas las embarcaciones excepto catamaranes y trimaranes con LH/BCB < 5						Cats./tris.	
		1	2	3	4	5	6		7
Categorías posibles		A + B	C + D	C + D	C + D	C + D	C + D	C + D	A - D
Cubierta o protección		cubierta completa	cualquier a	cualquier a	cualquiera				
Aberturas inundables		3	3	3	3	3	3		3
Ángulo de inundación		3*	3*						
Ensayo de altura de inundación	Todas las embarcaciones	3	3	3		3			
	Método completo	4	4	4		4			
Índice de estabilidad		5*	5*						
Ángulo de estabilidad mínima		6*	6*						
Ensayo de recuperación al hundimiento				7	7				
Ensayo de resistencia al viento						8	8		
Requisito de flotación					9		9		9
Ensayo de recuperación al vuelco								10	
Factor de tamaño multicasco									11
Información sobre la estabilidad									12
Resumen		13*	13*	13	13	13	13	13	13

NOTA: Al ser la diferencia entre el *Peso de desplazamiento en carga* (m_{LDC}) y el *peso en condición mínima operativa* (m_{MOC}) menor del 15 % ($m_{LDC}/m_{MOC} < 1.15$) los requisitos de altura y ángulo de inundación se realizarán solo para la condición mínima operativa.



6. DEFINICIÓN DEL TIPO DE CUBIERTA

Nuestra embarcación se considera de cubierta completa, al poseer escotillas estancas acordes con la norma ISO 12216.

7. DEFINICIÓN DE ABERTURAS INUNDABLES

La única posible entrada de agua en el interior durante la navegación ocurre a través de la escotilla de entrada desde bañera. A la hora de computar el ángulo de escora a partir del cual entra agua en el interior se definen los siguientes puntos de inundación.

PUNTO DE INUNDACIÓN (ESCOTILLA DE ENTRADA)

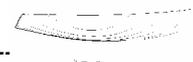
Localización	X	Y	Z
Punto alto	2.6	0.35	2.1

Nota: De manera genérica las coordenadas están referidas a:

- Coordenada X = Desde la Ppp y positivo hacia proa
- Coordenada Y = desde línea centro y positivo hacia estribor
- Coordenada Z = desde línea base

8. ALTURA DE INUNDACIÓN

Al estar la escotilla de entrada ubicada dentro de la bañera, y a pesar de ser esta autoachicante, consideramos de manera conservadora que el punto de entrada en bañera se presenta a la altura de la regala de cubierta o francobordo. La altura pues



de inundación se considera desde la flotación hasta la regala de bañera, en la condición de carga máxima. En dicha condición de carga el calado medio es 0.584 m (sin orza) y supone un francobordo medio de 0.824 m.

Altura de inundación

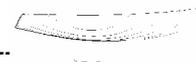
Requisito	Requisito básico	Valor reducido para pequeñas aberturas
aplicable a	opciones 1 a la 6 y la 8	opciones 1 a la 6 y la 8 pero solo si se utilizan figuras
Referencia	6.2.2.2 a)	6.2.2.2 b)
¿obtenido de la figura 2 o el anexo A?		básico x 0.75
Área máxima de las pequeñas aberturas (50LH ²)(mm ²)=		
Altura requerida de inundación	Figura 2/anexo A Categoría A	0.58
	Figura 2/anexo A Categoría B	0.58
	Figura 2/anexo A Categoría C	0.58
	Figura 2/anexo A Categoría D	0.30
HD(R) (m)		
Altura real de inundación hD de referencia: apartado 6.2.2.21		0.824
Categoría de diseño posible	Cualquiera	
Categoría de diseño posible en conjunto = la menor de arriba		

9. ANGULO DE INUNDACIÓN

El ángulo de inundación en la condición de carga mínima operativa es de 102°

Ángulo de inclinación

Característica	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
Valor requerido:				6.2.3
Categorías A + B = 40°, Categoría C = 35°, Categoría D = 30°	φDA	Grados	40	Tabla 3
Ángulo real de inundación: cualquier abertura a mMOC	φDA	grados	102	3.3.2
Si mLDC / mMOC > 1.15 , entonces también a mLDC	φDA	grados	-	3.3.2
Método utilizado para determinar □DA				Anexo B,2
Categoría posible del ángulo de inundación □DA			A	6.2.3
Angulo real de inclinación: para las cabinas de mando que no sean de achique rápido	φDA	grados	102	3.3.2
Ángulo real de inundación: para la escotilla principal	φDA	grados	102	3.3.2



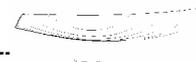
10. ANGULO DE ESTABILIDAD NULA

En la condición mínima operativa el ángulo de estabilidad nulo es de 117 °.

Dado que la embarcación no posee reserva de flotabilidad que le permitan mantenerse a flote en caso de inundación, se debe aplicar los requisitos normales según el apartado 6.3.1.

Ángulo de estabilidad nula

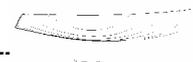
Característica	Símbolo	Unidad	A mMOC	A mLDC	Referencia
Peso en la condición aplicable	m	kg	8940		3.5.3
Categorías posibles según el peso (A > 3000kg , B > 1500kg)			A		Tabla 4
Valor requerido del ángulo de estabilidad nula:					6.3.1
Categoría A = (130 - m/500)pero > 100°					
Categoría B = (130 - m/200)pero > 95°					
Categoría C = 90°					
Categoría D = 75°	ϕ_v	grados	106		Tabla 4
Ángulo real de estabilidad nula	$\phi_V(\text{real})$	grados	117		3.4.10
Categoría posible de acuerdo con el ángulo de estabilidad nula:			B		6.3.1



11. ÍNDICE DE ESTABILIDAD (STIX)

Rellene la columna para $mLDC$ sólo cuando $mLDC/mMOC > 1.15$

Factor	Característica	Símbolo	Unidad	A mMOC	A mLDC	Ref.
FDS	Area positiva bajo la curva GZ para ϕV o ϕD (véase el texto)	AGZ	m grados	34.15		6.4.2
	Eslora del casco	LH	m	9.95		3.4.1
	Factor calculado = $AGZ/(15.81LH^{0.5})$	FDS	-	0.685		6.4.2
	FDS cuando se limite por el intervalo 0.5 a 1.5	FDS	-			6.4.2
FIR	Ángulo de estabilidad nula	ϕV	Grados	117°		3.4.10
	Si $m < 40.000$, $FIR = \phi V / (125 - m / 1600)$					
	Si $m > 40.000$, $FIR = \phi V / 100$	FIR	-	0.958		6.4.3
	FIR cuando se limite por el intervalo 0.4 a 1.5	FIR				6.4.3
FKR	Brazo del par de adrizamiento para una escora de 90°	GZ90	m	0.293		6.4.4
	Area nominal de las velas (véase la Norma ISO 8666)	As	m ²	38		3.4.8
	Altura del centro del área As por encima de la flotación	hCE	m	5.17		6.4.4
	Calcular $FR = (GZ90 \text{ m}) / (2As \text{ hCE})$	FR	-	3.761		
	Si $FR > 1.5$, $FKR = (0.875 + 0.08333FR)$					
	Si $FR < 1.5$, $FKR = (0.5 + 0.08333FR)$					
	Si $GZ90 < 0$, $FKR = 0.5$	FKR	-	1.187		6.4.4
	FKR cuando se limite por el intervalo 0.5 a 1.5	FKR	-			6.4.4
FDL	Eslora en la flotación	LWL	m	8.066		3.4.2
	Eslora basada en la dimensión $LBS = (2LWL + LH) / 3$	LBS	m	8.694		6.4.5
	Calcular $FL = (2LBS / 11)^{0.2}$	FL	-	0.954		6.4.5
	Calcular $FDL = \left(0.6 + \left(\frac{15 m_{MSC} F_L}{LBS^3 (333 - 8 L_{as})} \right)^{0.5} \right)$	FDL	-	0.986		6.4.5
	FDL cuando se limite por el intervalo 0.75 a 1.25	FDL	-			6.4.5
FBD	Manga del casco	BH	m	3		3.4.3
	Manga en la flotación	BWL	m	2.462		3.4.4
	Calcular $FB = 3.3 BH / (0.03m)^{0.33}$	FB	-	1.93		6.4.6
	Si $FB > 2.2$, $FBD = (13.31BWL / (BHF B^3))^{0.5}$					
	Si $FB < 1.5$, $FBD = (0.875 + 0.08333FR)$					
	En otros casos $FBD = 1.118(BWL / BH)^{0.5}$	FBD	-	1.013		6.4.6
	FBD cuando se limite por el intervalo 0.75 a 1.25	FBD	-			6.4.6
FWM	Ángulo de inundación = el menor de ϕDC y ϕDH	ϕD	grados	118		3.3.2
	Si $\phi D > 90^\circ$ (véase la hoja de trabajo 3) entonces $FWM = 1$					
	Si $\phi D < 90^\circ$ entonces:			1		
	Brazo del par de adrizamiento para el ángulo de inundación	GZD	m			6.4.7
	Brazo del par desde el centro del área de las velas hasta el perfil bajo el agua	hCE + hLP	m			6.4.7
	Cálculo de velocidad del viento a la que se producen serias inundaciones = $(13 m_{MSC} GZD / (As(hCE + hLP)(\cos \phi D)^{1.3}))^{0.5}$	v_{AW}	m/s			6.4.7



Si $\phi D < 90^\circ$, $FWM = \nu AW / 17$; si $\phi D > 90^\circ$, $FWM = 1$	FWM	-	1	6.4.7
FWM cuando se limite por el intervalo 0.5 a 1.0	FWM	-	1	6.4.7

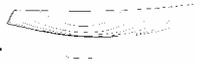
Factor	Característica	Símbolo	Unidad	A mMOC	A MldC	Ref.
	Ángulo de inundación hasta la cabina de mando de no achique rápido	ϕDC	grados	102		3.3.2
	Ángulo de inundación hasta la escotilla principal de acceso	ϕDH	grados	102		3.3.3
	Área total de las aberturas para hallar $\phi DAI = (50LH^2)$		mm ²			6.4.8
	Ángulo de inundación hasta que se sumerge el área anterior	ϕDAI	grados			6.4.8
	Menor de los tres ángulos anteriores	ϕDC	grados	102		6.4.8
	Entonces $FDF = \phi D / 90$			1.14		6.4.8
FDF	FDF cuando se limite por el intervalo 0.5 a 1.25	FDF	-			6.4.8

Cálculo del STIX y asignación de la Categoría de Diseño

Característica	Símbolo	Unidad	A mMOC	A mLDC	Referencia
¿Flota la embarcación de acuerdo con el apartado 7.6 y cuando se inunda tiene $GZ_{90} > 0$, SI / NO?			No		6.4.9
Si la respuesta a lo anterior es SI entonces $\delta = 5$, si es NO $\delta = 0$	δ	-	0		6.4.9
Eslora basada en la dimensión LBS (de la Hoja 5) = $(2LWL + LH) / 3$	LBS	m	8.694		6.4.9
Producto de todos los 7 factores = $FDS \times FIR \times FKR \times FDL \times FBD \times FWM \times FDF$	F	-	0.889		6.4.9
STIX = $((F^{0.5})(7+2.25LBS)) + \delta$	STIX	-	25		6.4.9
Categoría de diseño posible de acuerdo con el STIX:			B		
A Cuando STIX > 32, B cuando STIX > 23, C cuando STIX > 14, D cuando STIX > 5					Tabla 5

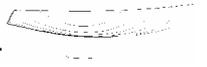
12. CONCLUSIONES

La embarcación cumple con todos los requisitos de estabilidad y flotabilidad exigidos para la Categoría B según la norma ISO 12217:2-2002, y por supuesto con los



criterios de la Categoría C que era el objetivo del proyecto especificado en el Capítulo 1.

---- 000 ----





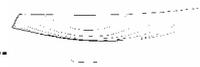
CAPÍTULO 14

PREDICCIÓN DE VELOCIDAD A VELA

Al la hora de analizar la velocidad que puede alcanzar un velero navegando a vela, es necesario entender que la carena ofrece diferente resistencia cuando está adrizada y cuando está escorada. Dicha escora variará en función de la estabilidad propia del barco y de la intensidad de la componente lateral de la fuerza aerodinámica. A su vez, la fuerza aerodinámica varía en función del rumbo de navegación ya que la intensidad del viento aparente (el que recibe las velas) varía de fuerza e intensidad.

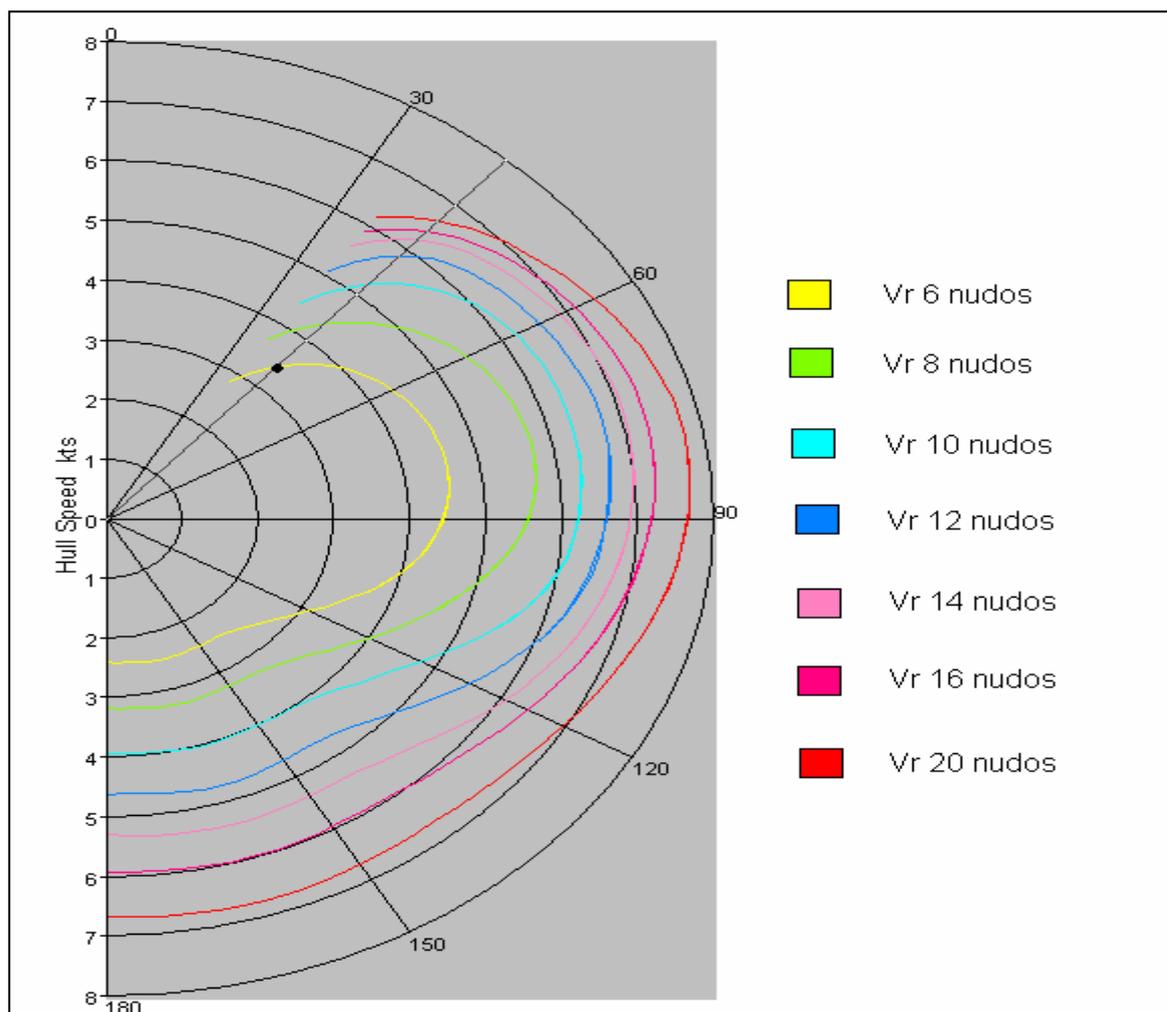
Es necesario pues realizar una serie de cálculos complejos que permitan la ínter actuación de todos los parámetros que realmente actúan para poder estimar cual será la velocidad de la embarcación en un rumbo determinado y con una intensidad de viento determinada.

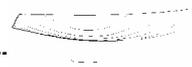
Al llegar a este capítulo, ya conocemos los datos de la carena y del aparejo, así como los datos referentes al centro de gravedad y la estabilidad de la embarcación



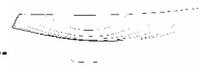
así que podemos realizar la Predicción de Velocidad a Vela utilizando el software Span.

A continuación se exponen los resultados de las VPP (Velocity Prediction Program) en forma de curva polar que representa la velocidad de la embarcación en función de la intensidad del viento real y del rumbo de navegación con respecto al viento.

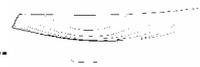




Viento real (nudos)	Angulo beta Vr	Spinnaker	Viento aparente (nudos)	Angulo beta Va	Velocidad del casco (nudos)	Velocity Make Good VMG	Angulo de Escora	Fuerza propulsora KN	Fuerza lateral KN	Rizo mayor	Flat	Resistencia por formas	Resistencia inducida	Par escante aerodinámico kg.m	Par escorante hidrodinámico kg.m	Par adriznte tripulación kg.m	Par adrizante casco kg.m
6	35	down	8	23	2,8	2,3	2,2	0,1	0,6	1	1	0,1	0	274,6	42	144	172
6	39	down	8,3	25	3,2	2,5	2,3	0,1	0,6	1	1	0,1	0	293,3	45	151	187
6	42	down	8,4	26	3,5	2,6	2,4	0,2	0,6	1	1	0,1	0	303,1	46	154	195
6	45	down	8,5	27	3,7	2,6	2,4	0,2	0,7	1	1	0,2	0	309,6	47	156	201
6	50	down	8,6	29	4	2,5	2,4	0,2	0,7	1	1	0,2	0	314,2	48	158	205
6	60	down	8,6	34	4,3	2,2	2,4	0,2	0,6	1	1	0,2	0	303,8	46	154	197
6	75	down	8	42	4,6	1,2	2,1	0,3	0,5	1	1	0,3	0	253,8	39	135	158
6	90	down	7,1	51	4,4	0	1,6	0,2	0,4	1	1	0,2	0	176,9	27	105	99
6	100	down	6,3	60	4,1	-0,7	1,2	0,2	0,3	1	1	0,2	0	119,7	18	79,9	58
6	110	down	5,5	72	3,6	-1,2	0,9	0,2	0,2	1	1	0,2	0	73,59	11	55,9	29
6	80	up	7,7	45	4,6	0,8	2	0,3	0,5	1	1	0,3	0	230,6	35	126	140
6	90	up	7,1	51	4,4	0	1,6	0,2	0,4	1	1	0,2	0	177	27	105	99
6	100	up	6,3	60	4,1	-0,7	1,2	0,2	0,3	1	1	0,2	0	119,8	18	79,9	58
6	110	up	5,5	72	3,6	-1,2	0,9	0,2	0,2	1	1	0,2	0	73,64	11	56	29
6	120	up	4,8	86	3,1	-1,5	0,6	0,1	0,1	1	1	0,1	0	46,02	6,9	38,9	14
6	130	up	4,3	102	2,7	-1,7	0,5	0,1	0,1	1	1	0,1	0	33,89	5	30,4	8,5
6	140	up	4	116	2,5	-1,9	0,4	0,1	0,1	1	1	0,1	0	27,79	4,1	25,8	6,1
6	150	up	3,6	130	2,4	-2,1	0,3	0,1	0,1	1	1	0,1	0	22,48	3,4	21,6	4,3
6	165	up	3,2	154	2,4	-2,4	0,2	0,1	0	1	1	0,1	0	12,7	1,9	13,1	1,6
6	175	up	3,1	171	2,4	-2,4	0,1	0,1	0	1	1	0,1	0	5,8	0,9	6,31	0,4
6	180	up	3,1	180	2,4	-2,4	-0,1	0,1	-0	1	1	0,1	0	-2,7	-0,4	3,02	0,1
8	35	down	11	23	3,7	3	3,3	0,2	1	1	1	0,2	0,1	481,5	74	216	339
8	39	down	11	25	4,2	3,2	3,5	0,2	1,1	1	1	0,2	0	509,2	78	225	362
8	42	down	11	26	4,4	3,3	3,5	0,3	1,1	1	1	0,2	0	521,3	80	229	372
8	45	down	11	28	4,7	3,3	3,6	0,3	1,1	1	1	0,3	0	528,4	81	231	378
8	50	down	11	30	5	3,2	3,6	0,4	1,1	1	1	0,3	0	532,1	81	232	382
8	60	down	11	35	5,5	2,7	3,5	0,4	1,1	1	1	0,4	0	513,3	79	225	367
8	75	down	10	43	5,7	1,5	3	0,5	0,9	1	1	0,5	0	423,7	65	194	295
8	90	down	9,2	53	5,5	0	2,3	0,4	0,6	1	1	0,4	0	292,1	45	148	189
8	100	down	8,2	62	5,1	-0,9	1,7	0,3	0,4	1	1	0,3	0	195,6	30	112	113
8	110	down	7,2	74	4,5	-1,6	1,3	0,3	0,3	1	1	0,3	0	123,6	19	81,4	61
8	80	up	10	46	5,7	1	2,8	0,5	0,8	1	1	0,5	0	383,7	59	180	263
8	90	up	9,2	53	5,5	0	2,3	0,4	0,6	1	1	0,4	0	292,3	45	148	189
8	100	up	8,2	62	5,1	-0,9	1,7	0,3	0,4	1	1	0,3	0	195,8	30	112	113
8	110	up	7,2	74	4,5	-1,6	1,3	0,3	0,3	1	1	0,3	0	123,7	19	81,4	61
8	120	up	6,4	87	4	-2	0,9	0,2	0,2	1	1	0,2	0	80,75	12	59,7	33
8	130	up	5,8	102	3,5	-2,3	0,7	0,1	0,1	1	1	0,1	0	60,4	8,9	48	21
8	140	up	5,3	117	3,3	-2,5	0,6	0,1	0,1	1	1	0,1	0	49,71	7,4	41,3	16
8	150	up	4,8	131	3,2	-2,8	0,5	0,1	0,1	1	1	0,1	0	40,27	6,1	35	11



8	165	up	4,3	154	3,2	-3,1	0,3	0,1	0,1	1	1	0,1	0	22,76	3,4	21,8	4,4
8	175	up	4,2	171	3,2	-3,2	0,2	0,1	0	1	1	0,1	0	10,43	1,6	10,9	1,1
8	180	up	4,2	180	3,2	-3,2	-0,1	0,1	-0	1	1	0,1	0	-4,87	-0,7	5,33	0,3
10	35	down	13	24	4,4	3,6	4,9	0,3	1,5	1	1	0,2	0,1	733,2	112	314	531
10	39	down	13	25	5	3,8	5,2	0,4	1,6	1	1	0,3	0,1	769,3	118	333	554
10	42	down	14	27	5,3	3,9	5,4	0,4	1,7	1	1	0,4	0,1	788,1	120	344	565
10	45	down	14	28	5,6	3,9	5,5	0,5	1,7	1	1	0,4	0,1	798,5	122	350	570
10	50	down	14	31	5,9	3,8	5,4	0,5	1,7	1	1	0,5	0,1	793	121	346	568
10	60	down	13	36	6,2	3,1	4,9	0,6	1,6	1	1	0,6	0	735	113	312	535
10	75	down	12	46	6,3	1,6	3,9	0,7	1,3	1	1	0,7	0	588,3	90	250	428
10	90	down	11	56	6,2	0	2,9	0,6	0,9	1	1	0,6	0	401,7	62	185	278
10	100	down	10	64	5,9	-1	2,3	0,5	0,6	1	1	0,5	0	282,1	43	144	181
10	110	down	8,9	75	5,4	-1,9	1,7	0,4	0,4	1	1	0,4	0	185,5	28	108	106
10	80	up	12	49	6,3	1,1	3,6	0,7	1,1	1	1	0,7	0	529,2	81	229	382
10	90	up	11	56	6,2	0	2,9	0,6	0,9	1	1	0,6	0	401,8	62	185	278
10	100	up	10	64	5,9	-1	2,3	0,5	0,6	1	1	0,5	0	282,2	43	144	181
10	110	up	8,9	75	5,4	-1,9	1,7	0,4	0,4	1	1	0,4	0	185,6	28	108	106
10	120	up	8	89	4,8	-2,4	1,3	0,3	0,3	1	1	0,3	0	124	18	81,3	61
10	130	up	7,2	103	4,3	-2,7	1	0,2	0,2	1	1	0,2	0	94,82	14	67,1	42
10	140	up	6,6	117	4	-3,1	0,9	0,2	0,2	1	1	0,2	0	78,33	12	58,4	32
10	150	up	6,1	131	4	-3,4	0,8	0,2	0,1	1	1	0,2	0	63,5	9,6	49,9	23
10	165	up	5,5	154	4	-3,8	0,5	0,2	0,1	1	1	0,2	0	35,93	5,4	31,8	9,5
10	175	up	5,3	171	3,9	-3,9	0,3	0,2	0	1	1	0,2	0	16,5	2,5	16,4	2,5
10	180	up	5,3	180	3,9	-3,9	-0,1	0,2	-0	1	1	0,2	0	-7,74	-1,2	8,25	0,6
12	35	down	15	24	5,1	4,2	9,4	0,4	2,2	1	1	0,3	0,1	1019	156	599	575
12	39	down	16	26	5,7	4,4	10	0,5	2,2	1	1	0,4	0,1	1065	163	654	574
12	42	down	16	27	5,9	4,4	11	0,6	2,3	1	1	0,5	0,1	1074	164	664	573
12	45	down	16	29	6,1	4,3	11	0,7	2,3	1	1	0,6	0,1	1069	163	659	574
12	50	down	16	32	6,3	4,1	10	0,8	2,2	1	1	0,7	0,1	1044	160	629	574
12	60	down	15	38	6,6	3,3	8,4	0,9	2	1	1	0,8	0,1	955,9	146	525	577
12	75	down	14	48	6,7	1,7	5,1	1	1,6	1	1	0,9	0	756,9	116	323	550
12	90	down	13	59	6,6	0	3,5	0,8	1,1	1	1	0,8	0	508	78	221	365
12	100	down	12	68	6,4	-1,1	2,7	0,7	0,8	1	1	0,7	0	362,9	55	172	246
12	110	down	11	78	6	-2,1	2,1	0,6	0,5	1	1	0,5	0	251,9	38	133	157
12	80	up	14	52	6,7	1,2	4,5	0,9	1,4	1	1	0,9	0	675,9	104	284	496
12	90	up	13	59	6,6	0	3,5	0,8	1,1	1	1	0,8	0	508,1	78	221	365
12	100	up	12	68	6,4	-1,1	2,7	0,7	0,8	1	1	0,7	0	362,9	55	172	246
12	110	up	11	78	6	-2,1	2,1	0,6	0,5	1	1	0,5	0	251,9	38	133	157
12	120	up	9,5	90	5,5	-2,8	1,6	0,4	0,4	1	1	0,4	0	176,7	26	104	99
12	130	up	8,7	104	5	-3,2	1,4	0,3	0,3	1	1	0,3	0	137,4	20	87,3	70
12	140	up	8	118	4,7	-3,6	1,2	0,3	0,2	1	1	0,3	0	114,3	17	76,8	55
12	150	up	7,4	132	4,7	-4	1	0,3	0,2	1	1	0,3	0	92,87	14	66,1	41
12	165	up	6,6	154	4,7	-4,5	0,7	0,3	0,1	1	1	0,3	0	52,62	8	43,1	18
12	175	up	6,4	171	4,6	-4,6	0,4	0,3	0,1	1	1	0,3	0	24,29	3,7	22,9	5
12	180	up	6,4	180	4,6	-4,6	-0,2	0,3	-0	1	1	0,3	0	-11,5	-1,7	11,9	1,3
14	35	down	18	24	5,6	4,6	14	0,6	2,6	1	0,9	0,4	0,1	1231	188	853	567
14	39	down	18	26	6	4,7	16	0,7	2,8	1	1	0,6	0,1	1339	205	983	561
14	42	down	18	28	6,3	4,7	16	0,8	2,8	1	1	0,6	0,1	1348	206	994	560
14	45	down	18	29	6,4	4,5	16	0,9	2,8	1	1	0,7	0,1	1334	204	977	561
14	50	down	18	32	6,6	4,3	15	1	2,7	1	1	0,9	0,1	1297	198	933	563

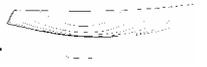


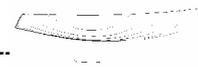
14	60	down	17	39	6,9	3,4	13	1,1	2,5	1	1	1,1	0,1	1184	181	797	569
14	75	down	16	50	7	1,8	8	1,2	2	1	1	1,2	0,1	933,7	144	500	578
14	90	down	15	62	6,9	0	4,2	1,1	1,3	1	1	1,1	0	623,6	95	262	457
14	100	down	13	71	6,7	-1,2	3,2	0,9	0,9	1	1	0,9	0	450,8	69	201	318
14	110	down	12	81	6,4	-2,2	2,5	0,7	0,7	1	1	0,7	0	322,3	48	158	213
14	80	up	16	54	7	1,2	6	1,2	1,8	1	1	1,2	0	831,5	128	379	580
14	90	up	15	62	6,9	0	4,2	1,1	1,3	1	1	1,1	0	623,6	96	263	457
14	100	up	13	71	6,7	-1,2	3,2	0,9	1	1	1	0,9	0	450,7	69	201	318
14	110	up	12	81	6,4	-2,2	2,5	0,7	0,7	1	1	0,7	0	322,2	48	158	213
14	120	up	11	92	6,1	-3	2	0,6	0,5	1	1	0,6	0	237	35	127	145
14	130	up	10	105	5,7	-3,6	1,7	0,4	0,4	1	1	0,4	0	187,9	28	108	107
14	140	up	9,4	118	5,4	-4,1	1,5	0,4	0,3	1	1	0,4	0	157	23	95,8	85
14	150	up	8,7	132	5,3	-4,6	1,3	0,4	0,3	1	1	0,4	0	127,8	19	83	64
14	165	up	7,8	155	5,4	-5,2	0,9	0,4	0,2	1	1	0,4	0	72,47	11	54,8	29
14	175	up	7,6	172	5,3	-5,3	0,5	0,4	0,1	1	1	0,4	0	33,58	5,1	30	8,7
14	180	up	7,6	180	5,3	-5,3	-0,3	0,4	-0	1	1	0,4	0	-16	-2,4	15,9	2,4
16	35	down	20	24	5,9	4,8	17	0,7	2,9	1	0,9	0,5	0,2	1385	212	1039	558
10	90	up	11	56	6,2	0	2,9	0,6	0,9	1	1	0,6	0	401,8	62	185	278
10	100	up	10	64	5,9	-1	2,3	0,5	0,6	1	1	0,5	0	282,2	43	144	181
10	110	up	8,9	75	5,4	-1,9	1,7	0,4	0,4	1	1	0,4	0	185,6	28	108	106
10	120	up	8	89	4,8	-2,4	1,3	0,3	0,3	1	1	0,3	0	124	18	81,3	61
10	130	up	7,2	103	4,3	-2,7	1	0,2	0,2	1	1	0,2	0	94,82	14	67,1	42
10	140	up	6,6	117	4	-3,1	0,9	0,2	0,2	1	1	0,2	0	78,33	12	58,4	32
10	150	up	6,1	131	4	-3,4	0,8	0,2	0,1	1	1	0,2	0	63,5	9,6	49,9	23
10	165	up	5,5	154	4	-3,8	0,5	0,2	0,1	1	1	0,2	0	35,93	5,4	31,8	9,5
10	175	up	5,3	171	3,9	-3,9	0,3	0,2	0	1	1	0,2	0	16,5	2,5	16,4	2,5
10	180	up	5,3	180	3,9	-3,9	-0,1	0,2	-0	1	1	0,2	0	-7,74	-1,2	8,25	0,6
12	35	down	15	24	5,1	4,2	9,4	0,4	2,2	1	1	0,3	0,1	1019	156	599	575
12	39	down	16	26	5,7	4,4	10	0,5	2,2	1	1	0,4	0,1	1065	163	654	574
12	42	down	16	27	5,9	4,4	11	0,6	2,3	1	1	0,5	0,1	1074	164	664	573
12	45	down	16	29	6,1	4,3	11	0,7	2,3	1	1	0,6	0,1	1069	163	659	574
12	50	down	16	32	6,3	4,1	10	0,8	2,2	1	1	0,7	0,1	1044	160	629	574
12	60	down	15	38	6,6	3,3	8,4	0,9	2	1	1	0,8	0,1	955,9	146	525	577
12	75	down	14	48	6,7	1,7	5,1	1	1,6	1	1	0,9	0	756,9	116	323	550
12	90	down	13	59	6,6	0	3,5	0,8	1,1	1	1	0,8	0	508	78	221	365
12	100	down	12	68	6,4	-1,1	2,7	0,7	0,8	1	1	0,7	0	362,9	55	172	246
12	110	down	11	78	6	-2,1	2,1	0,6	0,5	1	1	0,5	0	251,9	38	133	157
12	80	up	14	52	6,7	1,2	4,5	0,9	1,4	1	1	0,9	0	675,9	104	284	496
12	90	up	13	59	6,6	0	3,5	0,8	1,1	1	1	0,8	0	508,1	78	221	365
12	100	up	12	68	6,4	-1,1	2,7	0,7	0,8	1	1	0,7	0	362,9	55	172	246
12	110	up	11	78	6	-2,1	2,1	0,6	0,5	1	1	0,5	0	251,9	38	133	157
12	120	up	9,5	90	5,5	-2,8	1,6	0,4	0,4	1	1	0,4	0	176,7	26	104	99
12	130	up	8,7	104	5	-3,2	1,4	0,3	0,3	1	1	0,3	0	137,4	20	87,3	70
12	140	up	8	118	4,7	-3,6	1,2	0,3	0,2	1	1	0,3	0	114,3	17	76,8	55
12	150	up	7,4	132	4,7	-4	1	0,3	0,2	1	1	0,3	0	92,87	14	66,1	41
12	165	up	6,6	154	4,7	-4,5	0,7	0,3	0,1	1	1	0,3	0	52,62	8	43,1	18
12	175	up	6,4	171	4,6	-4,6	0,4	0,3	0,1	1	1	0,3	0	24,29	3,7	22,9	5
12	180	up	6,4	180	4,6	-4,6	-0,2	0,3	-0	1	1	0,3	0	-11,5	-1,7	11,9	1,3
14	35	down	18	24	5,6	4,6	14	0,6	2,6	1	0,9	0,4	0,1	1231	188	853	567
14	39	down	18	26	6	4,7	16	0,7	2,8	1	1	0,6	0,1	1339	205	983	561



14	42	down	18	28	6,3	4,7	16	0,8	2,8	1	1	0,6	0,1	1348	206	994	560
14	45	down	18	29	6,4	4,5	16	0,9	2,8	1	1	0,7	0,1	1334	204	977	561
14	50	down	18	32	6,6	4,3	15	1	2,7	1	1	0,9	0,1	1297	198	933	563
14	60	down	17	39	6,9	3,4	13	1,1	2,5	1	1	1,1	0,1	1184	181	797	569
14	75	down	16	50	7	1,8	8	1,2	2	1	1	1,2	0,1	933,7	144	500	578
14	90	down	15	62	6,9	0	4,2	1,1	1,3	1	1	1,1	0	623,6	95	262	457
14	100	down	13	71	6,7	-1,2	3,2	0,9	0,9	1	1	0,9	0	450,8	69	201	318
14	110	down	12	81	6,4	-2,2	2,5	0,7	0,7	1	1	0,7	0	322,3	48	158	213
14	80	up	16	54	7	1,2	6	1,2	1,8	1	1	1,2	0	831,5	128	379	580
14	90	up	15	62	6,9	0	4,2	1,1	1,3	1	1	1,1	0	623,6	96	263	457
14	100	up	13	71	6,7	-1,2	3,2	0,9	1	1	1	0,9	0	450,7	69	201	318
14	110	up	12	81	6,4	-2,2	2,5	0,7	0,7	1	1	0,7	0	322,2	48	158	213
14	120	up	11	92	6,1	-3	2	0,6	0,5	1	1	0,6	0	237	35	127	145
14	130	up	10	105	5,7	-3,6	1,7	0,4	0,4	1	1	0,4	0	187,9	28	108	107
14	140	up	9,4	118	5,4	-4,1	1,5	0,4	0,3	1	1	0,4	0	157	23	95,8	85
14	150	up	8,7	132	5,3	-4,6	1,3	0,4	0,3	1	1	0,4	0	127,8	19	83	64
14	165	up	7,8	155	5,4	-5,2	0,9	0,4	0,2	1	1	0,4	0	72,47	11	54,8	29
14	175	up	7,6	172	5,3	-5,3	0,5	0,4	0,1	1	1	0,4	0	33,58	5,1	30	8,7
14	180	up	7,6	180	5,3	-5,3	-0,3	0,4	-0	1	1	0,4	0	-16	-2,4	15,9	2,4
16	35	down	20	24	5,9	4,8	17	0,7	2,9	1	0,9	0,5	0,2	1385	212	1039	558

-----000-----



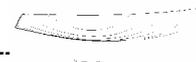


CAPÍTULO 15

PRESUPUESTO PRELIMINAR

Aunque el desarrollo del presupuesto no formaba parte de los contenidos fijados al comienzo del proyecto, no se quiere concluir el mismo sin estudiar el precio que una embarcación de estas características puede adquirir en el mercado español. Para lo cual se han obtenido los precios de venta al público sin impuestos de los siguientes barcos:

Modelo	L	B	PVP (imp excl.)	Precio /L	Precio/B
Sun odyssey 29,2	8,5	2,98	53742	6323	18034
Malbec 290	8,88	3,05	45500	5124	14918
Hunter 31	9,13	3,27	74444	8154	22766
Elan 31	9,2	3,2	66990	7282	20934
Bavaria 30 cruiser	9,32	3,29	51328	5507	15601
Hanse 315	9,35	3,2	59900	6406	18719
Elan 340	9,39	3,48	91000	9691	26149
Sun Odyssey 32i	9,45	3,3	64069	6780	19415
First 31,7	9,5	3,23	64250	6763	19892
Hallberg Rassy 31	9,62	3,3	106800	11102	32364
Oceanis 323 Clipper	9,72	3,26	69700	7171	21380
Ro 340	9,8	3,25	85000	8673	26154
Golfo 980	9,8	3,3	60000	6122	18182
Impression 344	9,99	3,49	84000	8408	24069
First 34,7	9,99	3,37	87870	8796	26074
Hunter ,33	10,08	3,51	87283	8659	24867
Figaro Beneteau 2	10,11	3,43	124330	12298	36248
Bavaria 33 cruiser	10,25	3,48	69479	6778	19965
Hallberg Rassy 342	10,32	3,42	147000	14244	42982
Oceanis 343 Clipper	10,38	3,48	81706	7871	23479
Sunbeam 34	10,5	3,35	129500	12333	38657
Hunter 36	10,56	3,76	113445	10743	30172
Malbec 360	10,66	3,36	93302	8753	27768
First 36,7	10,68	3,45	101800	9532	29507



Para estimar el precio de venta al público que debería tener nuestra embarcación hemos utilizado las relaciones Eslora / PVP, y Manga /PVP.

Del estudio de mercado se revela que el precio medio por metro de eslora es de 8491 euros (sin impuestos) y el precio medio por metro de manga es de 24977 euros.

Si lo aplicamos a nuestra embarcación, con una eslora de 9.95 m y una manga de 3.0 metros obtenemos dos posibles PVP: 84490 y 74930 euros.

Dado que nuestra embarcación se trata de una de estilo clásico y utiliza más las maderas nobles para los interiores y la teca para la cubierta, hemos de considerar que se trata de una embarcación de alto estándar por lo que sería justo suponer un precio alto.

Como conclusión pues suponemos el PVP (sin impuestos) de la embarcación en 85000 euros.

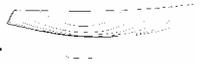
Los impuestos que tendrá que abonar el comprador serán:

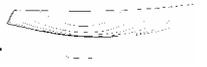
IVA = 16% = 13600 euros

Matriculación = 12% = 10200 euros

Precio PVP con impuestos = 108800 euros

-----000-----





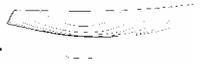
CAPÍTULO 16

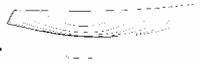
CONCLUSIONES

Finalizamos el diseño de nuestra embarcación con la seguridad de haber cumplido con todas las especificaciones de partida, así como con la tranquilidad haber conseguido una embarcación estética, muy habitable y correctamente equilibrada en la distribución de sus formas, pesos y aparejo.

Durante el desarrollo del proyecto hemos contemplado todos los aspectos principales de una embarcación de estas características, y podemos asegurar que podría construirse en un futuro y cumplir así con las expectativas de muchos posibles armadores amantes de la navegación a vela.

----000----



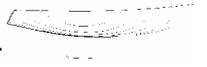


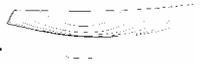
CAPÍTULO 17

BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del presente proyecto se han consultado las siguientes publicaciones, revistas y páginas web:

- Apuntes de la E.U.I.T.N. de las asignaturas de Embarcaciones Deportivas, Teoría del Buque y Materiales Compuestos.
- “Principles of yacht design”. Autores: Lars Larsson y Rolf E Eliasson. ISBN 0-7136-3855-9
- “Yacht and small craft design” .Autor: Gordon Trower. ISBN1-85223-709-0
- Aero-Hydrodynamics of sailing”. Autor: C A Marchaj
- www.fondear.org
- www.lewmar.com
- www.volvo.com
- www.rfev.com



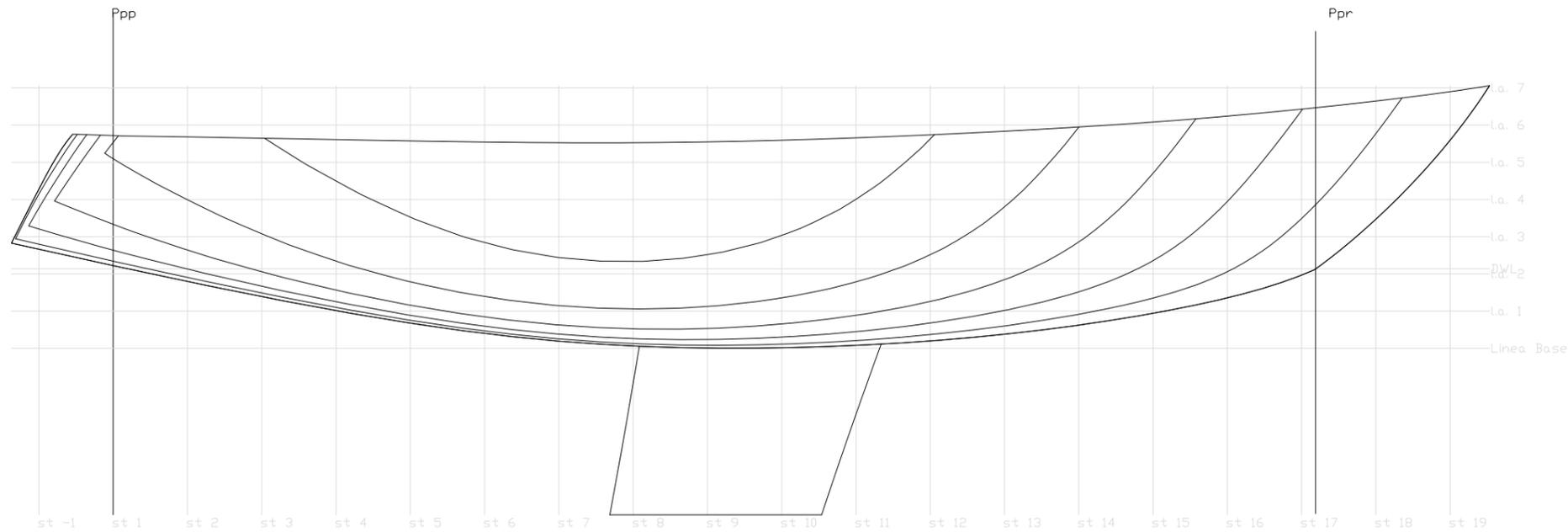


CAPÍTULO 18

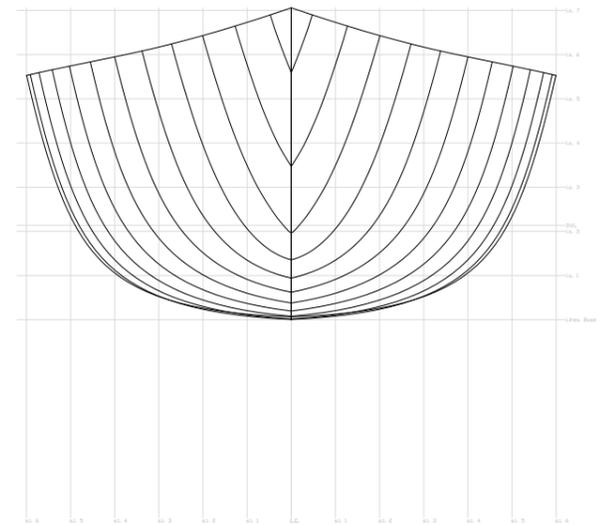
PLANOS DE LA EMBARCACIÓN

A continuación se exponen los siguientes planos de la embarcación:

- Plano N° BFB-2007-02-01: Plano de Formas
- Plano N° BFB-2007-02-02: Plano Disposición General Interior
- Plano N° BFB-2007-02-03: Plano Disposición General Cubierta
- Plano N° BFB-2007-02-04: Plano Vélico
- Plano N° BFB-2007-02-05: Plano de Escantillonado
- Plano N° BFB-2007-02-06: Plano de Apéndices.



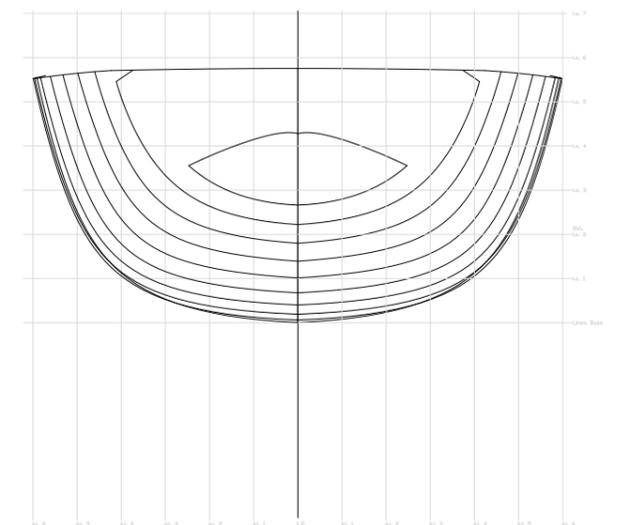
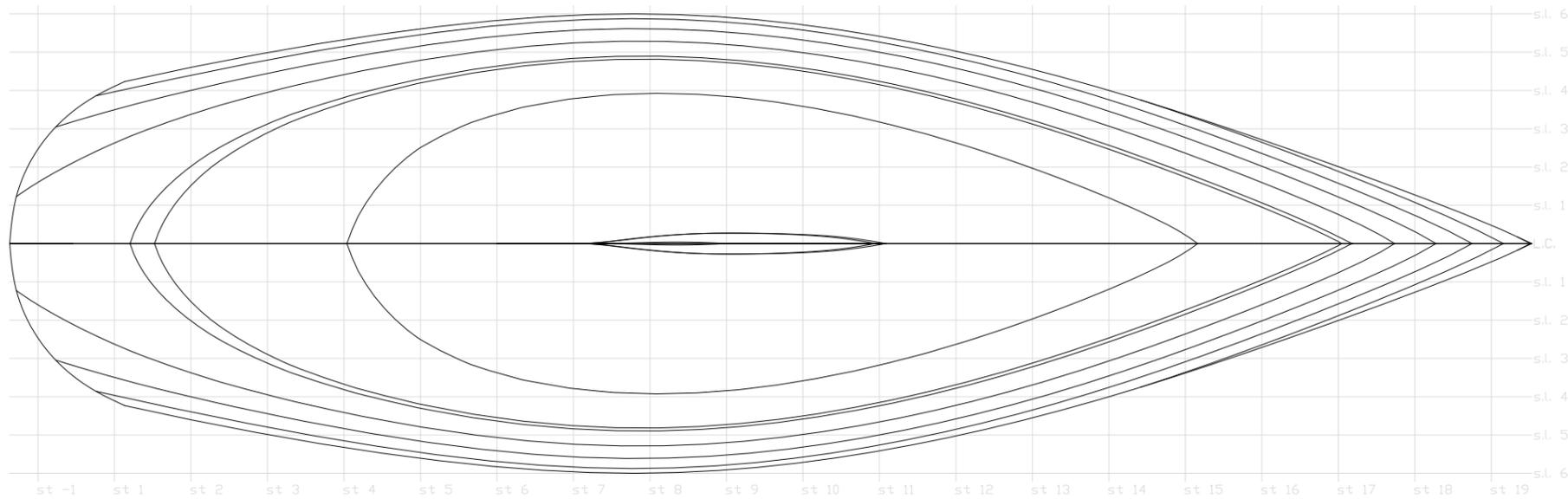
Secciones proa (st 8, 9, ... 19)



Nº	DESCRIPCIÓN	Nº
L.O.A.	Eslora máxima (Eslora de casco Lh)	9,95 m
L.p.p.	Eslora entre perpendiculares	8,09 m
B.max	Manga máxima	3,00 m
D	Puntal	1,39 m
T	Calado en rosca (sin apéndices)	0,53 m
Tc	Calado en rosca con apéndices	1,65 m
	Desplazamiento en rosca	4300 kg
	Lastre	1500 kg

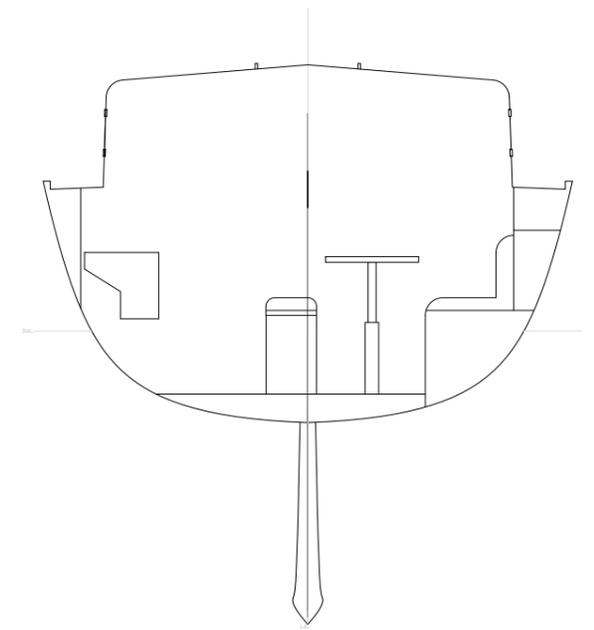
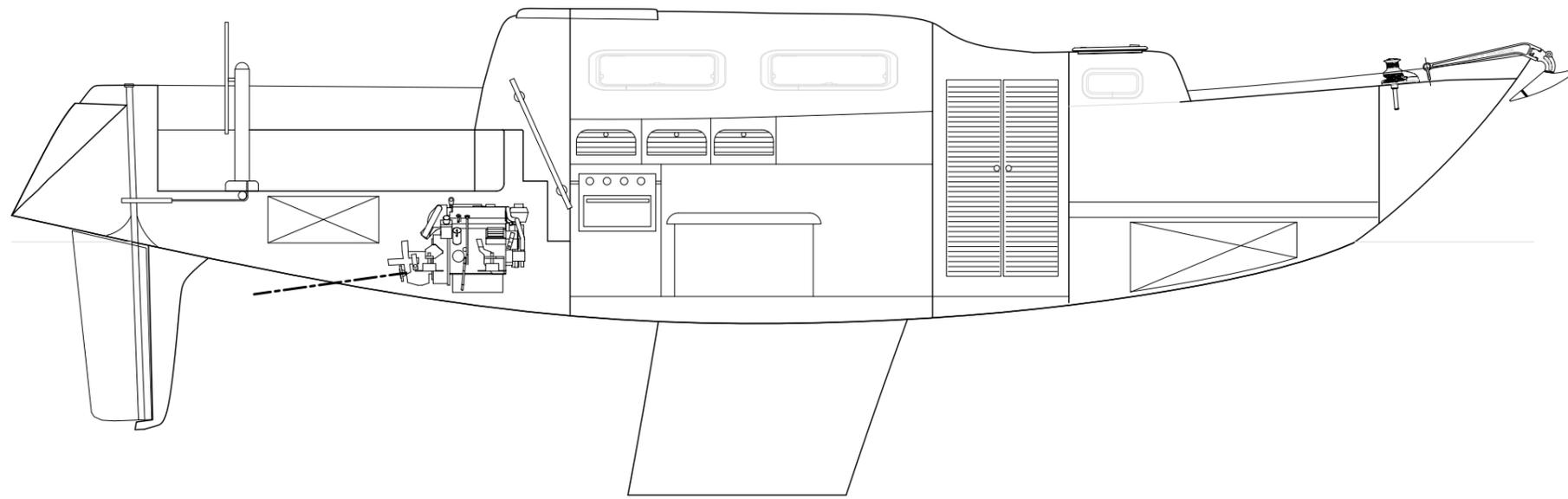
Separación entre cuadernas	0,50 m
Separación entre secciones long.	0,25 m
Separación entre líneas de agua	0,25 m

Secciones proa (st 1, 2, ... 7)

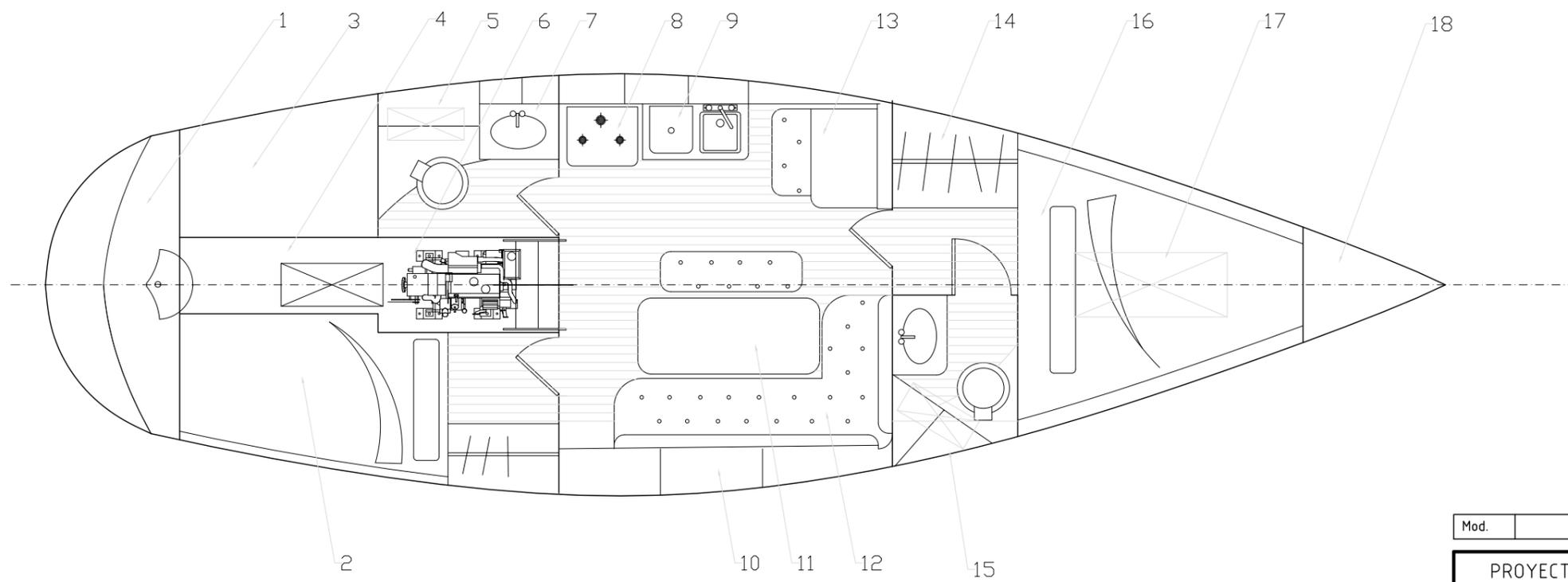


Mod.					
PROYECTO DE FIN DE CARRERA: Diseño de un velero clásico de 10 m LOA					
Realizado por B.FLETHES	Revisado por B.FLETHES	Aprobado por - fecha B.FLETHES_07/02/07	Nombre de archivo DGDWG	Fecha 07/02/07	Escala 1/40_(A3)
UCA E.U.I.T.N.		PLANO DE FORMAS			
		Nº_PLANO	BFB-2007-02-001	Edición 0	Lámina LÁMINA

SECCION EN CUADERNA 8

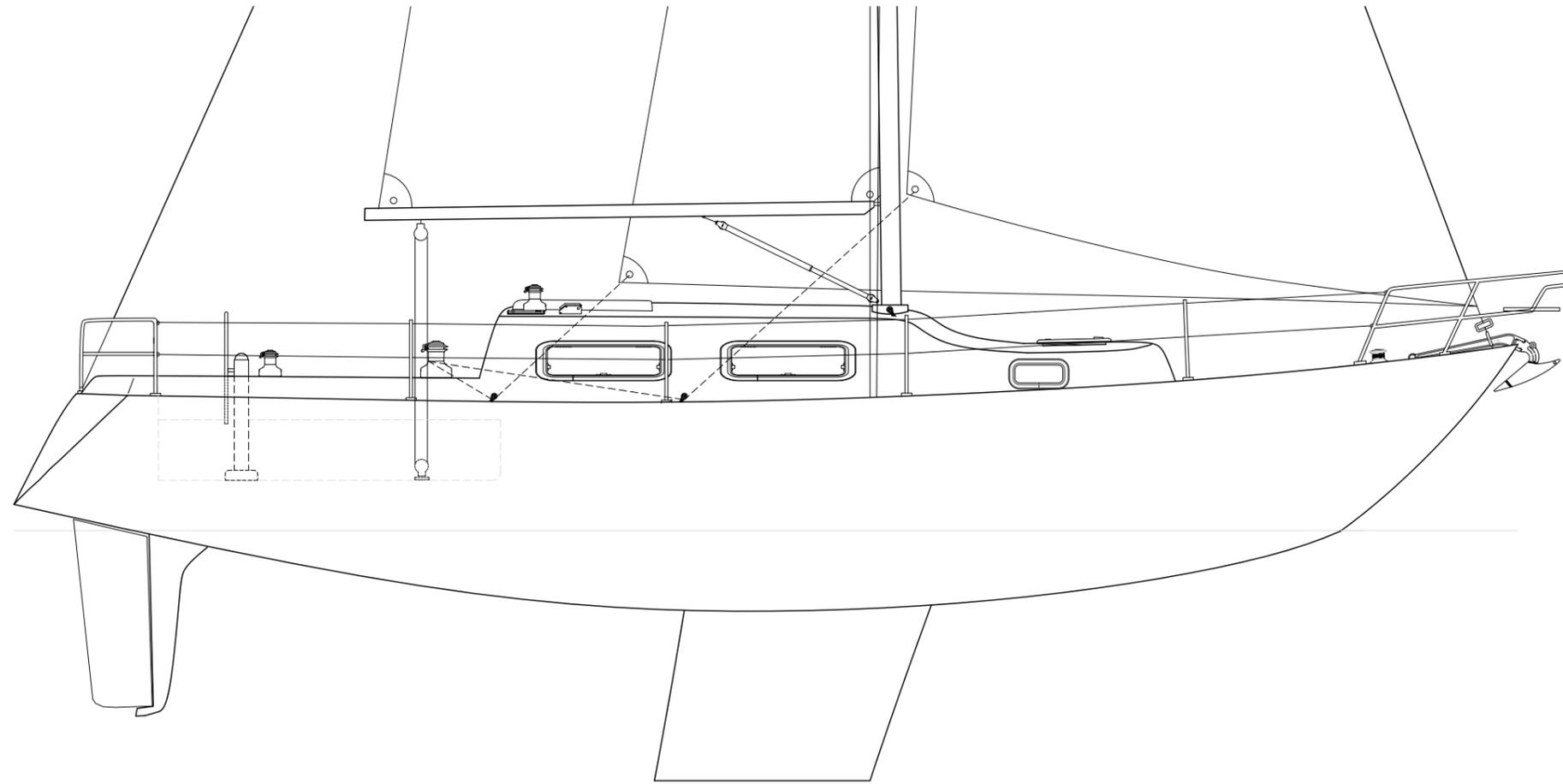


st -1 st 1 st 2 st 3 st 4 st 5 st 6 st 7 st 8 st 9 st 10 st 11 st 12 st 13 st 14 st 15 st 16 st 17 st 18 st 19



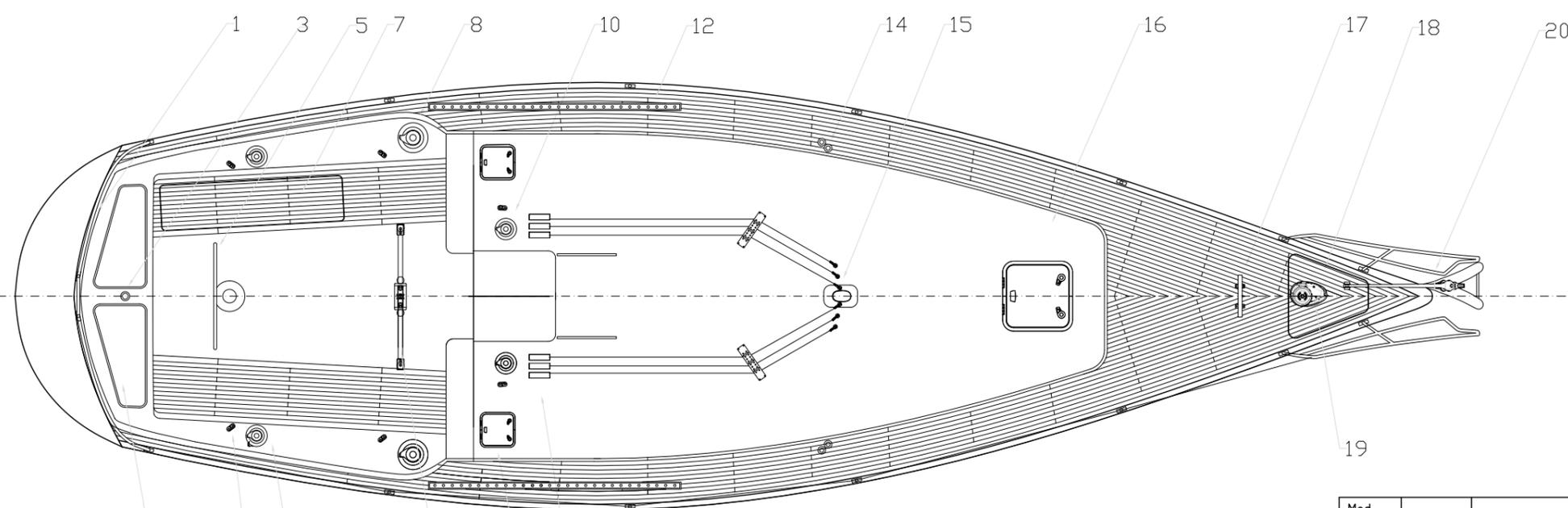
Nº	DESCRIPCION
1	Espacio de estiba con acceso desde popa
2	Camarote doble
3	Espacio de estiba con acceso desde bañera
4	Tanque inoxidable de combustible
5	Tanque de retención aguas negras
6	Armario ropero
7	Cuarto de baño
8	Cocina de gas basculante
9	Nevera de hielo
10	Estanterías
11	Mesa del salón convertible en cama doble
12	Zona de estiba bajo asientos salón
13	Mesa de cartas
14	Armario ropero
15	Tanque de retención aguas negras
16	Cama doble
17	Tanque flexible de agua potable
18	Caja de cadena accesible desde cubierta

Mod.					
PROYECTO DE FIN DE CARRERA: Diseño de un velero clásico de 10 m LOA					
Realizado por B.FLETHES	Revisado por B.FLETHES	Aprobado por - fecha B.FLETHES_07/02/07	Nombre de archivo DGDWG	Fecha 07/02/07	Escala 1/40 (A3)
UCA E.U.I.T.N.		DISPOSICION GENERAL INTERIOR			
		Nº_PLANO	BFB-2007-02-002	Edición 0	Lámina LAMINA



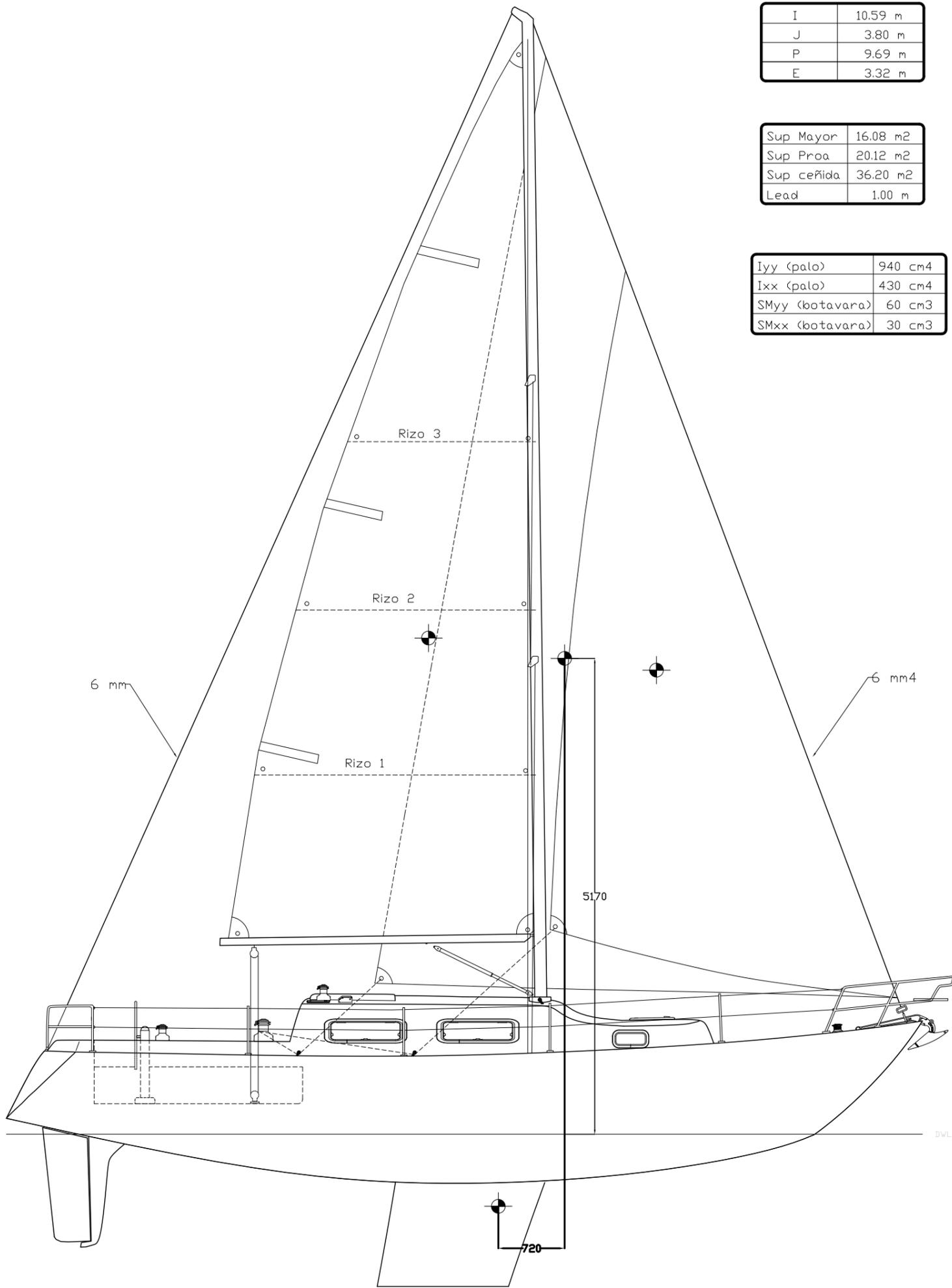
Nº	DESCRIPCION
1	Candelero inoxidable popa
2	Conexión caña de respeto
3	Tapa de acceso a tambucho de estiba
4	Mordedor de escota spinaker
5	Rueda de gobierno
6	Winche de spinaker
7	Tapa de acceso tambucho de estiba
8	Winche de genova autocazante
9	Carro de la mayor
10	Winche de drizas
11	Portillo de iluminación y ventilación
12	Carro de la genova
13	Mordedores de drizas y amantillos
14	Cadenotes de obenques
15	Mástil
16	Portillo de iluminación y ventilación
17	Cornamusa
18	Tapa estanca acceso al pique
19	Molinete Lewmar
20	Ancla tipo CGR

st -1 st 1 st 2 st 3 st 4 st 5 st 6 st 7 st 8 st 9 st 10 st 11 st 12 st 13 st 14 st 15 st 16 st 17 st 18 st 19



Mod.	
------	--

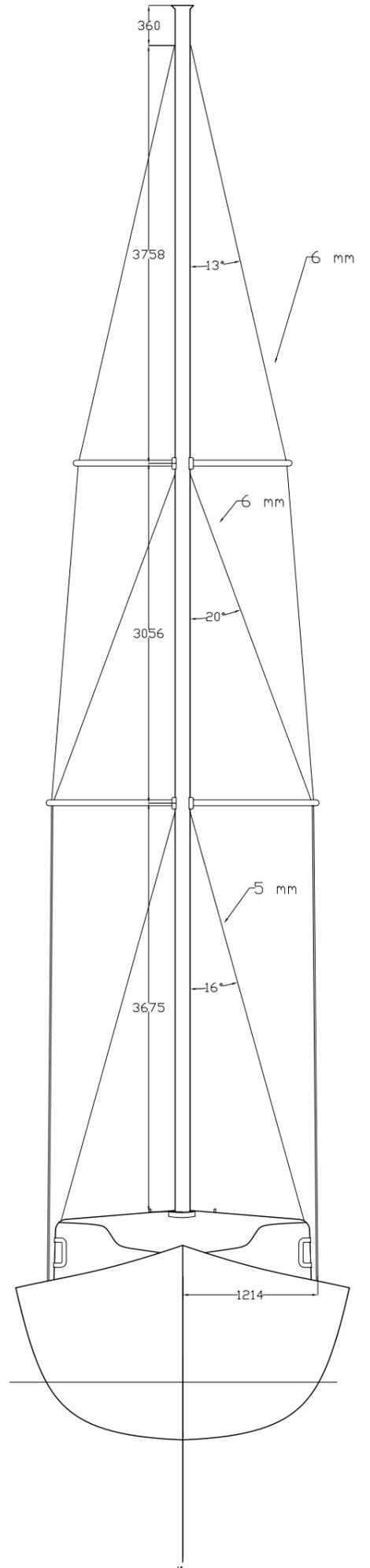
PROYECTO DE FIN DE CARRERA: Diseño de un velero clásico de 10 m LOA					
Realizado por B.FLETHES	Revisado por B.FLETHES	Aprobado por - fecha B.FLETHES_07/02/07	Nombre de archivo DGWG	Fecha 07/02/07	Escala 1/40_(A3)
UCA E.U.I.T.N.		DISPOSICION GENERAL CUBIERTA			
		Nº_PLANO BFB-2007-02-003	Edición 0	Lámina LÁMINA	



I	10.59 m
J	3.80 m
P	9.69 m
E	3.32 m

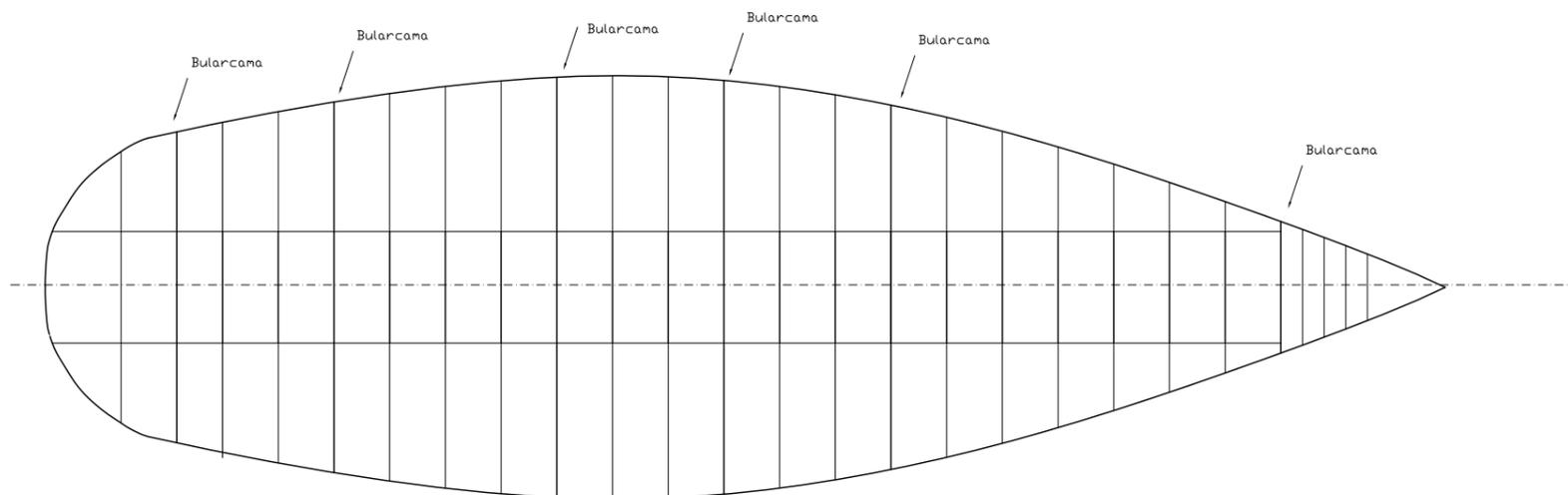
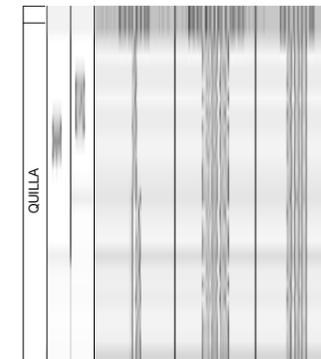
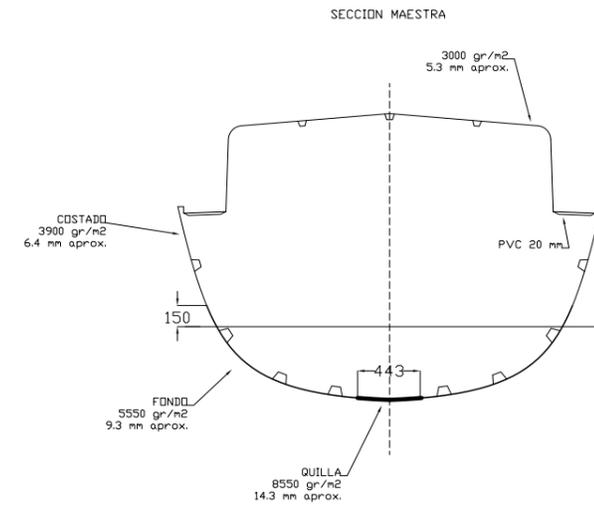
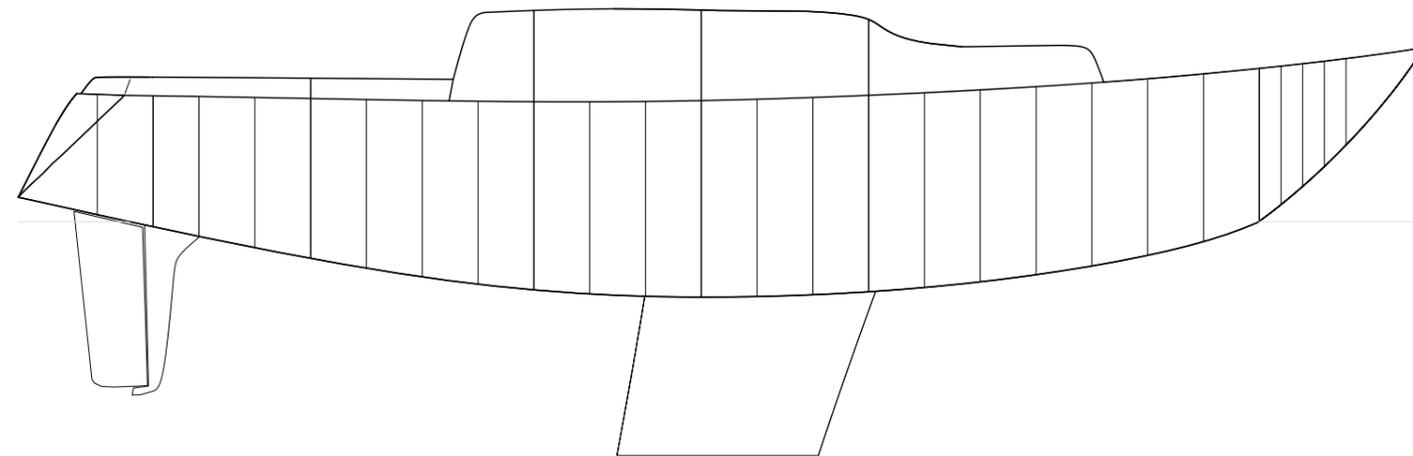
Sup Mayor	16.08 m ²
Sup Proa	20.12 m ²
Sup ceñida	36.20 m ²
Lead	1.00 m

Iyy (palo)	940 cm ⁴
Ixx (palo)	430 cm ⁴
SMyy (botavara)	60 cm ³
SMxx (botavara)	30 cm ³



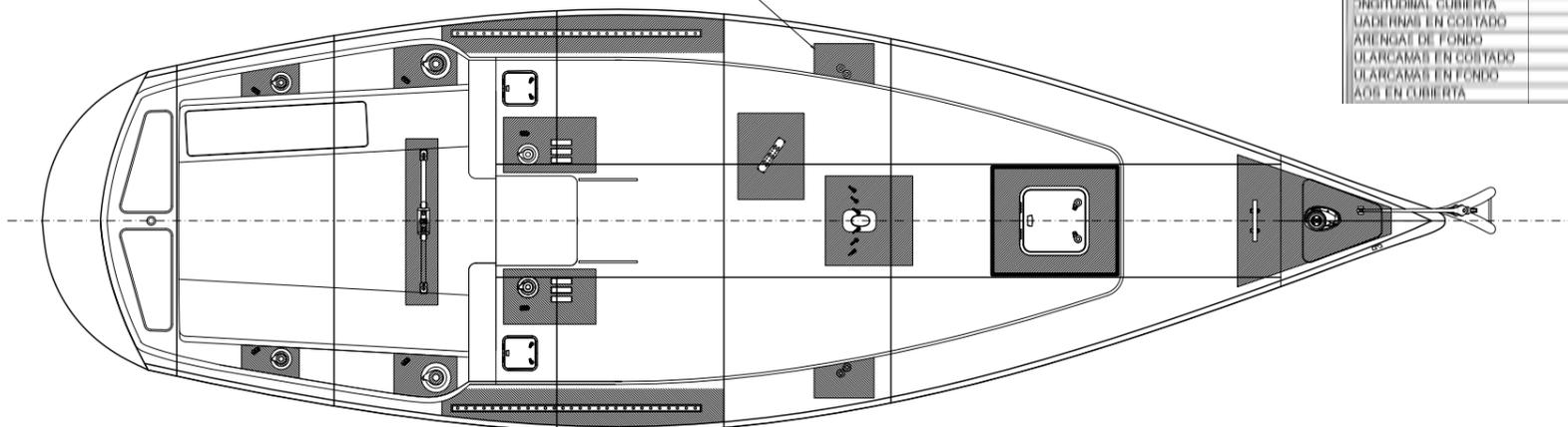
Mod. _____

PROYECTO DE FIN DE CARRERA: Diseño de un velero clásico de 10 m LOA					
Realizado por B.FLETHES	Revisado por B.FLETHES	Aprobado por - fecha B.FLETHES_07/02/07	Nombre de archivo DG.DWG	Fecha 07/02/07	Escala 1/50
UCA E.U.I.T.N.		PLANO VELICO		Edición 0	Lámina LÁMINA
		Nº_PLANO	BFB-2007-02-004		



REFORZADO DE CUBIERTA

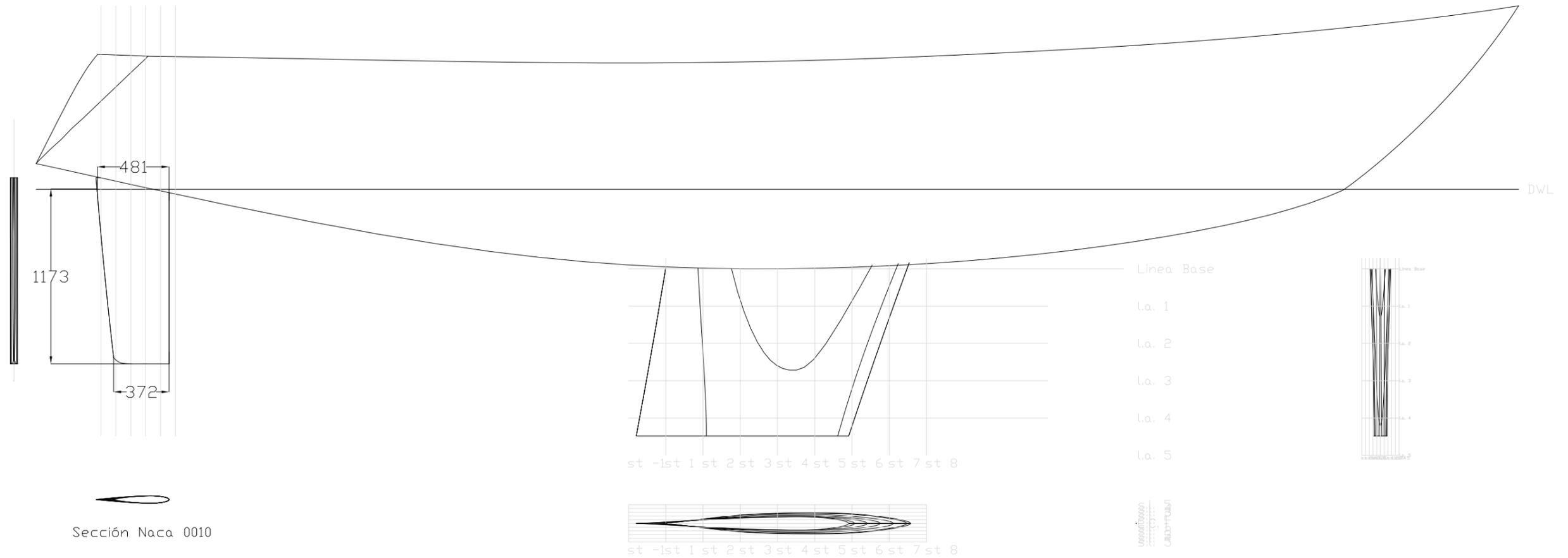
En las zonas sombreadas se DUPLICARÁ el espesor de cubierta.



	BIM requerido (cm ³) (2.0.3)	unidades en mm							BIM real (cm ³)	BIM real (cm ³)
		w	t	h	o	f	11	12		
LONGITUDINALES FONDO	100	300	9,3	40	70	90	6	7	153	103
LONGITUDINAL COSTADO	85	300	6,4	30	70	90	6	7	84	87
LONGITUDINAL CUBIERTA	70	300	5,3	35	70	90	7	7	100	76
QUADERNAIS EN COSTADO	85	300	6,4	30	70	90	6	6	60	86
ARENGAT DE FONDO	180	300	9,3	85	70	90	7	7	284	182
QUADERNAIS EN COSTADO	180	300	6,4	65	70	90	7	7	348	188
QUADERNAIS EN FONDO	327	300	9,3	85	110	90	9	9	1051	310
QUADERNAIS EN CUBIERTA	70	300	5,3	40	70	90	6	6	93	72

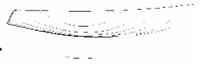
Escantillonado realizado según las normas del Lloyd's
 "Rules and regulations for the classification of yachts and small crafts"

Mod.					
PROYECTO DE FIN DE CARRERA: Diseño de un velero clásico de 10 m LOA					
Realizado por B.FLETHES	Revisado por B.FLETHES	Aprobado por - fecha B.FLETHES_07/02/07	Nombre de archivo DG.DWG	Fecha 07/02/07	Escala 1/50
UCA E.U.I.T.N.		PLANO DE ESCANTILLONADO			
		Nº_PLANO	BFB-2007-02-005	Edición 0	Lámina LÁMINA



La orza será fabricada en acero fundido.

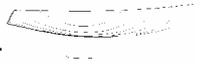
Mod.					
PROYECTO DE FIN DE CARRERA: Diseño de un velero clásico de 10 m LOA					
Realizado por B.FLETHES	Revisado por B.FLETHES	Aprobado por - fecha B.FLETHES_07/02/07	Nombre de archivo DG.DWG	Fecha 07/02/07	Escala 1/30_(A3)
UCA E.U.I.T.N.		PLANO DE APENDICES			
		Nº_PLANO	BFB-2007-02-006	Edición 0	Lámina LÁMINA



ANEXO

CURVAS HIDROSTÁTICAS

Aunque para el manejo de una embarcación deportiva no son requeridas, considero de mucho interés adjuntar las curvas y tablas hidrostáticas de la embarcación obtenidas con el software Hydromax.



Hydrostatics - carena con orza

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density = 1,025

	Draft Amidsh. m	0,5	0,511	0,521	0,532	0,543	0,554	0,564	0,575
1	Displacement kg	3820	3962	4107	4254	4403	4554	4706	4861
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,500	0,511	0,521	0,532	0,543	0,554	0,564	0,575
4	Draft at AP m	0,500	0,511	0,521	0,532	0,543	0,554	0,564	0,575
5	Draft at LCF m	0,500	0,511	0,521	0,532	0,543	0,554	0,564	0,575
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	7,757	7,834	7,911	7,983	8,048	8,113	8,176	8,239
8	WL Beam m	2,407	2,420	2,432	2,444	2,456	2,467	2,479	2,490
9	LCB from zero pt. m	3,944	3,938	3,931	3,925	3,918	3,912	3,905	3,899
10	LCF from zero pt. m	3,779	3,766	3,752	3,739	3,730	3,718	3,705	3,693
11	KB m	0,298	0,305	0,313	0,320	0,328	0,335	0,342	0,349
12	KMt m	1,463	1,456	1,450	1,443	1,437	1,430	1,425	1,419
13	KML m	11,393	11,377	11,352	11,322	11,250	11,213	11,184	11,146
14	Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	Draft Amidsh. m	0,586	0,596	0,607	0,618	0,629	0,639	0,65
1	Displacement kg	5017	5176	5336	5498	5662	5827	5995
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,586	0,596	0,607	0,618	0,629	0,639	0,650
4	Draft at AP m	0,586	0,596	0,607	0,618	0,629	0,639	0,650
5	Draft at LCF m	0,586	0,596	0,607	0,618	0,629	0,639	0,650
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	8,302	8,365	8,427	8,490	8,552	8,614	8,676
8	WL Beam m	2,500	2,511	2,522	2,532	2,542	2,551	2,561
9	LCB from zero pt. m	3,892	3,885	3,879	3,872	3,865	3,858	3,852
10	LCF from zero pt. m	3,680	3,668	3,657	3,644	3,631	3,620	3,608
11	KB m	0,357	0,364	0,371	0,378	0,385	0,392	0,399
12	KMt m	1,413	1,408	1,403	1,398	1,394	1,390	1,385
13	KML m	11,112	11,077	11,031	11,007	10,982	10,934	10,910
14	Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

