

Universidad de **Cádiz**

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

Catamarán a vela de 12 m. de LOA

Antonio GUERRERO COVELO



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Octubre 2007**



INDICE.

	Página
0. <u>Introducción</u>	<u>1</u>
1. <u>Especificación Técnica</u>	<u>2</u>
2. <u>Normativa Aplicada</u>	<u>5</u>
3. <u>Estudio Estadístico</u>	<u>6</u>
<i>APÉNDICE I: Estudio Estadístico</i>	<u>7</u>
4. <u>Dimensionamiento Preliminar</u>	<u>8</u>
4.1 Eslora Total (Loa).....	8
4.2 Manga Máxima (B).....	8
4.3 Manga de los Cascos (B cascos).....	9
4.4 Eslora de Flotación (Lwl).....	14
4.5 Calado del Casco (Tc).....	15
4.6 Desplazamiento en Rosca (Δr).....	16
4.7 Desplazamiento Máximo (Δ_{max}).....	17
4.8 Superficie Vélica (Sup. Vel).....	19
4.9 Tabla Resumen del Dimensionamiento Preliminar.....	20
5. <u>Diseño de Formas</u>	<u>21</u>
5.1 Francobordo en Proa (Fb. proa).....	21
5.2 Separación entre Flotadores (D cascos).....	22
5.3 Manga en la Flotación (Bwl).....	23
5.4 Coeficiente Prismático (Cp).....	24
5.5 Posición Longitudinal del Centro de Carena (L.C.B) y de Flotación (L.C.F).....	26
5.6 Tabla Resumen del Diseño de Formas.....	27
<i>APÉNDICE II: Planos de Formas</i>	<u>28</u>

6. <u>Diseño de Apéndices (Quilla y Timón)</u>	29
6.1 Diseño de la Quilla.....	29
6.2 Diseño del Timón.....	34
7. <u>Diseño de Interiores</u>	38
7.1 Salón-Comedor.....	38
7.2 Camarotes de Popa.....	39
7.3 Baños.....	39
7.4 Camarotes de Proa.....	39
7.5 Pañol de Velas y Ancla.....	39
7.6 Cocina.....	40
7.7 Mesa de Cartas.....	40
7.8 Pasillo en los Cascos.....	40
<i>APÉNDICE III: Planos de Interiores</i>	42
8. <u>Diseño de Cubierta</u>	43
8.1 Distribución de Cubierta.....	43
8.2 Diseño de la Bañera.....	44
8.3 Pasillos.....	44
8.4 Jarcia de Labor.....	44
<i>APÉNDICE IV: Plano de Cubierta</i>	46
9. <u>Diseño del Plano Vélido</u>	47
9.1 Configuración del Plano Vélido.....	48
9.2 Ángulo de Dellenbaugh.....	49
9.3 Distribución de la Superficie Vélida.....	51
9.4 Funcionamiento del Aparejo tipo Sloop Fraccionado y Propiedades.....	53
9.5 Cálculo de la Jarcia Firme.....	54
9.6 Cálculo del Aparejo.....	61
9.7 Conclusiones.....	64
<i>APÉNDICE V: Diseño del Plano Vélido</i>	66
10. <u>Diseño Estructural y Cálculo del Escantillonado</u>	67
10.1 Datos Previos.....	68
10.2 Requisitos.....	68
10.3 Resumen.....	69

APÉNDICE VI: Diseño Estructural y Cálculo del Escantillonado 73

11. Estimación de Pesos y Cálculo del C.D.G 74

11.1	Peso de la Estructura.....	74
11.2	Peso en Rosca.....	75
11.3	Condición Mínima Operativa y Condición Desplazamiento en Carga....	75
11.4	Resumen.....	77

APÉNDICE VII: Estimación de Pesos y Cálculo del C.D.G 82

12. Cálculo de Resistencia y Motorización 83

APÉNDICE VIII: Sistemas de Motorización 85

13. Sistemas de Abordo 86

13.1	Sistema de Navegación.....	86
13.2	Sistema de Combustible.....	94
13.3	Sistema de agua Potable.....	95
13.4	Sistema de Aguas Sucias.....	96

APÉNDICE IX: Plano de Armamento 97

14. Estudio de Estabilidad 98

APÉNDICE X: Estudio de Estabilidad 110

15. Equipamientos 111

15.1	Equipo de Salvamento.....	112
15.2	Equipo de Navegación.....	114
15.3	Medios Contra incendios y de Achique.....	117
15.4	Prevención de Vertidos.....	119

16. Conclusiones Generales 121

16.1	Presupuesto.....	121
16.2	Resumen.....	122
16.3	Conclusión.....	124

<i>APÉNDICE XI: Presupuesto</i>	126
---------------------------------	-----

17. Bibliografía	127
------------------	-----

17.1	Libros	127
17.2	Páginas de Internet	127
17.3	Otros	129

0. INTRODUCCIÓN.

Presento este documento como requisito último para la consecución del título de Ingeniero Técnico Naval en la especialidad de Estructuras Marinas por la Universidad de Cádiz (U.C.A).

El mismo ha sido realizado por Antonio Guerrero Covelo y supervisado por Antonio de Querol Sahagún, actual profesor de Embarcaciones Deportivas y Proyectos de Estructuras Marinas en la E.U.I.T Naval en la citada Universidad de Cádiz.

Me decidí por realizar el Proyecto Fin de Carrera un catamarán, principalmente porque es un tema que me interesa, y también porque pienso que es una buena forma de sintetizar todos los conocimientos adquiridos durante mis años de estudiante de I.T. Naval.

Para facilitar el estudio y comprensión de este documento, diré que se encuentra estructurado con los fundamentos teóricos y explicaciones necesarias para los mismos en los capítulos principales, mientras que en la parte final de cada capítulo, encontraremos un apéndice correspondiente a cada capítulo en el que constan los cálculos realizados para obtener las diferentes conclusiones paramétricas a las que he llegado, así como en las normativas en las que me he basado para el correcto diseño de la embarcación.

1. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.

El catamarán va a ser usado como charter para una empresa dedicada al alquiler de catamaranes por el Océano Atlántico y Mar Mediterráneo.

Se usará para viajes largos o cortos, con una tripulación grande o reducida, ofreciendo seguridad y confort en alta mar y un espacio generoso en combinación con la buena gobernabilidad bajo cualquier condición.

El catamarán será diseñado para el acceso de nuevos clientes al contar con un razonable precio.

Se presenta con tres características:

- Accesibilidad para realizar negocios con respecto a su precio.
- Confort y ergonomía.
- Maniobras centralizadas.

Se diseñará buscando una silueta joven y un plan de cubierta libre de obstáculos favoreciendo una circulación a bordo, con gran confort en navegación y doble puesto de gobierno (uno a babor y otro a estribor), a la vez que se buscará una aerodinámica en el techo para reducir el abatimiento producido por el viento al navegar, resultando estáticamente más vistoso.

Llevará a bordo los equipos necesarios para realizar inmersiones submarinas (a petición del cliente).

CATAMARÁN A VELA DE 12m DE ESLORA DEL CASCO

Definición de los requerimientos de la embarcación:

- Tripulación Mínima: 4
- Tripulación Máxima: 12
- Velocidad de Diseño: sin determinar
- Uso Genérico de la Embarcación: Crucero de Altas prestaciones
- Autonomía: suponiendo que lleve instalado un motor diesel de 30 hp (por la estadística realizada) llevará una autonomía para 800 millas, siendo a vela 15 días.
- Zona de Navegación: será la correspondiente a la “Zona 2” (Zona de navegación en Alta Mar). Navegará por el Océano Atlántica y Mar Mediterráneo, siempre y cuando

navegue en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas (Zona “2”) ó 25 millas (Zona “3”).

- Categoría de Diseño: será de “Categoría B” de acuerdo con los requisitos del Real Decreto 297/1.998¹, de 27 de febrero, por el que se regulan los requisitos de las embarcaciones de recreo, embarcaciones de recreo semiacabadas y sus componentes, el catamarán estará facultado para navegar por las zonas correspondientes a su categoría de diseño, en función del equipo de seguridad a bordo, pero en ningún caso en situaciones de olas y vientos superiores a los que definen la categoría de diseño, de acuerdo con el siguiente cuadro:

Embarcaciones diseñadas para la navegación	Fuerza del Viento (Escala de Beaufort)	Altura significativa de las olas (metros)	Definición	Zonas de Navegación correspondientes
B: En Alta Mar	Hasta 8 incluido	Hasta 4 incluido	Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 8 y olas de altura significativa de hasta 4 metros	2,3,4,5,6,7

- Equipo de Seguridad: estará obligado a llevar a bordo los elementos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y de prevención de vertidos que les corresponda en función de su Zona de navegación (Zona “2”), así como el equipo de radiocomunicaciones a bordo deberá cumplir con las disposiciones sobre Radiocomunicaciones Marítimas en vigor.

¹Las embarcaciones de recreo, considerándose a dicho efecto aquellas de todo tipo, con independencia de su medio de propulsión, que tengan una eslora del casco comprendida entre 2,5 y 24 metros, medida con arreglo a las normas armonizadas aplicables y proyectadas para fines deportivos o recreativos. Asimismo están sujetas a este Real Decreto dichas clases de embarcaciones en los casos que puedan utilizarse con fines de fletamento o de entrenamiento para la navegación de recreo, siempre que hayan sido comercializadas con fines recreativos.

- Restricciones: habrá que tener en cuenta la manga máxima al atracar en algunos pantalanes.
- Titulación mínima necesaria: la titulación mínima para pilotar el catamarán será el P.E.R (Patrón de embarcaciones de recreo), siempre y cuando el patrón no se aleje de la costa mas de 12 millas paralela a la misma
- Titulación requerida: será la titulación de Patrón de Yate, siempre y cuando no se sobrepase la distancia de 60 millas paralela a la costa.

En caso de que la persona que vaya a alquilar el catamarán no disponga de dichos títulos, la empresa podrá suministrarle un patrón al que habrán que pagarle unos honorarios.

El siguiente cuadro muestra la relación entre Zonas de navegación y Títulos, según la ORDEN FOM/1144/2.003, de 28 de Abril, por el que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar las embarcaciones de recreo.

Zonas de Navegación		7	6	5	4	3	2	1
millas		Protegidas	2'	5'	12'	25'	60'	s/l
TÍTULOS	Patrón de Yate	< = 20 metros de eslora y 60' millas						
	Patrón Embarcaciones Deportivas P.E.R	< = 12 metros de eslora y 12' millas						

2. NORMATIVA APLICADA.

La normativa aplicada a la hora de definir la embarcación es la del **Real Decreto 297 / 1998 de 27 de Febrero** anteriormente mencionado.

Este Real Decreto tiene por objeto la determinación de los requisitos de seguridad de aplicación al diseño y construcción de las embarcaciones de recreo, de las embarcaciones de recreo semiacabadas, y de los componentes que se refiere el artículo siguiente, para su comercialización y puesta en servicio en España.

El ámbito de aplicación abarca a las embarcaciones de recreo, considerándose a dicho efectos aquellas de todo tipo, con independencia de su medio de propulsión que tengan una eslora de casco comprendida entre 2,5 y 24 metros, medidas con arreglo a las normas armonizadas aplicables y proyectadas para fines deportivos o recreativos. Asimismo están sujetas a este Real Decreto dichas clases de embarcaciones en los casos en que puedan utilizarse con fines de fletamiento o de entrenamiento para la navegación de recreo, siempre que hayan sido comercializadas con fines recreativos.

Para llevar a cabo la evaluación de conformidad, el constructor o su representante autorizado establecido en la Unión Europea deberá cumplimentar los siguientes procedimientos de evaluación de conformidad, según la categoría de diseño de las embarcaciones referidas del apartado 1 del anexo I:

1. Para las Categorías A y B: Embarcaciones de menos de 12 metros de casco (Anexo VI). Embarcaciones entre 12 y 24 metros de eslora de casco (alguno de los siguientes: Anexo VII, XI ó XII).
2. Para la Categoría C: Embarcaciones entre 2,5 y 12 metros de eslora de casco (Anexos V ó VI). Embarcaciones entre 12 y 24 metros de eslora de casco (Anexos VII, X ó XII)
3. Para la Categoría D: Embarcaciones entre 2,5 y 24 metros de eslora de casco (Anexo V).

Las definiciones de las categorías de diseño son las siguientes:

- A. **Oceánicas:** Embarcaciones diseñadas para viajes largos en los que los vientos pueden superar la fuerza 8 (Beaufort) y las olas la altura significativa de 4 metros o más, y que son embarcaciones autosuficientes en gran medida.
- B. **En alta mar:** Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los que pueden encontrarse vientos de fuerza 8 y altura hasta 4 metros.
- C. **En aguas costeras:** Embarcaciones diseñadas para viajes en aguas costeras, grandes bahías, estuarios, lagos y ríos, en los que puedan encontrarse vientos de hasta fuerza 6 y olas de altura de hasta 2 metros.
- D. **En aguas protegidas:** Embarcaciones diseñadas para viajes en pequeños lagos, ríos y canales, en los que puedan encontrarse vientos de hasta fuerza 4 y olas de altura de hasta 0,5 metros.

3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.

Para llevar a cabo este proyecto se ha realizado un estudio estadístico de diferentes catamaranes, comprendidos entre una eslora total de 11- 13,13 mts puesto que el proyecto a tratar es el de un catamarán de 12 mts de eslora total. Los distintos catamaranes son del tipo crucero y los valores estudiados en el estudio estadístico son las dimensiones principales, superficies vélicas en general, consumos (agua y combustible), manga de los cascos y distancia entre ambos, y las distintas relaciones entre los distintos valores antes mencionados.

Este estudio estadístico consiste en una hoja de cálculo en la cual los datos de entrada son las dimensiones principales de los catamaranes y los datos de salida las relaciones entre las dimensiones, sus medidas y gráficas. De tal manera que podremos comparar datos dimensionales con catamaranes existentes, pudiéndose predecir el comportamiento del catamarán en relación a los demás.

Esta posibilidad de estudiar y evaluar alternativas nos permite dar algunos pasos importantes:

- Evaluar un rango básico de parámetros y relaciones normales para el tipo de barco que se trata de diseñar.
- Tratar de identificar que diferencias entre catamaranes parecen hacer algunos mejores o peores al tiempo que se pueden obtener ideas del aspecto de diseño que queremos incorporar o evitar.
- Definir un punto de partida para nuestro diseño. Lo mas sencillo para trabajar de forma ordenada es definir un concepto "correcto" y a partir de ahí tratar de mejorarlo.

Este estudio estadístico se encuentra en el APÉNDICE I.

APÉNDICE I

ESTUDIO ESTADÍSTICO

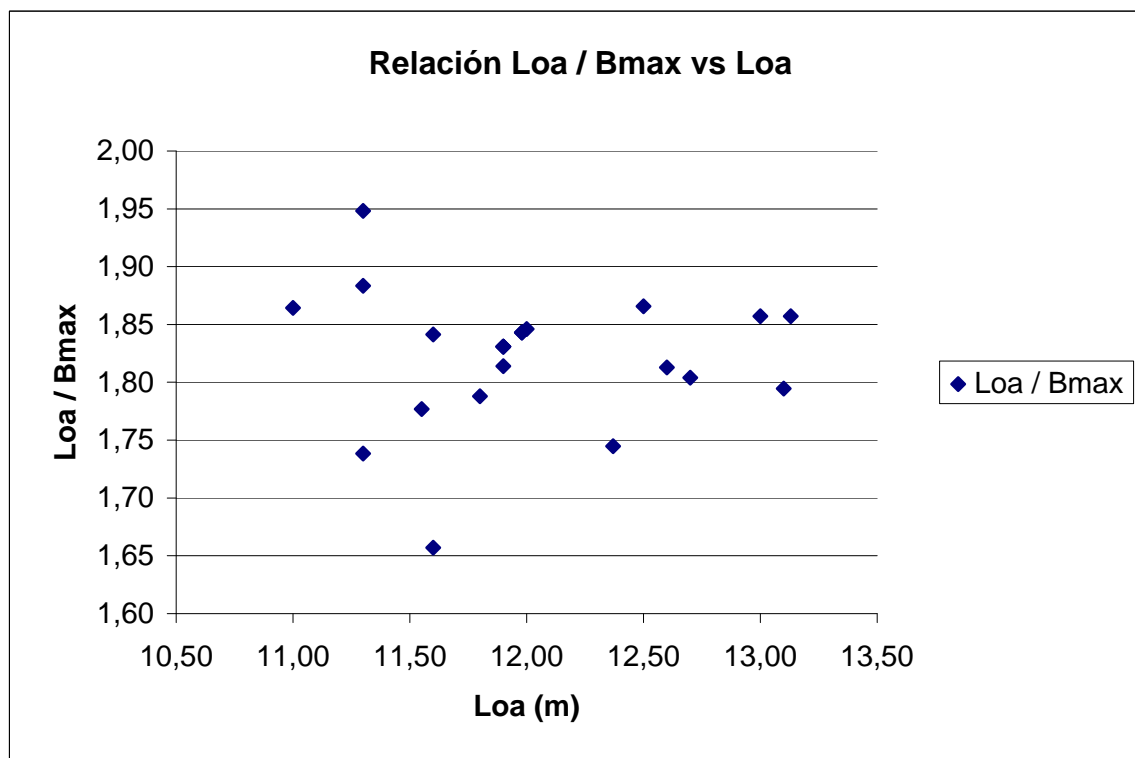
ESTUDIO PARAMÉTRICO DE CATAMARANES

Catamarán	Eslora Total (m)	Eslora Flotación (m)	Manga (m)	Manga Cascos (m)	Varación entre Flotadores	Francobordo (m)	Calado	Casco Tc (m)	Calado con Orza T (m)	Desplazamiento (Kg)	Gazamiento	Máósito	Diésóoito	Agü	Motor Diesel
Privilege 435	13,13	12,60	7,07	2,000	3,070	1,50	1,35	2,50		8300	12000	420	600	2x39 hp	
Catana 43	13,10	12,80	7,30	1,880	3,540	1,64	1,20	2,50		10500	12726	360	600	2x30 hp	
Belize 43	13,00	12,20	7,00	1,710	3,580	1,62	1,30	2,05		8620	11500	300	540	2x30 hp	
F - 41	12,70	12,00	7,04	1,573	3,895	1,28	0,56	2,24		5000	7680	250	400	2x27 hp	
Venezia 42	12,60	12,10	6,95	1,555	3,839		1,20			6800	9218	350	800	2x27 hp	
Catana 401	12,50	12,40	6,70	1,768	3,172	1,18	1,35	1,90		6500	8390	200	400	2x30 hp	
Igoon 410-S2	12,37	11,67	7,09	2,180	2,730	1,48	1,20			7240	9120	200	390	2x40 hp	
Fidgi 39	12,00	11,40	6,50	1,510	3,480		1,00			7000	8983	250	450	2x18 hp	
Nautitech 40	11,98	11,50	6,50	1,539	3,422	1,66	1,20			6600	8750	270	600	2x30 hp	
Nautitech 395	11,98	11,30	6,50	1,603	3,294	1,17	1,20			6600	8590	200	500	2x27 hp	
Privilege 395	11,90	10,37	6,56	1,635	3,290	1,38	1,20			7500	9494	240	470	2x28 hp	
Prout Escale 39	11,90	10,66	6,50	1,850	2,800	1,47	0,95			7100	9256	160	700	2x30 hp	
Lavezzi 40	11,90	10,97	6,50	1,592	3,316	1,15	1,10			6200	8700	250	560	2x20 hp	
Lady of he Dawn	11,90	11,17	6,50			1,00				7530	9368	250	305	2x30 hp	
Catana 381	11,80	11,10	6,60	1,560	3,480	1,22	0,90	2,00		5800	7713	180	440	2x20 hp	
Athena 38	11,60	11,00	6,30	1,357	3,586	1,36	1,00			5830	7800	200	360	2x20 hp	
Northern Light 38	11,60	10,40	7,00			0,70				7000	8890	200	400	2x20 hp	
Lagoon 380-S2	11,55	11,00	6,50	2,041	2,417	1,50	1,15			7120	8910	200	300	2x18 hp	
Azuli 37	11,30	10,66	6,50			0,90				5000	6796	160	340	2x10 hp	
Antigua 37	11,30	10,20	6,00	1,240	3,520	1,28	0,95			4500	6398	150	450	2x18 hp	
Flica 37 (Fuzzy Log	11,30	10,70	5,80			1,30				4627	6394	151,5	318	2x19 hp	
Mahé 36	11,00	10,27	5,90	1,475	2,950	2,07	1,15			6500	8260	200	270	2x20 hp	

Catamarán	Camarotes	Baños con WC	Número máx Personas	Categoría de Diseño	Altura Mástil (m)	Mayor (m²)	Génova (m²)	Spinnaker (m²)	Velamen (m²)	I (m)	J (m)	P (m)	E (m)	Sup.Vélica Proyectada (m²)
Privilege 435	4 dobles	3	12	A	17,75	64	47	165		13,56	3,97	14,04	5,48	65,39
Catana 43	2 dobles + 4 individuales	2	12	A	17,60	75	50	130						0,00
Belize 43	4 dobles + 2 individuales	2	12	B	19,10	67	44		111	17,25	4,00	18,25	6,50	93,81
F - 41	3 dobles	2	12	B	16,50	60	33,5	148,2		9,83	3,37	12,77	4,82	47,34
Venezia 42	4 dobles + 2 individuales	2	12	B		60	30							0,00
Catana 401	4 dobles + 2 individuales	2	12	B					94	16,74	3,90	15,17	5,20	72,09
Igoon 410-S2	4 dobles	4	12	B	18,29	94	66	110		13,62	4,07	14,88	5,95	71,98
Fidgi 39	4 dobles / 2 individuales	2	12	B	15,24	60	47		83					0,00
Nautitech 40	4 dobles + 2 individuales	2	12	B	15,20				87	12,72	3,46	13,28	6,17	62,97
Nautitech 395	4 dobles + 2 individuales	2	12	B	15,00	50	35		85	12,10	3,76	14,21	6,11	66,16
Privilege 395	3 dobles	2	12	B	15,65	50	32	131		13,61	3,59	14,36	5,67	65,14
Prout Escale 39	4 doles + 2 individuales	2	12	B		44	22,6	145,7		13,13	5,98	12,64	3,58	61,88
Lavezzi 40	4 dobles	2	12	B	17,56	55	35		90	12,09	3,65	13,05	5,86	60,30
Lady of he Dawn	2 dobles + 3 individuales	1	12	B		48	28		76					0,00
Catana 381	4 dobles	2	12	B	15,00	45	31							0,00
Athena 38	4 dobles	2	12	B	17,30	50	38	85	88	12,44	3,85	14,16	5,72	64,44
Northern Light 38	2 dobles + 2 individuales	2	12	B		60	34							0,00
Lagoon 380-S2	4 dobles	2	12	B	17,32	48	31		79	12,44	3,53	13,67	5,47	59,34
Azuli 37	2 dobles + 2 individuales	2	12	B		56	33	116						0,00
Antigua 37	4 dobles	2	12	B		44	24		68	9,47	3,14	9,73	4,93	38,85
Flica 37 (Fuzzy Log	3 dobles	2	12	B		49	28							0,00
Mahé 36	3dobles	1	12	B	16,75	47	30		77	14,73	3,73	16,34	4,35	63,01

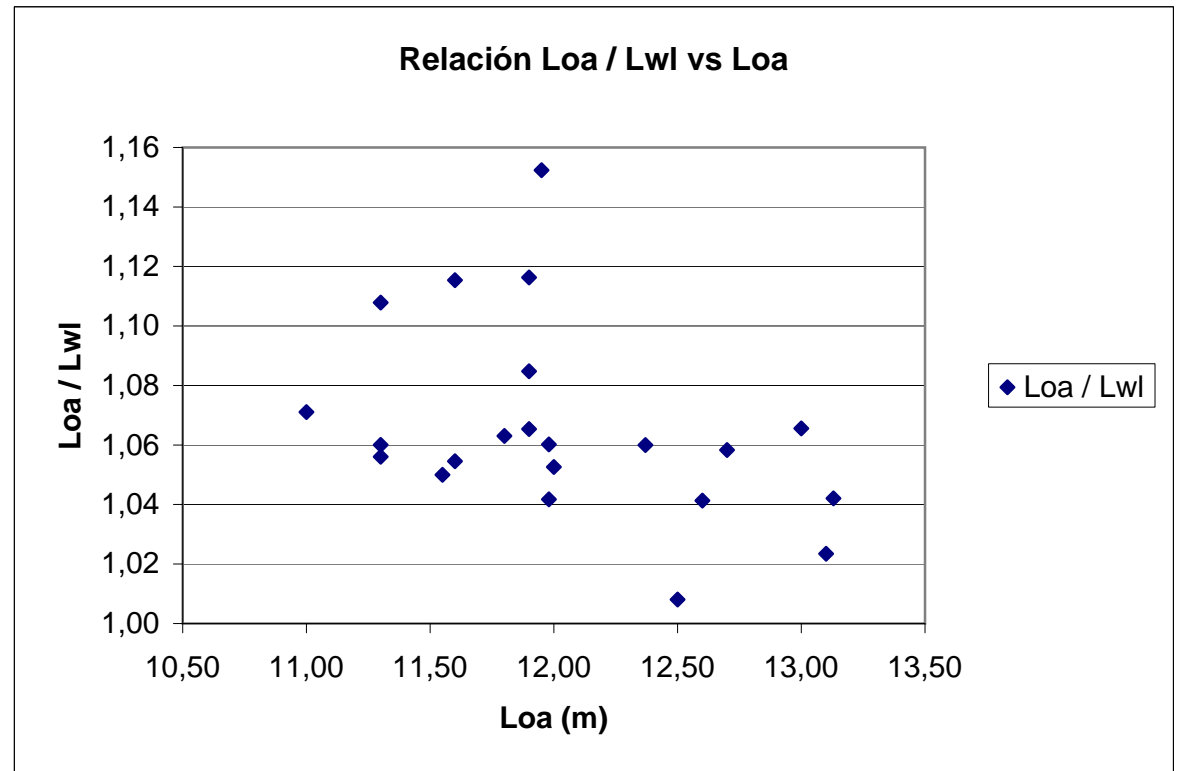
Relación Loa / B_{máx} vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Manga (m)	Loa / B _{máx}
<i>Privilege 435</i>	13,13	7,07	1,857
<i>Catana 43</i>	13,10	7,30	1,795
<i>Belize 43</i>	13,00	7,00	1,857
<i>F - 41</i>	12,70	7,04	1,804
<i>Venezia 42</i>	12,60	6,95	1,813
<i>Catana 401</i>	12,50	6,70	1,866
<i>Lgoon 410-S2</i>	12,37	7,09	1,745
<i>Fidgi 39</i>	12,00	6,50	1,846
<i>Nautitech 40</i>	11,98	6,50	1,843
<i>Nautitech 395</i>	11,98	6,50	1,843
<i>Privilege 395</i>	11,90	6,56	1,814
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	6,50	1,831
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	6,50	1,831
<i>Lady of he Dawn</i>	11,90	6,50	1,831
<i>Catana 381</i>	11,80	6,60	1,788
<i>Athena 38</i>	11,60	6,30	1,841
<i>Northern Light 38</i>	11,60	7,00	1,657
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	6,50	1,777
<i>Azuli 37</i>	11,30	6,50	1,738
<i>Antigua 37</i>	11,30	6,00	1,883
<i>Flica 37 (Fuzzy Logic)</i>	11,30	5,80	1,948
<i>Mahé 36</i>	11,00	5,90	1,864



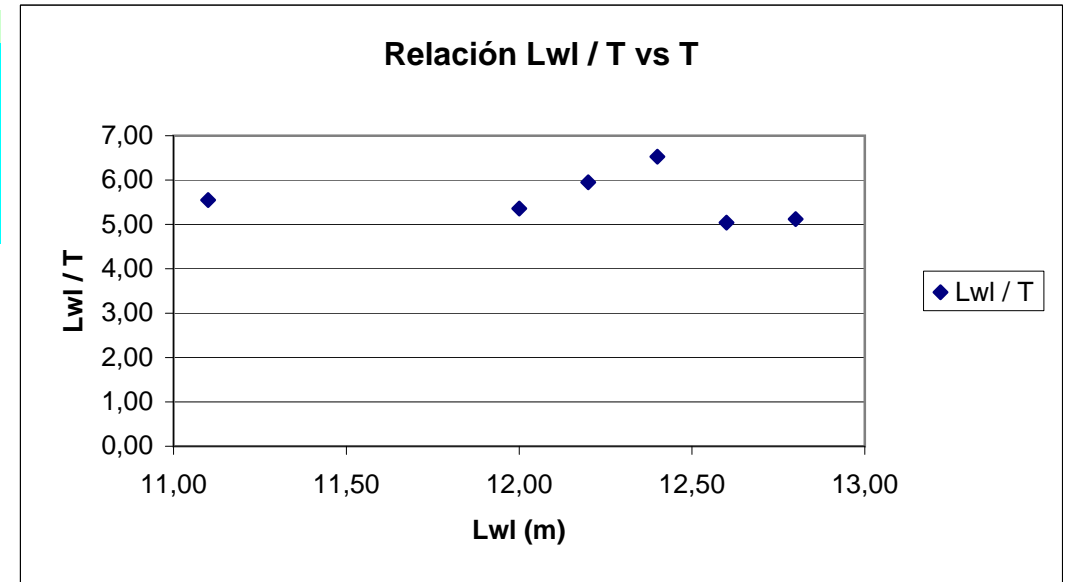
Relación Loa/Lwl vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Eslora Flotación (m)	Loa/Lwl
<i>Privilege 435</i>	13,13	12,60	1,042
<i>Catana 43</i>	13,10	12,80	1,023
<i>Belize 43</i>	13,00	12,20	1,066
<i>F - 41</i>	12,70	12,00	1,058
<i>Venezia 42</i>	12,60	12,10	1,041
<i>Catana 401</i>	12,50	12,40	1,008
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	11,67	1,060
<i>Fidgi 39</i>	12,00	11,40	1,053
<i>Nautitech 40</i>	11,98	11,50	1,042
<i>Nautitech 395</i>	11,98	11,30	1,060
<i>Privilege 395</i>	11,95	10,37	1,152
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	10,66	1,116
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	10,97	1,085
<i>Lady of he Dawn</i>	11,90	11,17	1,065
<i>Catana 381</i>	11,80	11,10	1,063
<i>Athena 38</i>	11,60	11,00	1,055
<i>Northern Light 38</i>	11,60	10,40	1,115
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	11,00	1,050
<i>Azuli 37</i>	11,30	10,66	1,060
<i>Antigua 37</i>	11,30	10,20	1,108
<i>Flica 37 (Fuzzy Logic)</i>	11,30	10,70	1,056
<i>Mahé 36</i>	11,00	10,27	1,071



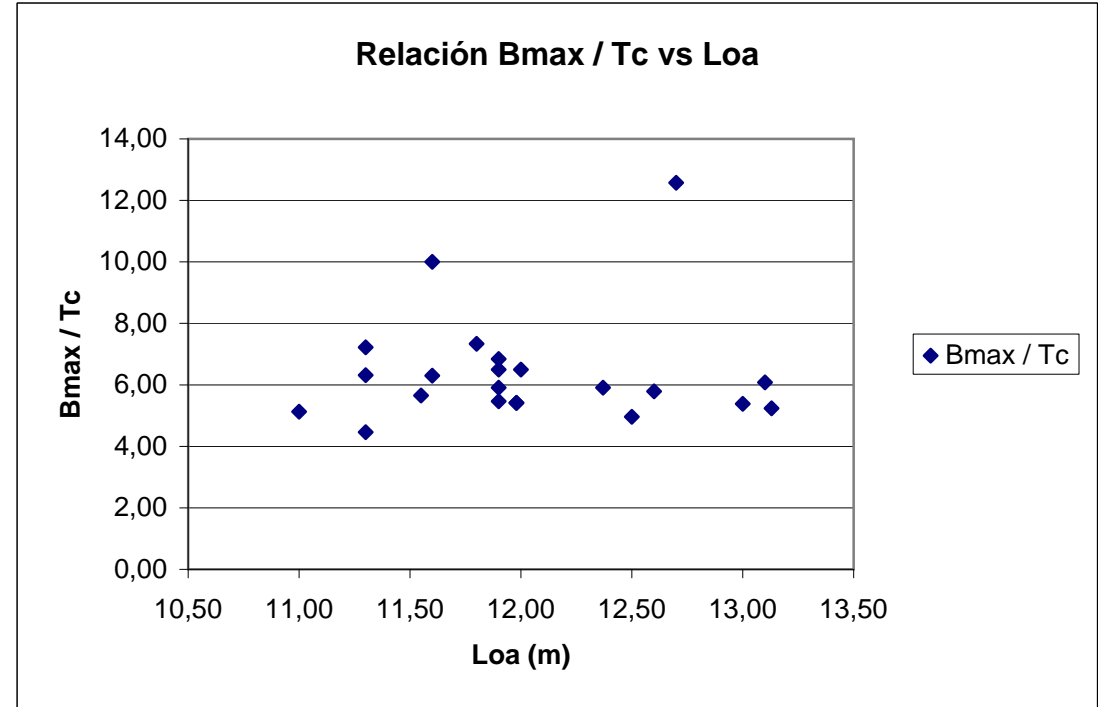
Relación Lwl/T vs Lwl

Catamarán	Eslora Flotación (m)	Calado con Orza T (m)	Lwl / T
<i>Privilege 435</i>	12,60	2,50	5,040
<i>Catana 43</i>	12,80	2,50	5,120
<i>Belize 43</i>	12,20	2,05	5,951
<i>F - 41</i>	12,00	2,24	5,357
<i>Catana 401</i>	12,40	1,90	6,526
<i>Catana 381</i>	11,10	2,00	5,550



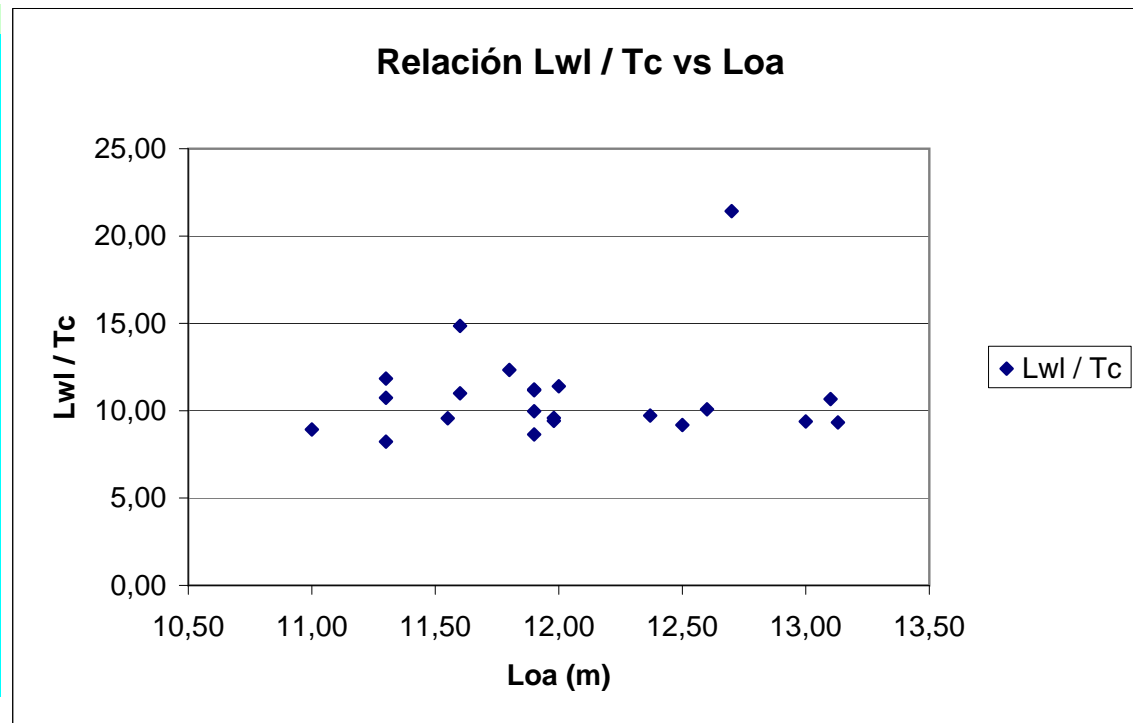
Relación Bmax / Tc vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Manga (m)	Calado Casco Tc (m)	Bmax / Tc
Privilege 435	13,13	7,07	1,35	5,237
Catana 43	13,10	7,30	1,20	6,083
Belize 43	13,00	7,00	1,30	5,385
F - 41	12,70	7,04	0,56	12,571
Venezia 42	12,60	6,95	1,20	5,792
Catana 401	12,50	6,70	1,35	4,963
Lgoon 410-S2	12,37	7,09	1,20	5,908
Fidgi 39	12,00	6,50	1,00	6,500
Nautitech 40	11,98	6,50	1,20	5,417
Nautitech 395	11,98	6,50	1,20	5,417
Privilege 395	11,90	6,56	1,20	5,467
Prout Escale 39	11,90	6,50	0,95	6,842
Lavezzi 40	11,90	6,50	1,10	5,909
Lady of he Dawn	11,90	6,50	1,00	6,500
Catana 381	11,80	6,60	0,90	7,333
Athena 38	11,60	6,30	1,00	6,300
Northern Light 38	11,60	7,00	0,70	10,000
Lagoon 380-S2	11,55	6,50	1,15	5,652
Azuli 37	11,30	6,50	0,90	7,222
Antigua 37	11,30	6,00	0,95	6,316
Flica 37 (Fuzzy Logic)	11,30	5,80	1,30	4,462
Mahé 36	11,00	5,90	1,15	5,130



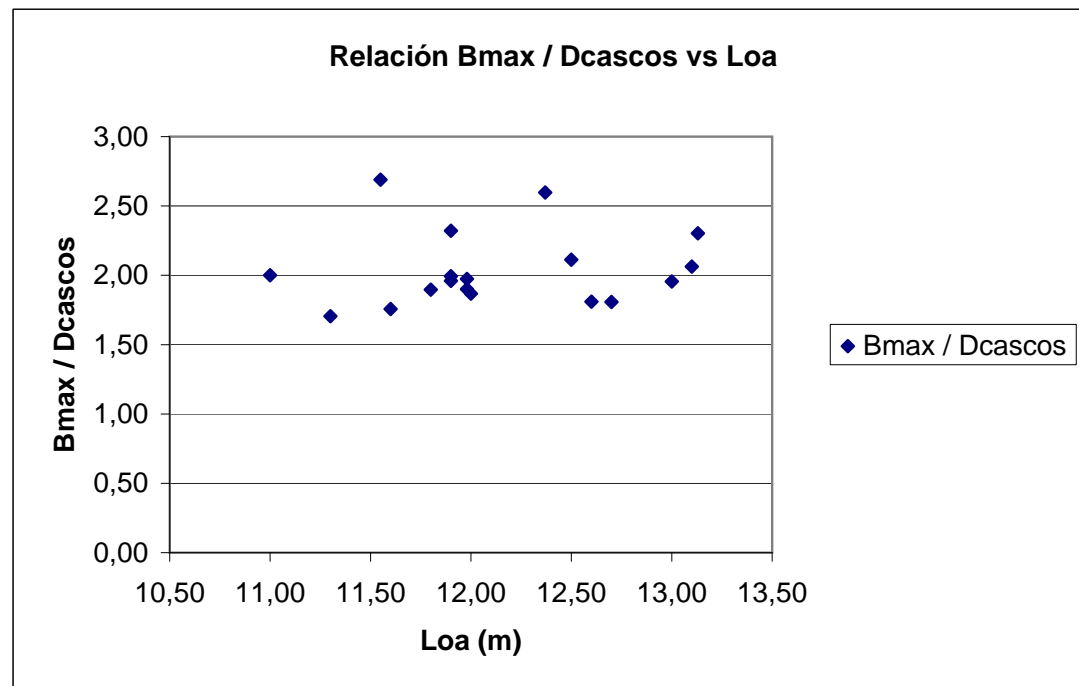
Relación Lwl / Tc vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Eslora Flotación (m)	Calado Casco Tc (m)	Lwl / Tc
Privilege 435	13,13	12,60	1,35	9,333
Catana 43	13,10	12,80	1,20	10,667
Belize 43	13,00	12,20	1,30	9,385
F - 41	12,70	12,00	0,56	21,429
Venezia 42	12,60	12,10	1,20	10,083
Catana 401	12,50	12,40	1,35	9,185
Lgoon 410-S2	12,37	11,67	1,20	9,725
Fidgi 39	12,00	11,40	1,00	11,400
Nautitech 40	11,98	11,50	1,20	9,583
Nautitech 395	11,98	11,30	1,20	9,417
Privilege 395	11,90	10,37	1,20	8,642
Prout Escale 39	11,90	10,66	0,95	11,221
Lavezzi 40	11,90	10,97	1,10	9,973
Lady of he Dawn	11,90	11,17	1,00	11,170
Catana 381	11,80	11,10	0,90	12,333
Athena 38	11,60	11,00	1,00	11,000
Northern Light 38	11,60	10,40	0,70	14,857
Lagoon 380-S2	11,55	11,00	1,15	9,565
Azuli 37	11,30	10,66	0,90	11,844
Antigua 37	11,30	10,20	0,95	10,737
Flica 37 (Fuzzy Logic)	11,30	10,70	1,30	8,231
Mahé 36	11,00	10,27	1,15	8,930



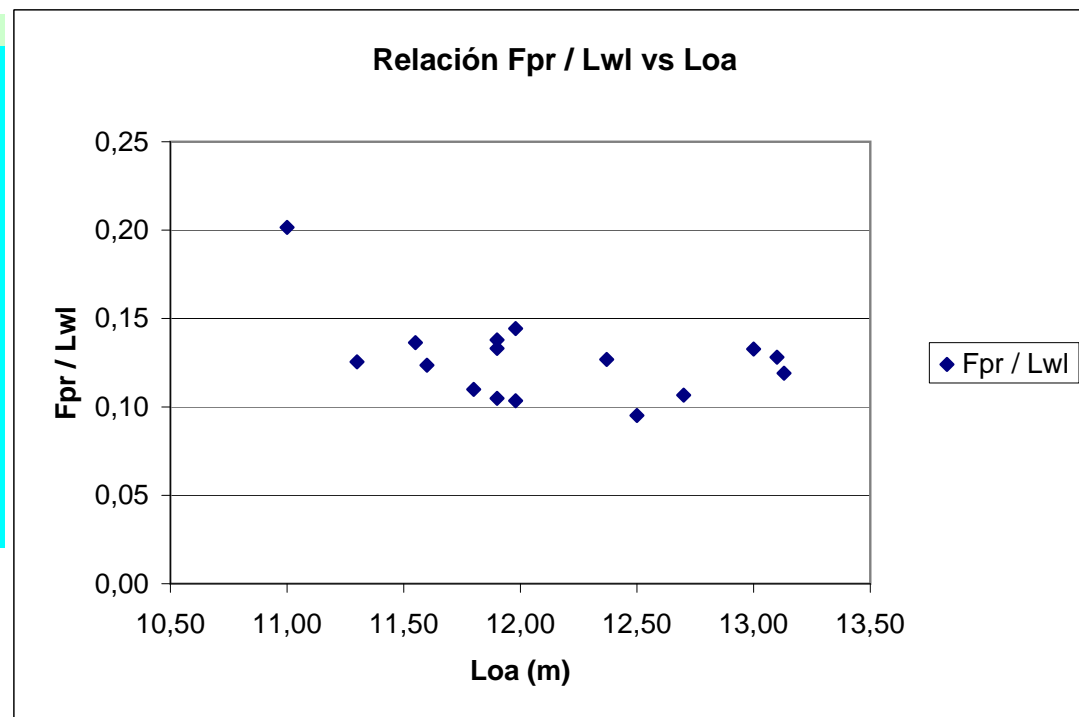
Relación Bmax / Dcascos vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Manga (m)	Separación entre Flotadores (m)	Bmax / Dcascos
<i>Privilege 435</i>	13,13	7,07	3,070	2,303
<i>Catana 43</i>	13,10	7,30	3,540	2,062
<i>Belize 43</i>	13,00	7,00	3,580	1,955
<i>F - 41</i>	12,70	7,04	3,895	1,807
<i>Venezia 42</i>	12,60	6,95	3,839	1,810
<i>Catana 401</i>	12,50	6,70	3,172	2,112
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	7,09	2,730	2,597
<i>Fidgi 39</i>	12,00	6,50	3,480	1,868
<i>Nautitech 40</i>	11,98	6,50	3,422	1,899
<i>Nautitech 395</i>	11,98	6,50	3,294	1,973
<i>Privilege 395</i>	11,90	6,56	3,290	1,994
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	6,50	2,800	2,321
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	6,50	3,316	1,960
<i>Catana 381</i>	11,80	6,60	3,480	1,897
<i>Athena 38</i>	11,60	6,30	3,586	1,757
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	6,50	2,417	2,689
<i>Antigua 37</i>	11,30	6,00	3,520	1,705
<i>Mahé 36</i>	11,00	5,90	2,950	2,000



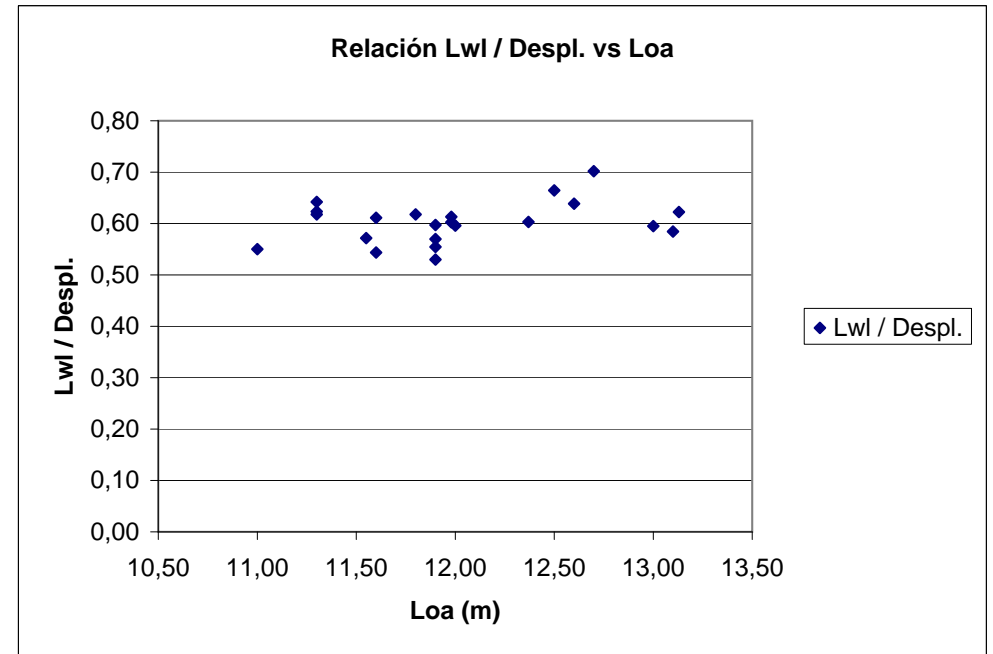
Relación Fpr / Lwl vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Eslora Flotación (m)	Francobordo (m)	Fpr / Lwl
<i>Privilege 435</i>	13,13	12,60	1,50	0,119
<i>Catana 43</i>	13,10	12,80	1,64	0,128
<i>Belize 43</i>	13,00	12,20	1,62	0,133
<i>F - 41</i>	12,70	12,00	1,28	0,107
<i>Catana 401</i>	12,50	12,40	1,18	0,095
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	11,67	1,48	0,127
<i>Nautitech 40</i>	11,98	11,50	1,66	0,144
<i>Nautitech 395</i>	11,98	11,30	1,17	0,104
<i>Privilege 395</i>	11,90	10,37	1,38	0,133
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	10,66	1,47	0,138
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	10,97	1,15	0,105
<i>Catana 381</i>	11,80	11,10	1,22	0,110
<i>Athena 38</i>	11,60	11,00	1,36	0,124
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	11,00	1,50	0,136
<i>Antigua 37</i>	11,30	10,20	1,28	0,125
<i>Mahé 36</i>	11,00	10,27	2,07	0,202



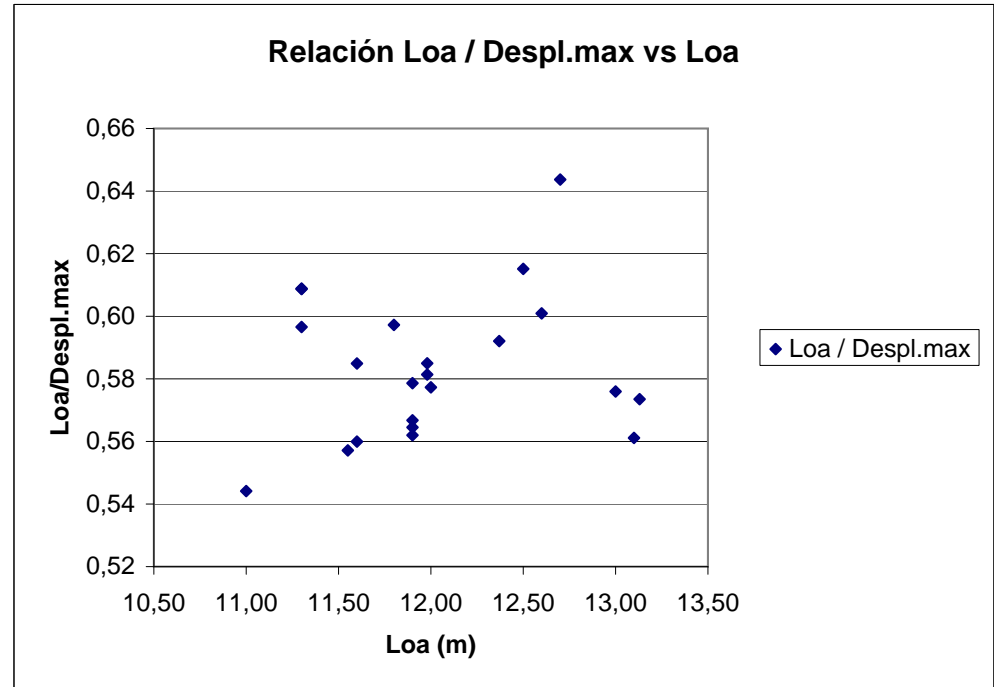
Relación Lwl / Despl. vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Eslora Flotación (m)	Desplazamiento (Kg)	Despl. ^1/3	Lwl / Despl.
<i>Privilege 435</i>	13,13	12,60	8300	20,247	0,622
<i>Catana 43</i>	13,10	12,80	10500	21,898	0,585
<i>Belize 43</i>	13,00	12,20	8620	20,504	0,595
<i>F - 41</i>	12,70	12,00	5000	17,100	0,702
<i>Venezia 42</i>	12,60	12,10	6800	18,945	0,639
<i>Catana 401</i>	12,50	12,40	6500	18,663	0,664
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	11,67	7240	19,345	0,603
<i>Fidgi 39</i>	12,00	11,40	7000	19,129	0,596
<i>Nautitech 40</i>	11,98	11,50	6600	18,758	0,613
<i>Nautitech 395</i>	11,98	11,30	6600	18,758	0,602
<i>Privilege 395</i>	11,90	10,37	7500	19,574	0,530
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	10,66	7100	19,220	0,555
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	10,97	6200	18,371	0,597
<i>Lady of he Dawn</i>	11,90	11,17	7530	19,600	0,570
<i>Catana 381</i>	11,80	11,10	5800	17,967	0,618
<i>Athena 38</i>	11,60	11,00	5830	17,998	0,611
<i>Northern Light 38</i>	11,60	10,40	7000	19,129	0,544
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	11,00	7120	19,238	0,572
<i>Azuli 37</i>	11,30	10,66	5000	17,100	0,623
<i>Antigua 37</i>	11,30	10,20	4500	16,510	0,618
<i>Flica 37 (Fuzzy Logic)</i>	11,30	10,70	4627	16,664	0,642
<i>Mahé 36</i>	11,00	10,27	6500	18,663	0,550



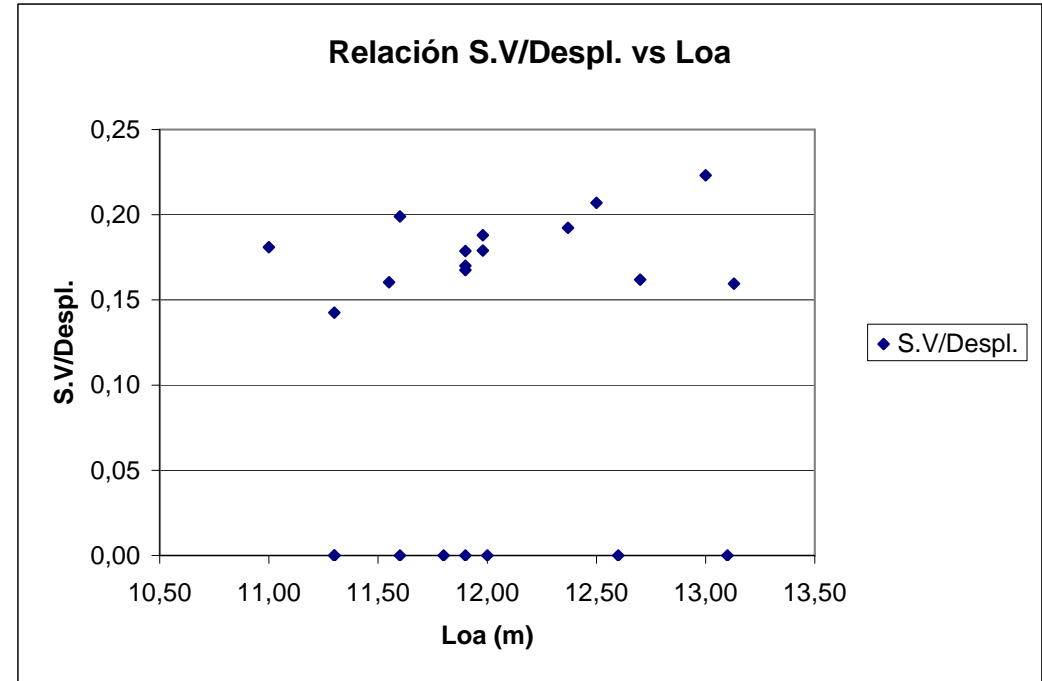
Relación Loa/Despl.max vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Desplazamiento Máx (Kg)	Despl. ^1/3	Loa / Despl.max
Privilege 435	13,13	12000	22,894	0,574
Catana 43	13,10	12726	23,347	0,561
Belize 43	13,00	11500	22,572	0,576
F - 41	12,70	7680	19,730	0,644
Venezia 42	12,60	9218	20,967	0,601
Catana 401	12,50	8390	20,320	0,615
Lgoon 410-S2	12,37	9120	20,893	0,592
Fidgi 39	12,00	8983	20,787	0,577
Nautitech 40	11,98	8750	20,606	0,581
Nautitech 395	11,98	8590	20,480	0,585
Privilege 395	11,90	9494	21,175	0,562
Prout Escale 39	11,90	9256	20,996	0,567
Lavezzi 40	11,90	8700	20,567	0,579
Lady of he Dawn	11,90	9368	21,080	0,565
Catana 381	11,80	7713	19,758	0,597
Athena 38	11,60	7800	19,832	0,585
Northern Light 38	11,60	8890	20,716	0,560
Lagoon 380-S2	11,55	8910	20,731	0,557
Azuli 37	11,30	6796	18,942	0,597
Antigua 37	11,30	6398	18,564	0,609
Flica 37 (Fuzzy Logic)	11,30	6394	18,560	0,609
Mahé 36	11,00	8260	20,214	0,544



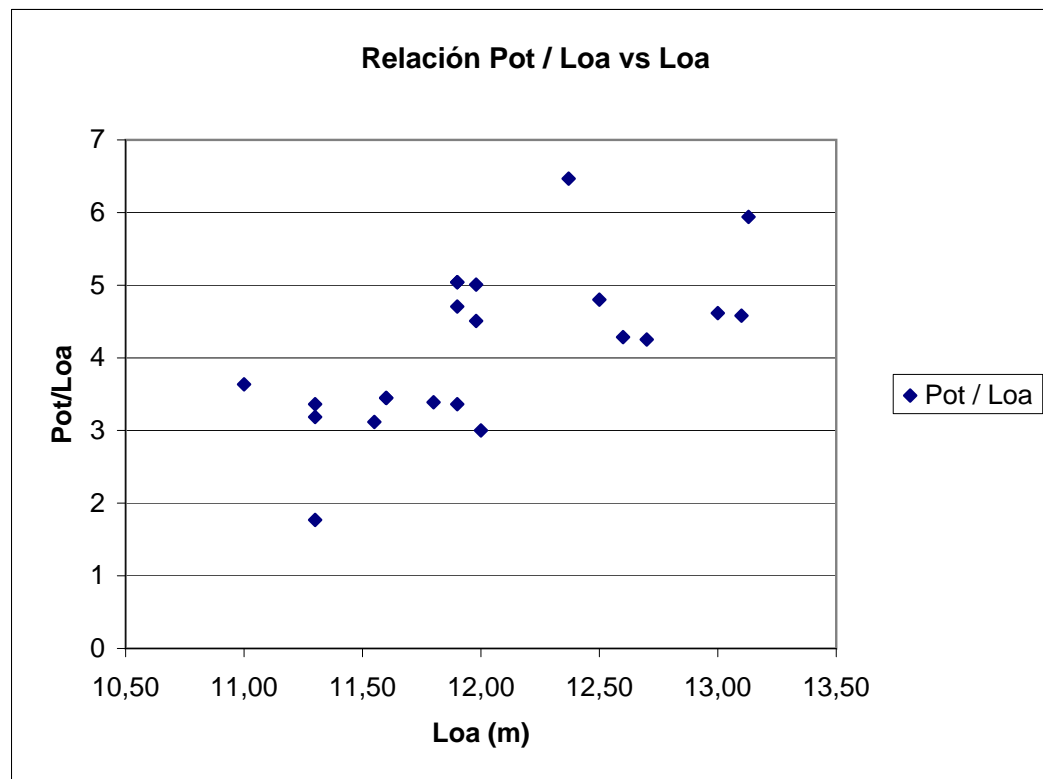
Relación Sup.Vél/Despl. Vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Desplazamiento (Kg)	Sup.Vélica Proyectada (m^2)	Despl.^2/3	S.V/Despl.
Privilege 435	13,13	8300	65,39	409,939	0,160
Catana 43	13,10	10500	0,00	479,505	0,000
Belize 43	13,00	8620	93,81	420,409	0,223
F - 41	12,70	5000	47,34	292,402	0,162
Venezia 42	12,60	6800	0,00	358,927	0,000
Catana 401	12,50	6500	72,09	348,291	0,207
Lagoon 410-S2	12,37	7240	71,98	374,248	0,192
Fidgi 39	12,00	7000	0,00	365,931	0,000
Nautitech 40	11,98	6600	62,97	351,854	0,179
Nautitech 395	11,98	6600	66,16	351,854	0,188
Privilege 395	11,90	7500	65,14	383,155	0,170
Prout Escale 39	11,90	7100	61,88	369,407	0,168
Lavezzi 40	11,90	6200	60,30	337,490	0,179
Lady of he Dawn	11,90	7530	0,00	384,176	0,000
Catana 381	11,80	5800	0,00	322,814	0,000
Athena 38	11,60	5830	64,44	323,926	0,199
Northern Light 38	11,60	7000	0,00	365,931	0,000
Lagoon 380-S2	11,55	7120	59,34	370,101	0,160
Azuli 37	11,30	5000	0,00	292,402	0,000
Antigua 37	11,30	4500	38,85	272,568	0,143
Flica 37 (Fuzzy Logic)	11,30	4627	0,00	277,673	0,000
Mahé 36	11,00	6500	63,01	348,291	0,181



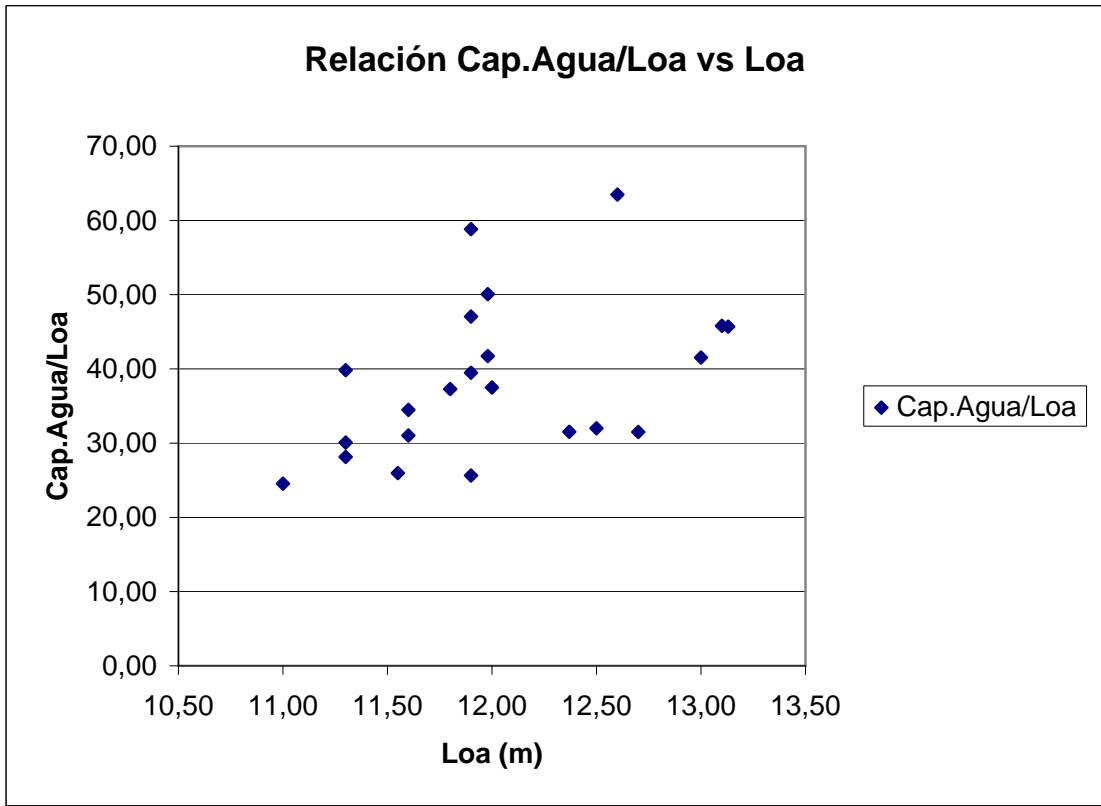
Relación Pot/Loa vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Motor Diesel	Potencia (hp)	Pot / Loa
<i>Privilege 435</i>	13,13	2x39 hp	78	5,94
<i>Catana 43</i>	13,10	2x30 hp	60	4,58
<i>Belize 43</i>	13,00	2x30 hp	60	4,62
<i>F - 41</i>	12,70	2x27 hp	54	4,25
<i>Venezia 42</i>	12,60	2x27 hp	54	4,29
<i>Catana 401</i>	12,50	2x30 hp	60	4,80
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	2x40 hp	80	6,47
<i>Fidgi 39</i>	12,00	2x18 hp	36	3,00
<i>Nautitech 40</i>	11,98	2x30 hp	60	5,01
<i>Nautitech 395</i>	11,98	2x27 hp	54	4,51
<i>Privilege 395</i>	11,90	2x28 hp	56	4,71
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	2x30 hp	60	5,04
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	2x20 hp	40	3,36
<i>Lady of he Dawn</i>	11,90	2x30 hp	60	5,04
<i>Catana 381</i>	11,80	2x20 hp	40	3,39
<i>Athena 38</i>	11,60	2x20 hp	40	3,45
<i>Northern Light 38</i>	11,60	2x20 hp	40	3,45
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	2x18 hp	36	3,12
<i>Azuli 37</i>	11,30	2x10 hp	20	1,77
<i>Antigua 37</i>	11,30	2x18 hp	36	3,19
<i>Flica 37 (Fuzzy Logic)</i>	11,30	2x19 hp	38	3,36
<i>Mahé 36</i>	11,00	2x20 hp	40	3,64



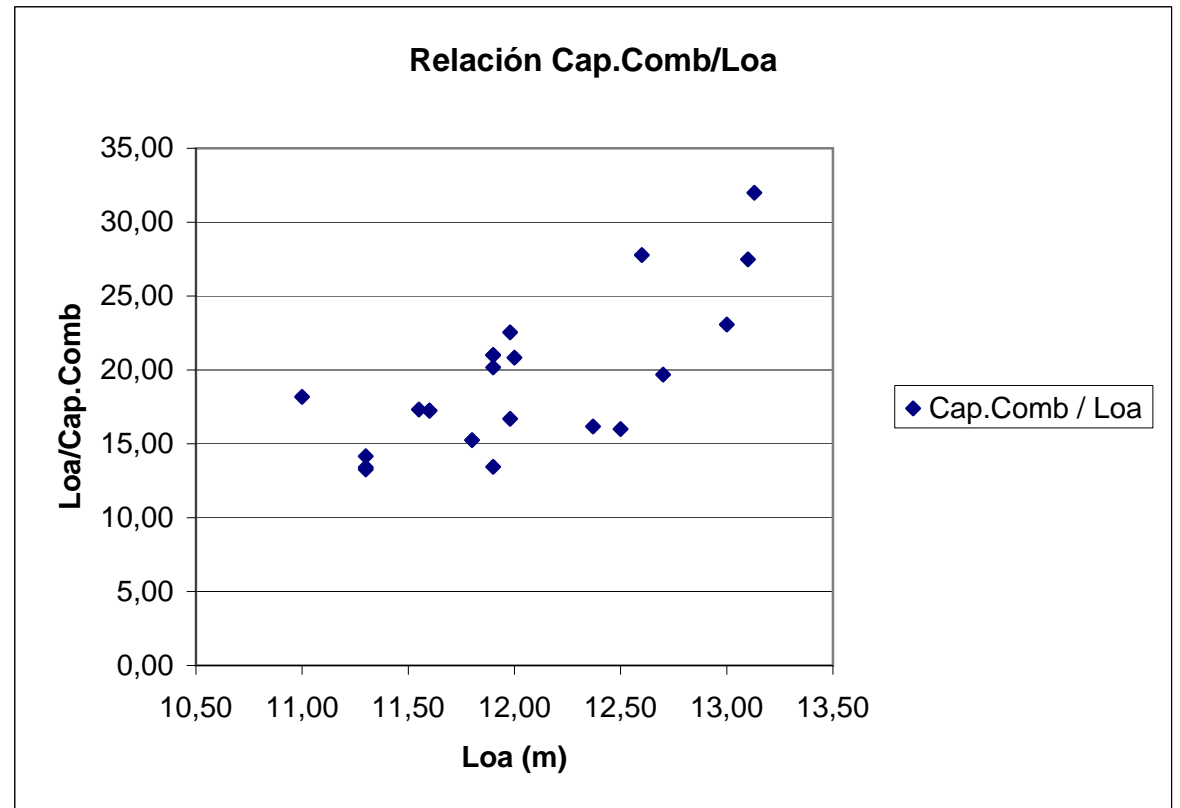
Relación Cap.Agua/Loa vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Depósito Agua (l)	Cap.Agua/Loa
<i>Privilege 435</i>	13,13	600	45,697
<i>Catana 43</i>	13,10	600	45,802
<i>Belize 43</i>	13,00	540	41,538
<i>F - 41</i>	12,70	400	31,496
<i>Venezia 42</i>	12,60	800	63,492
<i>Catana 401</i>	12,50	400	32,000
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	390	31,528
<i>Fidgi 39</i>	12,00	450	37,500
<i>Nautitech 40</i>	11,98	600	50,083
<i>Nautitech 395</i>	11,98	500	41,736
<i>Privilege 395</i>	11,90	470	39,496
<i>Prout Escale 39</i>	11,90	700	58,824
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	560	47,059
<i>Lady of he Dawn</i>	11,90	305	25,630
<i>Catana 381</i>	11,80	440	37,288
<i>Athena 38</i>	11,60	360	31,034
<i>Northern Light 38</i>	11,60	400	34,483
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	300	25,974
<i>Azuli 37</i>	11,30	340	30,088
<i>Antigua 37</i>	11,30	450	39,823
<i>Flica 37 (Fuzzy Logic)</i>	11,30	318	28,142
<i>Mahé 36</i>	11,00	270	24,545



Relación Cpa.Comb/Loa vs Loa

Catamarán	Eslora Total (m)	Depósito Diésel (l)	Cap.Comb / Loa
<i>Privilege 435</i>	13,13	420	31,988
<i>Catana 43</i>	13,10	360	27,481
<i>Belize 43</i>	13,00	300	23,077
<i>F - 41</i>	12,70	250	19,685
<i>Venezia 42</i>	12,60	350	27,778
<i>Catana 401</i>	12,50	200	16,000
<i>Lagoon 410-S2</i>	12,37	200	16,168
<i>Fidgi 39</i>	12,00	250	20,833
<i>Nautitech 40</i>	11,98	270	22,538
<i>Nautitech 395</i>	11,98	200	16,694
<i>Privilege 395</i>	11,90	240	20,168
<i>Prout Escalé 39</i>	11,90	160	13,445
<i>Lavezzi 40</i>	11,90	250	21,008
<i>Lady of he Dawn</i>	11,90	250	21,008
<i>Catana 381</i>	11,80	180	15,254
<i>Athena 38</i>	11,60	200	17,241
<i>Northern Light 38</i>	11,60	200	17,241
<i>Lagoon 380-S2</i>	11,55	200	17,316
<i>Azuli 37</i>	11,30	160	14,159
<i>Antigua 37</i>	11,30	150	13,274
<i>Flica 37 (Fuzzy Logic)</i>	11,30	151,5	13,407
<i>Mahé 36</i>	11,00	200	18,182



4. DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR.

Este dimensionamiento preliminar se va a realizar conforme al catamarán que vayamos a diseñar.

En nuestro caso se trata de un catamarán tipo crucero de altas prestaciones; para ello intentaremos conseguir una gran habitabilidad y comodidad conforme al espacio disponible (manga y eslora), buscando una máxima velocidad de promedio en navegación independientemente de la combinación de velas sin perjudicar la comodidad y seguridad.

Para conseguir una máxima velocidad de promedio, el diseño de sus cascos será en forma de torpedo alargado, esta forma se ha demostrado que reduce el efecto de balanceo en mar gruesa, centrando los pesos, lo cual disminuiría el movimiento de cabeceo que se genera al navegar por la variación del trimado debido a la geometría del tren de olas generado con el movimiento.

La estabilidad estática y dinámica será mayor cuanto mas excelente sea la relación entre eslora y manga y separación entre cascos, la estabilidad también aumentará sin incrementar excesivamente su manga máxima si le damos una cierta inclinación a los cascos hacia a fuera (como ocurre en el catamarán CATANA 43).

Para la obtención de las dimensiones preliminares se ha tenido en cuenta las relaciones obtenidas del estudio estadístico y los datos disponibles de embarcaciones de similar diseño.

4.1 Eslora total (Loa)

Este es el dato de partida del diseño, por lo tanto no es necesario realizar cálculos adicionales.

Loa = 12,00 mts

4.2 Manga máxima (B)

La Bmax es un valor que influye en la habitabilidad y estabilidad, al tratarse de un catamarán podemos decir que estará dotado de una mayor estabilidad que un velero monocasco al poseer dos cascos, por lo que podrá soportar un gran velamen.

En la decisión de la manga máxima se tendrá una restricción en cuanto al atraque en algunos puertos, debido a que la distancia entre pantalanes puede que no cubra dicha manga por lo cual el catamarán tendrá que atracar en pantalanes de mayor envergadura debiendo abonar un mayor coste de atraque.

Del estudio estadístico realizado se puede observar que la manga máxima va aumentando conforme aumenta la eslora total, los valores de las relaciones $Loa/B_{m\acute{a}x}$ van variando de:

$$Loa/B_{m\acute{a}x} = [1,745 - 1,866]$$

Para nuestro caso, un catamarán de 12 m Loa la relación varía:

$$Loa/B_{m\acute{a}x} = [1,777 - 1,886]$$

La $B_{m\acute{a}x}$ va aumentando a lo largo de eslora:

$$B_{m\acute{a}x} = [5,90 - 7,07]$$

Para un catamarán de 12m de Loa la manga máxima aumenta de:

$$B_{m\acute{a}x} = [6,30 - 7,09]$$

Siendo la media para un catamarán de 12 mts de Loa :

$$Loa/B_{m\acute{a}x} \text{ media} = 1,809$$

$$B_{m\acute{a}x} \text{ media} = 6,59 \text{ mts}$$

Por lo que tomaremos un valor de relación $Loa/B_{m\acute{a}x}$ mayor que la media ya que conseguiremos una mayor estabilidad, velamen y habitabilidad para obtener un catamarán crucero de altas prestaciones, conforme al número de tripulantes máximo.

Relación $Loa/B_{m\acute{a}x} = 1,84$

$B_{m\acute{a}x} = 6,52 \text{ mts}$ (aproximadamente)

4.3 Manga de los Cascos (B cascós).

Según la forma que tengan los cascós nos va a limitar la habitabilidad disponible para la situación de los camarotes (tanto en proa como en popa) y espacios interiores para otros fines, de tal manera que la manga de los cascós tiene una función principal para la situación de dichos espacios.

Habrán que tener en cuenta si los cascos son simétricos o no, ya que de no serlo, tendrán unas ventajas y desventajas respecto a los simétricos. Nuestro estudio estadístico se ha basado en el caso de cascos simétricos, debido a una mayor facilidad de diseño y disposición de espacios interiores.

La forma que presenten los cascos influirá también en la velocidad que podrá alcanzar el catamarán, formas más finas lo dotarán de una mayor velocidad respecto a los de formas llenas, aunque perderán habitabilidad, ganando en ello los de formas más llenas.

En el diseño de los cascos hay que tener en cuenta tres aspectos importantes, los cuales nos van a afectar a la hora de elegir el diseño de los cascos:

- **HABITABILIDAD:** nos la proporcionará la relación ***Loa / B cascos*** y ***F.bordo / Lwl***, aunque también la relación ***Loa / B*** máxima como hemos indicado anteriormente, centrándonos en la relación ***Loa / B cascos*** y ***F.bordo / Lwl***.

Loa / B cascos: cuanto mayor sea ésta mayor habitabilidad podremos disponer en el interior de los cascos obteniendo un mayor confort para la tripulación y disposición de camarotes y espacios interiores a la hora de diseñar el plano de interiores.

F.bordo / Lwl: está relacionada con la altura interior buscando una mayor comodidad para el alojamiento de los pasajeros y disposición de equipos e instalaciones.

Influirá la forma del casco llena o fina.

- **RESISTENCIA:** dependerá de la relación ***Lwl / Bwl*** y ***B cascos / Bwl***.

Lwl / Bwl: al tratarse de un catamarán presentará menos resistencia por formación de olas que un monocasco y por lo tanto mayor velocidad, esto es debido a que la relación ***Lwl / Bwl*** es menor en un monocasco ya que éste tiene una velocidad limitada de $\sqrt{Lwl} * 1,3 - 1,5$ al tener una relación ***Lwl / Bwl*** menor, cuando navega desplazará mayor empuje de agua alrededor de su casco, por lo tanto mayor resistencia por formación de olas.

Según estudios realizados por el diseñador Wharram los catamaranes de crucero presentan una relación media de ***Lwl / Bwl = 8:1 - 10:1***, incluso algunos llegan a una relación de ***12:1 - 20:1***

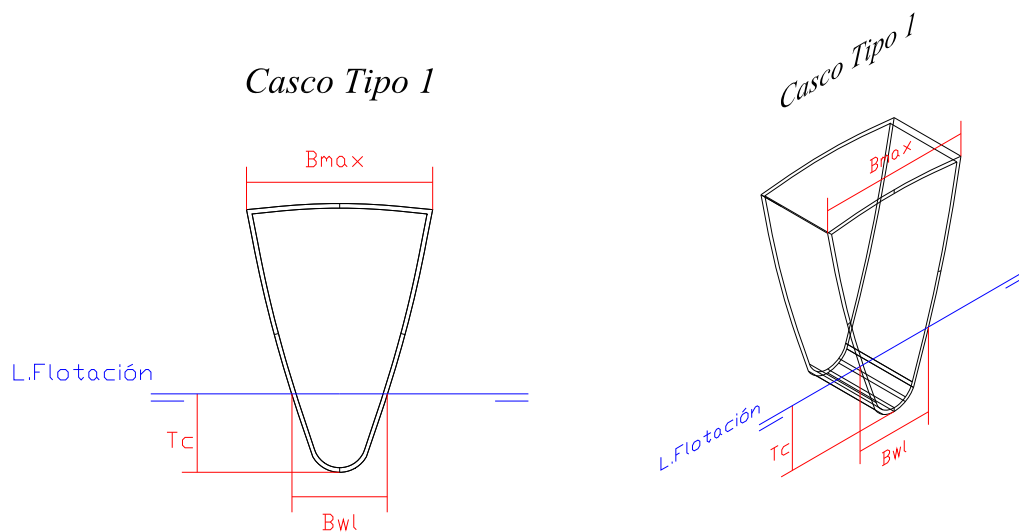
Un ejemplo expuesto por él respecto a la resistencia: es que un monocasco de 25 pies (7,6 mts aprox) experimentaba una velocidad media de 5 - 6 nudos, mientras que en un catamarán de igual eslora su velocidad media era de 10 nudos.

B cascos / Bwl: esta relación influirá en la afinidad de los cascos, cuanto mayor sea esta relación presentará una forma más en V, de tal manera que podrá cortar mejor las olas navegando que un casco con formas llenas en U

- SUPERFICIE ANTIDERIVA: nos dará una idea la relación Bwl / Tc y $B \text{ cascos} / Bwl$. La superficie antideriva será mayor o menor según el calado que lleve y forma que presente el casco. Si los cascos son de formas finas (V) tendrá mayor calado que uno de formas llenas (U) suponiendo que los dos están en una misma línea de flotación, de tal manera que el calado que presenten los cascos de formas finas, al ser mayor, pueden llegar a proporcionar una superficie antideriva efectiva, mientras que los de formas llenas al poseer menor calado tendremos que disponer de orza o semiquillas para que puedan producir una fuerza antideriva necesaria para contrarrestar el abatimiento producido por el viento.

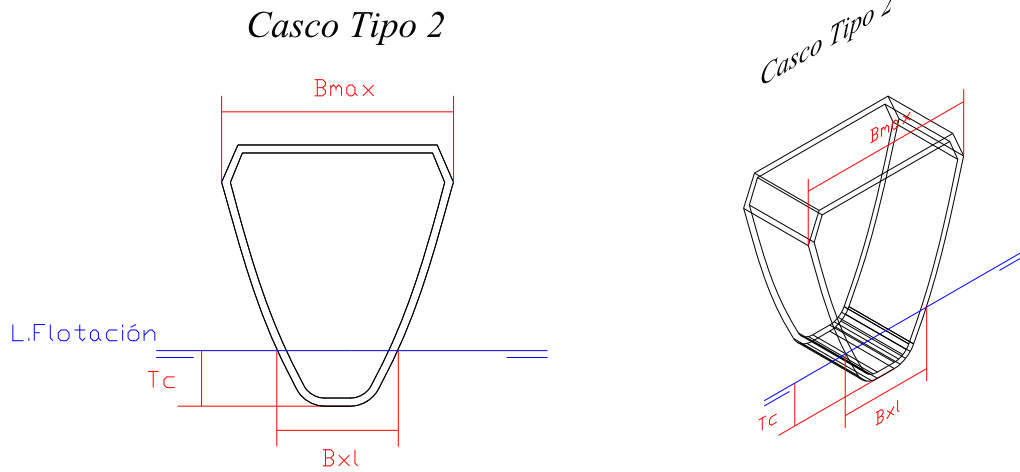
De la estadística realizada y planos obtenidos de diferentes catamaranes, hemos podido observar tres tipos de cascos con diferentes características teniendo una misma línea de flotación.

Casco Tipo 1



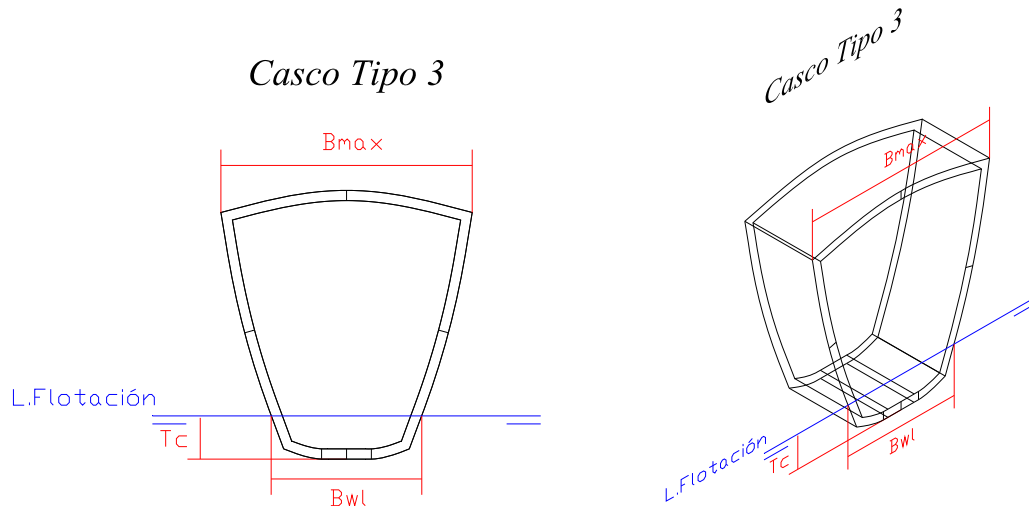
Este casco es el que presenta la forma mas fina de los tres, por lo que suministrará una mayor velocidad al presentar menor resistencia al avance, con el inconveniente de que para dotarlo de una mayor habitabilidad habrá que disponerle de una especie de cabina en su parte superior aumentando de esta forma su manga (a este ejemplo pertenecen diseños como los de James Wharram: www.wharram.com/sitemap.html)
Presenta un mayor calado, por lo que no será necesario disponer de orza, ya que el calado que posee contribuye a una mayor superficie antideriva.

Casco Tipo 2



En este caso se ha buscado un diseño intermedio entre los cascos del tipo 1 y 3. Poder alcanzar grandes velocidades ofreciendo una menor resistencia al avance y una mayor habitabilidad sin necesidad de disponer de una cabina en su parte superior. Dependiendo del calado que lleven podrán navegar sin necesidad de disponer de orza, aunque algunos llevan una simiquilla. (como los diseños de Richard Woods)

Casco Tipo 3



Este tipo de casco es el que suele llevar gran parte de los catamaranes para los que se ha realizado el estudio estadístico. En este tipo de casco se busca conseguir gran habitabilidad para la situación de camarotes con camas dobles tanto en proa como en popa, así como la disposición de otros espacios para otros fines.

El calado es menor que en los otros dos casos por lo que lleva una simiquilla u orza, para evitar la fuerza antideriva a que está sometido cuando navega, con el inconveniente de ofrecer una mayor resistencia al avance.

Algunos catamaranes que pertenecen a este tipo suelen tener la forma del casco un poco mas fina, como los pertenecientes a la rama Fountaine Pajot (Privilege), mientras que otros presentan formas mas llenas, como los Lagoon.

Relación Loa/Bcascos: esta relación tiene una importancia fundamental sobre la habitabilidad de camarotes y espacios interiores en los cascos, sin olvidar la relación Loa/Bwl la cual nos determinará la resistencia debido a las olas, al igual que la relación Bwl / Tc nos proporcionará una superficie antideriva suficiente o no para contrarrestar el abatimiento.

Los valores para los que se ha realizado el estudio estadístico oscilan:

$$\text{Loa/Bcascos} = [5,659 - 9,113]$$

$$\text{Media Loa/Bcasco} = 7,379$$

Para un catamarán de 12 mts de Loa los valores varían:

$$\begin{aligned} \text{Loa/Bcascos} &= [5,674 - 8,548] \\ \text{Media Loa/Bcascos} &= 7,356 \end{aligned}$$

Para nuestro caso decidiremos por un valor mayor que la media, puesto que en el proyecto a tratar se busca gran habitabilidad y comodidad conforme al espacio disponible. Optando por:

Relación Loa/Bcasco = 7,6
Bcasco = 1,5 mts (aproximadamente)

4.4 Eslora de Flotación (Lwl).

Habrà que tener en cuenta si Lwl es grande, ya que de serlo los lanzamientos en proa y popa son menores haciendo que el peso se concentre en el centro, evitando el cabeceo excesivo, siendo èste un problema para la tripulaci3n que se encuentre en el interior debido a posibles caídas ademàs de mareos ocasionados por el balanceo.

El rango de valores para el que se ha realizado el estudio del catamarán es:

$$\text{Lwl} = [10,20 - 12,80]$$

Para nuestro caso los valores de Lwl oscilan:

$$\text{Lwl} = [10,37 - 11,67]$$

Para los valores en los que se ha realizado el estudio del catamarán la relaci3n Loa/Lwl varía de:

$$\text{Loa/Lwl} = [1,041 - 1,116]$$

Para un catamarán de 12 mts de Loa la relaci3n varía de:

$$\text{Loa/Lwl} = [1,042 - 1,085]$$

Obteniendo de media:

$$\begin{aligned} \text{Lwl media} &= 11,04 \\ \text{Loa/Lwl media} &= 1,076 \end{aligned}$$

Decidiremos por una relación Loa/Lwl menor que la media:

Relación $Loa/Lwl = 1,053$

$Lwl = 11,4$ mts (aproximadamente)

4.5 Calado casco (Tc)

Tc es la altura máxima desde la eslora de flotación al punto más bajo del casco, este calado es el más importante ya que determinará el interior del barco, tanques bajos y espacios para las instalaciones de líquidos, electricidad, etc., superficie mojada del barco y desplazamiento.

Relación $Bmax/Tc$: esta relación tiene influencia sobre la estabilidad inicial, resistencia al avance (Resistencia viscosa y por formación de olas) y superficie mojada, estas tres influencias aumentan con la relación $Bmax/Tc$. Hay que tener en cuenta que la resistencia al avance no es deseable en ningún caso, no obstante el aumento de estabilidad nos permite disponer de una mayor potencia impulsora por parte del plano vélico.

Si el calado está restringido, la capacidad de obtener el desplazamiento requerido se hará modificando la manga.

Los valores para los que hemos estudiado oscilan:

$$Bmax/Tc = [4,963 - 7,333]$$

$$Media Bmax/Tc = 5,967$$

Para un rango de 12 mts de Loa los valores van:

$$Bmax/Tc = [5,417 - 7,333]$$

$$Media Bmax/Tc = 6,159$$

Relación Lwl/Tc : como se puede comprobar en esta relación el calado del casco se escala linealmente con la eslora, esto nos proporcionará una idea de la capacidad anti-pantocazos de la carena. Esta capacidad la soportará mejor cuanto mas fina sea la forma del casco, debido a que mejor cortará las olas durante la navegación. Valores altos son los más favorables.

Los valores de la relación Lwl/Tc oscilan para el rango que hemos estudiado:

$$Lwl/Tc = [8,231 - 12,333]$$

$$Media Lwl/Tc = 10,121$$

Para un catamarán de 12 mts de Loa los valores de Lwl/Tc oscilan:

$$Lwl/Tc = [8,642 - 12,333]$$
$$\text{Media } Lwl/Tc = 10,366$$

Para nuestro proyecto decidiremos por una relación Lwl/Tc mayor que la media para evitar los pantocazos a los que está sometida el casco en la separación entre flotadores, ya que es en esta zona donde se producen grandes golpes producidos por las olas.

Relación $Lwl/Tc = 10,6$
 $Tc = 1,07 \text{ mts}$ (aproximadamente)
Relación $Bmax/Tc = 6,093$

4.6 Desplazamiento en Rosca (Δr)

Este desplazamiento nos va a dar una idea aproximada sobre el peso de la estructura, maquinaria, equipo y habilitación que va a llevar, al igual que influirá en una mejor estabilidad.

La elección del tipo de desplazamiento va a influir en el gasto de los elementos de construcción y velocidad, ya que cuanto menor sea éste menor serán los gastos y mayor velocidad podrá alcanzar.

Relación $Lwl / \Delta r^3$: Este parámetro va a determinar si la embarcación es capaz de romper el punto crítico y pasar a navegar en régimen de semidesplazamiento, para romper este punto crítico es necesario que el catamarán posea un desplazamiento ligero, y por otro que las formas de la embarcación eviten un excesivo trimado en popa.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de los veleros monocascos trabajan en régimen de desplazamiento, sin embargo un catamarán puede llegar a navegar en régimen semidesplazamiento debido a que el radio Lwl / Bwl es mayor que un monocasco, ya que este tiene una velocidad limitada entre $\sqrt{Lwl} * 1,3 - 1,5$ esto es debido a que la resistencia por formación de olas es mayor (según Wharram Designer).

Los valores de la estadística de la relación $Lwl / \Delta r^3$ oscilan:

$$Lwl / \Delta r^3 = [0,530 - 0,702]$$
$$\text{Media } Lwl / \Delta r^3 = 0,602$$

Para un catamarán de 12 mts de Loa los valores varían de:

$$\begin{aligned}Lwl / \Delta r^{\frac{2}{3}} &= [0,530 - 0,618] \\ \text{Media } Lwl / \Delta r^{\frac{2}{3}} &= 0,585\end{aligned}$$

Elegiremos por una relación $Lwl / \Delta r^{\frac{2}{3}}$ mayor que la media, ya que de esta forma podrá navegar a mayor velocidad:

Relación $Lwl / \Delta r^{\frac{2}{3}} = 0,6$
Desplazamiento en Rosca = 6.859 Kg (aprox)

4.7 Desplazamiento Máximo (Δ_{max})

Nos ayudará a obtener una aproximación sobre el peso total del catamarán, que incluye el peso en rosca mas el peso muerto (carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos). El lastre no se tiene en cuenta porque en la estadística realizada los catamaranes no llevan lastre.

Relación $Loa / \Delta_{max}^{1/3}$: con esta relación obtendremos una aproximación sobre el peso total, aunque este varía de una manera considerable por la capacidad de combustible, agua, etc que pueda llevar a bordo. Con forme se avance en el proyecto podremos definir un peso total mas exacto.

En la estadística la relación $Loa / \Delta_{max}^{1/3}$ varía:

$$\begin{aligned}\text{Relación } Loa / \Delta_{max}^{1/3} &= [0,557 - 0,615] \\ \text{Media } Loa / \Delta_{max}^{1/3} &= 0,582\end{aligned}$$

Centrándonos en un catamarán de 12 mts de Loa:

$$\begin{aligned}Loa / \Delta_{max}^{1/3} &= [0,560 - 0,597] \\ \text{Media } Loa / \Delta_{max}^{1/3} &= 0,577\end{aligned}$$

Del estudio paramétrico realizado sugiere una relación de eslora total respecto al desplazamiento máximo de 0,582 A nivel de una eslora total de 12 mts esta relación desciende a 0,577 por lo que decidiremos por una relación intermedia de las dos:

Relación $Loa / \Delta_{max}^{1/3} = 0,58$
Desplazamiento Máximo = 8.856 Kg (aprox)

Otra forma de obtener un desplazamiento máximo de forma aproximada sería sumándole al desplazamiento en rosca obtenido anteriormente; 100 Kg* Persona mas la capacidad de agua y combustible

Relación Cap. Agua / Loa: esta relación nos proporcionará una idea de la capacidad de agua máxima que podrá llevar en los tanques.

$$\begin{aligned}\text{Cap. Agua} / \text{Loa} &= [24,545 - 50,083] \\ \text{Media Cap. Agua} / \text{Loa} &= 36,039\end{aligned}$$

Para 12 mts de Loa:

$$\begin{aligned}\text{Cap. Agua} / \text{Loa} &= [25,630 - 50,083] \\ \text{Media Cap. Agua} / \text{Loa} &= 37,567\end{aligned}$$

Eligiendo por una relación de cap. Agua respecto a la eslora total media entre las dos relaciones, obtenemos:

$$\begin{aligned}\text{Media Cap. Agua} / \text{Loa} &= 36,8 \\ \text{Cap. Agua} &= \underline{442 \text{ litros}} \text{ (aprox)}\end{aligned}$$

Relación Cap. Combustible / Loa: esta relación al igual que la anterior nos proporcionará una aproximación sobre la cantidad de combustible máxima en los tanques.

$$\begin{aligned}\text{Cap. Combustible} / \text{Loa} &= [13,407 - 23,077] \\ \text{Media Cap. Combustible} / \text{Loa} &= 17,717\end{aligned}$$

Para 12 mts de Loa:

$$\begin{aligned}\text{Cap. Combustible} / \text{Loa} &= [13,445 - 22,538] \\ \text{Media Cap. Combustible} / \text{Loa} &= 18,320\end{aligned}$$

Eligiendo por una relación de cap. Combustible respecto a la eslora total media entre las dos relaciones, obtenemos:

$$\begin{aligned}\text{Media Cap. Combustible} / \text{Loa} &= 18,02 \\ \text{Cap. Combustible} &= \underline{216 \text{ litros}} \text{ (aprox)}\end{aligned}$$

Una vez conocidas de forma aproximada la Cap. Combustible y de Agua y sabiendo que a cada tripulación le corresponde 100 Kg* Persona podemos obtener otro desplazamiento máximo aproximado.

$$\Delta_{\max} = 6.859 + 100 \cdot 12 + 216 \cdot 0,85 + 442 \Rightarrow \Delta_{\max} = 7.604,6 \text{ Kg (aprox)}$$

De tal manera que obtenemos dos desplazamientos máximos por dos maneras diferentes, como se puede comprobar la diferencia entre ellos es 1.251,4 Kg. El desplazamiento máximo se irá afinando mas con forme vayamos avanzando en el proyecto a tratar, por lo que estos dos desplazamientos máximos son meramente aproximados, no finales.

Desplazamiento Máximo 1 = 8.856 Kg (aprox)

Desplazamiento Máximo 2 = 7.604,6 Kg (aprox)

Tomaremos como Desplazamiento Máximo de Diseño la media de los dos desplazamientos deducidos, siendo éste:

Desplazamiento Máx de Diseño = 8.230 Kg (aprox)

4.8 Superficie Vélica (Sup.Vel)

Al tratarse de un catamarán, éste podrá estar dotado de una mayor superficie vélica que un velero monocasco ya que posee una mayor estabilidad.

Al presentar una estabilidad tan grande un catamarán, la superficie vélica va a estar limitada por la resistencia que tenga el mástil para soportar la fuerza del viento (al contrario que en un monocasco que está limitado por la escora) de tal manera que habrá que ir quitando o aumentando rizos de una forma progresiva, para evitar que el viento llegue a romper el mástil. Para impedir dicha fractura el catamarán deberá llevar a bordo una tabla en la cual se indique para cada fuerza de viento el rizo correspondiente.

Se procurará optar por una superficie vélica que nos proporcione manejabilidad en cuanto a tamaño y facilidad de manejo de las velas, lo cual nos va a definir las necesidades de maniobrar y tipo de velas a usar.

Para la decisión de la superficie vélica se ha supuesto la génova y la mayor como triángulos, sumando sus áreas sin tener en cuenta las formas curvas de la baluma, el pujamen o el grantil de la vela.

Relación Sup.Vel / $\Delta^{2/3}$: este parámetro nos va a determinar la capacidad propulsora de la embarcación y en cierta manera la velocidad máxima, también nos dará una idea sobre las prestaciones que ofrece con viento fuerte.

Los valores de la relación Sup.Vel / $\Delta^{2/3}$ oscilan:

$$\text{Sup.Vel} / \Delta^{2/3} = [0,143 - 0,223]$$
$$\text{Media Sup.Vel} / \Delta^{2/3} = 0,179$$

Para un catamarán de 12 mts de Loa la relación varía:

$$\text{Sup.Vel} / \Delta^{2/3} = [0,168 - 0,199]$$
$$\text{Media Sup.Vel} / \Delta^{2/3} = 0,182$$

El estudio paramétrico realizado sugiere una relación entre la superficie vélica y el desplazamiento de 0,179. Al observar únicamente los datos obtenidos de embarcaciones similares, esta relación aumenta hasta 0,182. Se ha decidido por una relación entre la superficie vélica respecto al desplazamiento intermedia entre las dos de 0,180. Obteniendo:

Relación Sup.Vel / $\Delta^{2/3} = 0,180$
Superficie Vélica = 64,98 m² (aprox)

4.9 Tabla Resumen del Dimensionamiento Preliminar.

Eslora total (Loa)	12,00 m
Eslora Flotación (Lwl)	11,4 m
Manga Máxima (B)	6,52 m
Manga Cascos (Bcasco)	1,50 m
Calado Casco (Tc)	1,07 m
Desplazamiento Rosca	6.824 Kg
Desplazamiento Máximo	8.230 Kg
Superficie Vélica (S.V.)	64,98 m²

5. DISEÑO DE FORMAS.

En este apartado decidiremos entre otros aspectos, el tipo de casco que llevará el catamarán de los tres tipos citados en el apartado Manga de los Cascos. Como el objetivo a buscar es un catamarán de altas prestaciones en cuanto habitabilidad, seguridad y confort en alta mar y buena gobernabilidad bajo cualquier condición, se ha decidido por el casco tipo 3, el cual asimila mejor los objetivos buscados, además de que la en la estadística realizada la mayor parte de los catamaranes llevan este tipo de casco. Se buscará una leve forma fina sin ser excesiva, para obtener mejores resultados en la navegación.

Una vez definidas las dimensiones preliminares de una forma aproximada, trataremos de definir las dimensiones que nos ayudarán al diseño de la carena.

5.1 Francobordo en Proa (Fb proa).

La elección del francobordo tendrá una influencia imprescindible en cuanto a la habitabilidad, ya que un francobordo bajo tendrá que disponer de un mayor calado o una cubierta mas alta.

La buena navegabilidad del catamarán dependerá del francobordo que lleve, ya que éste es vital para evitar los pantocazos a los que está sometido el casco en la separación entre flotadores, por lo que esta zona deberá ir mas reforzada.

Relación Fb proa / Lwl: como se puede observar en la gráfica, este valor va decreciendo con la eslora, ya que una vez sobrepasado la media mínima exigida por las alturas interiores, no parece necesario seguir aumentando el francobordo.

Esta relación va a influir en el mayor abatimiento de la embarcación, aumento de la estabilidad por formas positivas a grandes ángulos de escora y riesgo de elevación del c.d.g.

Según el estudio estadístico los valores de la relación Fb proa /Lwl varían:

$$\begin{aligned} \text{Relación Fb proa / Lwl} &= [0,095 - 0,144] \\ \text{Media Fb proa / Lwl} &= 0,122 \end{aligned}$$

Para un catamarán de 12 mts de eslora total los valores oscilan:

$$\begin{aligned} \text{Fb proa / Lwl} &= [0,104 - 0,144] \\ \text{Media Fb proa / Lwl} &= 0,123 \end{aligned}$$

Del estudio paramétrico realizado se observa que la media de la relación $F_b \text{ proa} / L_{wl}$ para un catamarán de 12 mts de eslora total es ligeramente mayor que el estudio estadístico total. Decidiremos por una relación $F_b \text{ proa} / L_{wl}$ igual que la media obtenida para nuestro caso, ya que proveemos que este valor puede cumplir con los requisitos que buscamos para el diseño.

$$\underline{\text{Relación } F_b \text{ proa} / L_{wl} = 0,123}$$
$$\underline{F_b \text{ proa} = 1,40 \text{ mts}} \text{ (aprox)}$$

5.2 Separación entre Flotadores

La separación entre flotadores va a influir de una manera importante en la estabilidad, capacidad para poder llevar un gran velamen y en la habitabilidad disponible para un mayor número de personas, en este caso 12.

En esta separación, la estructura de unión de los cascos, ofrece dificultades al oleaje, por ello adoptan la forma de ojos de puente para librar mejor las olas. Con marejada de proa o popa son incómodos y están sujetos a muchas averías en su estructura, si embargo con mar de costado es más cómoda la navegación.

Relación B max / D cascos: esta relación va a influir como hemos mencionado anteriormente en la estabilidad, capacidad para llevar un gran velamen y habitabilidad.

Del estudio estadístico los valores B max / D cascos varían:

$$\text{Relación B max / D cascos} = [1,705 - 2,689]$$
$$\text{Media B max / D cascos} = 2,039$$

Para nuestro proyecto los valores giran en torno:

$$\text{Relación B max / Dcascos} = [1,757 - 2,597]$$
$$\text{Media B max / D cascos} = 2,030$$

La distancia entre cascos del estudio estadístico la hemos medido desde la manga interior máxima de cada casco, tal como se muestra en la siguiente figura:



Del estudio paramétrico la media obtenida de la relación B_{max} / D_{cascos} es de 2,039 como se puede observar esta relación no se diferencia mucho cuando nos fijamos en embarcaciones similares, las cuales tienen una media de 2,030.

Para nuestro proyecto decidiremos por una relación B_{max} / D_{cascos} menor que la media obtenida, por razones de una mayor estabilidad, velamen y habitabilidad.

$$\underline{Relación B_{max} / D_{cascos} = 1.85}$$

$$\underline{D_{cascos} = 3,52 \text{ mts}} \text{ (aprox)}$$

Como se puede comprobar esta distancia entre flotadores nos coincide, si a la manga máxima de los cascos (6,52 mts) que hemos decidido, le restamos la manga de los cascos (1,5 mts)

5.3 Manga en la Flotación (B_{wl})

La elección de la manga en la flotación nos influirá en la superficie mojada, desplazamiento del catamarán y disposición de espacios interiores.

La resistencia por formación de olas será mayor o menor según la manga en la flotación y forma llena o fina presente el casco con respecto al calado que lleve.

Para la decisión de esta manga nos hemos valido del estudio realizado por el diseñador Waharram, el cual demostró que los catamaranes de crucero tienen una relación media de:

$$\begin{aligned}Lwl / Bwl &= [8:1 - 10:1] \\Lwl / Bwl &= [12:1 - 20:1]\end{aligned}$$

Para nuestro caso utilizaremos la primera relación [8:1 - 10:1] al ser nuestra eslora de flotación de 11,4 mts ya que la segunda relación es de catamaranes de mayor eslora.

Optaremos por una relación media entre [8:1 - 10:1] ya que proveemos que esta relación media que hemos elegido podrá cumplir con los objetivos fijados en cuanto habitabilidad y navegación.

Relación $Lwl / Bwl = 9:1$
 $Bwl = 1,26$ mts (aprox)

5.4 Coeficiente Prismático (C_p)

Se calcula a partir de la relación entre el volumen de carena y el producto del área transversal máxima de la sección media por la eslora en la flotación:

$$C_p = \nabla / A_{xc} \cdot Lwl$$

El C_p representa una medida de la distribución longitudinal del desplazamiento.

El valor del C_p tiene un efecto importante sobre la resistencia residual, de tal manera que:

- Un valor bajo del C_p significa, que el volumen de la obra viva se concentra alrededor de la perpendicular media y que los extremos de proa y popa son afinados, favoreciendo a la navegación al proporcionar unas entradas finas.
- Un valor alto del C_p significa lo contrario, un aumento de la superficie mojada favoreciendo la resistencia a la fricción. Por lo que un valor alto del C_p tiene un efecto negativo.

Para la decisión del C_p nos valdremos de la tabla proporcionada por Larsson, en la cual obtendremos el C_p correspondiente para nuestro caso, en una escala comprendida entre 0,30 - 0,45 del Número de Froude (F_n).

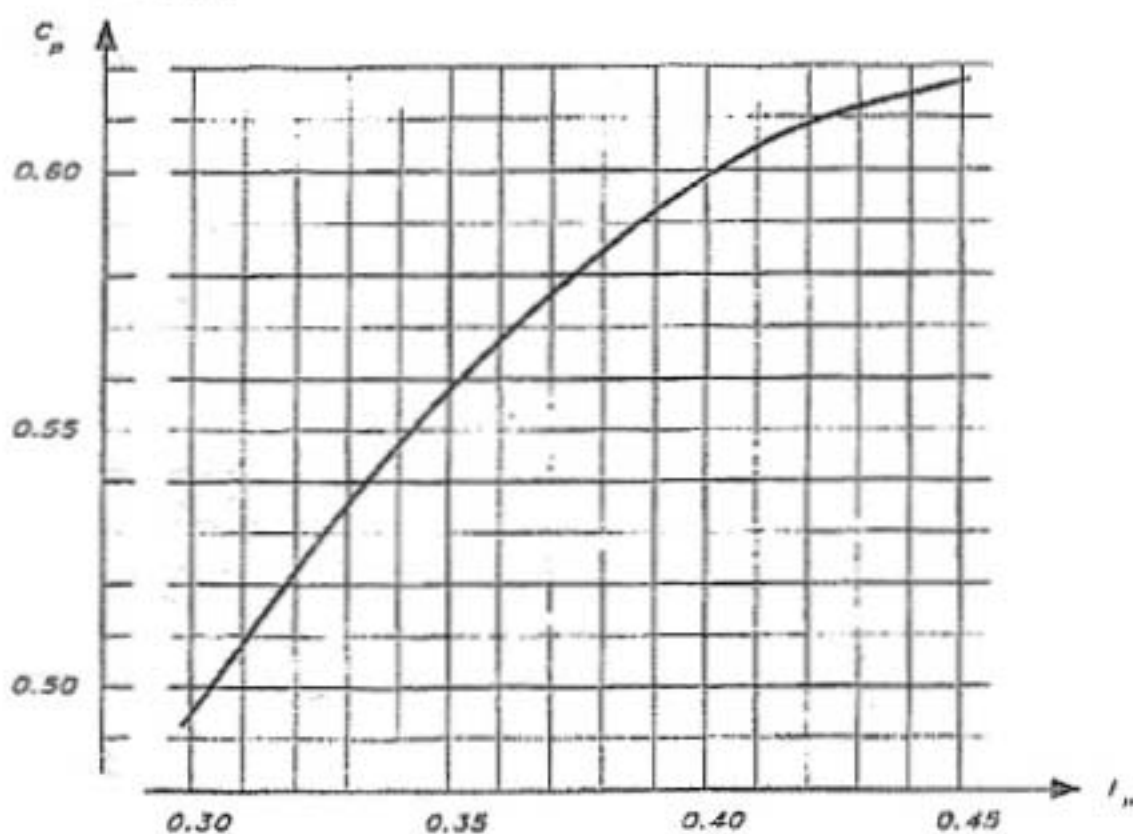
Siendo:

$$F_n = V_{\text{casco(mas)}} / \sqrt{g \cdot L_{wl(mas)}} \Rightarrow F_n = 0,39$$

$$V_{\text{casco}} = 1,34 \sqrt{L_{wl(\text{pies})}} \Rightarrow V_{\text{casco}} = 8,2 \text{ nudos}$$

Como se puede comprobar (según Larsson), los cascos del catamarán van a trabajar en Régimen de Semidesplazamiento, el cual está comprendido entre 0,35 - 0,45 del Número de Froude (F_n), esto puede ser debido a que se rompe el punto crítico para poder pasar del régimen de desplazamiento a semidesplazamiento, esto es posible al poseer el catamarán un desplazamiento ligero, a que las formas de la embarcación eviten un excesivo trimado a popa y a que la relación L_{wl} / B_{wl} es mayor que un monocasco y la capacidad de soportar un gran velamen por su gran estabilidad, llegando a navegar con un solo casco según la fuerza del viento.

Gráfica de Larsson:



Según la gráfica de Larsson, para un $F_n = 0,39$ se ha optado por un valor de:

$C_p = 0,59$

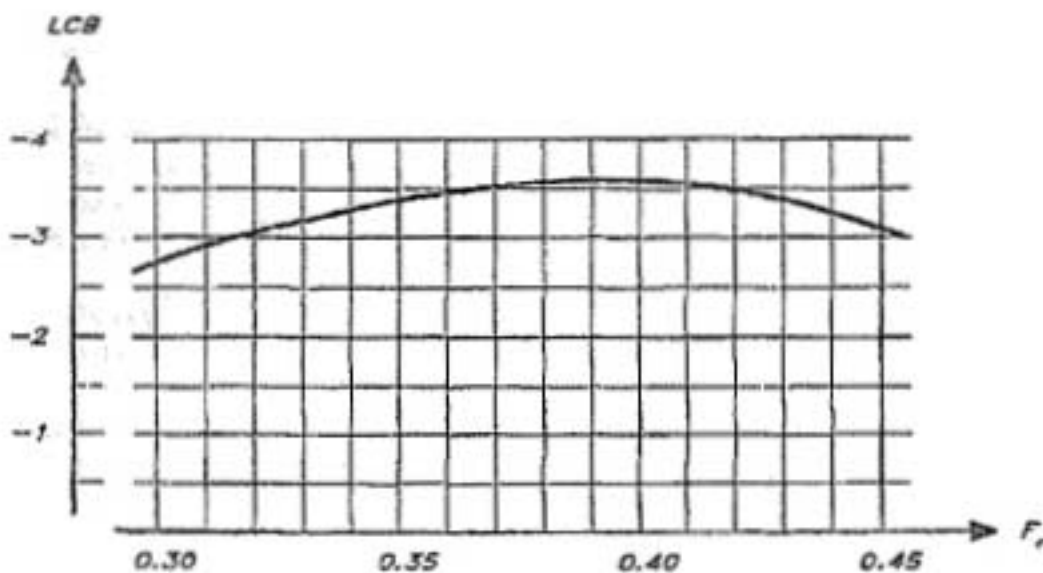
5.5 Posición Longitudinal del Centro de Carena (LCB) y de Flotación (LCF)

La posición longitudinal del centro de carena es el centro longitudinal del volumen desplazado.

Una posición óptima del LCB contribuirá a una mejor distribución de presiones a lo largo del casco y una menor resistencia residual según la forma que presente la carena.

Según la gráfica de Larsson una vez que ya conocemos nuestro F_n , podemos obtener el LCB que le corresponde.

Gráfica de Larsson:



Según la gráfica de Larsson para un valor de $F_n = 0,39$ le corresponde un valor de:

$LCB = -3,6\%$ de L_{wl} a popa de la sección maestra (- 0,4104 mts)

Stephen Dittmore recomienda desplazar el LCF una distancia del 1 – 1,5% de la eslora en la flotación, a popa del LCB; de este modo se consigue reducir el cabeceo de la embarcación, con un sacrificio mínimo del LCB óptimo.

LCF (1% de L_{wl}) = 0,114 mts a popa del LCB
LCF (1,5% de L_{wl}) = 0,171 mts a popa del LCB

LCF medio = 0,1425 mts a popa del LCB

5.6 Tabla Resumen del Diseño de Formas.

Para completar este apartado, he adjuntado el Plano de Formas en el APÉNDICE II.

Para la obtención de dicho plano he utilizado el programa Maxsurf en su versión académica.

Mediante el citado programa, podemos obtener las formas de la carena de la embarcación, normalmente partiendo de un modelo lo suficientemente parecido, así como las formas también, tanto de la orza como del timón. Es una versión que nos permite el diseño de formas con el cálculo adjunto de las curvas hidrostáticas, pero solo de una forma aproximada, de modo que nos facilita mucho la tarea de mantener el compromiso entre unas formas estilizadas y una resistencia lo más pequeña posible, siempre intentando cuadrar parámetros tan importantes como el desplazamiento, volumen de carena, ...con los valores obtenidos anteriormente en el dimensionamiento preliminar y de formas.

El dominio del programa en cuestión no me resultó excesivamente dificultoso, pero la verdad que el trabajo se hizo un poco más pesado a la hora de afinar los parámetros para obtener una carena lo más cercana posible a las exigencias impuestas en la especificación técnica anteriormente expuesta.

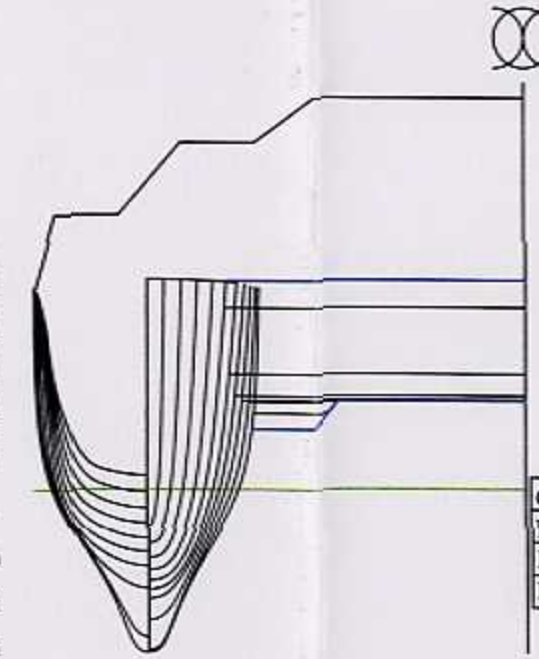
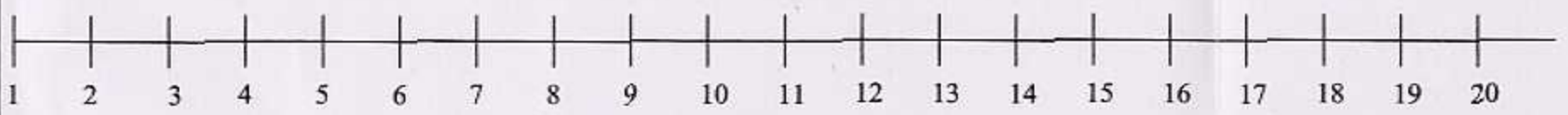
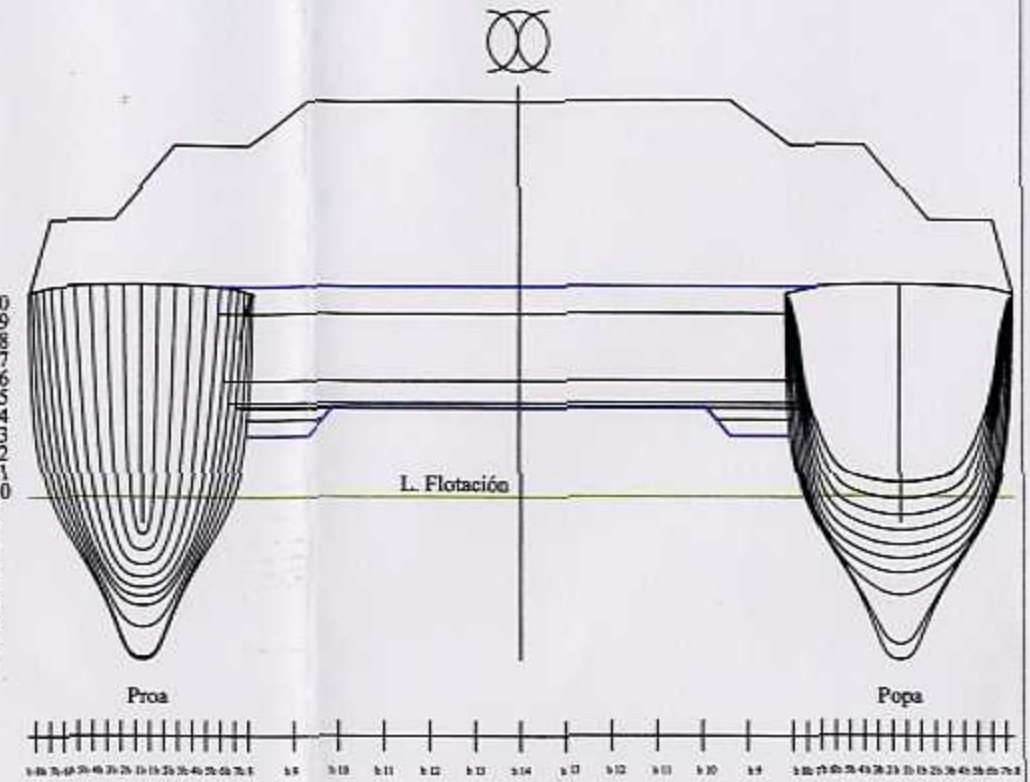
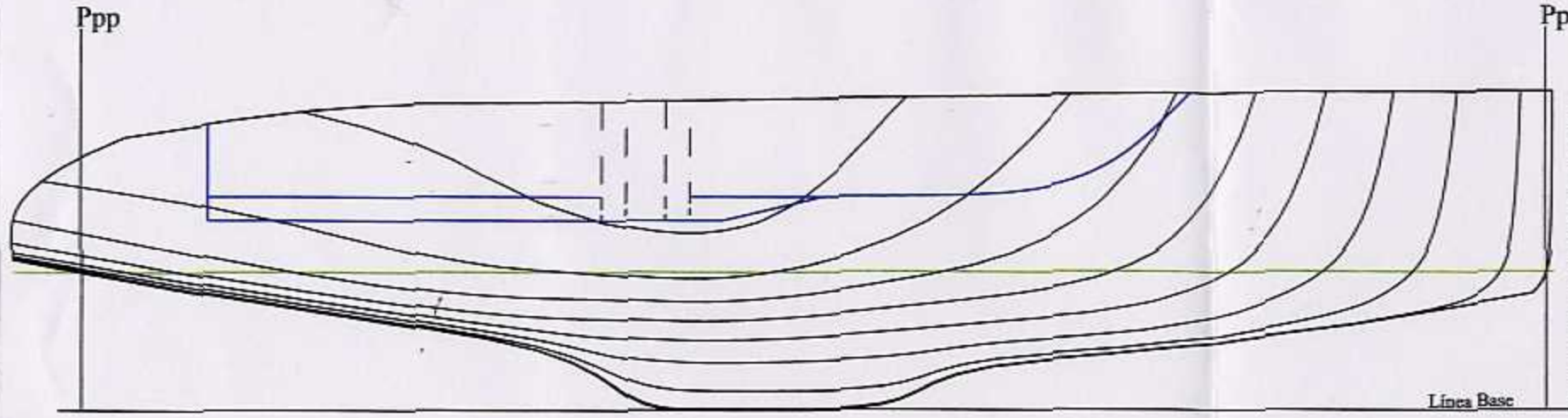
Como resultado de este apartado, podemos contemplar el anteriormente citado plano de formas con las respectivas tablas referidas a las dimensiones principales del barco, así como los espaciados entre las distintas secciones longitudinales, transversales y líneas de agua.

Francobordo proa (Fb proa)	1,40 m
Separación entre cascos (Dcascos)	3,52 m
Manga Flotación (Bwl)	1,26 m
Número de Froude (Fn)	0,39
Coefficiente Prismático (Cp)	0,59
Posición Centro Carena (L.C.B)	-3,60%
Capacidad de Combustible	216 L
Capacidad de Agua	442 L
Potencia	30 x 30 HP

Adjunto Plano de Formas en el APÉNDICE II, (Plano N°1)

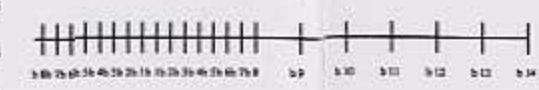
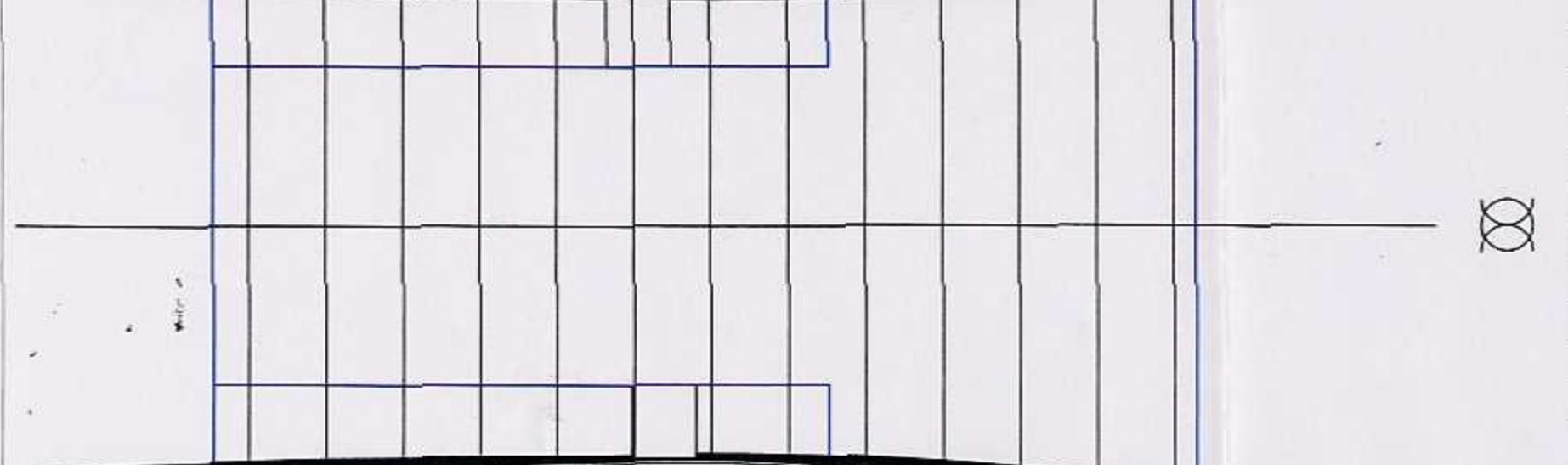
APÉNDICE II


PLANOS DE FORMAS



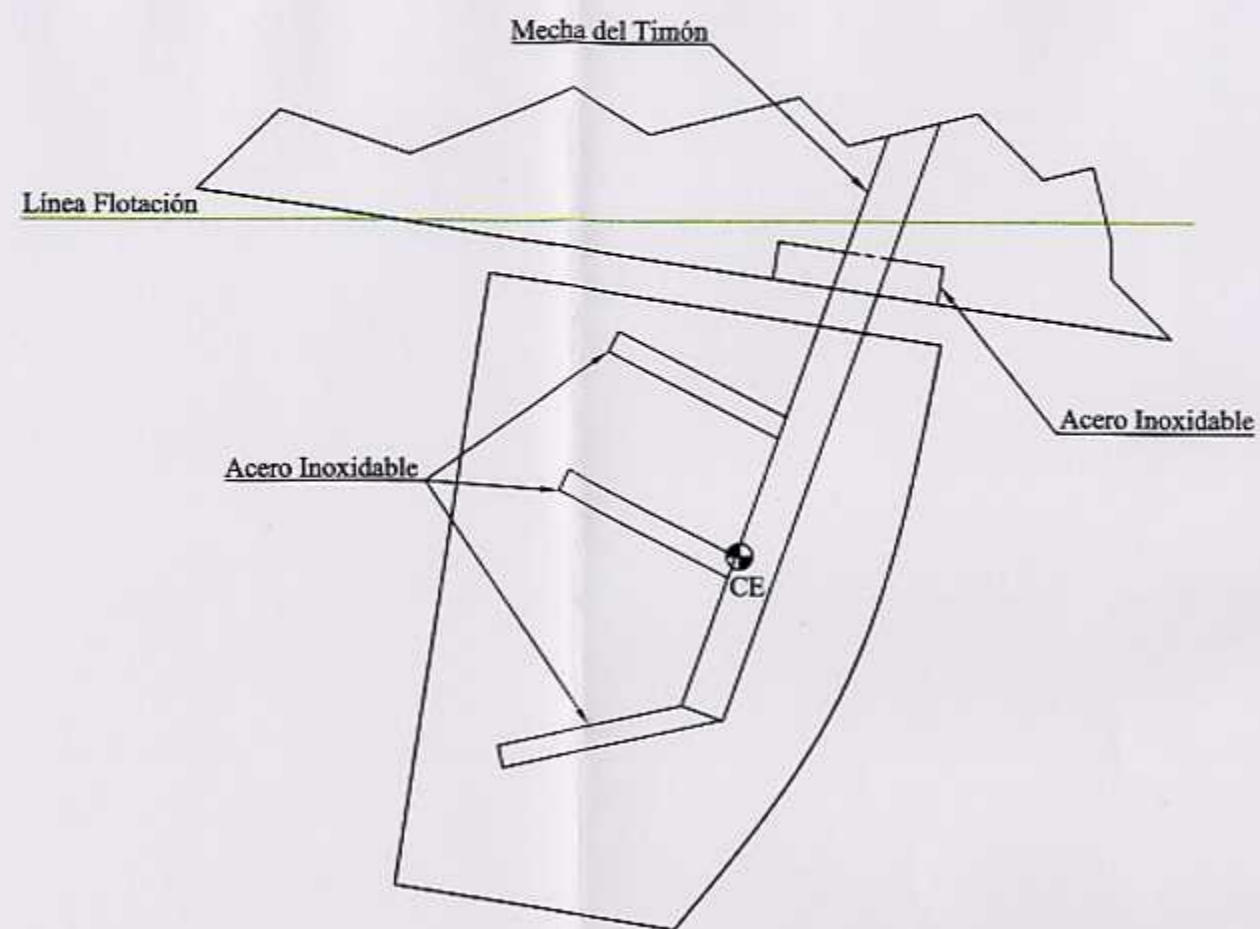
Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Bmax	6,52 m
Bcascos	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.824 Kg
Cp	0,59
D.flotadores	3,52 m

	Espaciados
Cuadernas	0,600 m
Líneas de agua	0,124 m
Longitudinales del casco	0,094 m
Longitudinales del casco central	0,301 m




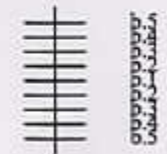
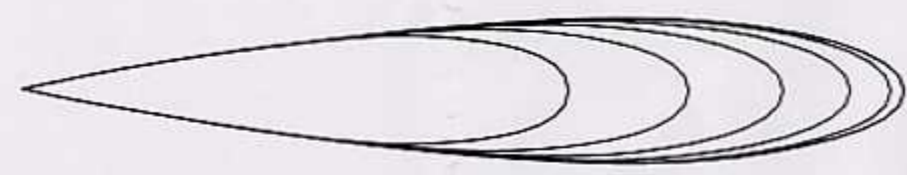
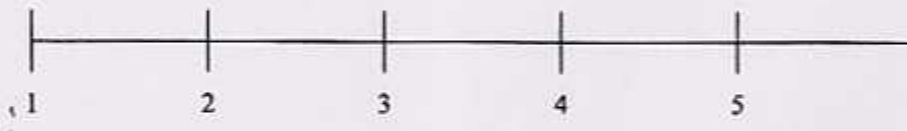
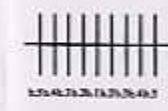
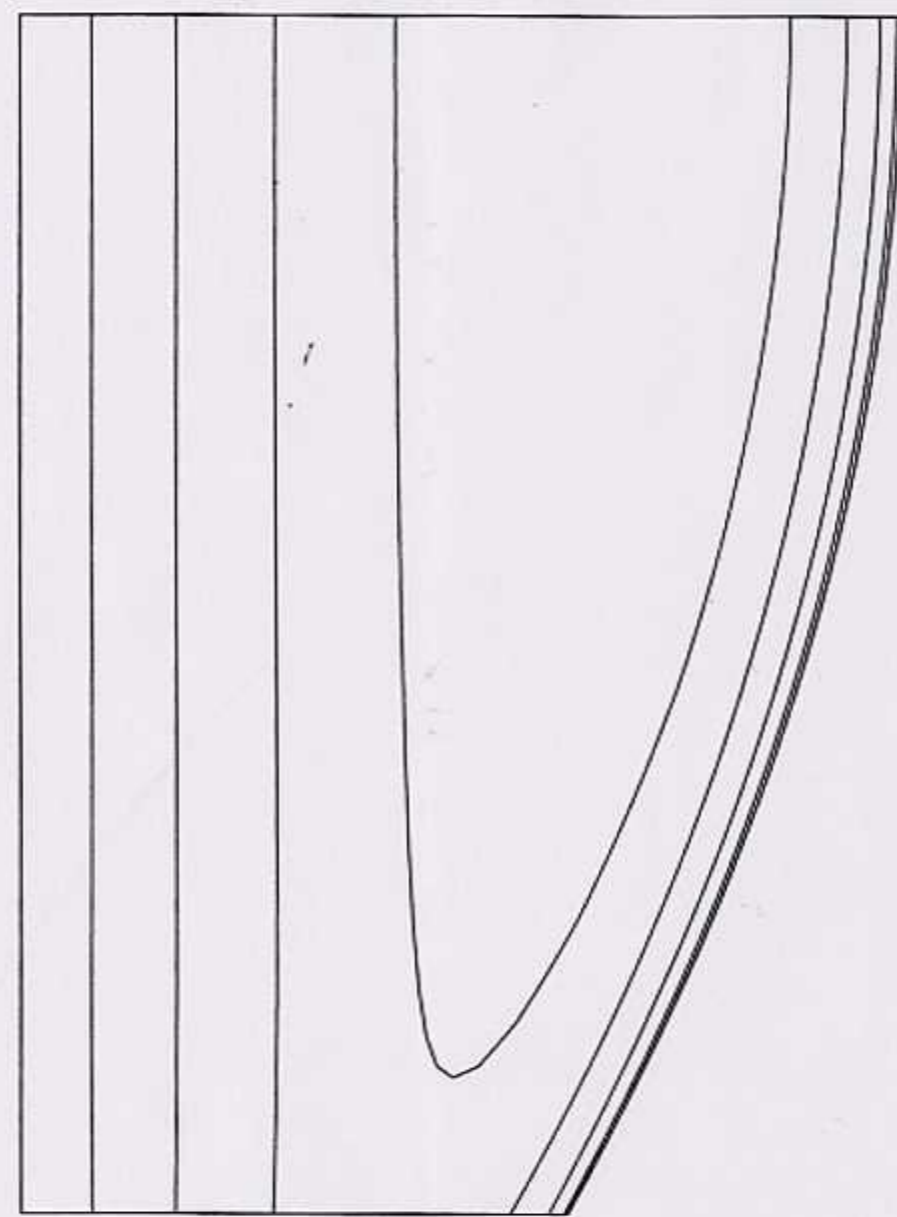
 UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO FORMAS	
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo	ESCALA: 1 / 50
FECHA: 23 / 11 / 2.007	AGC-PFC-2007-01	
REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/1	
TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa		

DETALLE UNIÓN DEL TIMÓN AL CASCO



Ángulo Barrido	-12°
Rel. Afinamiento	0,62
Cuerda Base	0,584
Cuerda Extremo	0,362
Calado Timón	0,793 m
Cuerda Madia	0,473
Sup. Proyectada Orza	0,735 m ²
Rel. Aspecto	3,203
Centro de Presión	CE

 UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO TIMÓN	
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo	ESCALA: 1 / 5
	FECHA: 23 / 11 / 2.007	Nº PLAN: AGC-PFC-2007-02
	REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/1
	TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa	



6. DISEÑO DE APÉNDICES (QUILLA Y TIMÓN).

Para el presente diseño se consideran apéndices la quilla (aunque la quilla forma parte del casco) y el timón:

Las funciones de la quilla son:

- Producir la máxima fuerza lateral para contrarrestar el abatimiento del barco.
- Minimizar la escora del barco, para ello debe alojarse en ella el lastre suficiente.
- Proporcionar una buena estabilidad direccional y amortiguar el balanceo.

Las funciones del timón son:

- Dotar de suficiente maniobrabilidad al barco.
- Proveer estabilidad direccional.
- Contribuir a crear una suficiente fuerza lateral que contrarrestare el abatimiento.

Debido a la complejidad del diseño de ambos y en íntima relación con el resto de la obra viva, conviene realizar su diseño en varias fases.

6.1 Diseño de la Quilla

Del estudio estadístico realizado la mayor parte de los catamaranes llevan una semiquilla, salvo cuatro (Privilege 435, Catana 43, F-41, Catana 381) que poseen una orza abatible.

Para nuestro proyecto optaremos por una *semiquilla* debido a que es lo más usado en nuestra estadística.

Se puede optar por dos formas; una quilla u orza con menor calado y una menor relación de aspecto o una orza de mayor calado y una relación de aspecto mayor determinando la superficie vélica a disponer así como la altura del palo.

El calado de la orza dependerá de la zona de navegación del catamarán, a mayor calado mayor será la distancia a la que estará de la costa y viceversa. En nuestro caso nos conviene una orza (semiquilla) de menor calado para que el catamarán pueda atracar en las playas, de manera que puedan disfrutar los clientes de las mismas. Para este fin, el diseño de las quillas ha de ser capaz de soportar el peso del catamarán al atracar en playas, por ello se ha buscado en el diseño de las mismas, que éstas formen parte del casco, como si el casco y las semiquillas fueran una única unidad, ya que en el estudio estadístico los catamaranes obtenidos no poseen lastre.

Para llevar a cabo tal objetivo, en el diseño de los cascos (mediante el programa de diseño Maxsurf) las semiquillas forman parte de los cascos, al ser éstas una prolongación de los mismos.

Habrá que tener en cuenta a la hora de calcular el C.L.R (centro de resistencia lateral) del casco, éste se calculará mediante el Método Geométrico, el cual consiste en hallar el centro geométrico del plano lateral del casco.

6.1.1 Área lateral de la Quilla.

El mejor dato de partida es la sugerencia de Larsson²: 2,75 – 3,5 % de la superficie vélica.

Al estimar la superficie vélica en 65 m², el área lateral de la quilla al 2,75 - 3.5 % de la superficie vélica oscila los 1,79 m² y 2,27 m².

Optaremos por una superficie lateral de la semiquilla menor que la media debido a que el catamarán posee una mayor velocidad de diseño, por lo que no es necesario de dotar con un valor alto el área lateral de la semiquilla, optando en nuestro caso con una superficie lateral de 2 m².

Al poseer dos cascos el catamarán, la superficie lateral de la semiquilla tendremos que repartirla en dos partes, una para cada semiquilla del casco. Por lo que escogeremos un valor de 1 m² para la superficie lateral de cada semiquilla.

Área Lateral de cada Semiquilla = 1 m²

² Libro: Larsson, L. & Eliasson, R.E. "Principles of Yacht Design". Adlard Coles Nautical (1996)

6.1.2 Ángulo de Caída de la Semiquilla.

El ángulo de caída es el comprendido entre la vertical y la línea que pasa por un punto situado al 25% del extremo de la cuerda inferior.



La existencia de un ángulo de caída contribuye a disminuir la resistencia total de la embarcación, especialmente en quillas de baja relación de aspecto. Beukelman y Keuning explican en su publicación "The influence of Fin Keel Sweepback on the Performance of Sailing Yachts" que el ángulo de caída no debe ser mayor de 20°, pues de lo contrario la fuerza lateral disminuye.

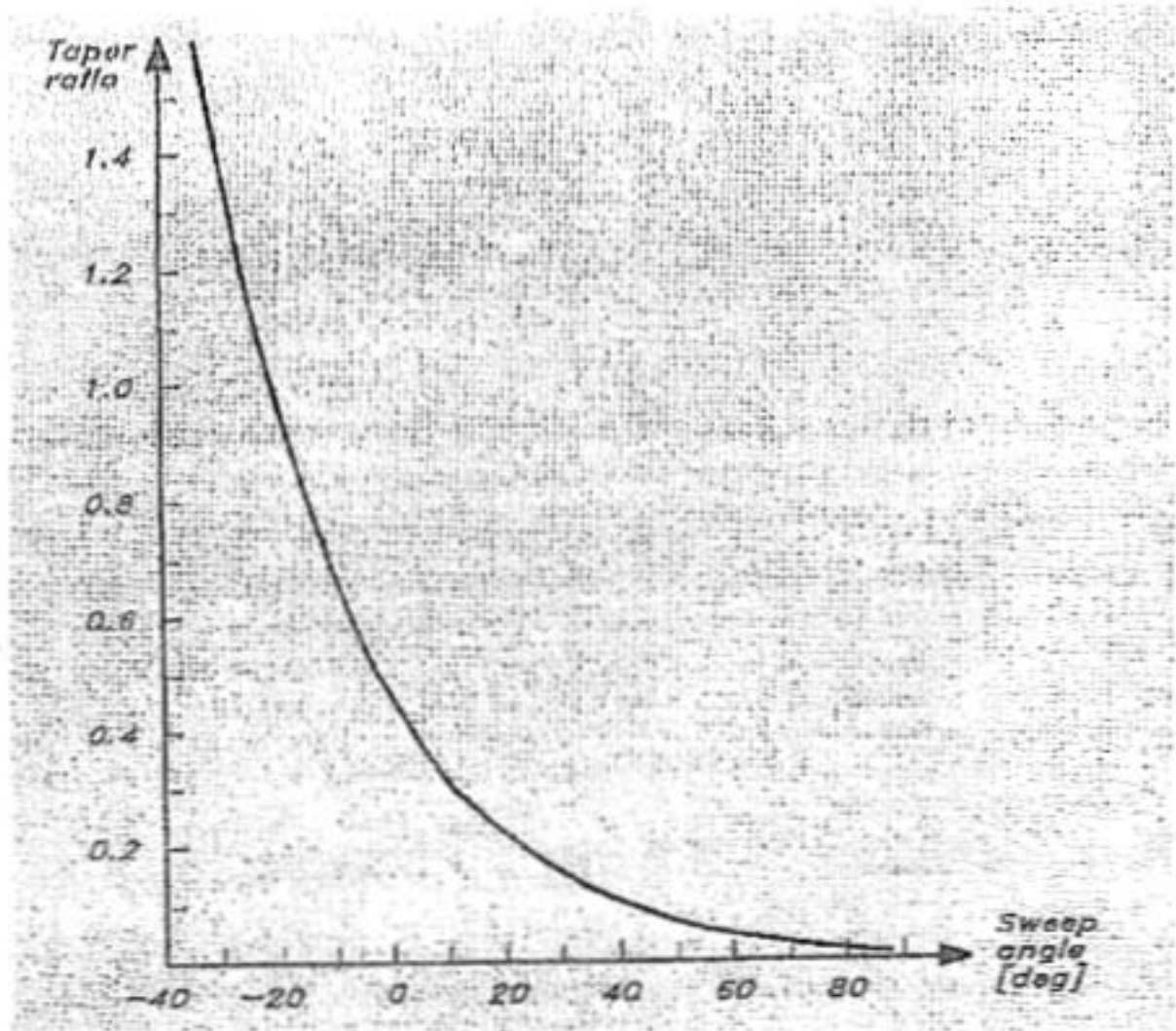
6.1.3 Relación de Afinamiento y Ángulo de Barrido hacia atrás o sweep back angel.

Estos dos factores están relacionados entre sí. Con una buena elección de ambos se puede conseguir una distribución de sustentación casi elíptica, la cual es la más óptima distribución según la Potential Flow Theory.

La relación de afinamiento (T_r) es la relación entre la cuerda en el extremo (C_2) y la cuerda en la base (C_1).

$$T_r = C_2 / C_1$$

Esta relación se debe escoger en relación con el ángulo de caída. En la siguiente gráfica se exponen las relaciones de afinamiento más óptimas para un determinado ángulo de barrido.



Interpretando la gráfica elegiremos por cuatro ángulos de barrido hacia atrás negativos, de entre los cuales optaremos por el mas apropiado para nuestro diseño.

Sweep angel	Taper ratio (Tr)
-10°	0,57
-15°	0,7
-20°	0,86
-25°	1,04

6.1.4 Dimensiones Principales de la Semiquilla,

La altura de la semiquilla (T_k), será el correspondiente al calado máximo (1070 mts) menos el calado del casco (0,652 mts)

$$T_k = 0,418 \text{ mts}$$

Sup. Lateral de cada Semiquilla = 1 m^2

Fórmulas necesarias para calcular las características de la semiquilla:

$$C_{media} = \text{Sup. Lateral de cada Semiquilla} / T_k$$

$$Tr = C_2 / C_1$$

$$C_{media} = (C_1 + C_2) / 2$$

A continuación, se recuerdan los datos de partida y se muestran los cálculos iterativos de la semiquilla. La fila marcada en negrita son los valores escogidos para la semiquilla del presente diseño.

<i>Datos</i>	
Área de cada semiquilla	1 m^2
Altura semiquilla	0,418 m
Calado máximo	1,070 m
Calado casco	0,652 m
Sup. Vélica	65 m^2
% Sup. Vélica	3,07 %

<i>Sweep angel</i>	<i>Tr</i>	<i>C₁</i>	<i>C₂</i>	<i>C_{media}</i>
-10°	0,57	3,047 m	1,736 m	2,392 m
-15°	0,7	2,814 m	1,969 m	2,392 m
-20°	0,86	2,572 m	2,212 m	2,392 m
-25°	1,04	2,345 m	2,438 m	2,392 m

6.1.5 Tipo de Sección.

Normalmente 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. Cuando el empuje y el ángulo de ataque para la quilla son pequeños, y además prima la velocidad, es preferible la serie 6.

En la gráfica de Larsson se observa que para pequeños ángulos, el perfil 6 produce un coeficiente de resistencia menor, sin embargo para ángulos de ataque mayor de tres grados, la efectividad del perfil de la serie 4 es mejor.

El objetivo es crear un catamarán habitable y marinero, dado que el tipo de quilla no influye en la habitabilidad, es preferible favorecer las características marineras. Por lo tanto se opta por la serie de 6 dígitos.

Dentro de la serie de 6 dígitos existen varios perfiles, entre las cuales elegiremos para el diseño las series *NACA 63-0013* y *65-0013* para la cuerda extremo y cuerda base respectivamente, teniendo ambas una relación de t_{max}/C o de espesor de 13% de su longitud.

6.2 Diseño del Timón

En el presente diseño se buscará que el timón no solo contribuya a crear suficiente fuerza lateral para contrarrestar el abatimiento, si no que su misión principal será conseguir toda la fuerza lateral necesaria para maniobrar el barco en todas las condiciones, por lo cual el diseño ha de estar enfocado a conseguir el máximo sustentación posible.

6.2.1 Área Lateral del Timón.

Larsson sugiere que el área lateral ronde el 1 – 2% de la superficie vélica. Es decir se recomienda que el área del timón oscile entre los 0,65 a los 1,3 m².

Al presente diseño se le dota de un área de 0,75 m². Se decide por un área menor que la media, para obtener mayor velocidad y menor rozamiento. Además, diseñando un timón profundo, se consigue que la mayor parte del mismo esté sumergido, independientemente de las olas y escoras. Entonces para que el gobierno de la embarcación no se vea disminuido significativamente por olas y escoras se escoge por una longitud del timón de 0,793 m teniendo en cuenta que la mecha del timón tendrá una longitud de 50 mm en su unión con el casco (por su parte exterior) y timón.

El área lateral del timón, habrá que repartirla proporcionalmente en dos partes, ya que llevará un timón en cada casco.

Área lateral de cada timón = 0,375 m².

6.2.2 Dimensiones Principales del Timón.

Para calcular la cuerda inferior y superior se realiza un estudio similar al de la semiquilla.

Partiendo de:

Longitud del timón = 0,793 m

Área lateral de cada timón = 0,375 m².

A continuación se muestran las medidas seleccionadas, marcando en negrita los valores seleccionados para el diseño del timón.

Sweep angel	Tr	C ₁	C ₂	C _{media}
0°	0,44	0,657 m	0,289 m	0,473 m
-10°	0,57	0,602 m	0,343 m	0,473 m
-12°	0,62	0,584 m	0,362 m	0,473 m
-15°	0,70	0,556 m	0,389 m	0,473 m
-20°	0,86	0,508 m	0,437 m	0,473 m
-25°	1,04	0,464 m	0,482 m	0,473 m

Se opta por un ángulo de caída de -12° , ya que por sencillez de construcción el timón se coloca perpendicularmente al fondo de la embarcación. Para este caso la inclinación del fondo de la embarcación respecto a la horizontal (Línea de Flotación) es de 9° .

6.2.3 Mecha del Timón.

El diámetro de la mecha del timón se puede calcular mediante la fórmula que aparece en Larsson:

$$D = \{32/\pi \cdot \sigma_c [0,5 \cdot Mr + 0,5 (Mr^2 + 4 \cdot Tr^2)^{1/2}]\}^{1/3}$$

Donde:

Carga de rotura (σ_c):

$$\sigma_c = \sigma \text{ ó } \sigma_u / 1,75$$

Momento torsor del timón: Tr (N·m)

$$Tr = Fr \cdot lc$$

Siendo lc distancia horizontal desde el eje hasta CE (0,056 m)

Momento flector del timón: Mr (N·m)

$$Mr = Rvc \cdot Fr$$

Siendo Rvc distancia vertical desde la parte alta hasta CE (0,293 m)

Fuerza de resistencia del timón: Fr (N)

$$Fr = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Alr \cdot Clr$$

Siendo:

- ρ : peso específico del agua salada (1025)
- V: velocidad del casco (4,124 m/s)
- Alr: área lateral del timón (0,358 m²)

$$Alr = 0,25 \cdot (Rhu + Rhl) \cdot (Lu + Ll)$$

$$\begin{array}{ll} Rhu = 0,766 \text{ m} & Lu = 0,584 \text{ m} \\ Rhl = 0,749 \text{ m} & Ll = 0,362 \text{ m} \end{array}$$

- Clr: coeficiente de inclinación del timón

$$Clr = C \cdot \alpha_0$$

$$C = 0,11 / (1 + 2 / Are)$$

Are: relación de aspecto efectivo (3,203)

$$Are = 2 \cdot (Rhu + Rhl) / (Lu + Ll)$$

α_0 : ángulo de ataque para la máxima inclinación

A partir de los datos y fórmulas mostradas se obtienen los siguientes resultados:

Are	C	Clr	Fr (N·m)	Tr (N·m)	Mr (N·m)	D (cm)
3,203	0,067	1,256	3.919,258	219,48	1148,34	3,248

6.2.4 Sección del Timón.

Para escoger la serie más óptima de las series de NACA. Elegiremos en este caso las de cuatro dígitos frente a la de seis. Las razones principales son: mejor resistencia contra caída, mayor coeficiente de empuje y mayor hueco para alojar la mecha.

Dentro de las series de dígitos, se debe escoger entre la 0010, la 0012 y la 0014.

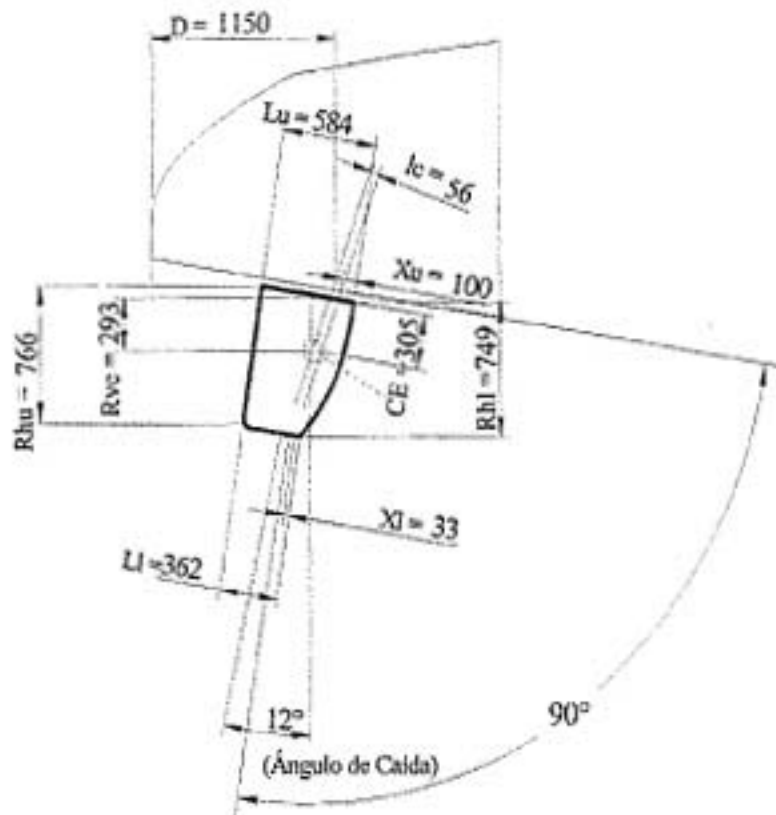
El criterio será escoger aquella que sea suficiente para alojar la mecha, sin llegar a ser excesivamente ancha.

La sección que cumple mejor criterio es la *NACA 0012*.

6.2.5 Posición y Balance del Timón.

El timón se sitúa a una distancia de 1,15 m medido desde la popa del casco, por estadística realizada de planos obtenidos de diferentes catamaranes, hemos optado por el valor medio.

El balance del timón se obtiene al situar la mecha completamente dentro de la pala. El centro de presión (C.E) se encuentra a 305 mm medidos en perpendicular desde la cuerda base (C_1) hacia la cuerda extremo (C_2). Generalmente se sitúa un 5 - 16% del área de la pala a proa de la mecha del timón. En este diseño se ha optado por un 16%, lo cual supone obtener mayor sensibilidad en la caña.



Adjunto Plano de Formas del Timón en el APÉNDICE II. (Plano N°2)

7. DISEÑO DE INTERIORES.

Al diseñar el interior del catamarán, se ha tenido en cuenta el uso de la embarcación, charter de estilo crucero de altas prestaciones, con un número máximo a bordo de 12 personas y mínimo de 4.

Se debe tener en cuenta que al tener una autonomía de 800 millas, siendo a vela de 15 días (aproximadamente), las personas pasarán bastante tiempo a bordo por lo que se ha buscado una estancia lo más confortable posible. Para ello se han diseñado los interiores centrandolo los pesos en el barco dejando gran espacio en los mamparos de pique de proa, ofreciendo una mayor reserva de flotabilidad y disminuyendo a sí los balances a los que estaría sometido el camarote de proa al situarlo mas a popa.

Para este fin se ha buscado la siguiente distribución de interiores:

A popa, nos encontramos con una bañera amplia que alberga una mesa rodeada de dos largos asientos, a continuación, entrando por la puerta de la cabina se halla un confortable e iluminado salón por el cual podemos entrar por medio de unas escaleras a uno de los cascos que se encuentran a babor o estribor. Se ha buscado un diseño interior simétrico en los cascos por comodidad de diseño y mejor habitabilidad.

- Entrando en el casco de babor por las escaleras del salón, nos encontramos a popa con un camarote con una cama doble, un asiento y un armario. Siguiendo a proa por el pasillo una vez bajada las escaleras, se haya a estribor del pasillo un cuarto de baño y mas a proa del pasillo un camarote con una cama doble.
- En el casco de estribor bajando por las escaleras del salón, nos encontramos con una distribución muy parecida a la del casco de babor. Yendo a popa hay un camarote con una cama doble, un asiento y un armario. Hacia a proa del pasillo y a babor nos encontramos con un cuarto de baño y mas a proa del pasillo un camarote con una cama doble.

A continuación se detallan los espacios diferenciados en el interior del catamarán:

7.1 Salón – Comedor.

Entrando en la cabina por la bañera se dispone de un espacioso salón totalmente alumbrado y ventilado por medio de tres grandes ventanas, dispuestas todas ellas a babor, estribor y a proa del salón y dos escotillas situadas en el techo del mismo, una vez dentro, a babor de la entrada hay un desaguadero seguido de unas escaleras para acceder al casco de babor, a continuación de las escaleras nos encontramos con una mesa amplia en forma de "7" rodeada por un largo sofá – cama, pueden sentarse 5 pasajeros,

alrededor de la mesa se encuentran tres asientos. Esta mesa se puede plegar hacia abajo, pudiendo salir una cama doble tirando de la parte delantera del sofá - cama. A estribor del sofá - cama está la mesa de cartas seguida del fregadero, en el cual nos encontramos con dos muebles de almacenamiento o armarios de estantería, al lado del fregadero están las escaleras por las que se puede acceder al casco de estribor.

Detrás del fregadero está la despensa, seguida de la hornilla y nevera.

7.2 Camarotes de Popa.

Disponen de una cama doble mayor que las de proa, teniendo un armario en los que su mitad superior se pueden colgar prendas, mientras que en la mitad inferior se hallan cajones, bien para guardar efectos personales o ropa doblada. En los pies de la cama doble se dispone de un confortable asiento.

Este camarote puede recibir luz natural y ventilación a través de una escotilla situada encima de la cama y por tres portillos situados uno a popa y a estribor de la escotilla y un tercero en el costado del casco. Debajo del colchón de la cama se halla otro espacio de estiba.

7.3 Baños.

Va a llevar dos baños, uno en cada casco, éstos tendrán la misma distribución, estando formados por un bate, lavabo, inodoro y ducha.

7.4 Camarotes de Proa.

Estos camarotes poseen una distribución muy simple al estar compuestos por una cama doble, aunque pueden recibir luz natural y ventilación a través de una escotilla dispuesta encima de la cama doble y un portillo situado en el costado del casco.

Debajo del colchón de la cama se puede usar como estiba.

7.5 Pañol de Velas y Ancla.

En el pañol de velas se disponen las velas, estachas... de reserva.

En el pañol del ancla se dispone un molinete de giro horizontal, estiba de la cadena y estacas de nylon.

Se pueden acceder a dichos pañoles a través de las escotillas situadas en la cubierta en frente de la cabina.

7.6 Cocina.

Se ha dispuesto de una cocina amplia en compañía con el salón. La cocina está equipada con: un fregadero de dos senos, congelador, frigorífico, una cocina vitrocerámica de tres fogones, horno microondas, cajones y armarios para estibar la batería, vajillas, cubertería y alimentos.

Puede recibir luz natural y ventilación a través de la puerta de entrada a la cabina donde se encuentra la cocina y por medio de dos escotillas situadas en el techo.

El sistema utilizado en los armarios es de railes para un cómodo uso y ocupando todo el espacio disponible.

7.7 Mesa de Cartas.

La mesa de cartas se dispone en las cercanías de la entrada para tener un mejor acceso, es amplia para albergar cartas, libros y otros instrumentos necesarios para la navegación. La mesa de navegación recibe luz natural y ventilación a través de ventanas situadas a lo largo de la cabina y dos escotillas dispuestas en el techo de la misma.

Conviene resaltar, que la mesa de navegación se encuentra ubicada en la parte central del catamarán, es decir, en el lugar donde menor movimiento se produce.

7.8 Pasillo en los Cascos.

Se ha buscado un pasillo libre de obstáculos para acceder de forma rápida a los distintos camarotes. En ellos cabe destacar la gran iluminación y ventilación que reciben mediante los portillos situados en la banda exterior de cada casco y por medio de dos grandes ventanas situadas a babor y estribor de la cabina en su bajada por las escaleras.

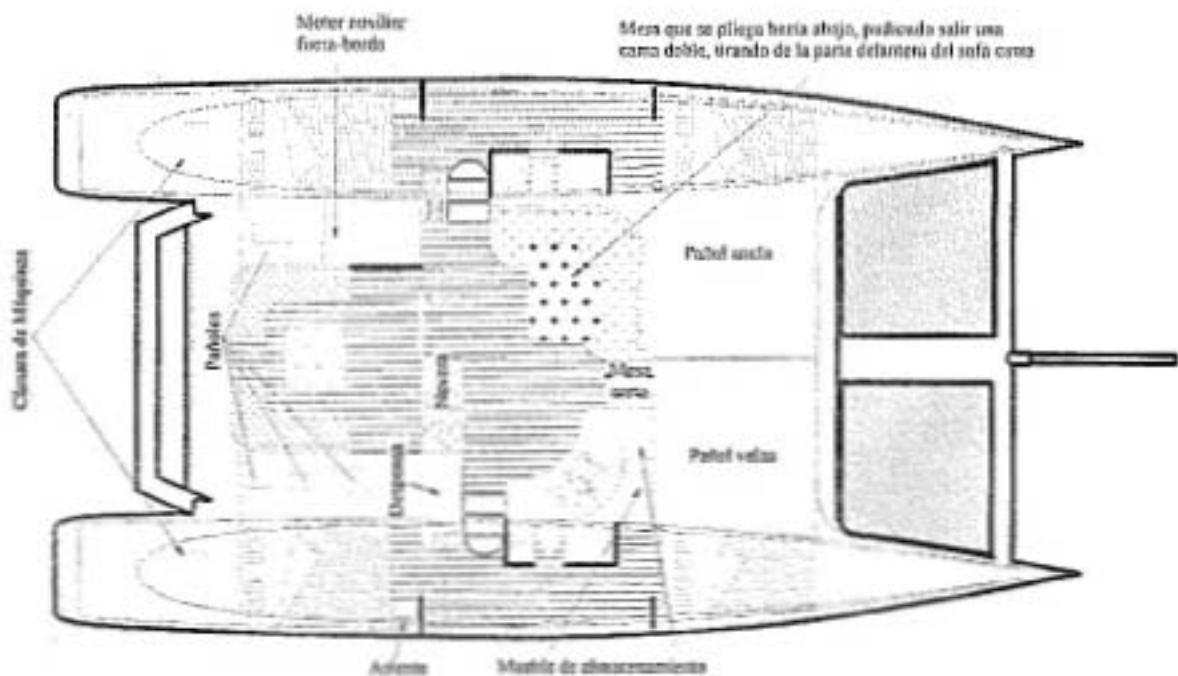
Adjunto los Planos de Interiores en el APÉNDICE III (Planos N°3 y 4).

El Plano N°3: nos muestra una vista en planta de la zona habitable del barco, a la que se le han practicado una serie de cortes (4 en concreto) para facilitar su interpretación. Los cortes practicados en este plano son en sentido longitudinal, de los cuales:

- Secciones J-J y K-K están practicadas en la Línea de Crujía, uno hacia cada banda, mostrando la distribución del salón, bañera, pañol de velas y de ancla.
- Secciones H-H e I-I están practicadas en la Línea de Crujía de uno de los cascos (al ser la distribución simétrica en los cascos), uno hacia cada banda. La sección H-H nos muestra detalladamente la banda de babor de uno de los flotadores, mientras que la sección J-J nos muestra la banda opuesta, es decir, la de estribor.

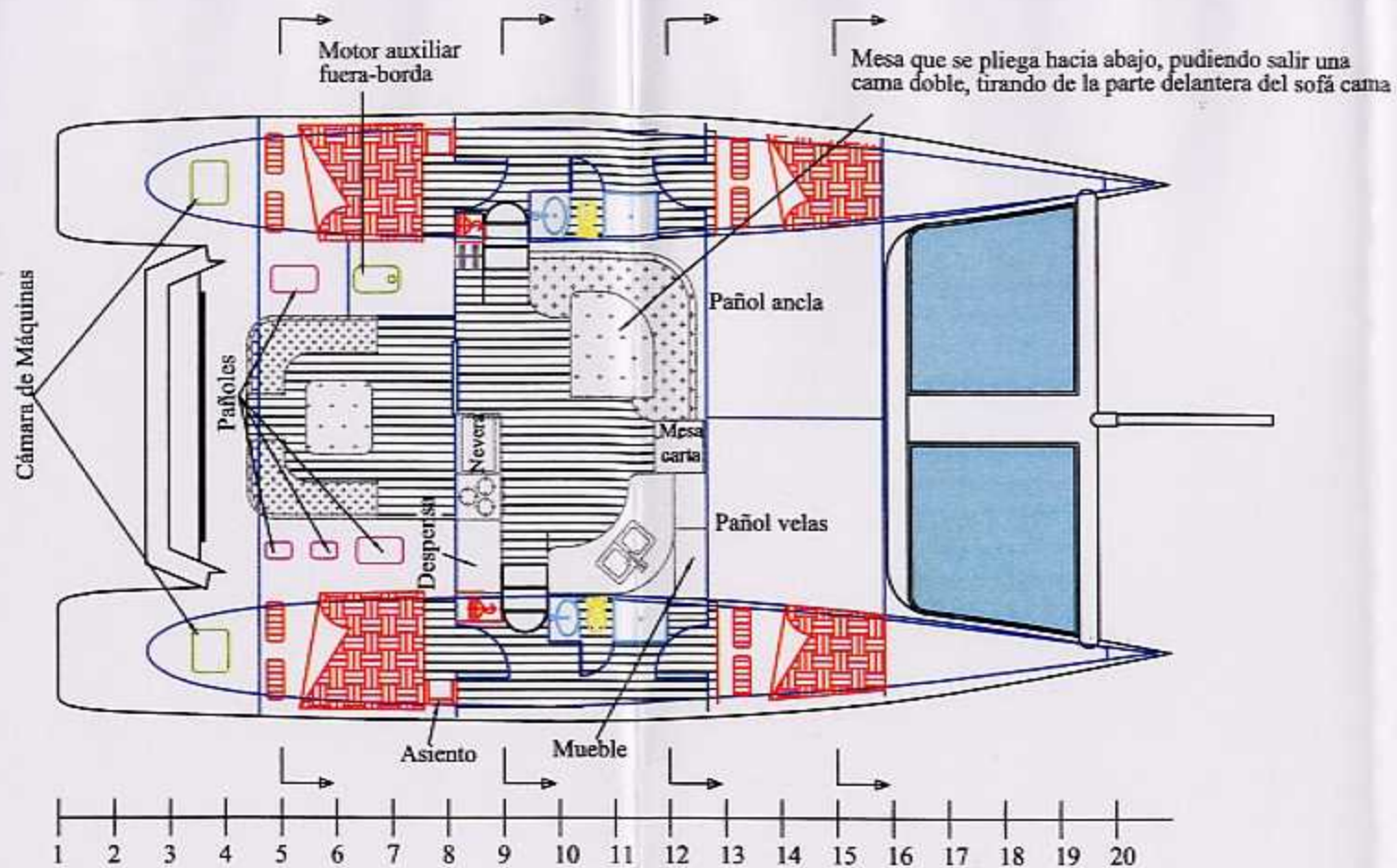
El Plano N°4: nos muestra cuatro secciones practicadas en sentido transversal:

- Sección CNA.5 representa la sección completa de los camarotes de babor y estribor situados en popa y parte de la bañera con sus asientos correspondientes.
- Sección CNA.9 está practicada en la zona central del buque, un poco a popa de la sección maestra, muestra una sección del salón, en la que intervienen tanto el salón en sí, como parte de la cocina, escaleras para acceder a los camarotes situados a popa del catamarán.
- Sección CNA.12 está dispuesto en la zona central del buque pero mas a proa, en la que se puede observar parte del salón y cocina y cuartos de baño situados uno en cada casco de babor y estribor.
- Sección CNA.15 es la última de las secciones transversales pero no la menos importante, ya que nos muestra los camarotes de proa y pañoles de velas y ancla.

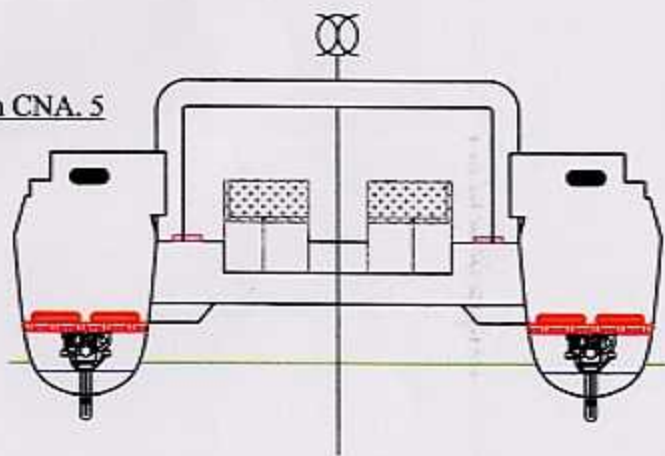


APÉNDICE III

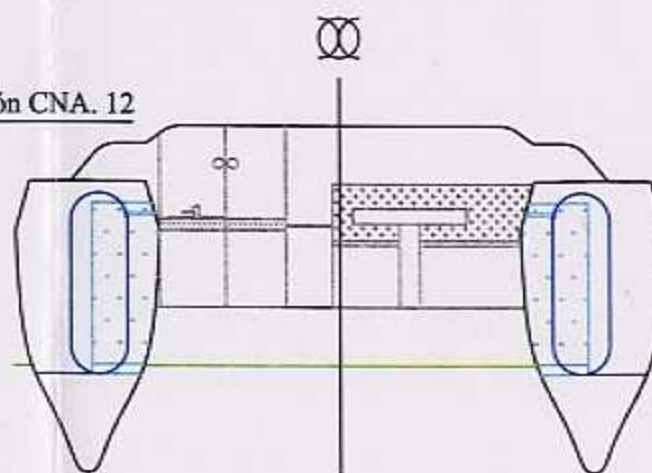
PLANOS DE INTERIORES



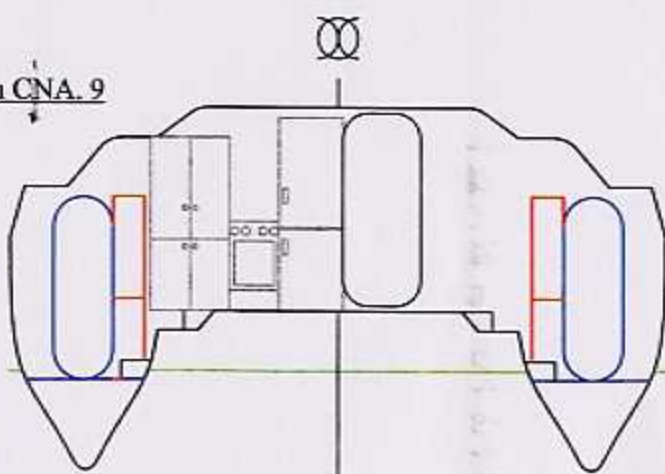
Sección CNA. 5



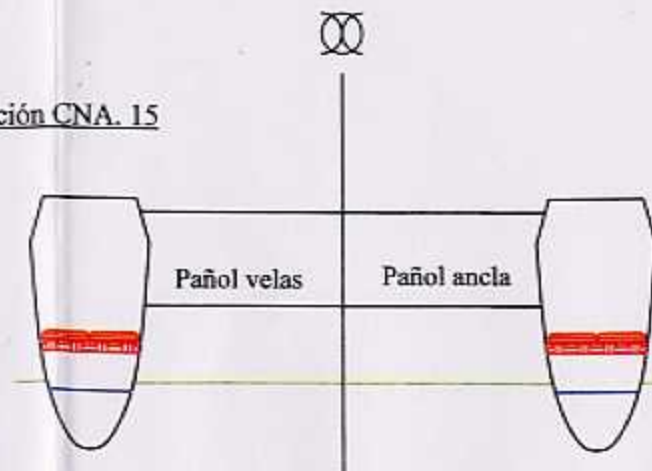
Sección CNA. 12



Sección CNA. 9

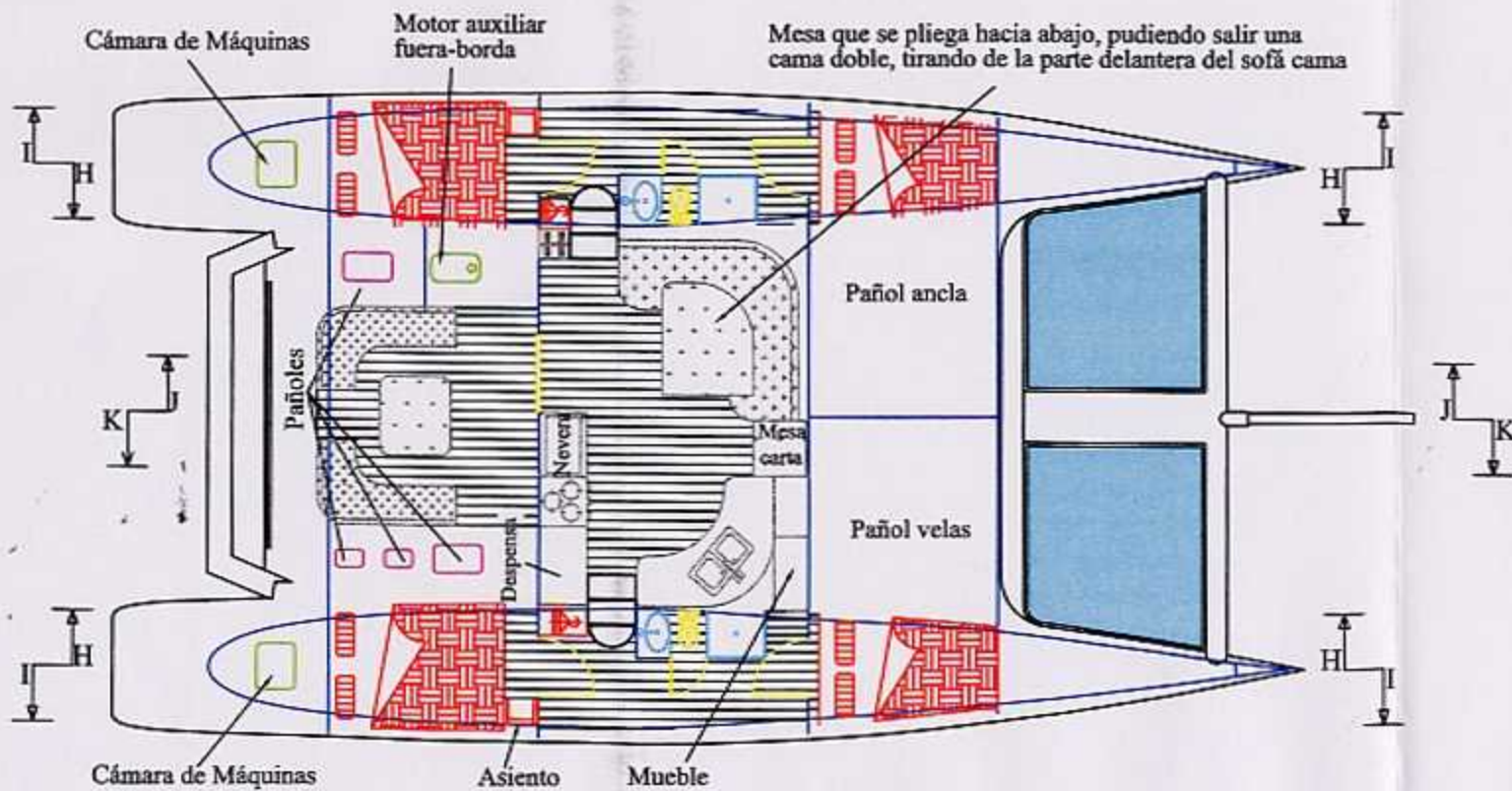
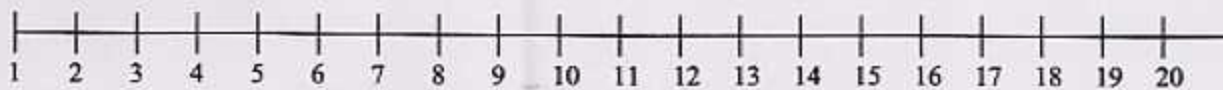
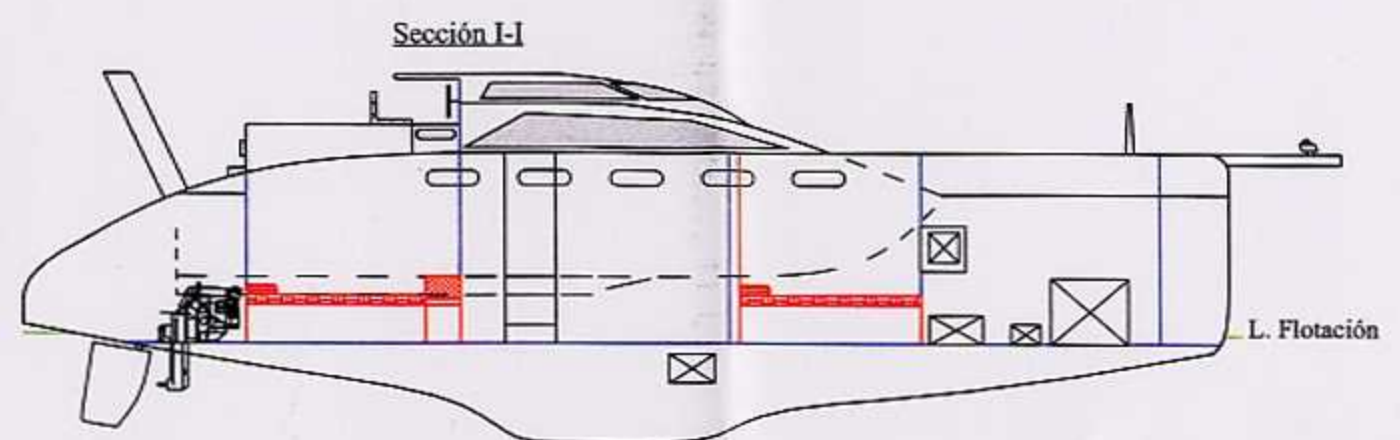
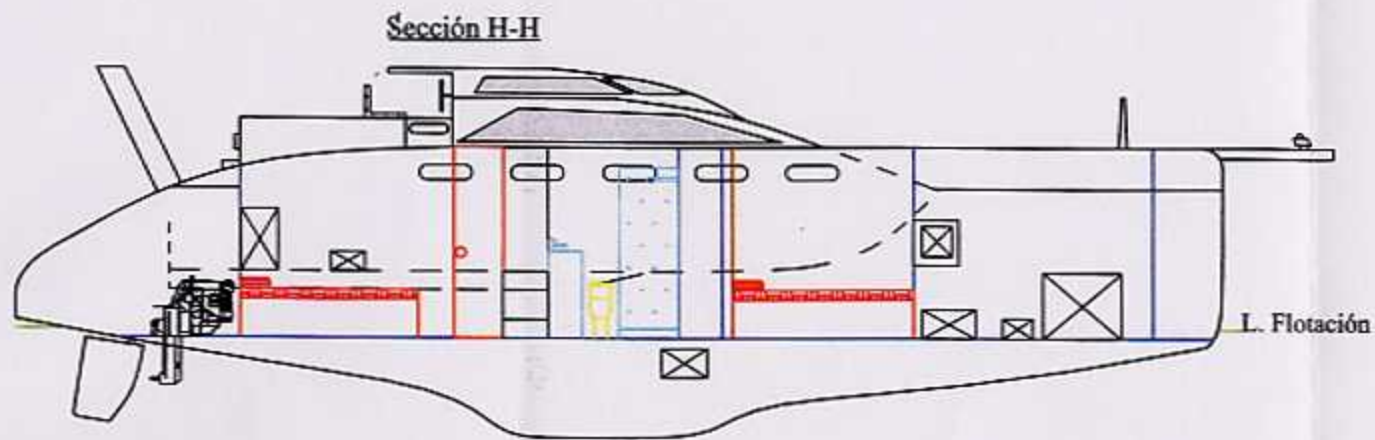
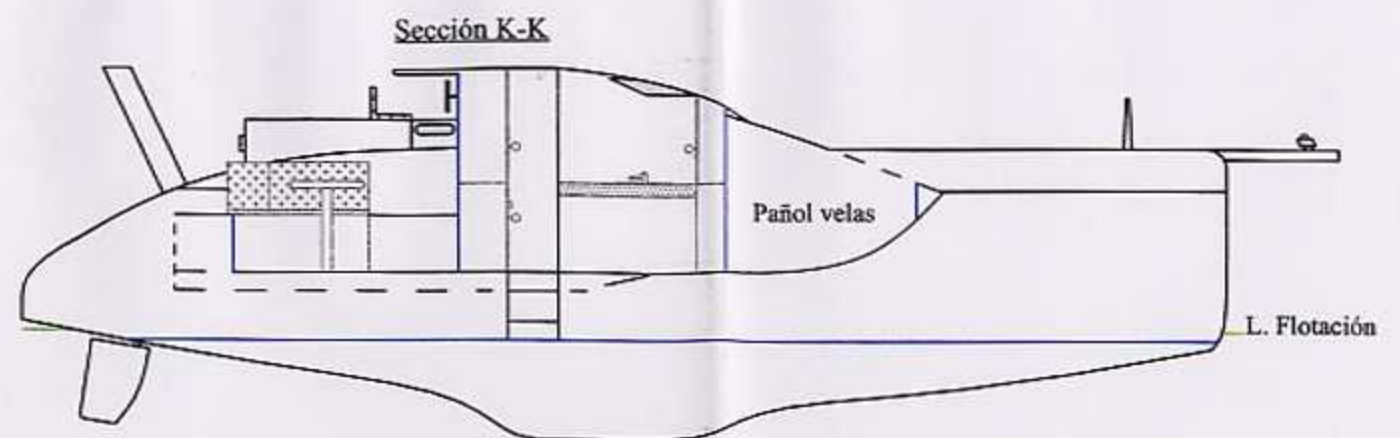
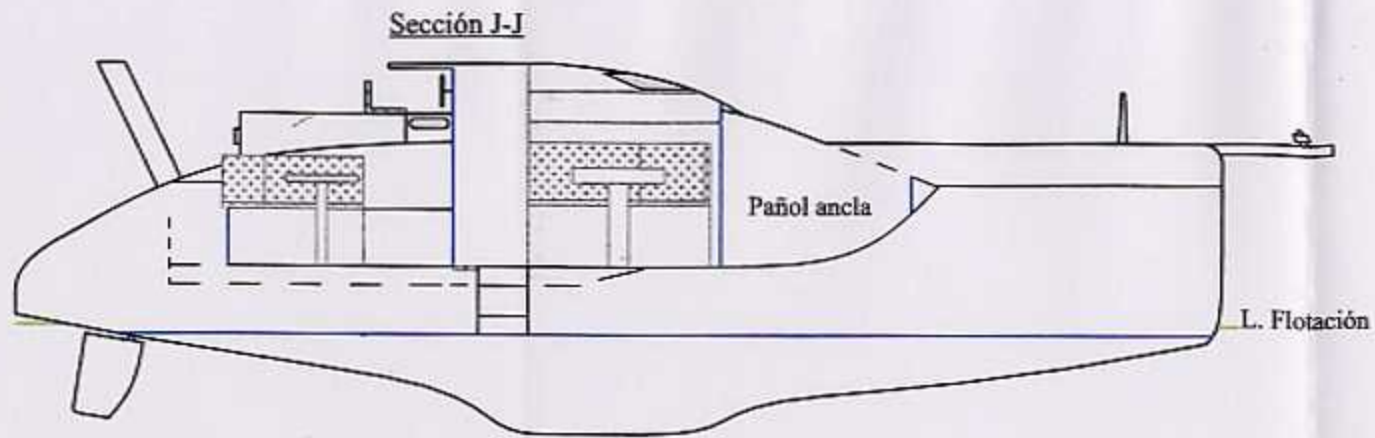


Sección CNA. 15




Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Bmax	6,52 m
Bcascos	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.824 Kg

	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO DISPOSICIÓN GENERAL
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo	ESCALA: 1 / 75
	FECHA: 23 / 11 / 2.007	Nº Plano: AGC-PFC-2007-04
	REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/2
	TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa	



Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Bmax	6,52 m
Bcascos	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.824 Kg

	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO DISPOSICIÓN GENERAL
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo	ESCALA: 1 / 75
	FECHA: 23 / 11 / 2.007	Nº PÁGINAS: 2/2
	REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	
	TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa	

8. DISEÑO DE CUBIERTA.

Cada diseño de catamarán tiene su propia cubierta característica, la cubierta va en función de las necesidades que se creen prioritarias para ese catamarán. Como aclaración ponemos un ejemplo: los requisitos de una embarcación de regata son muy diferentes a los de un crucero, por lo tanto la cubierta de uno es muy diferente a la del otro. Aunque siempre hay cualidades comunes, cada una de estas cualidades tiene su propia prioridad para ser satisfecha. Es decir, para una determinada cubierta, una cualidad será la más importante; mientras que para otra cubierta, la misma cualidad tendrá otra relevancia.

Normalmente la cubierta de un velero, tanto monocasco como tipo catamarán, consta de las siguientes partes: bañera, pasillos y cubierta (propriadamente dicha).

Como ya se sabe, en el presente diseño se emula un catamarán de altas prestaciones. Por lo que la cubierta debe ser sencilla, despejada, recta y con un número de cambios de nivel mínimo. Recordando que también debe ser polivalente podemos matizar más las características de la cubierta. Los accesorios reducidos a la mínima expresión para:

- a) Aumentar la superficie en la que tomar el sol.
- b) Permitir movimientos rápidos al facilitar el paso.

Todas las escotillas y portillos se encuentran en la cubierta, por lo que deben proporcionar toda la luz y aire necesarios en el interior. Para facilitar el gobierno de la embarcación, se ha dispuesto un enredador de génova y cinco winches eléctricos distribuidos por la cubierta.

8.1 Distribución de Cubierta.

A proa del mástil se aprecia una cubierta totalmente limpia, exceptuando dos escotillas para el acceso a los camarotes de proa y dos pañoles (velas y ancla), se ha dispuesto de una amplia zona a proa de las mismas para poder tumbarse y tomar el sol.

Todas las escotillas tienen la bisagra mirando a proa con objeto de minimizar posibles entradas de agua, ante esta decisión la ventilación se ve mermada, pero es preferible la seguridad.

Gracias a este tipo de cubierta se consigue una cualidad antes no mencionada, que es la de un número mínimo de obstáculos para la vista del timonel. Contribuyendo a la idea de obtener una cubierta despejada, se ha optado por conducir parte de la jarcia de labor por debajo de cubierta.

A popa de la bañera se encuentran dos escaleras, situadas una a cada popa de cada flotador, para facilitar la subida a bordo desde el agua.

Los pasillos laterales unen la cubierta de proa, la bañera y la cubierta de popa.

8.2 Diseño de la Bañera.

Dadas las dimensiones del catamarán, se opta por una bañera situada en popa, para conseguir un mejor aprovechamiento del interior y con ello una vida más agradable.

La bañera se encuentra centrada, justo a popa de la cabina. Con esta posición, la cabina protege de los rociones típicos cuando se navega de ceñida; en cuanto a los rompientes de popa no serán un problema debido a la distancia existente desde popa hasta la propia bañera, además el propio respaldo que circunda la bañera sirve de barrera.

La bañera debe ser cómoda y útil para mejorar todos los elementos necesarios para la navegación. Por ello debe permitir una gran versatilidad de posiciones. Como es la zona más empleada a bordo, es muy importante su correcto diseño, sobre todo de cara a la ergonomía y al confort.

Debido a las magnitudes y a la situación de la bañera que se ha escogido, se debe disponer un aparato de gobierno hidráulico. Ello también obliga a escoger la rueda como sistema de gobierno. Los instrumentos de navegación se colocan aprovechando el pie que sustenta la rueda, de este modo, situándolos justo a proa de la rueda resulta muy fácil que la caña los maneje. Para facilitar el drenaje se deben disponer de generosos imbornales de desagüe.

8.3 Pasillos.

El propio nombre ya indica su función, pero dicho con otras palabras, son unos corredores para permitir la libre circulación. Esta libre circulación es muy importante, durante una maniobra la tripulación debe moverse con agilidad y rapidez, por lo que no puede haber ni obstáculos ni peligro alguno.

La mayoría de diseñadores coinciden en que la anchura mínima debe ser de unos 40cm para circular sin temores, por lo tanto para que los pasillos resulten anchos, la distancia mínima desde la cabina hasta el trancanil, debe superar el medio metro.

8.4 Jarcia de Labor.

El carril del escotero de mayor se sitúa a popa de la rueda, de este modo se consigue una mayor facilidad de navegación con poca tripulación. Para facilitar la maniobra y evitar

enredos de cabos, dicha escota se envía desde el carril del escotero al winche por debajo de cubierta.

A los lados de la bañera, en los pasillos, se distribuyen cuatro winches eléctricos y uno a popa de la misma, tales winches son de la casa ENKES, modelos:

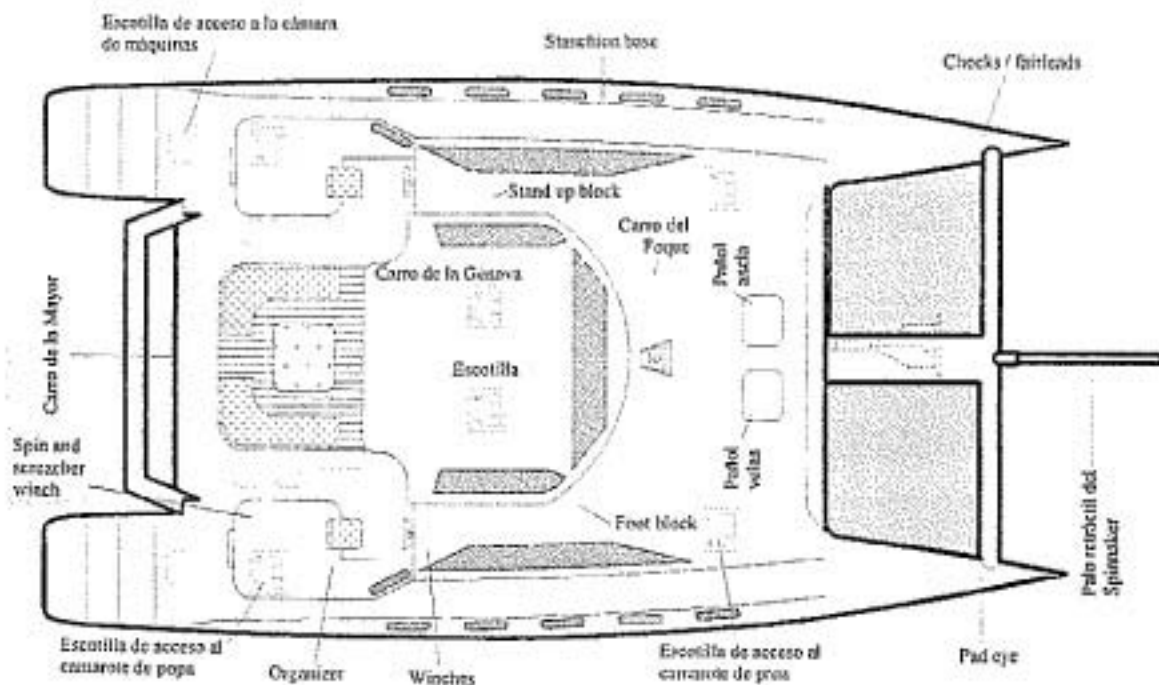
- AR 32 SC 3 SPEED para la Génova
- AR 26 ASC para la Spinnaker
- AR 20 ST para la Mayor

Sus funciones son la de cazar o soltar velas como mayor, foque, génova o spinnaker. Para izar las velas se emplearán winches eléctricos AR 32 SC 3 SPEED, para ello se disponen dos unidades, ambas sobre cabina, lo más a popa posible y simétricamente distribuidas respecto a crujía.

Las características técnicas de los tres tipos de winches ENKES se pueden consultar en el APÉNDICE VI, se han optado por estos tres tipos de winches debido a que son los mas recomendados por la marca ENKES según la eslora de la embarcación.

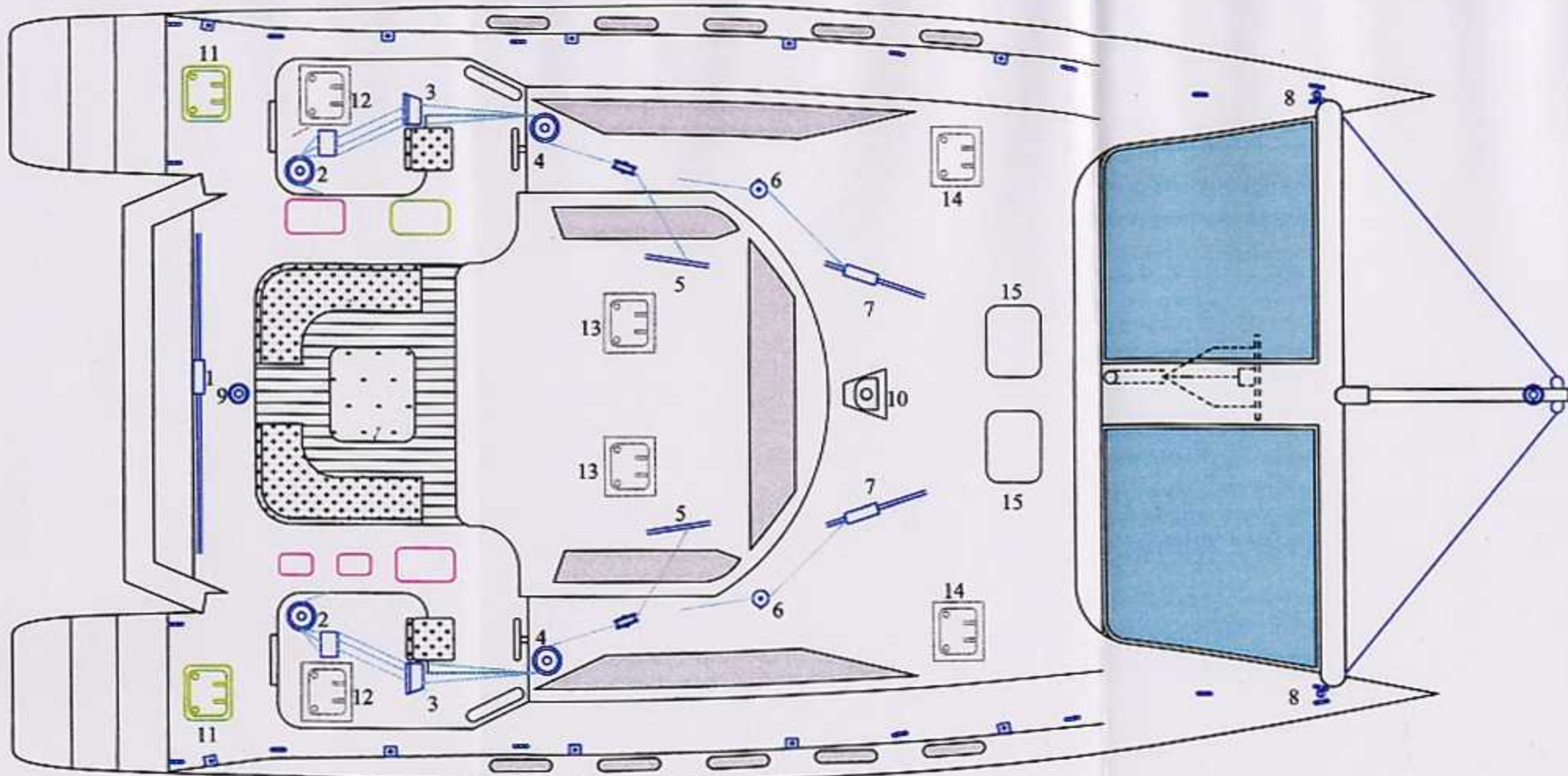
Entre el stay y la roda se encuentra el equipo de fondeo. El molinete de dicho equipo es el modelo "PLASTIMO Vertical 1.000", de la casa Lewmar; el ancla tiene un peso de 20 kg y 10 mm de diámetro de la cadena perteneciente al modelo DELTA de la casa Lewmar.

Adjunto el plano Cubierta (Plano nº5), las características de los Winches, Molinete de fondeo y el tipo de Ancla en el APÉNDICE IV.



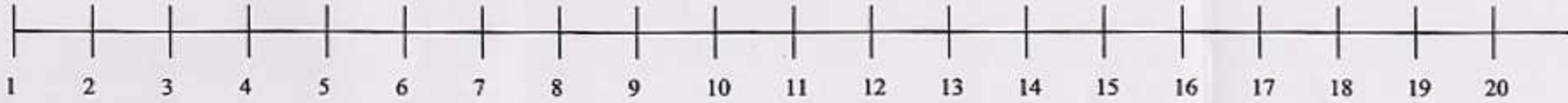
APÉNDICE IV

PLANO DE CUBIERTA

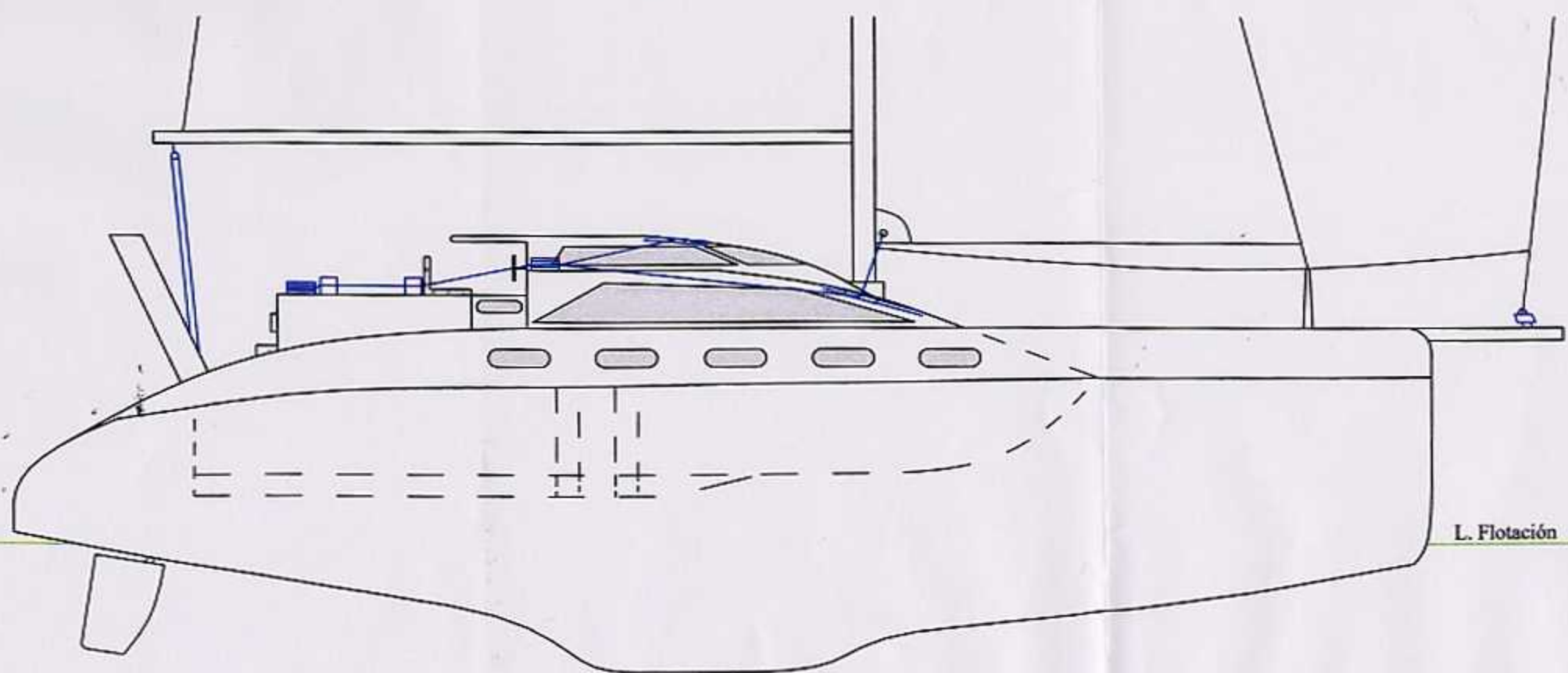



REFORZADOS ALTA DENSIDAD CUBIERTA

1	ESCOTA MAYOR Y CARRO
2	WINCHES APOYO POPA
3	ORGANIZER
4	WINCHES CENTRALES
5	CARRO GÉNOVA
6	FOOT BLOCK
7	CARRO FOQUE
8	PAD EYE
9	OPT. MAINSHEET WINCH POSITION
10	MÁSTIL
11	ESCOTILLA C° M°
12	ESCOTILLAS POPA
13	ESCOTILLAS CENTRALES
14	ESCOTILLAS PROA
15	PAÑOLES



Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Bmax	6,52 m
Bcascos	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.824 Kg



 UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO CUBIERTA
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo
FECHA: 23 / 11 / 2.007	ESCALA: 1 / 50
REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/1
TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa	



Choose your winch / Kies uw lier / Wählen Sie ihre Winde /
Choisissez votre winch / Elige su winch

SAIL AREA RECOMMENDATION / SURFACE VOILE RECOMMENDATION / SEGELGRÖSSE EMPFEHLUNG

Winch / Winch / Winde	6	8	10	18	20	22	26	28	32	36	
Genoa sheet / Ecoute de genois / Genoa		19 / 200	22 / 240	28 / 300	33 / 350	42 / 450	56 / 600	70 / 750	84 / 900	133 / 1500	SQ M / SQ FT
Spinnaker sheet / Ecoute de spi / Spinnaker	24 / 250	37 / 400	40 / 430	47 / 500	55 / 600	74 / 800	112 / 1200	186 / 2000	276 / 3000	372 / 4000	SQ M / SQ FT

WINCH GUIDE / TABLEAU GUIDE / WINDEN-TABELLE

Length of Boat / Longueur du bateau / Bootlänge	20 Ft. / 6.1 m	25 ft. / 7.6 m	30 ft. / 9.1 m	32 ft. / 9.8 m	34 ft. / 10.4 m	36 ft. / 11.0 m	38 ft. / 11.6 m	40 ft. / 12.2 m	43 ft. / 13.1 m	50 ft. / 15.2 m	60 ft. / 18.3 m
Genoa sheet / Ecoute de genois / Genoa	8	10 / 18 ST	20/20 ST 22/22 ASC	22/22 ASC 26/26 ASC	26/26 ASC	26/26 ASC 28/28 ASC	28/28 ASC	28/28 ASC 32/32 ASC	28/28 ASC 32/32 ASC	36/36 ASC	36/36 ASC
Spinnaker sheet / Ecoute de spi / Spinnaker	8	10 / 10 ST	10/10 ST	18/18 ST 20/20 ST	18/18 ST 20/20 ST	20/20 ST 22/22 ASC	20/20 ST 22/22 ASC	22/22 ASC 26/26 ASC	26/26 ASC 28/28 ASC	32/32 ASC	32/32 ASC
Main sheet / Ecoute de grand voile / Grossschot	-	10 / 10 ST	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	18 / 18 ST	18 / 18 ST	20/20 ST	20/20 ST	22/22 ASC 26/26 ASC	26/26 ASC 28/28 ASC
Genoa halyard / Drisse de genois / Genoa fall	8	10 / 10 ST	10/10 ST	18 / 18 ST	18/18 ST 20/20 ST	20/20 ST	22/22 ASC 26/26 ASC	22/22 ASC 26/26 ASC	26/26 ASC 28/28 ASC	26/26 ASC 28/28 ASC	28/28 ASC 32/32 ASC
Spinnaker halyard / Drisse de spi / Spinnaker Fall	8	10 / 10 ST	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	18 / 18 ST	18/18 ST 20/20 ST	20/20 ST	22/22 ASC	22/22 ASC 26/26 ASC	28/28 ASC
Main halyard / Drisse de grand voile / Grossegel Fall	8	8	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	18/18 ST	18/18 ST 20/20 ST	18/18 ST 20/20 ST	20/20 ST 22/22 ASC	22/22 ASC 26/26 ASC	26/26 ASC 28/28 ASC
Spinnaker topping lift / Balancine de spi / Baumauflöher	-	-	-	-	8	8	10/10 ST	18/18 ST	18/18 ST 20/20 ST	20/20 ST	22/22 ASC
Fore guy / Halc-baze / Baumliederlöher	-	-	8	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	18/18 ST	20/20 ST	22/22 ASC	22/22 ASC 26/26 ASC
Out haul / Etarque Bôme / Achterlöher	8	8	8	8	8	8	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	10/10 ST	18/18 ST



Product specifications:

Model: AR 32 ASC 3 SPEED/
SS 32 ASC 3 SPEED

Product versions:

Description:

**AUTOMATIC THREE
SPEED WINCH
SELF-TAILING**

Geared

Features: Four primary roller bearings, two secondary rollers and a trust bearing.

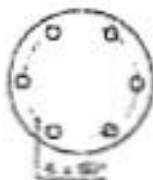
Mounting 6 x 10 mm (0.38 in.) countersunk head screw on 704 mm (8.03 in.) bolt circle

Weight: AR: 21.0 Kg (46.20 lbs.)
SS: 30.0 Kg (66.00 lbs.)

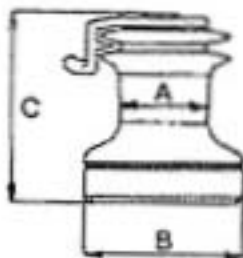
Gear ratios: 2.1 : 1, 5.3 : 1 & 13.3 : 1

Power ratios: 9.4 : 1, 23.8 : 1 & 59.3 : 1

Rope diameter: 14 -18 mm



- AR 32 / SS 32
- AR 32 ASC / SS 32ASC
- AR 32 ASC-3SPEED / SS 32 ASC-3SPEED



A: 114 mm B: 240 mm C: 300 mm

To visualize product characteristics click on the product version you wish to visualize

Product specifications:

Model: AR 26 ASC / SS 26 ASC

Product versions:

Description:

**TWO SPEED WINCH
SELF-TAILING**

Geared

Features: Two roller bearings with synthetic anti-friction spacer ring.

Mounting 5 x 8 mm (0.31 in.) countersunk head screw on 130 mm (5.13 in.) bolt circle

Weight: AR: 8.3 Kg (18.26 lbs.) SS: 11.8 Kg (25.96 lbs.)

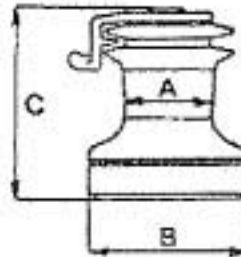
Gear ratios: 2.5 : 1 & 8.1 : 1

Power ratios: 14.1 : 1 & 45.7 : 1

Rope diameter: 14 - 16 mm



- AR 26 / SS26
- AR 26 ASC / SS 26 ASC



A: 90 mm B: 175 mm C: 212 mm

To visualize product characteristics click on the product version you wish to visualize

Product specifications:

Model: AR 20 ST / SS 20 ST

Product versions:

Description:

**TWO SPEED WINCH
SELF-TAILING**

Getred

Features: Two roller bearings with synthetic anti-friction spacer ring.

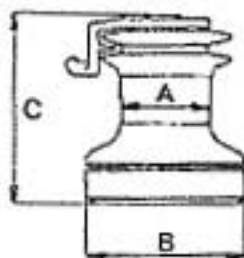
Mounting 5 x 6 mm (0.25 in.) countersunk head screw on 100 mm (3.93 in.) bolt circle

Weight: Aft: 3.7 Kg (8.14 lbs.) SS: 4.8 Kg (10.56 lbs.)

Gear ratios: 1.2 : 1 & 4.1 : 1

Power rates: 8.5 : 1 & 29.1 : 1

Rope diameter: 10 - 12 mm

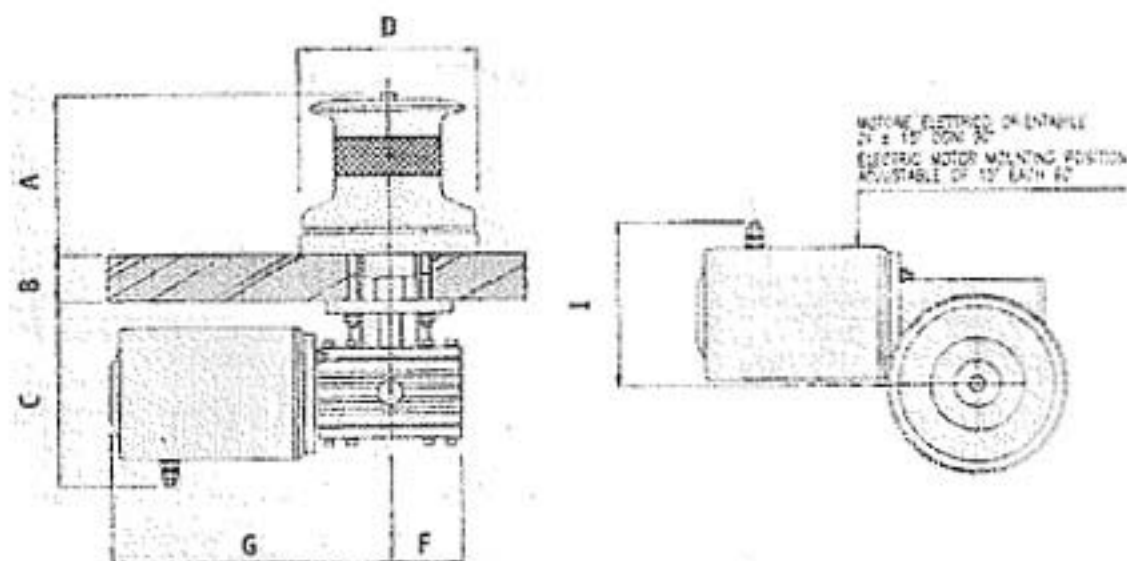


A: 72 mm B: 126 mm C: 154 mm

To visualize product characteristics click on the product version you wish to visualize

ELECCIÓN DEL TIPO DE MOLINETE

Para elegir el tipo de molinete y ancla hemos seguido las indicaciones proporcionadas por la marca Lewmar, la cual nos aconseja una serie de pasos para la elección de un buen equipo de fondeo en función de la eslora de la embarcación.



COMO ELEGIR EL CABRESTANTE O MOLINETE APROPIADO

Las siguientes especificaciones sólo son válidas para embarcaciones en la mar en condiciones normales. Ante la duda, escoger el tamaño superior.

CALCULO PESO DEL ANCLA (mínimo)

Calcular 1,6 kg. por cada metro de eslora.

ESPECIFICACIONES PARA LA CADENA DEL MOLINETE

Eslera	metros	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30
	pies	20	26	32	40	45	52	60	65	82	100
Diámetro de la cadena	mm.	8	8	8	10	10	12	12	16	16	16
Largo de la cadena (mín.)	mts.	30	35	40	50	70	80	100	100	110	110
Peso de la cadena	kg./mts.	1,40	1,40	1,40	2,25	2,25	3,25	3,25	5,60	5,60	5,60

TABLA PARA EL CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOLINETE

Potencia mínima del molinete = (Peso del ancla + peso de la cadena) x 2

Ejemplo: Embarcación 10 mts. eslora

Peso ancla 10 mts. x 1,60 kgs. = 16 kgs.

Peso cadena 40 mts. x 1,40 kgs. = 56 kgs.

72 kgs.

x 2

Potencia mínima del molinete

150 kgs.

En nuestra embarcación será:

Eslora: 12 mts

Peso ancla: 12 mts x 1,60 kgs = 19,2 kgs

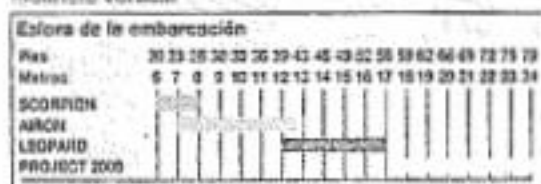
Peso cadena: 50 mts x 2,25 kgs = 112,5 kgs

131,7 kgs

x 2

Potencia mínima del molinete = **263,4 kgs**

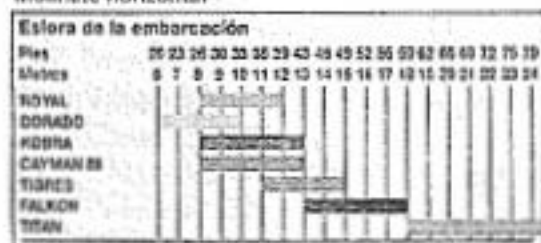
Molinete vertical



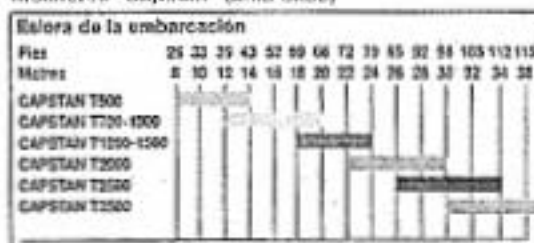
Molinete vertical en los barcos más cubiertos



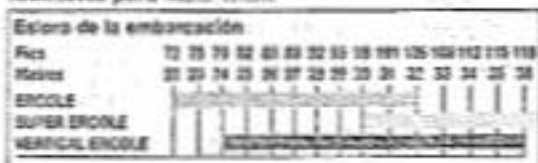
Molinete horizontal



Molinetes "Capstan" (Solo cable)



Molinetes para Maxi Yacht



El consejo PLASTIMO

Como elegir su molinete.

Vertical u horizontal?

Sobre un molinete vertical, el winche y la roldana están montados sobre cubierta y el motor por debajo. Esta configuración es ideal para las embarcaciones donde el espacio en cubierta es limitado.

Con un molinete horizontal, el conjunto se halla sobre cubierta, pero a veces, puede ser también montado en el pozo de anclas.

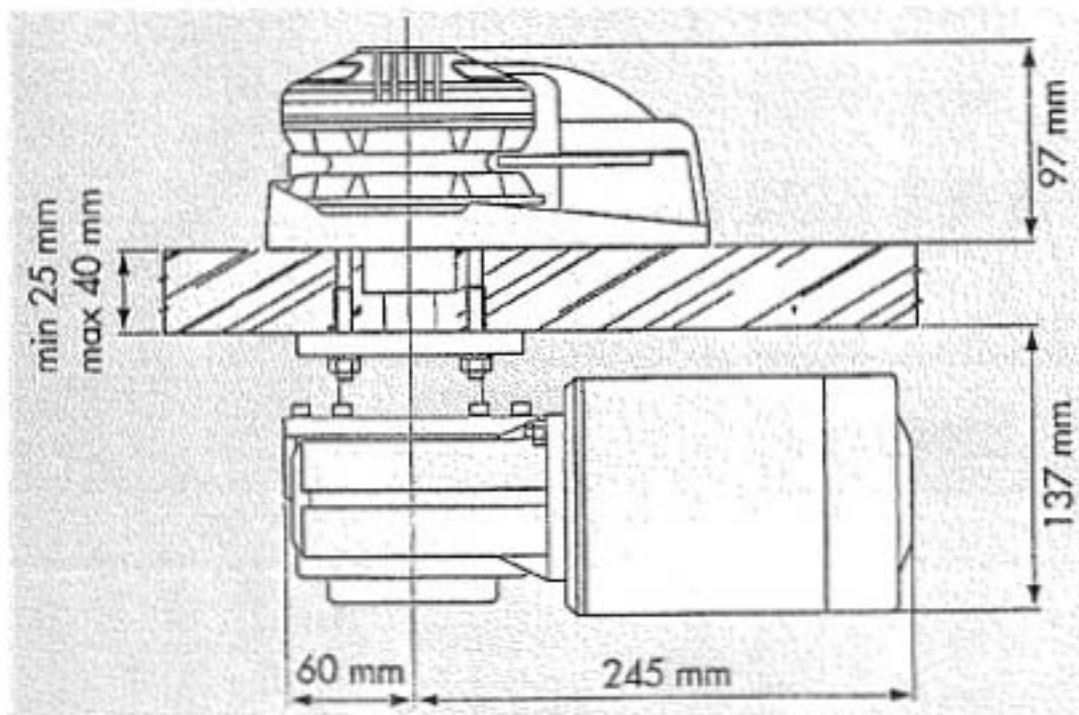
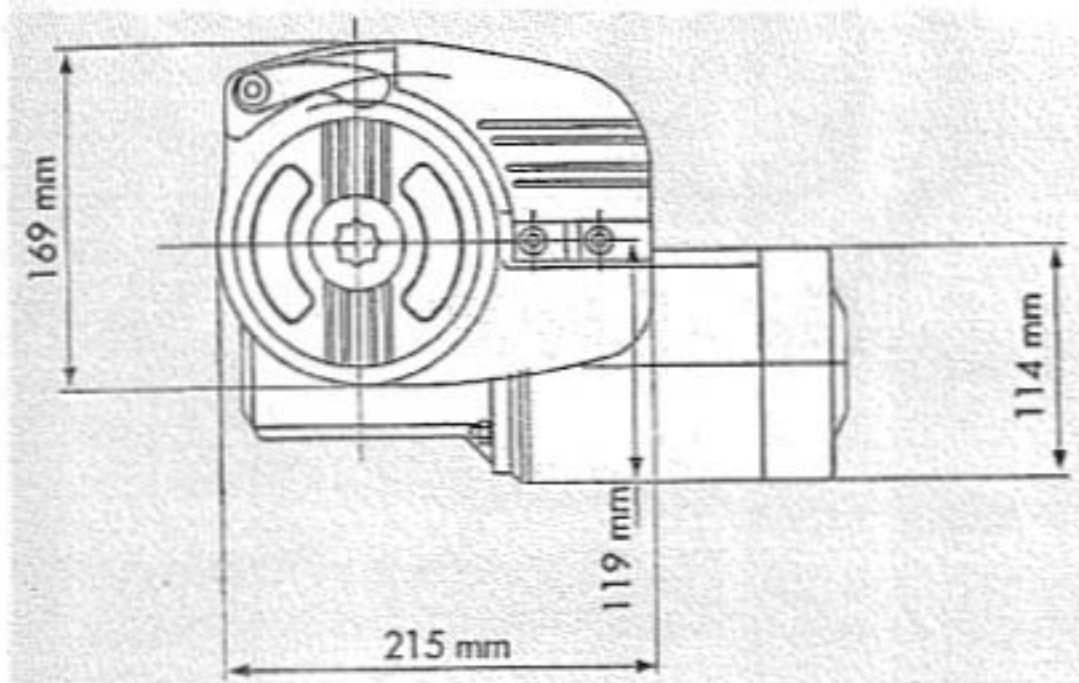
MOLINETE PLASTIMO VERTICAL 1.000



Características:

- Mantenimiento y funcionamiento muy fáciles gracias a su concepción simple.
- Va equipado con un borboten mixto (para cadena y cabo).
- Materiales insensibles a la corrosión que necesitan muy poco mantenimiento.
- Traga cadena incorporado de serie.
- Cadena: 6 ó 10 mm de diámetro.
- Cabo: 12 mm de diámetro en el modelo de cadena de 6 mm.
- Potencia: 1.000 W
- Voltaje: 12 V
- Consumo medio: 70-100 Amp
- Carga máxima: 650 kg
- Peso: 18 kg
- Velocidad de subida: 20 m/min a 50 kg.
- Servido en estándar con la manivela de cierre, el interruptor de subida y bajada y el rele de 12 V

Dimensiones:

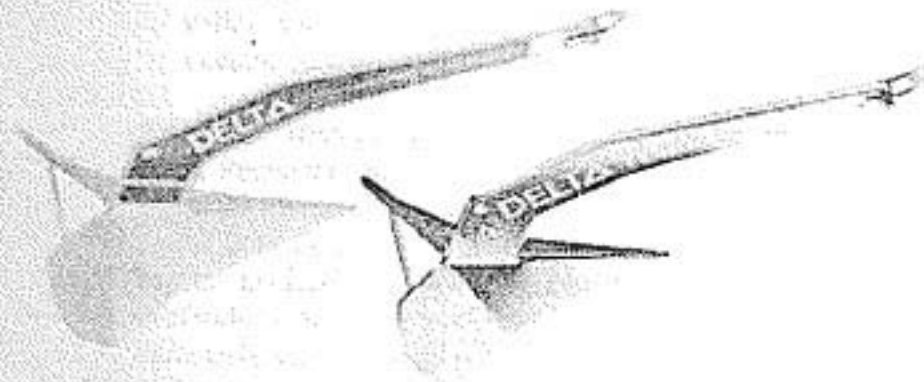


Delta™ Anchors

The Delta™ anchor leads the way in innovative anchor engineering. The high grade manganese steel used in the construction of the Delta™ anchor gives it maximum tensile strength. Its unique shank profile and ballasted tip make the Delta™ anchor self launching. The low centre of gravity and self-righting geometry ensure that Delta™ anchor will set immediately. Consistent and reliable in performance, the Delta™ anchor has Lloyd's Register Type Approval as High Holding Power anchor and

is specified as the primary anchor used by numerous National Lifeboat organisations. Also available in premium grade Duplex/High Tensile stainless steel.

All Delta™ anchors are "guaranteed for life against breakage". Lloyd's Test Certification is available for individual Delta™ anchors by arrangement.



Delta™ Anchor Specifications

Galvanised Part Number	Stainless Steel Number	Anchor Weight		Recommended Chain Size		A		B		C		D		E	
		kg	lb	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
0057104	0057104	4	9	6.7	3/4	514	20 1/4	230	9	8	5/8	387	15 1/4	210	8 1/4
0057108	0057108	6	14	6.7	3/4	590	23 1/4	265	10 1/2	10	3/4	450	17 3/4	243	9 1/2
0057110	0057110	10	22	8	5/8	605	23 7/8	310	12 1/4	13	1/2	525	20 7/8	282	11 1/8
0057115	0057115	16	35	8	5/8	812	32	360	14 1/4	13	1/2	614	24 1/4	328	13
0057120	0057120	20	44	10	7/8	877	34 1/2	380	15 1/4	16	5/8	680	26 3/4	357	14
0057125	0057125	25	55	10	7/8	945	37 1/4	415	16 1/4	16	5/8	710	28	387	15 1/4
0057130	0057130	40	88	10	7/8	1103	43 1/4	480	19 1/4	20	3/4	820	32 1/4	437	17 1/4
0057135	0057135	50	110	12	1 1/8	1175	46 1/4	520	20 1/4	20	3/4	890	35	479	18 1/4
0057140	0057140	63	140	12	1 1/8	1270	50	567	22 1/4	22	7/8	960	38	508	20

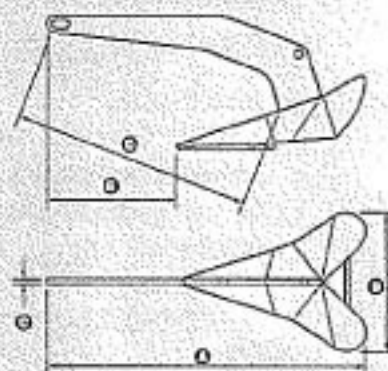
Delta™ Anchor Selection Guide

Anchor Weight kg lb	Boat Length Overall								
	6	8	9.2	12.2	15.2	18.3	21.3	24.1	27.4
4 9	●●●●●●								
6 14	●●●●●●●●								
10 22		●●●●●●●●							
16 35			●●●●●●●●●●						
20 44				●●●●●●●●●●					
25 55					●●●●●●●●●●				
40 88						●●●●●●●●●●			
50 110							●●●●●●●●●●		
63 140								●●●●●●●●●●	

Selecting Your Anchor

Use this chart to select the correct anchor size for your boat. Two factors need to be considered: the overall hull length and the boat's displacement - whether it is light, medium or heavy. Boats of medium & heavy displacement, at the upper limits of anchor performance, should select the next model up. The information given here is intended to be a guide only. If in doubt about the correct size of anchor for your boat, please send full details of your craft and the installation to your nearest Lewmar office.

Delta™ Anchor Dimensions



THRU	
ANCHORING SYS	
HATCHES & PORTL	
WIN	
HYDRA	
HARD	
STEERING SYS	

9. DISEÑO DEL PLANO VÉLICO.

A la hora de diseñar el plano vélico es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Estabilidad de la embarcación. Este factor nos limitará la altura del centro de presión vélica, al ser un catamarán podemos decir que tendrá una estabilidad mayor que un monocasco, por lo cual podrá llevar una mayor superficie vélica, estando ésta limitada por la resistencia que tenga el mástil para soportar dicha superficie vélica según el viento que sople.
- Resistencia de la embarcación. Este factor nos marcará la fuerza propulsora aerodinámica necesaria para navegar a una determinada velocidad o F_n .
- Zona de Navegación. Según la zona en la que vaya a navegar la embarcación tiene características especiales de vientos fuertes o flojos y su dirección, la superficie vélica podrá disminuir o aumentar para mantener la misma fuerza propulsora. En nuestro caso navegará por el Océano Atlántico y Mar Mediterráneo.

En el Mar Mediterráneo: durante los meses de verano, en Baleares y en la costa oriental de la Península, se suele establecer un régimen de brisas conocido como Virazón (soplando viento de tierra durante la noche y viento de mar durante el día con periodos de calma total al orto y al ocaso). Los vientos de componente norte más notables en las costas mediterráneas son la Tramontana y el Mistral, aunque su campo de acción preferido sean las zonas más septentrionales: Costa Brava e isla de Menorca. Las características principales de estos vientos son: bajas temperaturas, sequedad del aire, cielos despejados y fuertes rachas.

Otro viento muy característico y conocido en la zona oriental y sur oriental es el Levante, particularmente frecuente en marzo, y de julio a octubre, son vientos que soplan del sector este. Se presentan normalmente con intensidad moderada alcanzando fuerza 6 (escala Beaufort) o más, solo en pocas ocasiones.

El levante bonancible (fuerza 4) al acercarse a nuestras costas reforzado por el "monzón mediterráneo" levanta marejada en la costa sur, desde Valencia hasta el mar de Alborán. En las Baleares donde llega con menos recorrido suele levantar menos mar, notándose algo más al sur de las islas. Cuando se establece una situación de temporal, este viento puede soplar con fuerza entre Castellón y Almería, llegándose a los 30 nudos y en ocasiones a los 50 (temporal duro).

Los vientos del sur son poco frecuentes en el Mediterráneo Occidental. Estos vientos conocidos como "mitgorn" mediodía en Baleares transportan aire seco y cálido; su velocidad suele oscilar entre los 7 y 15 nudos (fuerza 3 o 4).

Otro viento es el poniente, que llega al Mediterráneo a través del Estrecho, en la parte oriental de la Península y en Baleares llega a alcanzar los 5 o 6 grados de Beaufort y muy raramente los 7.

En el Océano Atlántico: al ser un océano abierto los vientos son casi zonales (soplando de este a oeste). Los vientos Alisios son vientos que vienen del este en las regiones

tropicales y subtropicales (entre 30° N y 30° S). Existen regiones de condiciones eólicas extremadamente uniformes, en donde el viento sopla constantemente en la misma dirección con una fuerza moderada durante el año. Los vientos Alisios de los dos hemisferios están separados por una región de calmas y vientos débiles y variables.

Entre los 30° y 65° están los vientos provenientes del oeste. Estos vientos son mas fuertes en invierno que en verano y ocupan regiones de frecuentes tormentas.

Hacia los polos por los 65° la dirección del viento de nuevo se revierte y los vientos polares del este soplan en dirección este a oeste.

Para el diseño del aparejo y las velas, se realizará de manera que toda la jarcia sea manejable con poca tripulación y de forma fácil, además debe conseguirse un buen rendimiento de las velas.

En la actualidad esto es posible gracias a la instalación de sistemas como son los winches eléctricos.

9.1 Configuración del Plano Vélico.

Para el siguiente diseño se ha decidido por un **aparejo tipo Sloop Fraccionado** por las siguientes razones:

- Mayor rendimiento de la superficie vélica respecto al resto de opciones, sobre todo en ceñidas.
- Reduce 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, a la vez que se facilita el laboreo de las mismas requiriendo un menor espacio de estiba y de trabajo
- Al aumentar la superficie de la mayor, se obtiene mas superficie efectiva cuando se navega en rumbos abiertos con Spinnaker y mayor conjuntamente.
- La mayor facilidad de manipulación de las velas permite navegar con menos tripulación que con un aparejo a tope.
- El Spi de un sloop fraccionado es menor que el de uno a tope, por lo que resulta mas manejable.
- Las dimensiones del palo pueden reducirse en la parte superior, mejorando así el rendimiento del plano vélico y consiguiéndose una reducción del efecto escorante del mismo.
- La cubierta resulta más despejada con un aparejo sloop que con un ketch yawl.
- El Stay se hace firme a una cierta distancia por debajo del tope del mástil.

A pesar de haber escogido un aparejo tipo sloop fraccionado, conviene recordar sus inconvenientes:

- La dificultad de mantener el stay de proa tenso requiere una jarcia firme más complicada y por esta razón, un trimado más difícil. De otro modo sus mejores prestaciones en ceñida se ven reducidas.
- Rizar la mayor cuando el viento arrecia supone perder algunas de las prestaciones de la mayor al verse modificado su corte. Dado que a igualdad de condiciones, antes se debe rizar la mayor de un fraccionado que la de uno a tope, antes se pierden algunas prestaciones en un fraccionado que en uno a tope.

Estos inconvenientes se consideran poco relevantes. Las razones de ello son: el trimado más arduo se atenúa a base de mayores desmultiplicaciones; y el rizado de la mayor no suele ser necesario en la mayoría de regatas costeras, únicamente suele ser necesario en algunas regatas de altura. Recordemos que solo durante las regatas es verdaderamente importante mantener las buenas prestaciones de un velero.

9.2 Ángulo de Dellenbaugh.

Es un método sencillo para conocer si la estabilidad de la embarcación es adecuada a su superficie vélica, gracias al Ángulo de Dellenbaugh 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:

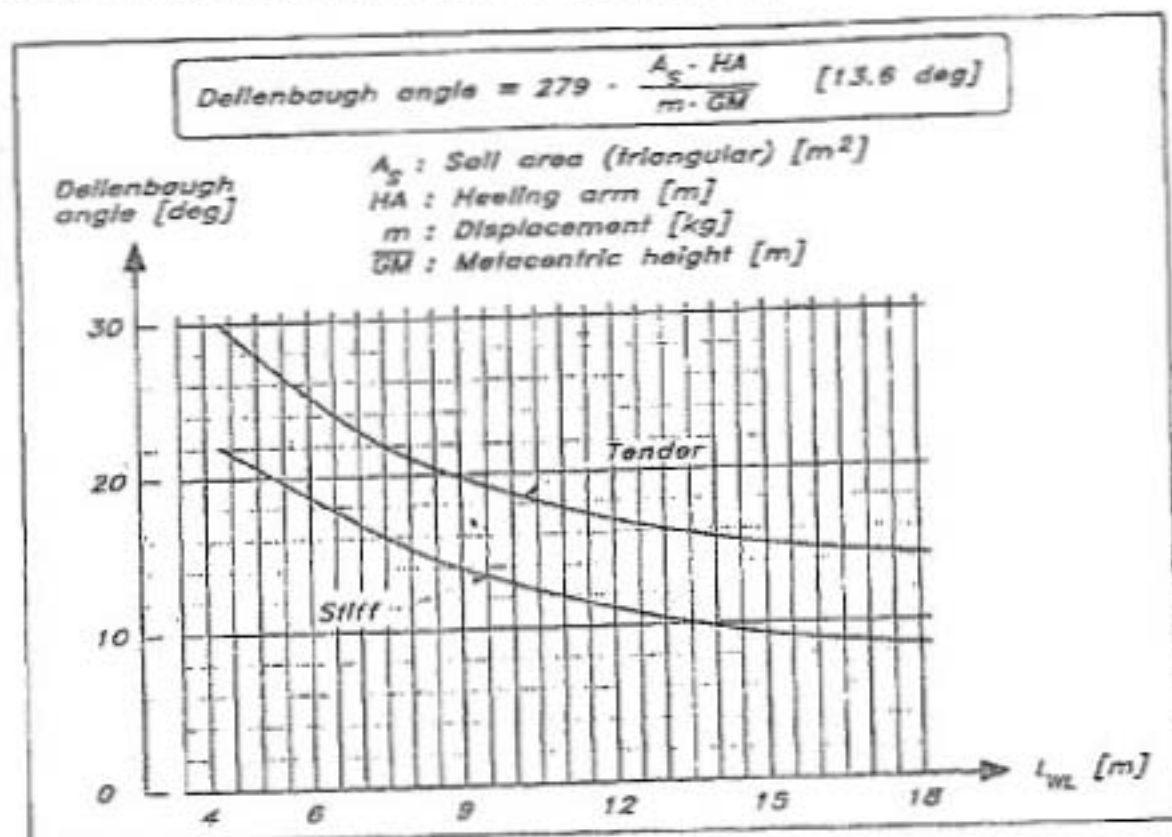
- Superficie Vélica (m^2): **As**
- Altura Metacéntrica (m): **GM**
- Brazo Escorante (m), definido como la altura vertical desde el centro de presión vélico y el centro de resistencia lateral de la obra viva, o centro de deriva: **HA**
- Desplazamiento (Kg): Δ

La fórmula para obtener el Ángulo de Dellenbaugh es la siguiente:

$$\text{Ángulo Dellenbaugh} = 279 \cdot \frac{As \cdot HA}{\Delta \cdot GM}$$

En la siguiente gráfica, se hace un estudio estadístico con diferentes barcos, pudiendo ver para una eslora dada, la escora recomendable, y donde se encuentran los barcos de estabilidad más blanda o dura. A la hora de determinar la superficie vélica de un diseño

nuevo, hay que tener en cuenta las características meteorológicas de la zona por la que principalmente navegará el catamarán. Bien por falta o por exceso de viento que impere en la zona, nos podemos salir de la zona considerada como norma. Si en la zona de navegación predominan vientos suaves podremos dotar de mayor superficie vélica a la recomendada, si predominan vientos fuertes pondremos menor superficie vélica.



A continuación cotejamos mediante la fórmula dicho ángulo, los datos son:

$$A_s = 65\ m^2$$

$$GM = 12,818\ m$$

$$HA = 8,1536\ m$$

$$\Delta = 9,447\ Kg$$

Para estos datos el ángulo de Dellenbaugh obtenido es de 1,221°, como se puede observar en la gráfica, la escora del catamarán cuando navega ciñendo es muy pequeña en comparación con el resto de los barcos monocascos, esto es debido a la gran estabilidad (Dura) que posee un catamarán, el cual puede portar una mayor superficie vélica independientemente de la zona de navegación, la única restricción que tendría a la hora de llevar una mayor superficie vélica sería la resistencia del mástil para soportar la fuerza del viento.

9.3 Distribución de la Superficie Vélica.

La posición de las velas está limitada por la posición de su centro de presión y del palo a lo largo de la eslora. La altura del centro de presión influye directamente en el ángulo de Dellembaugh (indicador de la estabilidad transversal del barco). La posición longitudinal del centro de presión influye en el rendimiento general del barco: ángulo de ataque, resistencia hidrodinámica,...

La posición del palo limita la dimensión del foque (J), mientras que la posición de la botavara limita la longitud máxima del pujamen de la mayor (E), puesto que afecta directamente a la bañera y posición del timonel.

La estimación de la distribución de la superficie vélica, para calcular las distintas dimensiones P,I,E y J se ha basado en el estudio estadístico de catamaranes comprendidos entre una eslora de 11,55 – 12,37 m.

Catamarán	Eslora (m)	Mayor (m ²)	Génova (m ²)	Sup. Vél. proy (m ²)	%S.V mayor	%S.V génova
LAGOON 410	12,37	44,268	27,717	71,985	61,5% S.V	38,5% S.V
NAUTITECH 40	11,98	40,968	22,005	62,974	65,0% S.V	34,9% S.V
NAUTITECH395	11,98	43,411	22,748	66,160	65,6% S.V	34,4% S.V
PRIVILEGE 395	11,90	40,711	24,430	65,141	62,5% S.V	37,5% S.V
PROUT ESCALE39	11,90	22,625	39,259	61,884	36,5% S.V	63,4% S.V
LAVEZZI 40	11,90	38,236	22,064	60,301	63,4% S.V	36,6% S.V
ATHENA 38	11,60	40,497	23,947	64,445	62,8% S.V	37,1% S.V
LAGOON 380	11,55	37,387	21,956	59,344	63,0% S.V	37,0% S.V

Media %S.V mayor = 60,03% S.V

Media %S.V génova = 39,92% S.V

Debido a que el catamarán va a navegar por zonas en las que no suelen soplar vientos fuertes, le dotaremos de una "Mayor" sin ser excesiva algo superior que la media obtenida, de esta forma obtendremos mayor superficie efectiva cuando se navega en rumbos abiertos con Spinnaker y Mayor conjuntamente, sin embargo la Génova será algo menor que la media. Obteniendo:

%S.V mayor = 62,3 %

%S.V génova = 37,6 %

Para estos valores siendo la superficie vélica 65 m² obtenemos:

Área Mayor = 40,54 m²

Área Génova = 24,43 m²

El reparto vélico se ha estimado de la siguiente forma:

<i>P</i>	14,3 m
<i>E</i>	5,67 m
<i>I</i>	13,61 m
<i>J</i>	3,59 m

Área Spinnaker (As):

$$As = 1,15 \cdot SL \cdot J \Rightarrow As = 24,03 \text{ m}^2$$

Área Spinnaker = 24,03 m²

Una vez conocidas las dimensiones que se van a llevar a cabo para el reparto vélico, podemos obtener la posición del centro de presión vélico (C.P.V) mediante la siguiente fórmula:

$$a = \frac{I}{\frac{Am}{Ag} + 1} \Rightarrow a = 1371,3 \text{ mm}$$

Donde:

- "a" es la distancia, en línea recta entre el C.P.V y el centro de presión de la mayor (m).
- "I" es la distancia entre los centros de presión de la mayor y la génova (m).
- Am es el área de la mayor (m²).
- Ag es el área de la génova (m²).

Conocida la distribución de la superficie vélica y el francobordo, se pueden calcular las dimensiones de la jarcia, es decir: mástil, crucetas, stay, backstay, obenques, obenquillos, botavara,

A continuación se enumeran los distintos cabos y cables que determinan la forma de las velas:

Vela Mayor:

- Driza de la mayor.
- Escota de la mayor.
- Carro de escota de la mayor.
- Trapa o contra rígida.
- Pajarín o relinga de pujamen.
- Backstay o stay popel.

Vela Génova:

- Driza del génova.
- Escota del génova.
- Escotero.
- Stay de proa.

Vela Spinnaker:

- Tangón.
- Braza.
- Escota.
- Amantillo.
- Contra.

Características de las velas:

- **Mayor:** debe ser bastante resistente para soportar toda clase de fuerzas de viento, pero sin llegar a ser demasiado pesada, ya que entonces no respondería bien con viento flojo.
- **Génova:** se usa para vientos moderados, es de dimensiones importantes y se caracteriza por un recubrimiento de la mayor y un puño de escota muy bajo.
- **Spinnaker:** proporciona una mayor superficie vélica con viento portante.

9.4 Funcionamiento del aparejo tipo Sloop Fraccionado y Propiedades.

En el aparejo Fraccionado el stay se hace firme a una cierta distancia por debajo del tope del mástil. Tiene mayores posibilidades de ajuste pero más difícil de mantener a punto. La mayor es de gran tamaño.

Con el aparejo fraccionado tradicional, que suele incluir crucetas alineadas, es preciso utilizar burdas volantes para estabilizar la arboladura. Las burdas inferiores se usan con frecuencia en barcos de regatas para controlar las secciones media e inferior del mástil.

Las burdas volantes desempeñan la misma función que el backstay en los aparejos a tope. Al cazar la burda, la caída a sotavento del stay de proa disminuye y el mástil se curva para aplanar la vela mayor. En estos aparejos, el backstay es imprescindible para evitar la rotura del aparejo al trasluchar.

Teniendo en cuenta que un monocasco típico alcanza una escora optimizada de 20 – 30°, dependiendo de la forma del casco, los catamaranes alcanzan su máxima estabilidad justo en el momento en que el casco de barlovento despega del agua.

Las fuerzas laterales y la de la escota de génova provocan una curvatura en el stay, tal curvatura se disminuye aumentando la tensión del stay; creada a su vez por la escota de la mayor, el backstay o las burdas.

Estas fuerzas laterales, determinantes del RM (righting moment o momento de inercia) se transmiten a la jarcia a través de la mayor y génova.

La curvatura del stay depende de muchos factores, entre ellos: la forma de la vela y la rigidez del barco. La elección del diámetro del stay influye bastante en el resto del diseño, dado que es uno de los mayores contribuyentes a la compresión del mástil.

9.5 Cálculo de la Jarcia Firme.

Al tratarse de un catamarán el cálculo de la jarcia será diferente a la de un monocasco, debido a la gran estabilidad que presenta un catamarán, es mas probable que antes de llegar a una escora de 30° el mástil fracture o se levante fuera del agua el casco de barlovento, de tal manera que para el cálculo de la jarcia nos hemos basado en la **fuerza o velocidad de viento** que provoca una escora de 30° en un velero monocasco de similitud eslora y una vez conocida dicha fuerza la aplicaremos a nuestro proyecto para saber que a partir de dicha fuerza de viento iremos disminuyendo los rizos de las velas para que no nos llegue a fracturar el mástil o salga del agua el casco de barlovento.

El velero monocasco de similitud eslora a nuestro catamarán que hemos usado para determinar la velocidad o fuerza de viento que provoca una escora de 30° es el YD-40, cuyas características se encuentran en libro de: "Principles of YACHT DESIGN" de Lars Larsson y Rolf E Eliasson, entre las que destacamos:

YD-40

	<u>Despl.a media carga</u>	<u>Desplazamiento ligero</u>
Esloa total (Loa)	12,05 m	12,05 m
Esloa flotación (Lwl)	10,02 m	9,85 m
Manga máx (Bmax)	3,71 m	3,71 m
Manga flotación (Bwl)	3,17 m	3,12 m
Calado casco (Tc)	0,57 m	0,54 m
Calado total (T)	2,04 m	2,04 m
Superficie mojada (SW)	30,9 m ²	30,1 m ²
Desplazamiento	8,12 t	7,25 t
Lastre	3,25 t	3,25 t
I	16,9 m	16,9 m
J	4,3 m	4,3 m
P	15,1 m	15,1 m
E	4,7 m	4,7 m
SL	16,6 m	16,6 m
Sup.Vélica (SA)	71,8 m ²	71,8 m ²
Altura brazo escorante (HA)	7,63 m	7,63 m

Por el Curso de Yates del capítulo 3, del módulo I: Hidroestáticas y Estabilidad (de los profesores: Ricardo Zamora Rodríguez y Ricardo Abad Arroyo), determinamos la estabilidad y momento escorante de las velas del YD-40.

9.5.1 Estabilidad y Momento Escorante de las Velas

La estabilidad en los barcos de vela está ligada a la respuesta del barco al momento escorante de las velas. El plano vélico, al propulsar al velero por el efecto del viento, generará una fuerza escorante (Fe):

$$F_e = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot V_a^2 \cdot SA \cdot C_e$$

Donde:

ρ_a : densidad del aire ($1,29 \text{ kg/m}^3 = 0,00129 \text{ T/m}^3$)

V_a : velocidad del viento aparente m/s ($\frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot V_a^2$ presión dinámica)

SA : superficie vélica m² (71,8 m²)

C_e : coeficiente de fuerza escorante dependiente del tipo de aparejo $1,2 < C_e < 1,8$

Esta fuerza provocará un momento escorante (Me):

$$M_e = F_e \cdot HA$$

Siendo: HA la altura del brazo escorante (7,63 m)

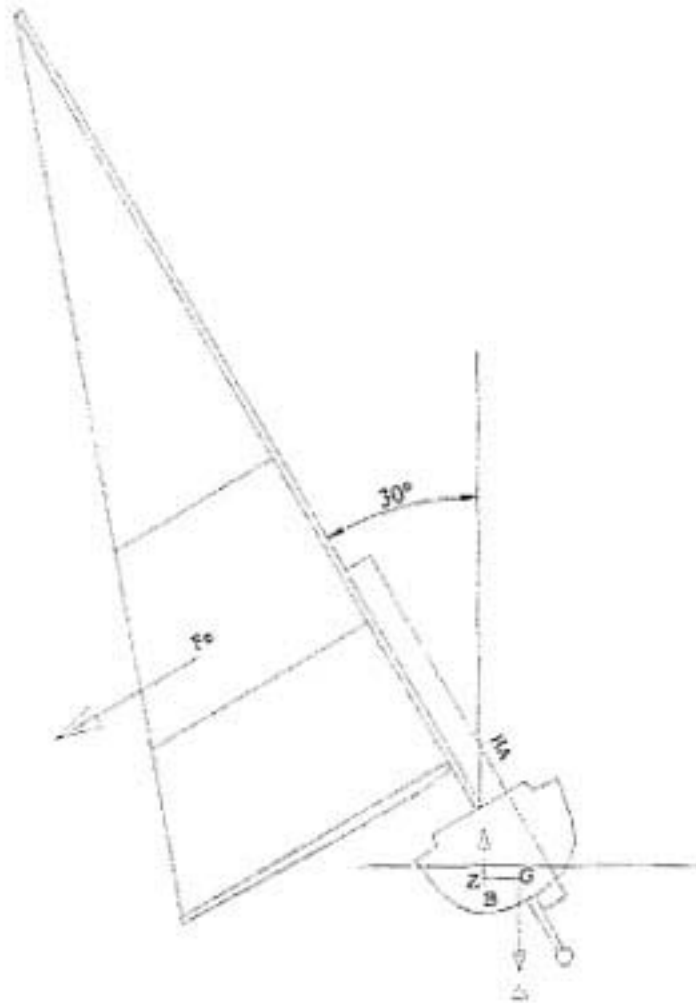
En navegación el M_e debe coincidir con el momento adrizante (M_a):

$$M_a = \Delta \cdot GZ_{30} = \Delta \cdot GM \cdot \text{sen}\theta$$

Donde:

Δ : desplazamiento máx ($8,12 + 3,25 = 11,37$ T)

GZ_{30} : en la pág 45 del libro "Principles of YACHT DESIGN" el GZ correspondiente para una escora de 30° del YD-40 es de 0,59 m



Igualando ambos momentos obtendremos la velocidad de viento que provoca una escora de 30°

$$M_e = M_a$$

$$\frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot V_e^2 \cdot S_A \cdot C_e \cdot H_A = \Delta \cdot GZ_{30} \Rightarrow$$

Para $C_e = 1,2$

$$\Rightarrow V_a = (2 \cdot \Delta \cdot GZ_{30} / \rho_a \cdot S_A \cdot C_e \cdot H_A)^{1/2} = (2 \cdot 6,7083 \cdot 9,81 / 0,00129 \cdot 71,8 \cdot 1,2 \cdot 7,63)^{1/2}$$

$$V_a = 12,45 \text{ m/s} = 24,2 \text{ nudos}$$

Esta velocidad de viento provocará una Fuerza escorante $F_e = 8614 \text{ N}$

Para $C_e = 1,8$

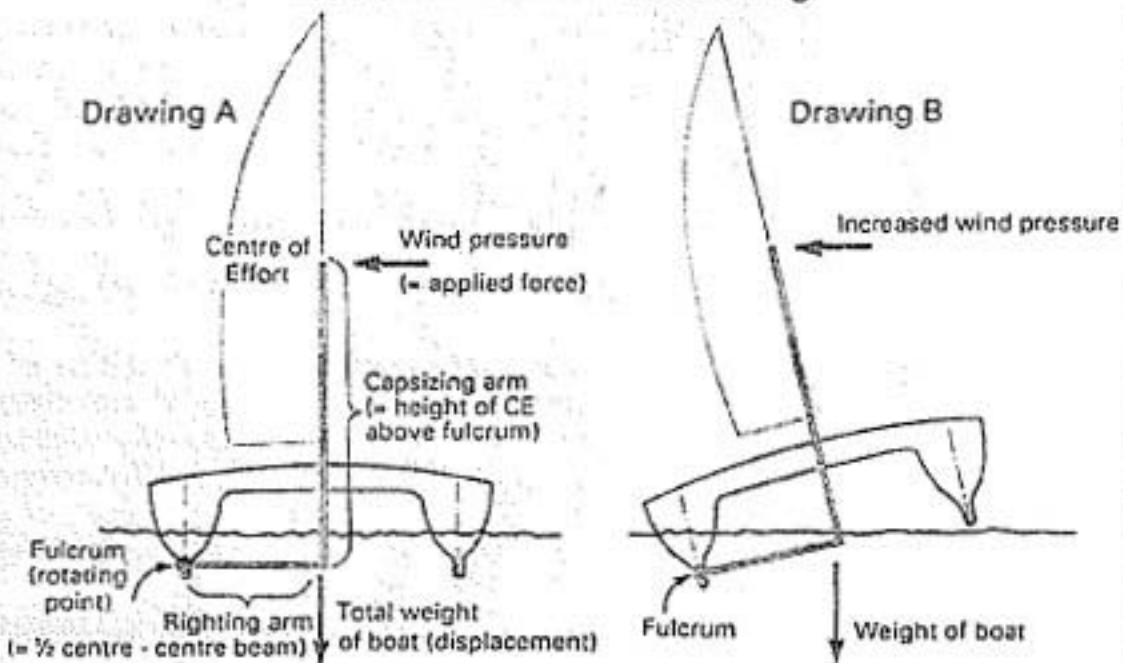
$$\Rightarrow V_a = 10,17 \text{ m/s} = 19,7 \text{ nudos}$$

$$F_e = 8622 \text{ N}$$

9.5.2 James Wharram Design.

Según el diseñador de catamaranes James Wharram la velocidad de viento máxima para navegar de una forma segura antes de reducir las velas, la deduce del diagrama de fuerzas que actúan en un catamarán cuando navega. (www.wharram.com) (Apartado How we Design)

Drawing 3A shows in a simple lever diagram the forces that act on a catamaran when sailing.



To Balance:
 Weight of Boat x Righting arm = Wind pressure x Capsizing arm
 (Righting moment) (Capsizing Moment)

If the righting moment is greater than the capsizing moment, the boat stays upright ie the boat is stable (See Drawing A)

If the capsizing moment becomes bigger than the righting moment (due to a wind increase) the boat starts to capsize (See Drawing B)

Donde:

Right moment (R.M) = $\Delta \times B_{max}/2$

Capsizing moment (C.M) = Wind pressure x Capsizing arm $\Rightarrow C.M = 0,0051 \cdot$
 Windspeed² SA·HA

Igualando ambos momentos:

$\Delta \times B_{max}/2 = 0,0051 \cdot$ Windspeed² SA·HA \Rightarrow

<p>Windspeed (in knots) = $\sqrt{\frac{\text{Weight} \times \frac{1}{2} \text{ C-C Beam}}{0,005-1 \times \text{S.A.} \times \text{Ht. of CE}}}$</p> <p>or (for simplicity on your calculator) = $14 \times \sqrt{\frac{w \times \frac{1}{2} \text{ C-C Beam}}{\text{SA} \times \text{Ht. of CE}}}$</p>
--

Siendo para nuestro catamarán:

$$\Delta T = 9,447 \text{ Kg} = 20.827,17 \text{ lbs}$$

$$B_{\text{max}} = 6,52 \text{ m} = 21,39 \text{ ft}$$

$$S.A = 65 \text{ m}^2 = 699,65 \text{ sq.ft}$$

$$\text{Ht of CE (HA)} = 8,154 \text{ m} = 26,74 \text{ ft}$$

$$\text{Windspeed} = 14 \times (20.827,17 \cdot 10,695 / 699,65 \cdot 26,74)^{1/2} \Rightarrow$$

$$\text{Windspeed} = 45,1 \text{ knots} = 23,2 \text{ m/s} \Rightarrow (\text{Estabilidad Estática})$$

Se ha establecido un convenio generalmente entre los diseñadores que para los parámetros atmosféricos la estabilidad dinámica permite un factor de seguridad del 60% de la estabilidad estática, para navegar de una forma segura a una velocidad de viento máxima, sin necesidad de ir reduciendo las velas.

$$\text{Estabilidad Estática} \times 0,6 = \text{Estabilidad Dinámica}$$

$$\underline{\text{Windspeed Estabilidad Dinámica} = 27 \text{ Knots} = 13,8 \text{ m/s}}$$

Fuerza escorante según el aparejo usado será:

$$\underline{\text{Para } C_e = 1,2}$$

$$\underline{F_e = 9581 \text{ N}}$$

$$\underline{\text{Para } C_e = 1,8}$$

$$\underline{F_e = 14371 \text{ N}}$$

Para las distintas velocidades de viento que hemos obtenido, Alan establece en su libro de meteorologist navegante, llamado "pronóstico de tiempo inmediato", el comportamiento de catamaranes y monocascos de quilla profunda en varias fuerzas de viento según la escala de Beaufort.

Fig 7

BEAUFORT No	LIMIT OF MEAN SPEED (KNOTS)	DINGHY CRITERIA	DEEP KEEL CRITERIA
3	7-10	HELMSPIN & CREW UP ON WEATHER GUNWALE. SPINNAKERS FULL. 14 FOOTERS AND ABOVE MAY FLANK.	GOOD WAY MADE. LIGHT FLAG FULLY EXTENDED
4	11-16	DINGHY CREW LIT OUT. 12 FT DINGHIES MAY FLANK; LONGER DINGHIES WILL FLANK. THE BEST GENERAL WORKING BREEZE FOR ALL CRAFT. GENOAS AT OPTIMUM.	BEST GENERAL WORKING BREEZE FOR ALL CRAFT. GENOAS AT OPTIMUM.
5	17-21	DINGHIES EASE SHEETS IN GUSTS. CREWS USE ALL WEIGHT TO KEEP CRAFT UPRIGHT. GENOAS NEAR THEIR LIMIT. SOME CAPSIZES.	CRAFT'S WAY SOMEWHAT IMPEDED BY SEAWAY. GENOAS NEAR THEIR LIMIT. SPINNAKERS STILL CARRIED. YACHTS APPROXIMATE MAXIMUM SPEED.
6	22-27	DINGHIES OVERPOWERED WHEN CARRYING FULL SAIL. MANY CAPSIZES. CREWS FIND DIFFICULTY IN HOLDING CRAFT UPRIGHT EVEN WHEN SPRINGING INWARD.	EDGE OF YACHT GAINS FORCE, CAUSING CRAFT SEEK SHELTER. REEFING RECOMMENDED TO MEET GUSTS WHEN CRUISING.

A continuación se establece un cuadro resumen entre la Estabilidad y Momentos escorantes de las velas y James Wharram Design de las distintas velocidades de viento y fuerzas escorantes según los aparejos que lleve.

	<u>Velocidad de viento</u>	<u>Fuerza escorante</u>	<u>Aparejo</u>
Monocasco YD-40	12,45 m/s = 24,2 nudos	8614 N	Ce = 1,2
	10,17 m/s = 19,7 nudos	8622 N	Ce = 1,8
Catamarán	13,8 m/s = 27 nudos	9581 N	Ce = 1,2
	13,8 m/s = 27 nudos	14371 N	Ce = 1,8

Una vez conocidas unas de las diferencias existentes entre un catamarán y un velero monocasco en cuanto a la *velocidad y fuerza escorante* producida por el viento vamos a determinar los cálculos del aparejo que lleve.

Para ello es necesario saber el GZ max. que puede alcanzar el catamarán antes de llegar a volcar, ya que en un catamarán el GZ max. no se produce a 30° como en un monocasco, para conocer este GZ max hemos estudiado dos condiciones de carga, mediante el programa Maxsurf:

- Condición Mínima Operativa.
- Condición de Desplazamiento a Máxima Carga.

(Los GZ max se pueden encontrar en el APÉNDICE X "Estudio de Estabilidad")

Como se puede comprobar el GZ max de las dos condiciones estudiadas es 2,113 m a 14,5° de la Cond.Mín. Operativa. A partir de esta condición y partiendo de los datos obtenidos por Maxsurf calcularemos los aparejos:

GZ max = 2,113 m

$\theta = 14,5^\circ$

Δ .cond.min.operativa = 7.589 kg

A continuación se describe el proceso a seguir para realizar el cálculo del aparejo.

9.6 Cálculo del Aparejo.

Para llevar a cabo este cálculo, he seguido el libro *Principal of Yacht Design* de Lars Larsson.

El señor Larsson desarrolla en uno de sus capítulos de su libro de normativa Nordic Boat Standard (N.B.S) y es la que, por tanto utilizaré en este caso para el cálculo del aparejo de mi embarcación.

Para esto, el proceso de cálculo se distribuye en una serie de pasos. Para comenzar el cálculo del aparejo, debemos tener como datos de partida el desplazamiento, las anteriormente definidas dimensiones I, J, P y E, la gravedad (9,81 m/s²), la estabilidad a 30° (obtenidas tras estimar un Peso en Rosca 6.824 kg y entrar en Hydromax), el momento adrizante máximo y el par adrizante. Una vez obtenidos estos datos de partida, solo tendremos que seguir una sencilla secuencia de pasos que nos llevará al dimensionamiento de los distintos elementos que conforman el aparejo. Estos son:

- Mástil.
- Botavara.
- Crucetas.

- Stay y Backstay.
- Obenques.

La secuencia a seguir es la siguiente:

9.6.1 Cálculo de los Obenques.

Tendremos que definir que tipo de aparejo vamos a utilizar (Sloop Fraccionado, en este caso), calcular las fuerzas con un par de situaciones de carga distintas, y tomaremos el peor de los casos (la carga mayor) para obtener los esfuerzos en los obenques (D1, C2,...). Para calcular estos esfuerzos, previamente hemos de tener en cuenta el ángulo que estos toman con el mástil, las crucetas...(T1, T2,...)

Una vez obtenidas estas tensiones, las multiplicaremos por una serie de Coeficientes de Seguridad para así obtener las Fuerzas de Dimensionamiento o Cargas de Rotura, es decir, aquellas fuerzas mínimas que hay que aplicar a los obenques y obenquillos para que rompan (Pd1, Pv1,...). Mediante estas cargas de rotura, podremos entrar en tablas para así obtener las secciones adecuadas a cada cable en cuestión. Las expresiones utilizadas son las siguientes:

$$T_{hu} = (T_{head} * d1) / (d1 + d2) \text{ [N]}$$

$$T_{hl} = (T_{head} * d2) / (d1 + d2) \text{ [N]}$$

$$T_{bu} = (T_{boom} * BD) / L1 \text{ [N]}$$

9.6.2 Stay y Backstay.

Necesitaremos como datos para el cálculo y dimensionamiento de estos elementos, los ángulos que forman con el mástil y su longitud. Con estos valores, obtendremos las Cargas de Rotura de estos cables, y entraremos en tablas para obtener la sección adecuada para cada cable.

$$P_{fo} = (15 * RM) / (L + f_s) \text{ [N]}$$

$$P_a = (2,8 * RM) / (L_a * \text{sen} \alpha_0) \text{ [N]}$$

9.6.3 Mástil.

Para obtener la sección adecuada del mástil, necesitaremos calcular los momentos de inercia del mismo en el sentido transversal y longitudinal. Para ello, necesitaremos una serie de datos obtenidos de unas expresiones que se adjuntan en la hoja de cálculo *APÉNDICE V*. En este caso y para obtener una sección adecuada a la inercia necesaria para el mástil, tuve que acudir a una página dedicada a la venta de mástiles y complementos (www.sparcraft.com)

$$I_y = k2 * k3 * m * PT * l^2 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$I_x = k * m1 * PT * L^2 \text{ [mm}^4\text{]}$$

9.6.4 Botavara.

Para el cálculo de la botavara he calculado las correspondientes Fuerzas Vertical (F_v) y Horizontal (F_h), necesarias para obtener la sección adecuada de botavara para estos esfuerzos (SM). Entrando en tablas con estas secciones obtuve una botavara adecuada a las necesidades de este aparejo.

$$\begin{aligned} F_v &= (0.5 \cdot RM \cdot E) / (HA \cdot d1) & [N] \\ F_h &= (0.5 \cdot RM \cdot E) / (HA \cdot d2) & [N] \\ SM &= [600 \cdot RM(E-d1)] / (\delta \cdot ha) & [mm^2] \end{aligned}$$

9.6.5 Cruceas.

Consiste en calcular, para cada una de las cruceas, su inercia [I], la sección óptima que debe tener [SM], y el momento de inercia mínimo que debe soportar [Ms].

$$\begin{aligned} I &= [0.8 \cdot C_{(a)} \cdot S_{(a)}^2] / (E \cdot \cos \alpha) & [mm^4] \\ SM &= k \cdot S_{(a)} \cdot V_{(a)} \cdot \cos \alpha & [mm^3] \\ Ms &= 0.16 \cdot S_{(a)} \cdot V_{(a)} \cdot \cos \alpha & [Nmm] \end{aligned}$$

Este apartado lleva adjunta una interesante hoja de cálculo ubicada en el *APÉNDICE V* (según comenté anteriormente) en la que se pueden ver detalladamente todos los cálculos realizados, y explicados, así como una conclusión en forma de las secciones elegidas para cada uno de los elementos del aparejo.

Adjunto en el *APÉNDICE V*, Plano Vético (Plano N° 6), Cálculo de Aparejos, así como los tipos de aparejos usado por los datos obtenidos.

9.7 Conclusiones.

Para completar este apartado, adjunto las tablas que resumen los distintos valores obtenidos en la anteriormente mencionada hoja de cálculo.

CARACTERÍSTICAS DE LOS OBENQUES Y OBENQUILLOS.

		Tensión (N)	Carga Rotura (N)	Longitud (m)	Peso/Long (kg/m)	Peso (kg)	Diámetro (mm)
OBENQUILLOS	D3	191400	251136	4,202	1,310	5,504	16
	D2	88900	120200	4,679	0,820	3,837	12
	D1	73885	83500	4,828	0,648	3,128	11
OBENQUES	V2	186951	251136	4,660	1,310	6,105	16
	V1	319178	338200	4,627	1,760	8,282	19

CARACTERÍSTICAS DEL STAY Y BACKSTAY.

	Tensión (N)	Carga Rotura (N)	Longitud (m)	Peso/Long (kg/m)	Peso (kg)	Diámetro (mm)
Stay	206514	251136	14,047	1,310	18,402	16
Backstay	250136	251136	14,806	1,310	19,396	16

CARACTERÍSTICAS DEL MÁSTIL.

PERFIL	Dimensiones (mm)	Ix (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	Peso/Long (kg/m)	Peso (kg)	Espesor (mm)	Bolt Rope (mm)
F 1980 E	171x335	1980	5650	15,900	262,620	5,500	7
	Cavidad (mm)						
	150						

CARACTERÍSTICAS DEL SAILMAKERS.

SECCIÓN	L (mm)	h (mm)	H (mm)	Diam. Furling (mm)	Bolt Rope (mm)	d (mm)	A (mm)	Sliders-Storm sail
F 1980 E	550	50	(7%*E) + h	45	7 (al final)	115	250	CGV23 - HA91

CARACTERÍSTICAS DEL FURLING MAST.

PERFIL	E (mm)	F (mm)	A (mm)	B (mm)	T (mm)	U (mm)
F 1980 E	350	44	250	44	550	140

CARACTERÍSTICAS DE LA BOTAVARA.

	Dimensiones (mm)	Ix (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	SMy (cm ³)	SMx (cm ³)	Peso/Long (kg/m)	Peso (kg)	Espesor (mm)
F 3400	274x185	1650	3650	240	178	10,320	27,121	4,900

CARACTERÍSTICAS DE LAS CRUCETAS.

SECCIÓN	Dimensiones (mm)	Ix (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	Peso/Long (kg/m)	Long. Standard (m)
BF 5	44x154,5	209	19	2,8	6

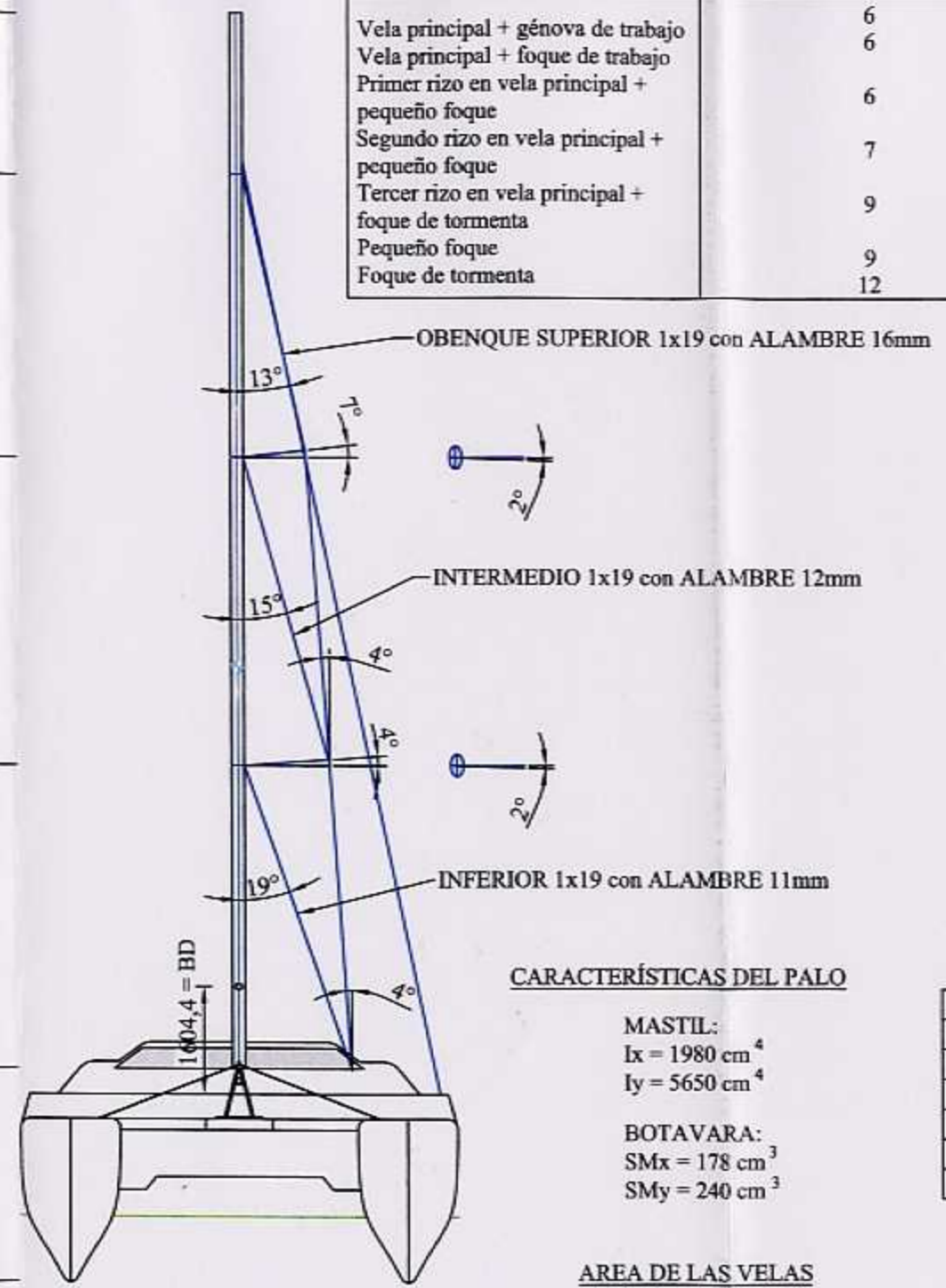
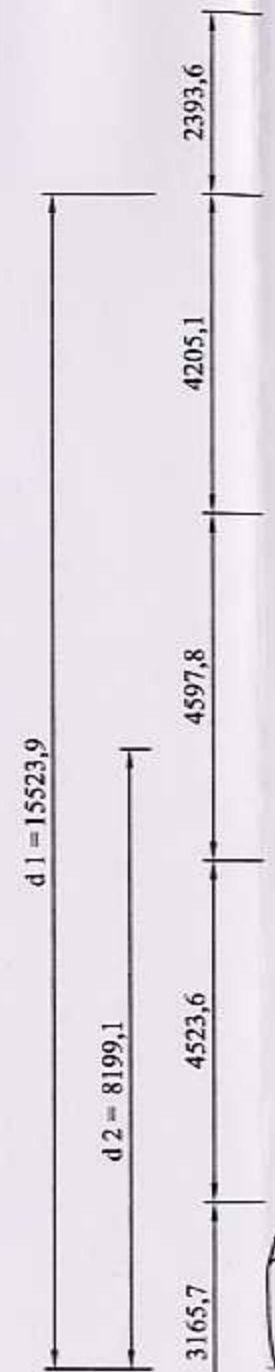
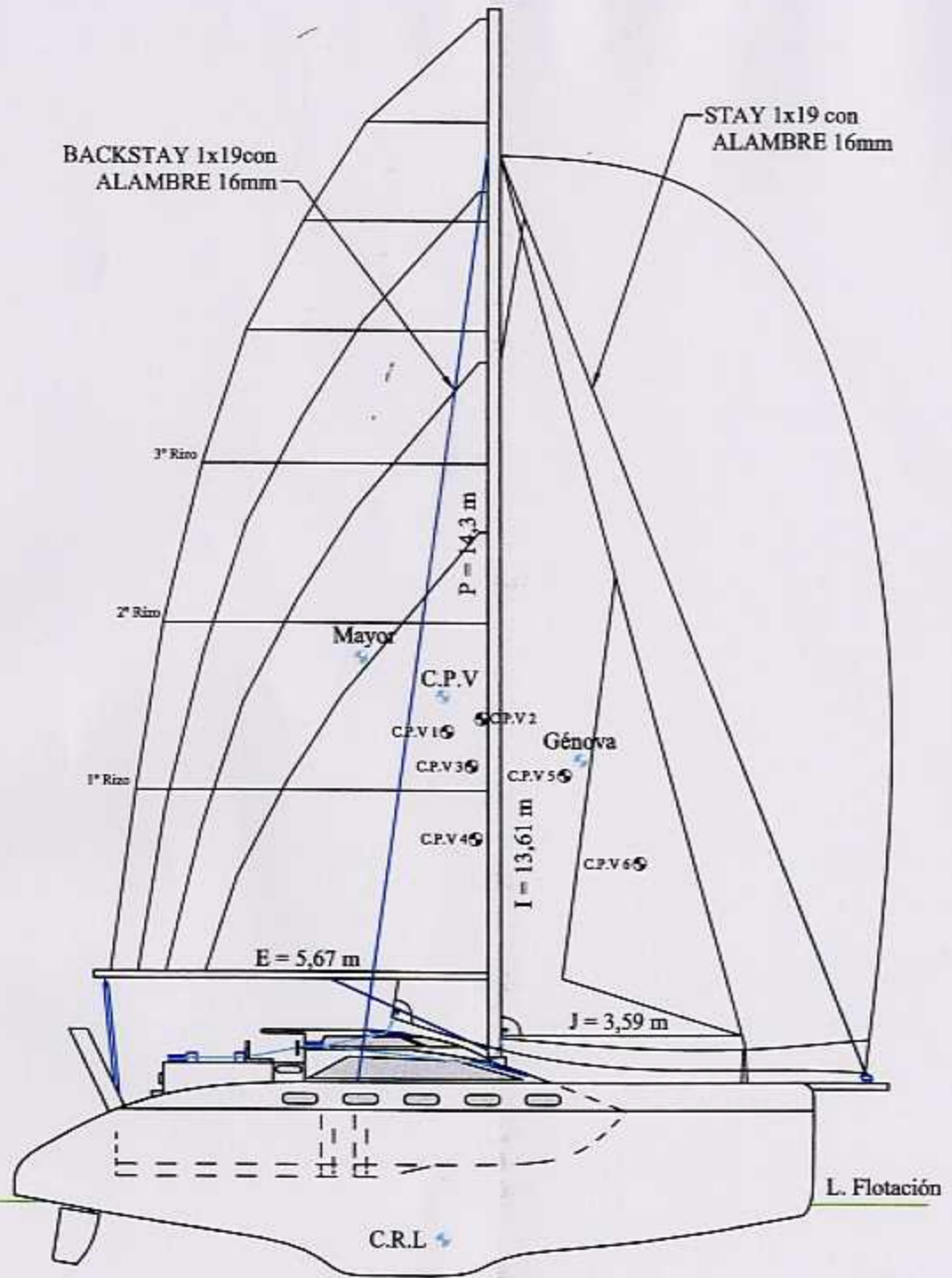
CARACTERÍSTICAS DEL CROSSBEAM.

Tipc	Inercia (cm ⁴)	Dimensiones (mm)	Peso/Long (kg/m)	Peso (kg)	Diam. Brida (mm)	Altura (m)
T 44	712 x 1773	125 x 228	8,2	34,53	Cstrand 12	0,9

APÉNDICE V

DISEÑO DEL PLANO VÉLICO

FUERZA MÁX. BEAUFORT ACONSEJADA PARA CADA COMBINACIÓN DE VELAS		
Juego de Velas	CONDIC. MIN. OPERATIVA	CONDIC. DESPL. CARGA
Vela principal + génova de trabajo	6	6
Vela principal + foque de trabajo	6	6
Primer rizo en vela principal + pequeño foque	6	7
Segundo rizo en vela principal + pequeño foque	7	7
Tercer rizo en vela principal + foque de tormenta	9	10
Pequeño foque	9	9
Foque de tormenta	12	12



CARACTERÍSTICAS DEL PALO

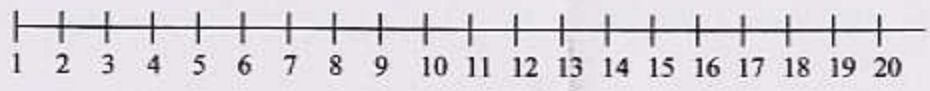
MASTIL:
 $I_x = 1980 \text{ cm}^4$
 $I_y = 5650 \text{ cm}^4$

BOTAVARA:
 $SM_x = 178 \text{ cm}^3$
 $SM_y = 240 \text{ cm}^3$

Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Bmax	6,52 m
Bcascos	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.824 Kg

AREA DE LAS VELAS

A Mayor = $40,5 \text{ m}^2$
A Génova = $24,4 \text{ m}^2$
A Spinnaker = $24,0 \text{ m}^2$



	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO VÉLICO
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo	ESCALA: 1 / 100
FECHA: 23 / 11 / 2.007	Nº Proyecto: AGC-PFC-2007-06	
REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/1	
TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa		

Righting Moment (R.M)

$$R.M = RM_{max} \Delta_{max} / \Delta_{rosca}$$

$$R.M_{max} = \Delta_{cond.min.operativa} \cdot g \cdot GZ_{max}$$

$\Delta_{cond.min.operativa} =$ 7,589 kg
 $GZ_{max} =$ 2,113 m
 $\theta =$ 14,5 °
 $g =$ 9,81 m/s

$\Delta_{max} =$ 9,447 kg
 $\Delta_{rosca} =$ 7,589 kg

R.M max	157,309	N*m
R.M	195,822	N*m

Righting Moment (R.M)

$$R.M = RM_{max} \cdot \Delta_{max} / \Delta_{rosca}$$

$$R.M_{max} = \Delta_{cond.min.operativa} \cdot g \cdot GZ_{max}$$

$$\Delta_{cond.min.operativa} = 7.589 \text{ kg}$$

$$GZ_{max} = 2.113 \text{ m}$$

$$\theta = 14,5 \text{ } ^\circ$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta_{max} = 9.447 \text{ kg}$$

$$\Delta_{rosca} = 7.589 \text{ kg}$$

R.M _{max}	157.309	N*m
R.M	195.822	N*m

Fuerza en los Obenques

BD =	1,6044	m
P =	14,3	m
l1 =	4,5236	m
l2 =	4,5978	m
l3 =	4,2051	m
d1 =	15,5239	m
d2 =	8,1991	m
R.M =	195.822	N*m

$$BD + 0,6P > l1 + l2$$

		M-2 / F-2
Load Case 1	F1	0
	F2	0
	F3	T1
Load Case 2	F1	Tbu
	F2	Thl
	F3	Thu

Load Case 1

F1 = F2	0 N
F3 = T1	12614 N

$$T1 = R.M / d1 \quad 12614 \text{ N}$$

Load Case 2

F1 = Tbu	2795 N
F2 = Thl	3302 N
F3 = Thu	6252 N

$$T2 = R.M / d2 \quad 23883 \text{ N}$$
$$Thead = 0,4 \cdot T2 \quad 9553 \text{ N}$$
$$Tboom = 0,33 \cdot T2 \quad 7882 \text{ N}$$
$$Thu = Thead \cdot d1 / (d1 + d2) \quad 6252 \text{ N}$$
$$Thl = Thead \cdot d2 / (d1 + d2) \quad 3302 \text{ N}$$
$$Tbu = Tboom \cdot BD / l1 \quad 2795 \text{ N}$$

Dimensión de las Cargas en los Obenques

β_1	19 °
β_2	15 °
β_3	13 °
γ_1	4 °
γ_2	4 °

Load Case 1

$F_1 = F_2$	0 N
$F_3 = T_1$	12614 N

Load Case 2

$F_1 = T_{bu}$	2795 N
$F_2 = T_{hl}$	3302 N
$F_3 = T_{hu}$	6252 N

SHROUD TENSION

$D_3 = F_3 / \text{sen}\beta_3$	63800 N
$V_2 = F_3 / (\text{cos}\gamma_2 \cdot \text{tag}\beta_3)$	62317 N
$C_2 = F_3 - V_2 \cdot \text{sen}\gamma_2$	10004 N
$D_2 = (F_2 + C_2) / \text{sen}\beta_2$	38652 N
$V_1 = (F_2 + C_2) / (\text{cos}\gamma_1 \cdot \text{tag}\beta_2) + V_2 \cdot \text{cos}\gamma_1 / \text{cos}\gamma_2$	99743 N
$C_1 = F_2 + C_2 + V_2 \cdot \text{sen}\gamma_2 - V_1 \cdot \text{sen}\gamma_1$	7393 N
$D_1 = (F_1 + C_1) / \text{sen}\beta_1$	22708 N

SHRUOD TENSION

$D_3 =$	31620 N
$V_2 =$	30885 N
$C_2 =$	4959 N
$D_2 =$	33676 N
$V_1 =$	63493 N
$C_1 =$	6441 N
$D_1 =$	29554 N

DIMENSION LOAD

$P_{D1} = 2,5 \cdot D_1$	56770 N
$P_{D2} = 2,3 \cdot D_2$	88900 N
$P_{D3} = 3,0 \cdot D_3$	191400 N
$P_{V1} = 3,2 \cdot V_1$	319178 N
$P_{V2} = 3,0 \cdot V_2$	186951 N

DIMENSION LOAD

$P_{D1} =$	73885
$P_{D2} =$	77455
$P_{D3} =$	94860
$P_{V1} =$	203178
$P_{V2} =$	92655

DIMENSION CARGAS OBENQUES

$P_{D1} =$	73885 N
$P_{D2} =$	88900 N
$P_{D3} =$	191400 N
$P_{V1} =$	319178 N
$P_{V2} =$	186951 N

Fuerza en los Stays.

Aparejo tipo Sloop Fraccionado: Simple rig with no spreaders or short spreaders

R.M = 195.822 N*m
l = 13,91 m
fs = 2,118 m
la = 17,917 m
sen α = 8 °

Tensión del Stay (P_{fo}):

$$P_{fo} = 15 \cdot R.M / (l + fs)$$

Tensión del Backstay (P_a):

$$P_a = 2,8 \cdot R.M / (la \cdot \text{sen } \alpha)$$

P _{fo} = 183263 N	P _a = 219845 N
----------------------------	---------------------------

Momento de Inercia Transversal para el Mástil (Ix):

$$R.M = 195.822 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$b \text{ (panel 1)} = 1,587 \text{ m}$$

$$b \text{ (panel 2)} = 1,264 \text{ m}$$

$$b \text{ (panel 3)} = 0,943 \text{ m}$$

$$l_1 = 4,5236 \text{ m}$$

$$l_2 = 4,5978 \text{ m}$$

$$l_3 = 4,2051 \text{ m}$$

$$D_1 = 29554 \text{ N} \quad \beta_1 = 19^\circ$$

$$D_2 = 38652 \text{ N} \quad \beta_2 = 15^\circ$$

$$I_x = K_1 \cdot m \cdot PT \cdot l_j^3$$

$$PT = 1,5 \cdot R.M / b$$

$$m = 1 \text{ (coef. para el aluminio)}$$

l_j = longitud del panel actual

$$K_3 = 1,35 \text{ para mástiles apoyados en cota}$$

Coficiente	Panel 1	Panel 2 & 3
K_1	$2,6 \cdot k_3$	3,6
F - 2	3,51	3,6

Panel	PT	b	l_j	$I_x \text{ (mm}^4)$	$I_x \text{ (cm}^4)$
1	185087	1,587	4,5236	13293895	1512
2	232384	1,264	4,5978	17685171	1799
3	311488	0,943	4,2051	19828832	1840

Nota: Cuando calculamos I_x para el Panel 2 PT disminuye en: $D_1 \cdot \cos \beta_1$ 27944 N

Cuando calculamos I_x para el Panel 3 PT disminuye en: $D_1 \cdot \cos \beta_1 + D_2$ 66279 N

Momento de Inercia Longitudinal para el Mástil (Iy):

$$PT = 210590 \text{ N}$$

$$h = 13,91 \text{ m}$$

$$K_3 = 1,35$$

$$K_2 = 0,9$$

$$m = 1$$

$$I_y = K_2 \cdot K_3 \cdot m \cdot PT \cdot h^3$$

$I_y \text{ (mm}^4)$	$I_y \text{ (cm}^4)$
49507191	4960

Botavara.

R.M = 195.822 N*m
E = 5,7569 m
HA = 8,1536 m
d1 = 2,4 m
d2 = 1,07 m
 $\sigma_e = 234 \text{ N/mm}^2$

F_v	28805 N		
F_H	64608 N		
SM_v	208722 mm ³	SM_v	207 cm ³
SM_H	141123 mm ³	SM_H	141 cm ³

Fuerza Vertical (comprime verticalmente el mástil).

$$F_v = 0,5 \cdot RM \cdot E / HA \cdot d_1$$

Fuerza Horizontal (facilita el pandeo del mástil hacia proa)

$$F_H = 0,5 \cdot RM \cdot E / HA \cdot d_2$$

Módulo requerido por la Sección Vertical (SM_v).

$$SM_v = 600 \cdot RM \cdot (E - d_1) / (\sigma_e \cdot HA)$$

Módulo requerido por la Sección Horizontal (SM_H).

SM_H : debe ser superior al 50% del módulo de la sección vertical

Crucetas

$C(1) =$	7393 N	$K = 0,16 / \sigma_{0.2}$
$C(2) =$	10004 N	
$S(1)^2 =$	1264 mm	$\sigma_{0.2} = 210 \text{ N/mm}^2$
$S(2)^2 =$	926 mm	
$E =$	7000 N/mm ²	
$\delta =$	2 °	
$V(1) =$	29554 N	(crucetas altas)
$V(2) =$	38652 N	(crucetas altas)
$K =$	0,000761905 N/mm ²	



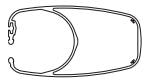





$$I = 0,8 \cdot C(n) \cdot S(n)^2 / (E \cdot \cos \delta) \quad (\text{Momento de Inercia})$$

$$SM = K \cdot S(n) \cdot V(n) \cdot \cos \delta \quad (\text{Módulo de la Sección})$$

$$M_s = 0,16 \cdot S(n) \cdot V(n) \cdot \cos \delta \quad (\text{Momento de Resistencia})$$

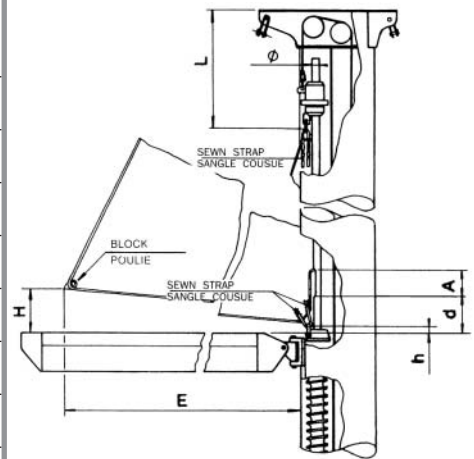
Piso	$C(n)$ (N)	$S(n)$ (mm)	δ (°)	$V(n)$ (N)	I (mm ⁴)	I (cm ⁴)	SM (mm ³)	M_s (Nmm)
1°	7393	1264	2	29554	1349093	135	28445	5973355
2°	10004	926	2	38652	979767	98	27253	5723187

► MÂTS ENROULEURS / STOWAY MASTS

PROFILS PROFILES	DIMENSIONS mm	I X'X cm 4	I Y'Y cm 4	POIDS WEIGHT Kg / ml	EPAISSEUR THICKNESS mm	RALINGUE BOLT ROPE mm	CAVITÉ CAVITY Ø mm
I 265 E 	116 x 180	265	560	4,9	2,8	Ø 6,5	Ø 90
I 365 E 	124 x 200	365	760	5,8	3,2	Ø 6,5	Ø 90
F 560 E 	118 x 220	510	1320	6,9	3,5	Ø 7	Ø 100
F 760 E 	128 x 253	760	2220	8,96	3,9	Ø 7	Ø 115
F 980 E 	140 x 277	1039	3252	10,7	4,5	Ø 7	Ø 115
F 1410 E 	157 x 305	1410	4490	12,8	5	Ø 7	Ø 140
F 1980 E 	171 x 335	1980	5650	15,9	5,5	Ø 7	Ø 150
F 2600 E 	183 x 368	2650	7320	17,6	4,5 / 5,5	Ø 6	Ø 160

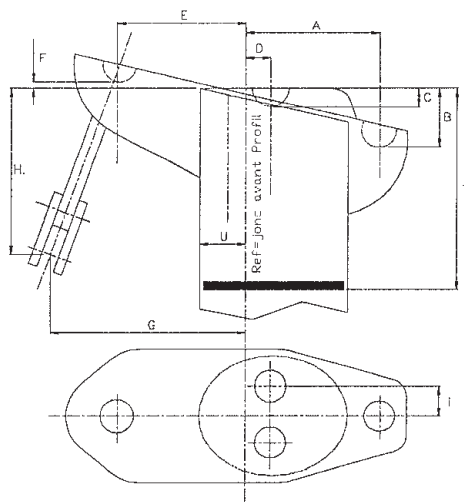
► INFORMATIONS VOILIERS / SAILMAKERS INFORMATION

Sections	L mm	h mm	H mm	Ø tube intérieur Ø furling mm	Ralingue Bolt rope mm	d mm	A mm	Coulisseaux Voile de cap Sliders - Storm sail
I 265 E	350	40	(6%xE)+h	Ø 33	Ø 6,5 fini / finish	20	130	800 - 400 - N° 30
I 365 E	350	40	(6%xE)+h	Ø 33	Ø 6,5 fini / finish	20	130	800 - 400 - N° 30
F 560 E	450	70	(6%xE)+h	Ø 33	Ø 7 fini / finish	70	200	800 - 400 - N° 30
F 760 E	480	90	(7%xE)+h	Ø 33	Ø 7 fini / finish	90	250	800 - 400 - N° 30
F 980 E	500	90	(7%xE)+h	Ø 33	Ø 7 fini / finish	90	250	800 - 400 - N° 30
F 1410 E	500	90	(7%xE)+h	Ø 33	Ø 7 fini / finish	90	250	800 - 400 - N° 30
F 1980 E	550	50	(7%xE)+h	Ø 45	Ø 7 fini / finish	115	250	CGV 23 - HA 91
F 2600 E	550	50	(7%xE)+h	Ø 45	Ø 6 fini / finish	115	250	CGV 23 - HA 91



2004

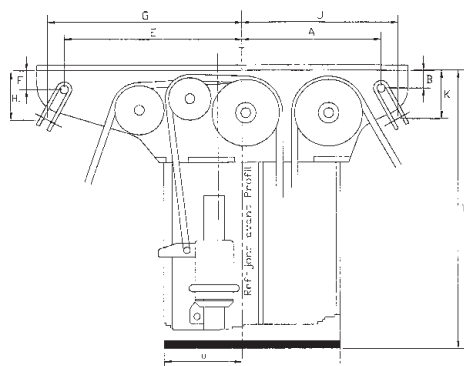
► CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES / SPECIFICATIONS



MÂTS ENROULEUR OcéAN / FURLING MASTS OcéAN

PROFIL/PROFILE	REF.	A	B	C	D	E	F	G	H
I 265 E	30001042655	118	110	20	12	133	10	166	79
I 365 E	30001043655	128	115	25	22	233	5	156	84

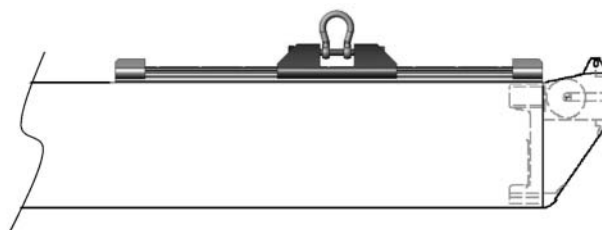
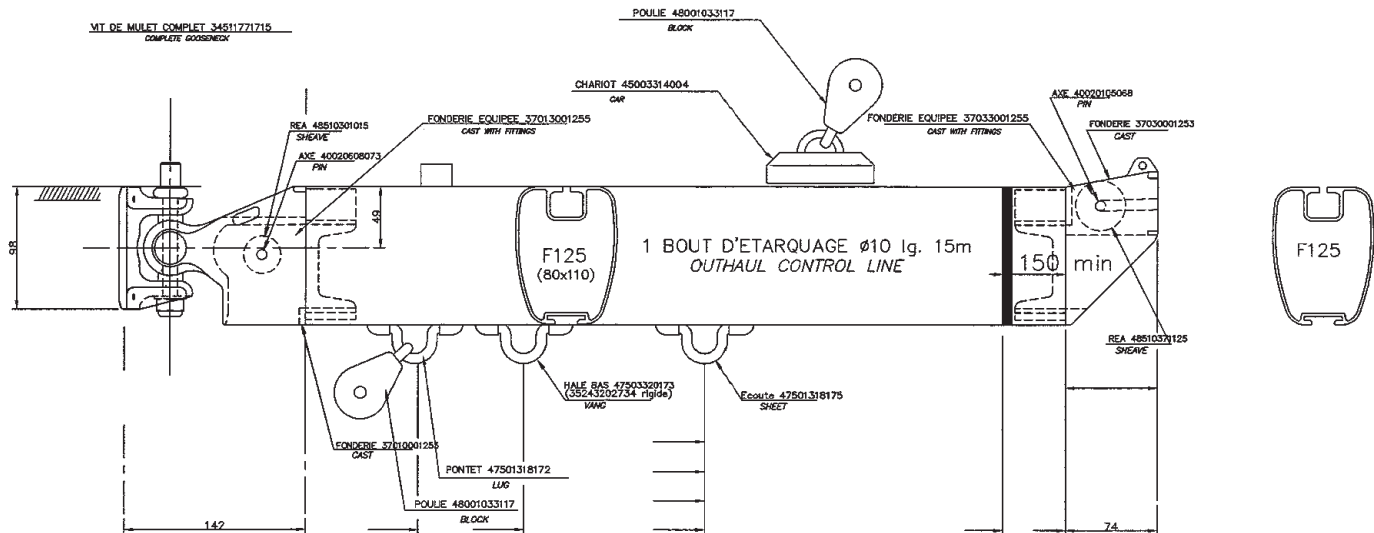
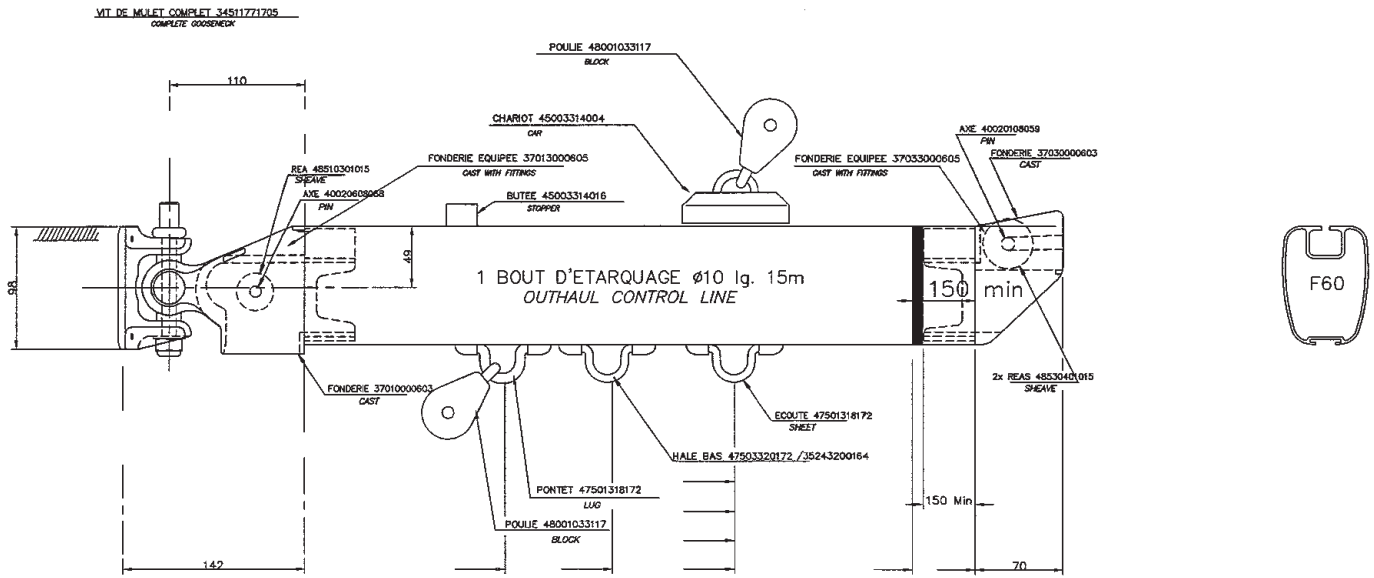
PROFIL/PROFILE	I	T	U
I 265 E	33	350	80
I 365 E	33	350	90



MÂTS ENROULEUR PERFORMANCE / FURLING MASTS PERFORMANCE

PROFIL/PROFILE	REF.	G	H	J	K	T	U
F 560 E	30003025605	205	85	195	95	450	91
F 760 E	30003027605	250	80	200	80	480	110
F 980 E	30003029805	260	78	220	85	500	115
		E	F	A	B	T	U
F 980 E	30006025805	265	40	230	40	500	115
F 1410 E	30006026305	285	40	273	40	500	126
F 1980 E	30006026705	350	44	250	44	550	140
F 2600 E	30006027105	330	44	290	44	550	172

► BÔMES POUR MÂTS ENROULEUR / BOOMS FOR FURLING MASTS

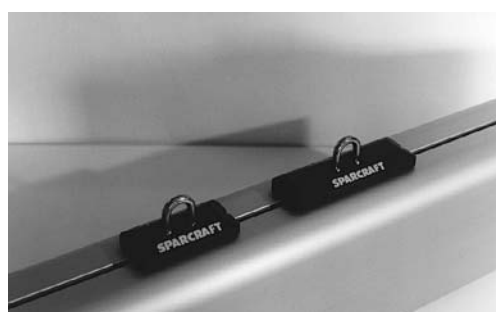


Option chariot de bordure a bille – Nous consulter.

▶ PIÈCES DE BÔMES / BOOM FITTINGS

PROFILS PROFILES	HALEBAS STANDARD STANDARD KICKER	HALEBAS RIGIDE ROD KICKER		ECOUTE MAIN	RIS REEF
		PERFORMANCE	OCEAN		
F36 / F60	47503320172	35243200164	35243200164	47501318172	47501318172
F125 / F220	47503320173	35243202734	35243202734	47501318175	47501318173
F550 / F810	47503320176	35243206504	35245573094	47501318056	47501318176
F1700	47503320176	35243206504	35245573094	47503318656	47501318176
F3400		35243206514	35245573094	47503318656	47501318176

REF.	47501318056	47501318172	47501318173	47501318175	47501318176	47503318656	35243200164	47503320172	47503320173	47503320176	35243202734	35243206504	35243206514	35245573094
LONG. LENGTH mm	120	90	110	110	120	160	145	90	110	120	145	163	163	200
LARG. WIDTH mm	30	22,5	27	27	30	30	23	22,5	27	30	26,5	30	30	30
EPAIS. THICK. mm	2,5	1,5	2,5	2,5	4	4	1,5	1,5	2,5	4	2,5	4	4	2,5
FIXATION ATTACH. rivets	2x 29002248160	2x 29001248128	2x 29001248128	2x 29001248128	2x 29002248160	4x 29002248160	4x 29001248128	2x 29001248128	2x 29001248128	2x 29002248160	4x 29001248128	4x 29001365170	4x 29001365170	4x 29001365170



45003314004

Chariot de point d'écoute de grand-voile, lg 100 mm.
Livré avec 4 crayons Torlon, s'adapte sur profils
de bômes F60 à F3400
*Main outhaul car, length 100 mm, with 4 torlon bars.
Suitable for boom sections F60 to F3400.*

45003314005

Chariot de point d'écoute pour bôme à enrouleur
de grand-voile, lg 150 mm.
Livré avec 4 crayons Torlon, s'adapte sur profils
de bômes F60 à F3400.
*Outhaul car for furling boom, length 150 mm
with 4 Torlon bars.
Suitable for boom sections F60 to F3400.*



45003314029

Coupleur en inox pour chariots
réf. 45003314004 et 45003314005.
Livré avec 3 axes Ø 12 x 38 et 1 axe Ø 20 x 45.
*Stainless coupling for Sparcraft outhaul cars
ref. 45003314004 and 45003314005.
Including 3 pins Ø 12 x 38 and 1 pin Ø 20 x 45.*

► BARRES DE FLÈCHE / SPREADERS

TYPE DE BARRES DE FLÈCHE PAR ÉTAGES ET PAR TYPE DE PROFILS SPREADERS TYPE BY SECTION AND PROFILE REFERENCE

2004

	1 ^{er} ÉTAGE	2 ^e ÉTAGE	3 ^e ÉTAGE
F35	BF2	BF2	
F50	BF2	BF2	
F67	BF2	BF2	
F101	BF2	BF2	
I137	BF2	BF2	
I180	BF3	BF3	
I260	BF3	BF3	BF3
I330	BF3	BF3	BF3
NG51	BF3	BF3	BF3
NG60	BF4	BF3	BF3
NG70	BF4	BF4	BF3
NG80	BF5	BF4	BF4
NG86	BF5	BF4	BF4
NG105	BF5	BF5	BF4

SECTION DE BARRES DE FLÈCHE ANODISÉE ANODIZED SPREADER SECTION

	Réf. / Ref.
BF2	21000026003
BF3	21000036003
BF4	21000046003
BF5	21000056003
BF6	21000066003

NB :
Profils disponibles en longueur de 6 m maxi.
Sections available in 6 meters maximum length.

► SECTIONS DE BARRES DE FLÈCHE / SPREADERS SECTIONS

Nos barres de flèche standards sont anodisées incolores, rétreintes et usinées (axe et débit) à longueur et angles de 0 à 30 degrés.

Our standard spreaders are clear, anodized, tapered and manufactured to length cut at angled from 0 to 30 degrees.



Sections Sections	Inertias/Inertie XX'	YY'	Dimensions Dimensions (mm)	Weight Poids kg/m	Standard length Longueur standard (m)
BF 2 	6	1,1	19 x 55	0,7	6
BF 3 	27,2	5,9	30 x 74	1,2	6
BF 4 	63	7,7	35 x 105	1,8	6
BF 5 	209	18,9	44 x 154,5	2,8	6
BF 6 	362	39,4	53 x 167	3,4	6

Multihull Beams 37 à 60 feet



MULTIHULL BEAMS

Safety design & integration



Sparcraft Engineering:

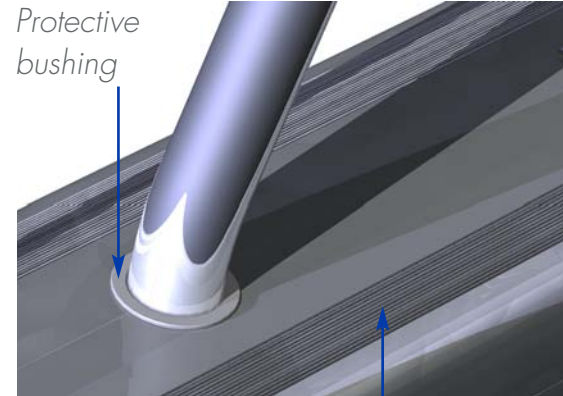
Sparcraft has developed a complete line of specially designed crossbeam catamaran sections for safety, design and durability.



SPARCRAFT

Design & Function

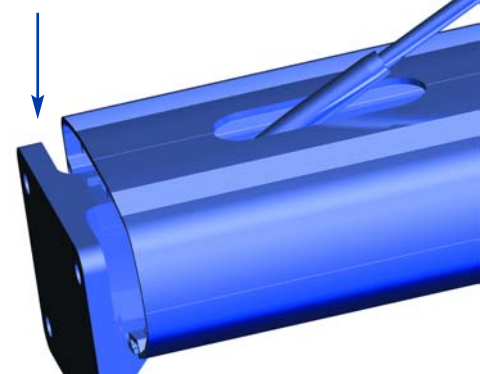
Protective bushing



Non skid aera

■ Special attention : corosion protection on all ss/aluminium contacts, anti-skid aera,...

Integrated chainplate



■ Maximum integration of structural elements :
Sleek chainplates with electrical wire exits, built-in forestay toggle.

T44 & T55

- Special sections for catamaran beams
- Foredeck security
- Ergonomics & design
- Mechanical assembly (no welding)
- Sleek design : built-in functions
- Several options available



Sparcraft engineering & development

■ Catamaran special :

These sections are not mast tubes and are exclusively engineered to withstand the loads of catamaran cross beams : full connections and forestay toggle, net assembly and compression beam

■ Safety :

Flat top sections with anti-skid lines, zero moment end fittings with built-in bridle terminals

Built-in cathedral
bridle cable →



■ Extended range fits 37' to 60' boats

■ Easy to build : no welding, assembles with rivets and screws

■ Design / integration / ergonomics : Sleek design. Bridle terminals are built-in the crossbeams section : clean design with rounded edges.

Several options

- stainless steel main and auxiliary davit
- whisker pole / bowsprit
- Leather cover for cable and cathedral
- Increased flotability with permanent internal forming
- Bicolor light cabled
- Stainless steel light guard
- Paint option

Crossbeams types T44 & T55 :

Type	Multihull overall length (feet)		Inertia (cm ⁴)	Dimensions (mm)	Weight Kg/M	ø Bridle (mm)	Height (M)
	with compression beam	without compression beam					
T44	37 à 48'	37 à 44'	712 x 1773	125 x 228	8,2	CStrand® ø 12	0,90
T55	48 à 60'	45 à 55'	1200 x 3800	145 x 265	10,50	Cstrand® ø 14	1,10

Your Sparcraft agent

10. DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.

El cálculo del escantillonado de la estructura de una embarcación es uno de los capítulos mas importantes en su proceso de diseño. Para este cálculo, he utilizado la normativa Lloyd's Register of Shipping de Agosto de 1978. Es una normativa un tanto antigua y en determinados cálculos, tiende un poco al sobreadimensionamiento de los refuerzos, pero aún así es perfectamente posible su utilización en este caso que nos ocupa. He elegido esta normativa, porque la correspondiente a la construcción del casco y sus escantillones, la Normativa ISO 12.215, está completa pero sólo a nivel de materiales de construcción, ya que la parte de cálculos de escantillones en sí, aún no consta como editada.

Según esta normativa, el casco de una embarcación se divide en tres zonas principales, estas son:

- Costados
- Fondo
- Quilla

Para cada una de estas zonas tendremos que elaborar una secuencia de laminado a base de Tejido, Mat y Resina, hasta obtener un espesor y peso mínimos requeridos, anteriormente de una tabla en la que entramos con la eslora de escantillonado de nuestra embarcación. Obviamente, la secuencia de laminado será comenzar a dar una serie de capas hasta obtener el espesor requerido para los costados, seguir luego aplicando capas hasta conseguir el espesor requerido por el fondo (evidentemente mayor que en los costados), y por último aplicar capas en la zona correspondiente a la quilla hasta obtener su espesor óptimo. con el mamparo pique de proa. El Longitudinal está compuesto por los longitudinales del fondo, longitudinales de costado, bulárcamas de centro y bulárcamas de costado. Por último la zona de Cubierta y Superestructura está compuesto por el peso de la propia cubierta, los baos y vagras de cubierta.

Este capítulo lleva adjunto una hoja de cálculo, en la cual se detalla el cálculo del escantillonado de cada uno de los refuerzos del casco del barco, cada uno con sus peculiaridades y diferencias con los demás, si las hubiera. Esta hoja de cálculo se encuentra en el APÉNDICE VI, y es recomendable tenerla en cuenta durante el desarrollo de los cálculos de este apartado.

Para llevar acabo el proceso de dimensionamiento de un refuerzo, sea cual sea, lo primero que debemos hacer es obtener el Módulo Requerido que el refuerzo debe tener (W) por el Factor de Corrección (K_z), debe ser menor que el Módulo Resistente Real (W_r)

$$W \cdot K_z < W_r$$

Este Factor de Corrección (K_z) surge de la siguiente expresión:

$$Kz = 1 / [(15 * Gc^2) - (6 * Gc) + 1,45]$$

$$Gc = 2,56 / [(3072 * T) / w] + 1,36$$

Donde Gc es un factor que depende de los valores del espesor de la zona en la que nos encontremos (costados, fondo o quilla), del espesor de la zona en cuestión (T), y de su peso (w).

Una vez obtenidos estos coeficientes y mediante tablas, obtenemos las alturas de la Línea Neutra (Yln), y la altura a utilizar en los cálculos de la inercia de los refuerzos (Ymáx).

$$Yln = (EA * Yg) / EA$$

$$Ymáx = T + h + t2 + Yln$$

Por último simplemente tendremos que calcular la inercia de la Línea Neutra (In), para poder obtener el Módulo Requerido (W) con el que comenzamos esta explicación.

Dependiendo de la zona en la que se encuentre el refuerzo en cuestión, el factor Kz variará (ya que éste depende del espesor y el peso de dicha zona), y tendremos que entrar en tablas diferentes para obtener los módulos de cada uno de los tipos de refuerzos. Esta normativa viene muy bien explicada y no suele dar muchos problemas a la hora de calcular los refuerzos.

10.1 Datos Previos.

Loa = 12 m

Lwl = 11,40 m

Bmáx = 6,52 m

Δ máx = 9,447 Kg

Δ rosca = 6,824 Kg

V = 8,2 nudos

L escantillonado = (Loa + Lwl) / 2 => L escantillonado = 11,70 m

V / Lwl = 2,43

10.2 Requisitos.

Lo primero es conocer los requisitos a cumplir, para poder aplicar la norma Lloyd's Register of Shipping de Agosto de 1978:

a) La velocidad no exceda de 35 nudos:

$$V = 8,2 \text{ nudos} < 35 \text{ nudos} \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

b) La velocidad o proporción de eslora V / Lwl no exceda de 10,8:
 $L / Lwl = 2,43 < 10,8 \Rightarrow \text{CUMPLE}$

c) El desplazamiento de la embarcación con una V / \sqrt{Lwl} de 3,6 no es más grande que $0,094 \cdot (L^2 - 15,8)$ toneladas:
 $\Delta \text{ máx} = 9.447 \text{ Kg}$
 $\Delta \text{ rosca} = 6.824 \text{ Kg} < 0,094 \cdot (L^2 - 15,8) \Rightarrow \text{CUMPLE}$

d) La eslora, L , no exceda de 30 metros:
 $L = 12 \text{ m} < 30 \text{ m} \Rightarrow \text{CUMPLE}$

10.3 Resumen.

En el anterior mencionado APÉNDICE VI podemos encontrar una detallada hoja de cálculo en formato Microsoft Excel en la que constan las tablas, expresiones y dimensiones finales de los refuerzos a los que me he ido refiriendo durante esta explicación. También he adjuntado un plano correspondiente a este capítulo (Plano N°7) en el APÉNDICE VI, en él se observa cómodamente la disposición de los refuerzos.

El escantillonado del catamarán se ha realizado teniendo en cuenta que los dos flotadores y casco central serán de construcción Monolítica, mientras que la cubierta será del tipo Sándwich, ya que de esta manera conseguimos aumentar considerablemente la resistencia a la fractura. Las características del núcleo del PVC usado son:

Características del PVC usado en cubierta:		
Core Material	Density (kg/m3)	Min. Ult. Shear strength (N/mm2)
PVC, cross-linked	80	1.0 - 1.2

Core Material	Density (kg/m3)	Min. Ult. Shear strength (N/mm2)
PVC, cross-linked	80	1.0 - 1.2

Adjunto aquí en forma de resumen, las tablas que sintetizan los resultados del escantillonado de las distintas zonas y refuerzos del barco:

1. Laminado del Casco:

Tabla 2.5.2 : Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:

Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m2):		Pesos aleta y popa: (gr / m2)	Quilla:	
		Fondo:	Costado:		Manga: (mm)	Peso: (gr / m2)
10	400	3900	2850	4900	480	6800
11,7	408,5	4240,0	3147,5	5197,5	526,8	7140,0
12	410	4300	3200	5250	535	7200

Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:

Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m2):		Pesos de la aleta y la popa (gr / m2):	Quilla :	
		Fondo:	Costado:		Manga (mm):	Peso (gr / m2):
11,7	408,5	4070,4	3021,8	5197,5	526,8	7140,0

2. Estructura Interna del Casco:

a) Armazón Transversal:

Tabla 2.6.2 : Armazón transversal para embarcación a motor, velero y embarcación auxiliar:

Calado D (mm)	Espacio básico refuerzos (mm)	Módulos (cm ³):	
		$V/(Lwl)^{1/2} < 3,6$	
		Varengas del centro:	Cuadernas del costado:
1,07	380	35	15

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.2 :

Tabla Resumen:		
Calado	1,07	mm
Espacio básico ref.	380	mm
Mod. Varengas	31,5	cm ³
Mod. Cuadernas	13,5	cm ³

b) Armazón Longitudinal:

Tabla 2.6.3 : Arm. long. emb. a motor, veleros y aux :

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzos (mm)	Módulos Long. (cm ³):	
		$V/(Lwl)^{1/2} < 3,6$	
		Fondo:	Costado:
10	400	110	70
11,7	408,5	127	82,75
12	410	130	85

Tabla 2.6.4: Bulárc.emb.motor,veleros y auxiliares

Eslora L (m)	Módulos (cm ³):	
	$V/(Lwl)^{1/2} < 3,6$	
	Centro:	Costado:
10	405	185
11,7	566,5	224,5
12	595	235

Espaciado Básico. Ref = 2.000 mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.3 :

Tabla Resumen:		
Mód. Long. Fondo	114,3	cm ³
Mód. Long. Costado	74,475	cm ³
Espaciado Básico Ref.	408,5	mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.4

Tabla Resumen:		
Mód. Bulárc. Centro	509,85	cm ³
Mód. Bulárc. Costado	202,05	cm ³
Espaciado Básico Ref.	2000	mm

3. Cubierta y Superestructura:

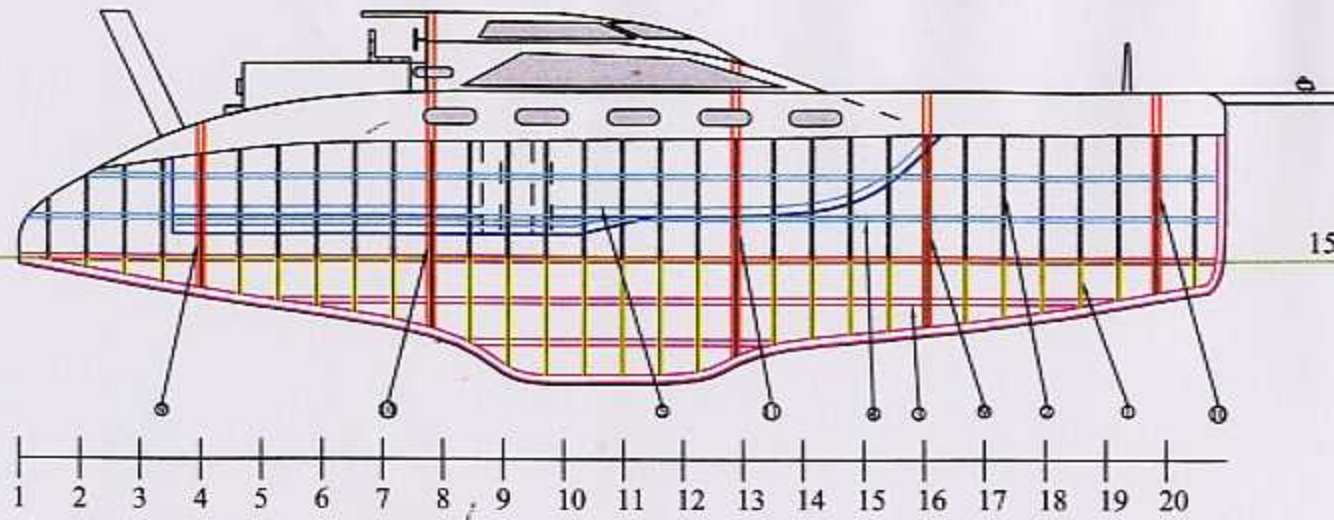
Tabla 2.7.1 : Peso del laminado de la cubierta superior, en embarcaciones a motor, veleros y auxiliares

Eslora L (m)	Espacio básico del Bao (m)	Peso de la Cubierta (gr / m ²)
10	400	2050
11,7	408,5	2135
12	410	2150

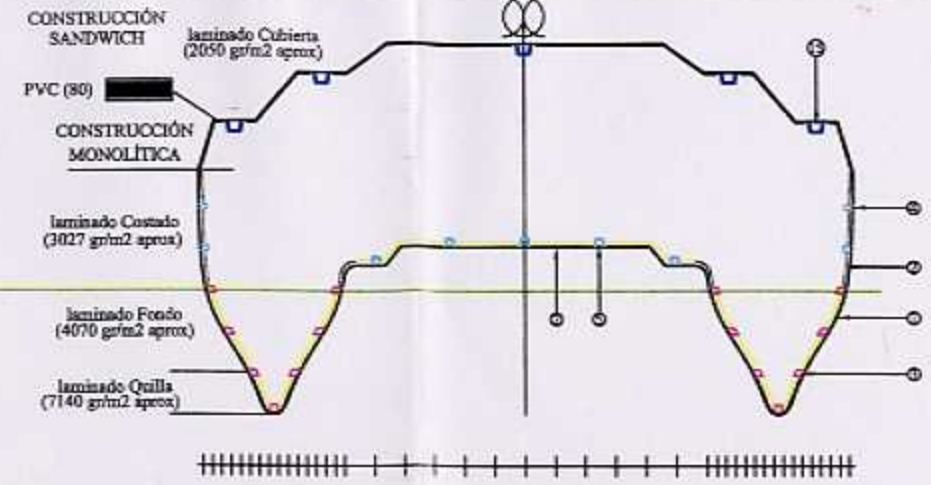
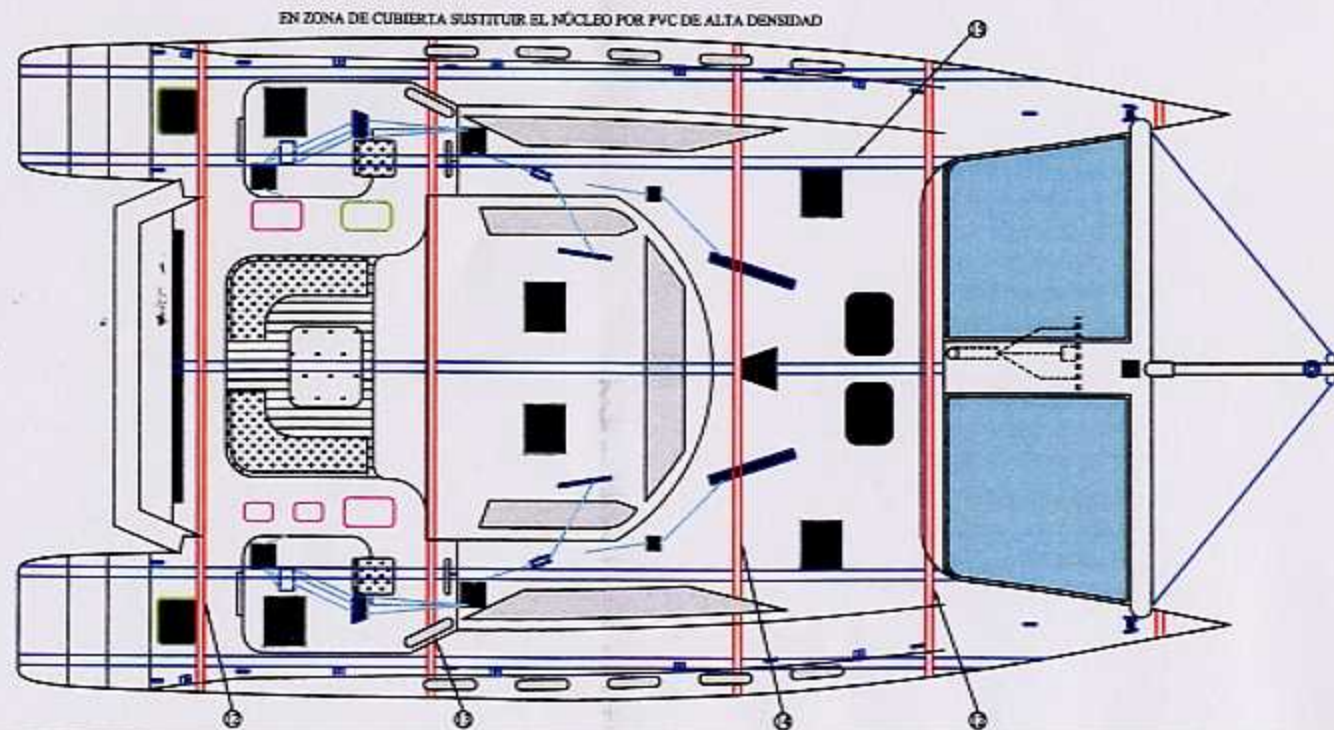
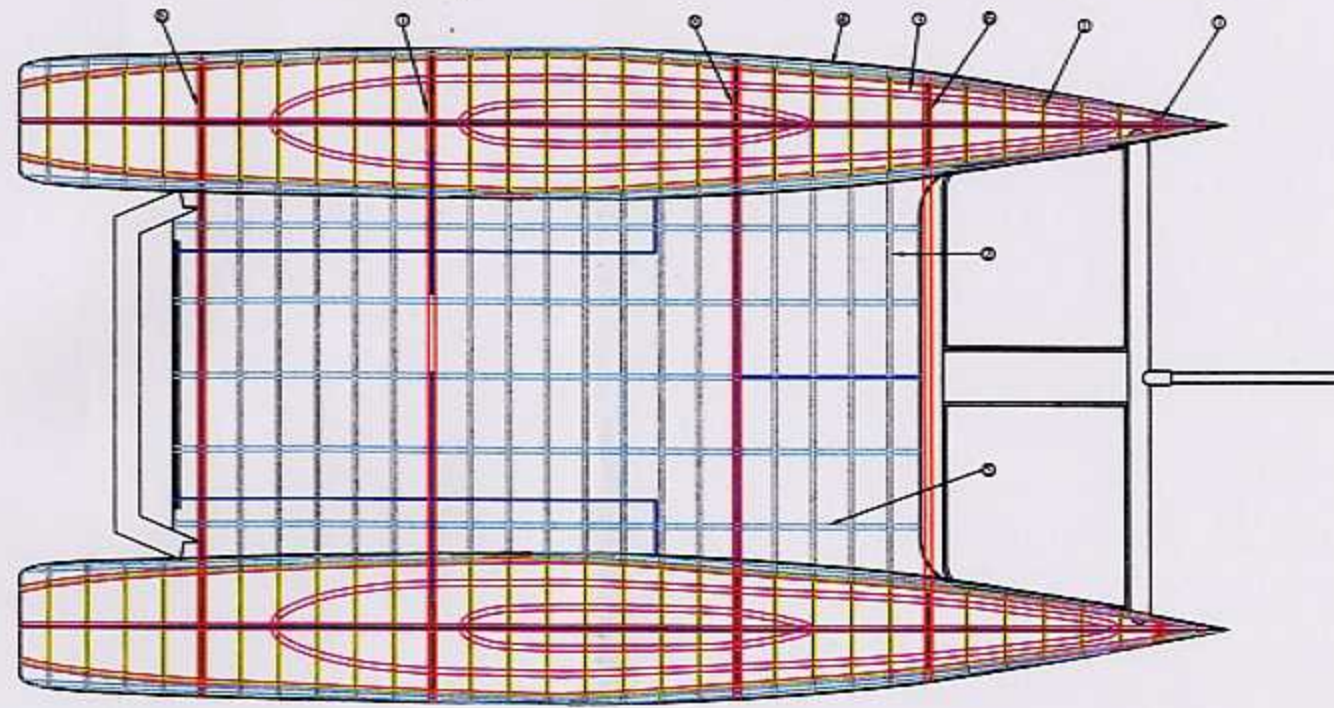
Tabla Resumen:		
Eslora L (m)	Espacio básico del Bao (m)	Peso de la Cubierta (gr / m ²)
11,7	408,5	2049,6

APÉNDICE VI

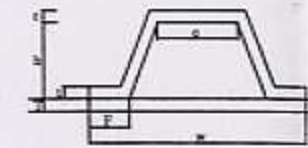
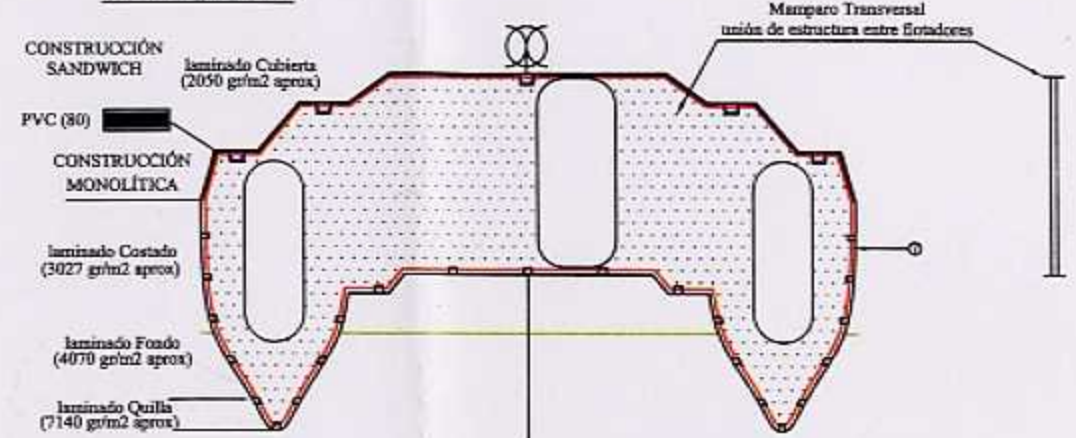
*DISEÑO ESTRUCTURAL
Y
CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO*



150mm por encima de L. Flotación




Sección CNA. 8



ITEM:	REFUERZO:	DIMENSIONES (mm)					
		T	t	c	b	w	F
1	VARENGAS DE FONDO	9,16	9	40	40	130	35
2	CUADERNAS COSTADO Y CASCO CENTRAL	6,37	6	40	38	108	20
3	LONGITUDINALES DE FONDO	9,16	9	60	79	168	45
4	LONGITUDINAL DE COSTADO	6,37	9	48	77	135	50
5	REFUERZO LONGITUDINAL CASCO CENTRAL	6,37	13	50	85	190	55
6	BULÁRCAMA CENTRO Nº 1 Y 4	9,16	15	70	165	240	60
7	BULÁRCAMA CENTRO Nº 2 Y 5	9,16	20	70	165	220	50
8	BULÁRCAMA CENTRO Nº 3	9,16	23	83	165	240	60
9	BULÁRCAMA COSTADO Nº 1 Y 4	6,37	12	70	104	155	30
10	BULÁRCAMA COSTADO Nº 2 Y 5	6,37	14	70	104	200	45
11	BULÁRCAMA COSTADO Nº 3	6,37	17,5	83	104	220	45
12	BAOS Nº 1 Y 4	4,87	9,5	70	75	290	100
13	BAOS Nº 2	4,87	10	70	81	300	105
14	BAOS Nº 3	4,87	11,5	85	85	317	105
15	VAGRAS DE CUBIERTA	4,87	7,5	100	100	220	50

Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Braza	6,52 m
Batasca	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.524 Kg

 UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO ESCANTILLONADO
FECHA: 23 / 11 / 2.007	Nº Plan: AGC-PFC-2007-07
REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/1
TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa	

1. LAMINADO DEL CASCO:

Tabla 2.5.2 : Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:

Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m ²):		Pesos aleta y popa: (gr / m ²)	Quilla:	
		Fondo:	Costado:		Manga: (mm)	Peso: (gr / m ²)
10	400	3900	2850	4900	480	6800
11,7	408,5	4240,0	3147,5	5197,5	526,8	7140,0
12	410	4300	3200	5250	535	7200

Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:						
Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m ²):		Pesos de la aleta y la popa (gr / m ²):	Quilla :	
		Fondo:	Costado:		Manga (mm):	Peso (gr / m ²):
11,7	408,5	4070,4	3021,6	5197,5	526,8	7140,0

$$L_{\text{escantillonado}} = \frac{L_{oa} + L_{wl}}{2}$$

$L_{oa} = 12 \text{ mts}$
 $L_{wl} = 11,4 \text{ mts}$
 $B = 6,52 \text{ mts}$
 $L_{\text{escantillonado}} = 11,7 \text{ mts}$

Corrección de la tabla de pesos del laminado del costado y fondo del casco:

- 1) Al ser el aspecto de proporción, R (Proporción de eslora a manga) del panel sin apoyo menor que 2 la tabla de peso del laminado del costado y fondo del casco tiene que ser multiplicada por el factor Fp, obtenido:

$F_p = 0,54 + 0,23 \cdot R \Rightarrow F_p = 0,96$
 P. Laminado fondo corregido = 4070,4
 P. Laminado costado corregido = 3021,6

$R = L / B \Rightarrow 1,84$

- 2) El peso laminado corregido no puede ser inferior a 0,7 veces la tabla de pesos.

P.fondo corregido 4070,4 > 2988 **CUMPLE**
 P.costado corregido 3021,6 > 2203,25 **CUMPLE**

- 3) La tabla de peso de la aleta y la popa, no debe ser corregida para la manga del panel sin apoyo, pero no debe ser inferior del peso del fondo del casco corregido.

Peso de la Aleta y la Popa = 5197,5 > 4070,4 **CUMPLE**

- 4) La tabla de pesos de la quilla no debe ser corregida para la manga del panel sin apoyo, pero no debe ser inferior de 1,5 veces el peso del fondo del casco corregido.

Peso de la Quilla = 7140 > 6105,6 **CUMPLE**

LAMINADO DEL COSTADO

Fibra	Peso, w (gr/m ²)	Gc	Espesor, t (mm)
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
TOTAL:	4050		6,37

w : Peso de la capa del refuerzo (gr/m²).
Gc : Fibra de vidrio contenida en la capa.

Mat = 0,34
Tejido = 0,5

Peso min. laminado del costado = 3021,6 gr/m²

Espeor de cada lámina: $t = (w / 3072) * ((2,56 / Gc) - 1,36)$

Corrección del valor del peso:

$$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16 \quad Kw = 1,318$$

$$Gc = 2,56 / ((3072 * t) / w + 1,36) \quad Gc = 0,414$$

Peso min. Laminado costado * Kw < Peso Laminado

3981,979	<	4050	CUMPLE
----------	---	------	--------

Tabla Resumen:

Peso Laminado	4050	gr/m ²
Espesor Laminado	6,37	mm
Gc	0,414	
Kw	1,318	
Peso min. Laminado	3021,6	gr/m ²
Peso min. * Kw	3981,979	gr/m ²

CUMPLE

LAMINADO DEL FONDO

NOTA: El laminado del casco central será el de fondo

Fibra:	Peso (gr/mm ²)	Gc:	Espesor (mm)
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	800	0,5	0,98
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60

w : Peso de la capa del refuerzo (gr/m²).
Gc : Fibra de vidrio contenida en la capa.

Mat = 0,34
Tejido = 0,5

Peso min. laminado del fondo = 4070,4 gr/m²

TOTAL: 5750 9,16

Peso min. Laminado del fondo = 4070,4 gr/m²

Espesor de cada lámina: $t = (w / 3072) * ((2,56 / Gc) - 1,36)$

Corrección del valor del peso:

$Kw = (2,8 * Gc) + 0,18$ $Kw = 1,307$

$Gc = 2,56 / ((3072 * t) / w + 1,36)$ $Gc = 0,410$

Peso min. Laminado fondo * Kw < Peso Laminado

5318,50 < 5750 CUMPLE

Tabla Resumen:

Peso Laminado	5750	gr/m ²
Espesor Laminado	9,16	mm
Gc	0,410	
Kw	1,307	
Peso min. Laminado	4070,4	gr/m ²
Peso min. * Kw	5318,50	gr/m ²

CUMPLE

LAMINADO DE LA QUILLA,

Fibra:	Peso (gr/mm2)	Gc:	Espesor: (mm)
Mat	300	0,34	0,602
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	800	0,5	0,979
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	800	0,5	0,979
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	300	0,34	0,602
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	300	0,34	0,602
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	800	0,5	0,979
Mat	500	0,34	1,004
Tejido	450	0,5	0,551
Mat	300	0,34	0,602
TOTAL:	10250		16,232

w : Peso de la capa del refuerzo (gr/m2).
Gc : Fibra de vidrio contenida en la capa.

Mat = 0,34
Tejido = 0,5

Peso mín. laminado de la quilla = 7140 gr/m2

Peso mín Laminado de la quilla = 7140 gr/m2

Espesor de cada lámina: $t = (w / 3072) * ((2,56 / Gc) - 1,36)$

Corrección del valor del peso:

$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16$ Kw = 1,312

$Gc = 2,56 / ((3072 * t) / w + 1,36)$ Gc = 0,411

Peso mín. Laminado quilla * Kw < Peso Laminado

9364,27	<	10250	CUMPLE
---------	---	-------	--------

Tabla Resumen:

Peso Laminado	10250	gr/m2
Espesor Laminado	16,23	mm
Gc	0,411	
Kw	1,312	
Peso mín. Laminado	7140	gr/m2
Peso mín. * Kw	9364,27	gr/m2

CUMPLE

2. ESTRUCTURA INTERNA DEL CASCO:

2. ARMAZON TRANSVERSAL:

Tabla 2.6.2 : Armazón transversal para embarcación a motor, velero y embarcación auxiliar:

Calado D (mm)	Espacio básico refuerzos (mm)	Módulos (cm ³):	
		$V/(Lw)^{1/2} < 3,6$	
		Varengas del centro:	Cuadernas del costado:
1,07	380	35	15

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.2 :

Tabla Resumen:		
Calado	1,07	mm
Espacio básico ref.	380	mm
Mod. Varengas	31,5	cm ³
Mod. Cuadernas	13,5	cm ³

VARENGAS FONDO

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a las Varengas de Fondo de un casco

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	9
t2	9
c	40
h	40
w	130
F	35

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA * Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + l2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) * EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 31500 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Área: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b*h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A*(Y_g^2)$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	630	T+(t1/2)	13,66	8605,8	4252,500	121807,728
2	2*h*t1	720	T+(h/2)	29,16	20995,2	96000,000	708220,032
3	l2*c	360	T+h+(l2/2)	53,66	19317,6	2430,000	1039012,411
4	w*T	1190,8	T/2	4,58	5453,864	8326,232	33304,929
TOTAL:		2990,8			54372,464		1902345,10

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 * T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 * G_c^2) - (6 * G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	18,744	mm
Y _{max}	39,416	mm
I _n	883190,099	mm ⁴
W _r	22406,867	mm ³
G _c	0,410	
K _z	0,662	
W	31500	mm ³

W * K _z < W _r		
20840,22494	<	22406,8674
CUMPLE		

CUADERNAS COSTADO

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a las Cuadernas de Costado de un casco.

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	6
t2	6
c	40
h	38
w	108
F	20

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA * Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) * EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 13500 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Área:	Área: (mm ²)	Y _g :	Y _g : (mm)	A*Y _g :	I _p = (b*h ³) / 12 (mm ⁴)	I = I _p + A*(Y _g) ² (mm ⁴)
1	2*F*t1	240	T+(t1/2)	9,37	2248,8	720,000	21791,256
2	2*h*t1	456	T+(h/2)	25,37	11568,72	54872,000	348370,426
3	t2*c	240	T+h+(t2/2)	47,37	11368,8	720,000	539260,056
4	w*T	687,96	T/2	3,185	2191,1526	4652,547	11631,368
TOTAL:		1623,96			27377,4726		921053,106

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 * T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 * G_c^2) - (8 * G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	16,858	mm
Y _{max}	33,512	mm
I _n	459510,947	mm ⁴
W _r	13712,023	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	13500	mm ³

$W * K_z < W_r$		
8783,687067	<	13712,0231
CUMPLE		

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	6
t2	6
c	40
h	38
w	108
F	20

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 13500 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	240	T+(t1/2)	12,15540748	2917,297794	720,000	36180,943
2	2*h*t1	455	T+(h/2)	28,15540748	12838,86581	54872,000	416355,498
3	12*c	240	T+h+(t2/2)	50,15540748	12037,29779	720,000	804455,576
4	w*T	988,7840074	T/2	4,577703738	4526,360246	13813,557	34533,894

TOTAL:		1924,784007			32319,82164		1091525,911
---------------	--	-------------	--	--	-------------	--	-------------

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	16,791	mm
Y _{max}	36,364	mm
I _n	546830,800	mm ⁴
W _r	15092,694	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	13500	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$

8783,687067 < 15092,69372

CUMPLE

3. ARMAZÓN LONGITUDINAL:

Tabla 2.6.3 : Arm. long. emb. a motor, valeros y aux :

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzos (mm)	Módulos Long. (cm ³):	
		V/(Lw) ^{1/2} < 3,6	
		Fondo:	Costado:
10	400	110	70
11,7	408,5	127	82,75
12	410	130	85

Tabla 2.6.4: Bulárc.emb.motor,veleros y auxiliares

Eslora L (m)	Módulos (cm ³):	
	V/(Lw) ^{1/2} < 3,6	
	Centro:	Costado:
10	405	165
11,7	566,5	224,5
12	565	235

Espaciado Básico. Ref = 2.000 mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.5.3 :

Tabla Resumen:		
Mód. Long. Fondo	114,3	cm ³
Mód. Long. Costado	74,475	cm ³
Espaciado Básico Ref.	408,5	mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.4 :

Tabla Resumen:		
Mód. Bulárc. Centro	509,85	cm ³
Mód. Bulárc. Costado	202,05	cm ³
Espaciado Básico Ref.	2000	mm

Longitudinales del Casco Central :

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzos (mm)	Módulos Long. (cm ³):	
		V/ < 3,6	
		Costado	
10	400	70	
11,7	408,5	82,75	
12	410	85	
21,80	745	154,45	

Corrección según espaciado básico de refuerzos

3.C) Bulárcamas del Centro:

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
nº 1	1900	484,36
nº 2	2280	581,23
nº 3	3040	774,97
nº 4	1900	484,36
nº 5	2280	581,23

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.3 :

Tabla Resumen:		
Mód. Long. Costado	139,01	cm ³
Espaciado Básico Ref.	745	mm

3.D) Bulárcamas del Costado:

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
nº 1	1900	191,95
nº 2	2280	230,34
nº 3	3040	307,12
nº 4	1900	191,95
nº 5	2280	230,34

LONGITUDINALES FONDO

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a los Longitudinales de Fondo de un casco.

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	9
t2	9
c	60
h	79
w	168
F	45

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_n = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{\max} = T + h + t_2 - Y_n$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_n^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{\max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 114.300 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	I _p = (b ³ h ³) / 12 (mm ⁴)	I = I _p + A*(Yg) (mm ⁴)
1	2*F*t1	810	T+(t1/2)	13,66	11064,60	5457,50	158609,94
2	2*h*t1	1422	T+(h/2)	48,66	89194,52	739558,50	4106563,84
3	t2*c	540	T+h+(t2/2)	82,66	50036,40	3645,00	4640017,82
4	w*T	1538,88	T/2	4,58	7048,07	10760,05	43040,22
TOTAL:		4310,88			137343,5904		8946231,82

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _n	31,860	mm
Y _{max}	65,300	mm
I _n	4570498,368	mm ⁴
W _r	69992,058	mm ³
G _c	0,410	
K _z	0,611	
W	114300	mm ³

$$W \cdot K_z < W_r$$

$$69837,3 < 69992,05786$$

CUMPLE

LONGITUDINALES COSTADO.

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a los Longitudinales de Costado de un casco

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	9
t2	9
c	48
h	77
w	195
F	50

Altura Línea Neutra: $Y_n = (EA * Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_n$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_n^2) * EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 74475 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b^3 * h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A * (Y_g^2)$ (mm ⁴)
1	2 * F * t1	900	T + (t1/2)	10,87	9783,00	6075,00	112416,21
2	2 * h * t1	1386	T + (h/2)	44,87	62189,82	684799,50	3475256,72
3	t2 * c	432	T + h + (t2/2)	87,87	37959,84	2916,00	3338447,14
4	w * T	1242,15	T/2	3,185	3956,25	4200,22	16800,87
TOTAL:		3960,15			113888,9078		6942920,94

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 * T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 * G_c^2) - (6 * G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _n	28,759	mm
Y _{max}	63,611	mm
I _n	3667819,926	mm ⁴
W _r	57656,768	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	74475	mm ³

$W * K_z < W_r$		
48483,225	<	57656,7684
CUMPLE		

LONGITUDINALES CASCO CENTRAL

Dimensiones (mm):	
T	9,18
t1	13
t2	13
c	50
h	85
w	190
F	55

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_{lb} - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 139010 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g^2)$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	1430	T+(t1/2)	15,65540748	22387,23	20139,17	370620,42
2	2*h*t1	2210	T+(h/2)	51,68540748	114158,45	1330804,17	7227503,42
3	t2*c	650	T+h+(t2/2)	100,6554075	65426,01	9154,17	6594538,31
4	w*T	1739,52742	T/2	4,577703738	7963,04	12150,81	48603,26
TOTAL:		6029,52742			209934,7392		14241365,4

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,35$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	34,818	mm
Y _{max}	72,338	mm
I _n	6931904,602	mm ⁴
W _r	95827,089	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	139010	mm ³

W * K _z < W _r		
90495,51	<	95827,0892
CUMPLE		

BULÁRCAMA CENTRO Nº 1 y 4.

NOTA: Al calcular se PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a las Bulárcamas de Centro de un casco

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Nº 1 y 4	1900	484,36

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	15
t2	15
c	70
h	165
w	240
F	60

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 484360 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_t$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	1800	T+(t1/2)	16,66	29988	33750,000	533350,08
2	2*h*t1	4950	T+(h/2)	91,66	453717	11230312,500	52818012,7
3	t2*c	1050	T+h+(t2/2)	181,66	190743	19687,500	34670060,8
4	w*T	2198,4	T/2	4,58	10068,672	15371,506	61486,024
TOTAL:		9998,4			684516,672		88082909,

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	68,463	mm
Y _{max}	120,697	mm
I _n	41219104,070	mm ⁴
W _r	341507,864	mm ³
G _c	0,410	
K _z	0,662	
W	484360	mm ³

$$W \cdot K_z < W_r$$

$$320449,884 < 341507,864$$

CUMPLE

BULÁRCAMA CENTRO N° 2 y 5.

NOTA: Al calcular su PÉSO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a las Bulárcamas de Centro de un casco.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 2 y 5	2280	581,23

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	20
t2	20
c	70
h	165
w	220
F	50

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 581230 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	2000	T+(t1/2)	19,16	38320	66666,667	800877,867
2	2*h*t1	6600	T+(h/2)	91,66	604956	14973750,000	70424016,96
3	t2*c	1400	T+h+(t2/2)	184,16	257824	46666,667	47527534,50
4	w*T	2015,2	T/2	4,58	9229,616	14090,547	56362,188
TOTAL:		12015,2			910329,616		118808791,1

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	75,765	mm
Y _{max}	118,395	mm
I _n	49837820,604	mm ⁴
W _r	420944,720	mm ³
G _c	0,410	
K _z	0,662	
W	581230	mm ³

W * K_z < W_r		
384538,538	<	420944,72
CUMPLE		

BULÁRCAMA CENTRO Nº 3.

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ve que corresponde a la Bulárcama de Centro de un casco.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Nº 3	3040	774,97

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	23
t2	23
c	83
h	165
w	240
F	60

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 774970 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_{ln})^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	2780	T+(t1/2)	20,66	57021,6	121670,000	1299736,21
2	2*h*t1	7590	T+(h/2)	91,66	695699,4	17219612,500	80987619,5
3	t2*c	1909	T+h+(t2/2)	185,66	354424,94	84155,083	65896689,4
4	w*T	2168,4	T/2	4,58	10068,672	15371,508	61486,024
TOTAL:		14457,4			1117214,61		148235531

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,35$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (8 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	77,276	mm
Y _{max}	110,884	mm
I _n	61901301,749	mm ⁴
W _r	516344,674	mm ³
G _c	0,410	
K _z	0,662	
W	774970	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$		
512715,845	<	516344,674
CUMPLE		

BULÁRCAMA COSTADO N° 1 y 4.

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a las Bulárcamas de Costado de un casco

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 1 y 4	1900	191,95

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_{lb} - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 191950 \text{ mm}^3$

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	12
t2	12
c	70
h	104
w	155
F	30

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	720	T+(t1/2)	12,37	8906,4	8640,000	118812,168
2	2*h*t1	2496	T+(h/2)	58,37	145691,52	2249728,000	10753742,022
3	t2*c	840	T+h+(t2/2)	116,37	97750,8	10080,000	11385340,596
4	w*T	987,35	T/2	3,185	3144,70975	3338,634	13354,534
TOTAL:		5043,35			255493,43		22271249,32

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	50,659	mm
Y _{max}	71,711	mm
I _n	9328088,000	mm ⁴
W _r	130079,750	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	191950	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$

124891,017 < 130079,75

CUMPLE

BULÁRCAMA COSTADO N° 2 v 5.

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a las Bulárcamas de Costado de un casco.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 2 y 5	2280	230.34

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 230340 \text{ mm}^3$

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	14
t2	14
c	70
h	104
w	200
F	45

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	1260	T+(t1/2)	13,37	16846,2	20580,000	245813,694
2	2*h*t1	2912	T+(h/2)	58,37	169973,44	2624682,667	12546032,356
3	t2*c	980	T+h+(t2/2)	117,37	115022,6	16006,667	13516209,226
4	w*T	1274	T/2	3,185	4057,69	4307,914	17231,657
TOTAL:		6426			305899,93		26325286,94

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	47,603	mm
Y _{max}	78,767	mm
I _n	11763387,285	mm ⁴
W _r	153235,896	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	230340	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$

149869,221 < 153235,896

CUMPLE

BULÁRCAMA COSTADO N° 3.

NOTA: Al calcular su PESO habrá que multiplicar por 2 ya que corresponde a la Bulárcama de Costado de un casco.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 3	3040	307,12

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	17,5
t2	17,5
c	83
h	104
w	220
F	45

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 307120 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	1575	T+(t1/2)	15,12	23814	40195,313	400262,993
2	2*h*t1	3640	T+(h/2)	58,37	212466,8	3280853,333	15682540,449
3	t2*c	1452,5	T+h+(t2/2)	119,12	173021,8	37069,010	20647425,825
4	w*t	1401,4	T/2	3,185	4463,459	4738,706	18954,823
TOTAL:		8068,9			413756,059		36749184,09

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	51,279	mm
Y _{max}	76,591	mm
I _n	15531626,359	mm ⁴
W _r	202786,879	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	307120	mm ³

W * Kz < Wr		
199825,628	<	202786,879
CUMPLE		

1.) MAMPAROS NO ESTANCOS O PARCIALMENTE ESTANCOS

- a) Mamparo del pañol de VELAS
- b) Mamparo del pañol de ANCLA

Los mamparos no estancos o parcialmente estancos, soportando el armazón del casco tienen que tener escantillonado equivalente a la bularcama requerido por 6.3 (Tabla 2.6.4. Bularcamas para embarcaciones a motor, veleros y auxiliares) y han de estar efectivamente unido al casco de acuerdo con 6.1.5 a 6.1.7

Tabla 2.6.4 : Bulárc. emb.a motor, veleros y aux :

Eslora L (m)	Módulos (cm ³):	
	$V/(Lwl)^{1/2} < 3,5$	
	Centro:	Costado:
10	405	165
11,7	586,5	224,5
12	595	235

Espaciado Básico. Ref = 2.000 mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.4 :

Tabla Resumen:		
Mód. Bulárc. Centro	509,85	cm ³
Mód. Bulárc. Costado	202,05	cm ³
Espaciado Básico Ref.	2000	mm

Corrección según espaciado básico de refuerzos:

A) Mamparo pañol de Velas:

Dimensiones	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Largo	1787	180,53
Ancho	1682	169,92

B) Mamparo pañol de Ancla:

Dimensiones	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Largo	1787	180,53
Ancho	1682	169,92

AMPAROS PAÑOL DE VELAS Y ANCLA.

Dimensiones	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Largo	1787	180,53

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	4
t2	4
c	40
h	1553
w	70
F	10

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_{lb} - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 180530 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	80	T+(t1/2)	8,37	669,6	106,667	5711,219
2	2*h*t1	12424	T+(h/2)	782,87	9726378,88	2497026251,333	10111514919,3
3	t2*c	160	T+h+(t2/2)	1561,37	249819,2	213,333	390060417,63
4	w*T	445,9	T/2	3,185	1420,1915	1507,770	6031,080
TOTAL:		13109,9			9978285,872		10501587071

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	761,126	mm
Y _{max}	802,244	mm
I _n	2906854172,628	mm ⁴
W _r	3623404,110	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	180530	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$		
117460,659	<	3623404,11
CUMPLE		

AMPAROS PAÑOL DE VELAS Y ANCLA

Dimensiones	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Largo	1682	169,92

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA * Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) * EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 169920 \text{ mm}^3$

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	4
t2	4
c	40
h	1210
w	70
F	10

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b*h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A*(Y_g)$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	80	T+(t1/2)	8,37	609,6	106,667	5711,219
2	2*h*t1	9380	T+(h/2)	611,37	5918031,6	1181040666,667	4799165987,00
3	t2*c	160	T+h+(t2/2)	1218,37	194939,2	213,333	237508286,43
4	w*T	445,9	T/2	3,185	1420,1915	1507,770	6031,080
TOTAL:		10365,9			6115090,592		5036686016

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 * T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 * G_c^2) - (6 * G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	589,924	mm
Y _{max}	630,446	mm
I _n	1429248847,555	mm ⁴
W _r	2267043,139	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	169920	mm ³

$W * K_z < W_r$

110557,341 < 2267043,14

CUMPLE

AMPAROS PAÑOL DE VELAS Y ANCLA.

Dimensiones	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Largo	1682	169,92

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	4
t2	4
c	40
h	1210
w	70
F	10

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 169920 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Área:	Área: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b^3h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	80	T+(t1/2)	8,37	669,6	106,867	5711,219
2	2*h*t1	9680	T+(h/2)	611,37	5918061,6	1181040995,667	4799165987,02
3	t2*c	160	T+h+(t2/2)	1218,37	194939,2	213,333	237508286,43
4	w*T	445,9	T/2	3,185	1420,1915	1507,770	6031,080
TOTAL:		10365,9			6115090,592		5036686016

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	589,924	mm
Y _{max}	630,446	mm
I _n	1429248847,555	mm ⁴
W _r	2267043,139	mm ³
G _c	0,414	
K _z	0,651	
W	169920	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$		
110557,341	<	2267043,14
CUMPLE		

PESO DEL LAMINADO PARA TANQUES DE PETRÓLEO Y AGUA.

Calado del tanque (m)	Peso del laminado (g/m ²)			
	Caída (m)			
	1,8	2,4	3	3,6
0,6 y menores	3800	4250	4650	5050

Corrección de la tabla de peso del laminado para tanques de petróleo y agua:

Al ser el aspecto de proporción, R (Proporción de eslora a manga) del panel sin apoyo menor que 2 la tabla de peso del laminado del costado y fondo del casco tiene que ser multiplicada por el factor F_p , obtenido:

$$F_p = 0,54 + 0,23 \cdot R \Rightarrow F_p = 0,95 \quad P. \text{ Laminado tanques corregido} = 3648,0 \quad \text{g/m}^2$$

$$R = L / B \Rightarrow 1,84$$

LAMINADO TANQUES DE PETRÓLEO Y AGUA

Fibra	Peso, w (gr/m ²)	Gc	Espesor, t (mm)
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	600	0,5	0,98
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60

w : Peso de la capa del refuerzo (gr/m²).
Gc : Fibra de vidrio contenida en la capa.

Mat = 0,34
Tejido = 0,5

Peso min. laminado del costado = 3646 gr/m²

TOTAL:	4800	7,60
--------	------	------

Espesor de cada lámina: $t = (w / 3072) * ((2,56 / Gc) - 1,36)$

Corrección del valor del peso:

$$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16 \quad Kw = 1,312$$

$$Gc = 2,56 / ((3072 * t) / w + 1,36) \quad Gc = 0,411$$

Peso min. Laminado costado * Kw < Peso Lamiando

4915,925	<	4050	CUMPLE
----------	---	------	--------

Tabla Resumen:

Peso Laminado	4800	gr/m ²
Espesor Laminado	7,60	mm
Gc	0,414	
Kw	1,318	
Peso min. Laminado	3748	gr/m ²
Peso min. * Kw	4915,925	gr/m ²

CUMPLE

5.1. LAMINADO DE LA CUBIERTA:

Tabla 2.7.1 : Peso del laminado de la cubierta superior, en embarcaciones a motor, veleros y auxiliares:

Estora L (m)	Espacio básico del Bao (m)	Peso de la Cubierta (gr / m ²)
10	400	2050
11,7	408,5	2135
12	410	2150

Tabla Resumen:		
Estora L (m)	Espacio básico del Bao (m)	Peso de la Cubierta (gr / m ²)
11,7	408,5	2049,6

Loa = 12 mts

Lwl = 11,4 mts

B = 6,52 mts

Lechantonado = 11,7 mts

Corrección de la tabla de peso del laminado de la cubierta superior:

Al ser el aspecto de proporción, R (Proporción de estora a manga) del panel sin apoyo menor que 2 la tabla de peso del laminado de la cubierta superior tiene que ser multiplicada por el factor Fp, obtenido:

$F_p = 0,54 + 0,23 \cdot R \Rightarrow F_p = 0,96$ P. Laminado cubierta superior corregido 2049,6

$R = L / B \Rightarrow 1,84$

El peso laminado corregido no puede ser inferior a 0.7 veces la tabla de pesos o 1800 gr/m²

P. Cbta superior corregido = 2049,6 > 1494,5 **CUMPLE**

Características del PVC usado en cubierta:

Core material	Density (kg/m ³)	Min. Ut. shear strength N/mm ²
PVC, cross-linked	80	1.0 - 1.2

LAMINADO CUBIERTA SUPERIOR.

Fibra	Peso, w (gr/m ²)	Gc	Espesor, t (mm)
Mat	300	0,34	0,60
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1,00
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,60
TOTAL:	2950		4,87

w : Peso de la capa del refuerzo (gr/m²).
Gc : Fibra de vidrio contenida en la capa.

Mat = 0,34
Tejido = 0,5

Peso mín. laminado del costado = 2049,6 gr/m²

Espesor de cada lámina: $t = (w / 3072) * ((2,56 / Gc) - 1,36)$

Corrección del valor del peso:

$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16$ Kw = 1,275

$Gc = 2,56 / ((3072 * t) / w + 1,36)$ Gc = 0,398

Peso mín. Laminado costado * Kw < Peso Laminado

2613,916	<	2950	CUMPLE
----------	---	------	---------------

Tabla Resumen:

Peso Laminado	2950	gr/m ²
Espesor Laminado	4,87	mm
Gc	0,398	
Kw	1,275	
Peso mín. Laminado	2049,6	gr/m ²
Peso mín. * Kw	2613,916	gr/m ²

CUMPLE

5.b) BAOS:

Tabla 2.7.2 : Módulo de los Baos de cubierta (Nº: 1,2,3 y 4):

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzo (mm)	Módulo del bao (cm ³)
		Eslora del Bao (mm)
		1500
10	400	20
11,7	408,5	21,7
12	410	22

Tabla 2.7.2 : Módulo del Bao de cubierta Nº

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzo (mm)	Módulo del bao (cm ³)
		Eslora del Bao (mm)
		900 y menores
10	400	7
11,7	408,5	7,85
12	410	8

Corrección según notas adjuntas a tabla 2.7.2 :

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Nº 1 y 4	1900	100,93
Nº 2	2280	121,12
Nº 3	3040	161,49

Corrección según notas adjuntas a tabla 2.7.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Nº 5	2280	43,81

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 1 y 4	1900	100,93

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	9,5
t2	9,5
c	70
h	75
w	290
F	100

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 100930 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Área:	Área: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	1900	T+(t1/2)	9,62	18278	14289,583	190123,843
2	2*h*t1	1425	T+(h/2)	42,37	60377,25	667968,750	3226152,833
3	t2*c	665	T+h+(t2/2)	84,62	56272,3	5001,354	4766763,380
4	w*T	1412,3	T/2	2,435	3438,9505	2791,281	11185,126
TOTAL:		5402,3			139366,5005		8194205,282

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	25,613	mm
Y _{max}	63,757	mm
I _n	4650290,938	mm ⁴
W _r	72937,179	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	100930	mm ³

$$W \cdot K_z < W_r$$

$$70184,8323 < 72937,1788$$

CUMPLE

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Nº 2	2280	121,12

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	10
t2	10
c	70
h	81
w	300
F	105

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 121120 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	I _p = (b*h ³) / 12 (mm ⁴)	I = I _p + A*(Y (mm ⁴))
1	2*F*t1	2100	T+(t1/2)	9,87	20727	17500,000	222075,49
2	2*h*t1	1620	T+(h/2)	45,37	73499,4	885735,000	4220402,7
3	t2*c	700	T+h+(t2/2)	90,87	63609	5833,333	5785083,11
4	w*T	1481	T/2	2,435	3557,635	2887,533	11550,131
TOTAL:		5881			161392,935		10240011,7

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,55 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	27,443	mm
Y _{max}	68,427	mm
I _n	5810887,354	mm ⁴
W _r	84921,110	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	121120	mm ³

$$W \cdot K_z < W_r$$

$$84224,5803 < 84921,1096$$

CUMPLE

BAQ N° 3.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 3	3040	161,49

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	11,5
t2	11,5
c	83
h	85
w	317
F	105

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 161490 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g^2)$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	2415	$t_1 + (t1/2)$	10,62	25647,3	26615,313	298989,639
2	2*h*t1	1965	$T + (h/2)$	47,37	92608,35	1177072,917	5563930,451
3	t2*c	954,5	$T + h + (t2/2)$	95,62	91209,29	10519,385	8737688,891
4	w*T	1543,79	T/2	2,435	3759,12865	3051,159	12204,638
TOTAL:		6862,29			213284,0687		14612813,61

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,55 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	31,033	mm
Y _{max}	70,317	mm
I _n	7969608,443	mm ⁴
W _r	113623,435	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	161490	mm ³

W * K_z < W_r		
112297,123	<	113623,435
CUMPLE		

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 5	2280	43,81

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	70
h	65
w	180
F	45

Altura Línea Neutra: $Y_n = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_n$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_n^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 43810 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Área:	Área: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	450	T+(t1/2)	7,37	3316,5	937,500	25380,105
2	2*h*t1	650	T+(h/2)	37,37	24290,5	228654,167	1136590,152
3	t2*c	350	T+h+(t2/2)	72,37	25329,5	729,167	1833825,083
4	w*T	876,6	T/2	2,435	2134,521	1732,520	6930,078
TOTAL:		2326,6			55071,021		3002725,417

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,33$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (5 \cdot G_c)] + 1,45$$

Tabla Resumen:		
Y _n	23,670	mm
Y _{max}	51,200	mm
I _n	1899184,905	mm ⁴
W _r	33187,316	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,605	
W	43810	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$		
30464,6538	<	33187,3163
CUMPLE		

5.c) VAGRAS DE CBTA EN LOS FLOTADORES:**Tabla 2.7.3 : Módulo de la vagra de la cubierta superior:**

Eslora L (m)	Módulo de la vagra por metro de manga de cubierta apoyada (cm ³)										
	Longitud de la vagra (mm)										
	630	1767	1800	1830	2100	2210	2211	2400	2700	2970	3000
10			72		98			128	162		200
11,7	26,09	73,18	74,55	77,32	102,25	113,25	113,35	132,25	168,80	203,77	207,65
12			75		103			133	170		209

Corrección según notas adjuntas a tabla 2.7.3 :

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
n° 1	1767	95,14
n° 2	2211	147,36
n° 3	2970	264,89
n° 4	1830	100,52
n° 5	2210	147,23
n° 6	630	33,92

Esta tabla corresponde a los refuerzos a ambas bandas; al calcular su peso habrá que contar con las dos bandas, multiplicar por dos.

Nota: Manga de la Cubierta apoyada 1,30 m

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Nº 1	1767	95,14

Dimensiones (mm):	
T	4,67
t1	5
t2	5
c	100
h	95
w	190
F	30

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_n = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{\max} = T + h + t_2 - Y_n$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_n^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{\max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 95140 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g^2)$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	300	T+(t1/2)	7,37	2211	625,000	16920,070
2	2*h*t1	950	T+(h/2)	52,37	49751,5	714479,167	3319965,22
3	t2*c	500	T+h+(t2/2)	102,37	51185	1041,667	5240850,11
4	w*T	925,3	T/2	2,435	2253,1055	1828,771	7315,083
TOTAL:		2675,3			105400,6055		8585050,49

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _n	39,398	mm
Y _{max}	65,472	mm
I _n	4432511,471	mm ⁴
W _r	67700,538	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	95140	mm ³

W * K _z < W _r		
66168,6747	<	67700,5378
CUMPLE		

VAGRA N°2.

Refuerzo:	Espaciado:	Módulo:
N° 2	(mm)	(cm ³)
	2211	147,36

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	7,5
t2	7,5
c	100
h	100
w	220
F	50

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA * Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + l_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) * EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 147360 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area:	Yg:	Yg:	A*Yg:	$I_p = (b*h^3) / 12$	$I = I_p + A*(Yg)^2$
		(mm ²)		(mm)		(mm ⁴)	(mm ⁴)
1	2*F*t1	750	T+(t1/2)	8,62	6405	3515,625	59243,925
2	2*h*t1	1500	T+(h/2)	54,87	82305	1250000,000	5786075,350
3	l2*c	750	T+h+(t2/2)	108,62	81465	3515,625	8852243,925
4	w*T	1071,4	T/2	2,435	2608,859	2117,524	8470,096
TOTAL:		4071,4			172843,859		14686033,3

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,58 / [(3072 * T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 * G_c^2) - (6 * G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	42,453	mm
Y _{max}	69,917	mm
I _n	7348262,604	mm ⁴
W _r	105100,062	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	147360	mm ³

$W * K_z < W_r$		
102471,385	<	105100,062
CUMPLE		

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 1	2970	234,89

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	14
t2	14
c	100
h	100
w	290
F	80

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_{in} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{max} = T + h + t2 - Y_{in}$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_{in}^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 264890 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	2240	T+(t1/2)	11,87	26588,8	36586,007	352195,723
2	2*h*t1	2800	T+(h/2)	54,87	153836	2333333,333	10763340,65
3	t2*c	1400	T+h+(t2/2)	111,87	156618	22866,667	17543722,32
4	w*T	1412,3	T/2	2,435	3438,9505	2791,281	11165,128
TOTAL:		7852,3			340281,7505		28570423,83

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,53 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _{in}	43,335	mm
Y _{max}	75,535	mm
I _n	13924213,199	mm ⁴
W _r	184341,933	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,685	
W	264890	mm ³

$$W \cdot K_z < W_r$$

$$184199,547 < 184341,933$$

CUMPLE

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 4	1830	100,52

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	100
h	100
w	210
F	40

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 100520 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	400	T+(t1/2)	7,37	2948	833,333	22560,093
2	2*h*t1	1000	T+(h/2)	54,87	54870	833333,333	3844050,233
3	t2*c	500	T+h+(t2/2)	107,37	53685	1041,667	5765200,117
4	w*T	1022,7	T/2	2,435	2490,2745	2021,273	8085,091
TOTAL:		2922,7			113993,2745		9639895,535

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	39,003	mm
Y _{max}	70,867	mm
I _n	5193846,802	mm ⁴
W _r	73289,781	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	100520	mm ³

$$W \cdot K_z < W_r$$

$$69899,726 < 73289,7809$$

CUMPLE

VAGRA N°5.

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 5	2210	147,23

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	7,5
t2	7,5
c	100
h	100
w	230
F	55

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_{ib} - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 147230 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	825	T+(t1/2)	8,62	7111,5	3867,188	65168,318
2	2*h*t1	1500	T+(h/2)	54,87	82305	1250000,000	5768075,350
3	t2*c	750	T+h+(t2/2)	108,62	81465	3516,626	8852243,925
4	w*T	1120,1	T/2	2,435	2727,4435	2213,775	8855,100
TOTAL:		4195,1			173608,9435		14692342,69

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	41,384	mm
Y _{max}	70,986	mm
I _n	7507754,858	mm ⁴
W _r	105763,496	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	147230	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$		
102380,985	<	105763,496
CUMPLE		

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
N° 6	630	33,92

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	4
t2	4
c	100
h	80
w	168
F	30

$$\text{Altura Línea Neutra: } Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$\text{Altura Máxima: } Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$$

$$\text{Inercia respecto a Línea Neutra: } I_n = I_{lb} - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$$

$$\text{Módulo Resistente Real: } W_r = I_n / Y_{max}$$

$$\text{Módulo Resistente Requerido: } W = 33920 \text{ mm}^3$$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	240	T+(t1/2)	6,87	1648,8	320,000	11647,256
2	2*h*t1	640	T+(h/2)	44,87	26716,8	341333,333	1629856,149
3	t2*c	400	T+h+(t2/2)	86,87	34748	533,333	3019092,093
4	w*T	818,16	T/2	2,435	1992,2196	1617,018	6468,073
TOTAL:		2098,16			67105,8196		4667063,572

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$$

$$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (\beta \cdot G_c) + 1,45]$$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	31,963	mm
Y _{max}	56,887	mm
I _n	2520806,353	mm ⁴
W _r	44312,657	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,685	
W	33920	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$		
23587,3329	<	44312,6574
CUMPLE		

APERTURAS.**Tabla 2.7.2 : Módulo de las Escotillas de cubierta (Nº: 1,2,3 y 4):**

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzo (mm)	Módulo del bao (cm ³)
		Eslora del Bao (mm)
10	400	0,9 y menores 7
11,7	408,5	7,85
12	410	8

Corrección según notas adjuntas a tabla 2.7.2 :

Escotillas:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
PROA	423	8,13
POPA	423	8,13
CENTRALES	423	8,13
Cª MAQUINAS	388	7,46
PANOLES	459	8,82

ESCOTILLAS PROA, POPA Y CENTRALES

Escotillas:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
PROA	423	8,13
POPA	423	8,13
CENTRAL	423	8,13

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	22
h	30
w	100
F	35

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 8130 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Área:	Área: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = [b \cdot h^3] / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	350	T+(t1/2)	7,37	2579,5	729,167	19740,082
2	2*h*t1	300	T+(h/2)	19,87	5961	22500,000	140945,070
3	t2*c	110	T+h+(t2/2)	37,37	4110,7	229,167	153846,026
4	w*T	487	T/2	2,435	1185,845	962,511	3850,043
TOTAL:		1247			13837,045		318381,2208

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	11,096	mm
Y _{max}	28,774	mm
I _n	164841,674	mm ⁴
W _r	5728,894	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	8130	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$

5653,44979 < 5728,89429

CUMPLE

ESCOTILLAS Cº MÁQUINAS

Escotillas:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm3)
Cº Máquinas	383	7,45

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	22
h	30
w	72
F	20

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 7460 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	l
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	200	T+(t1/2)	7,37	1474	416,667	11280,047
2	2*h*t1	300	T+(h/2)	19,87	5961	22500,000	140945,070
3	t2*c	110	T+h+(t2/2)	37,37	4110,7	229,167	153846,026
4	w*T	350,64	T/2	2,435	853,8084	693,008	2772,031
TOTAL:		960,64			12398,6084		308843,1736

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,56 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (6 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	12,208	mm
Y _{max}	26,962	mm
I _n	148795,905	mm ⁴
W _r	5518,634	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,595	
W	7460	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$

5187,54433 < 5518,63432

CUMPLE

PAÑOL VELAS Y ANCLA

Escotillas:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
Pañoles	459	8,82

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	25
h	30
w	105
F	35

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA \cdot Y_g) / EA$

Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) \cdot EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 8820 \text{ mm}^3$

a	b	c	d	e	f	g	i
Sección:	Area:	Area: (mm ²)	Yg:	Yg: (mm)	A*Yg:	$I_p = (b \cdot h^3) / 12$ (mm ⁴)	$I = I_p + A \cdot (Y_g)^2$ (mm ⁴)
1	2*F*t1	350	T+(t1/2)	7,37	2579,5	729,167	19740,082
2	2*h*t1	300	T+(h/2)	19,87	5961	22500,000	140945,070
3	t2*c	125	T+h+(t2/2)	37,37	4671,25	260,417	174825,029
4	w*T	511,35	T/2	2,435	1245,13725	1010,638	4042,546
TOTAL:		1286,35			14456,88725		339552,7264

Corrección según apartado 4.3.5.b :

$G_c = 2,58 / [(3072 \cdot T) / w] + 1,36$

$K_z = 1 / [(15 \cdot G_c^2) - (8 \cdot G_c) + 1,45]$

Tabla Resumen:		
Y _{ln}	11,239	mm
Y _{max}	28,631	mm
I _n	177076,271	mm ⁴
W _r	6184,707	mm ³
G _c	0,398	
K _z	0,695	
W	8820	mm ³

$W \cdot K_z < W_r$

6133,26287 < 6184,70698

CUMPLE

11. ETIMACIÓN DE PESOS Y CÁLCULO DEL C.D.G.

Una vez realizado el cálculo del escantillonado de la estructura de la embarcación, llega el momento de calcular el peso y posición del centro de gravedad, esta posición se desglosa en tres coordenadas:

- L.C.G (Posición longitudinal del C.D.G)
- V.C.G (Posición vertical del C.D.G)
- T.C.G (Posición transversal del C.D.G)

Este estudio es bastante relevante dentro del diseño de una embarcación, ya que por ejemplo, para realizar el cálculo de la estabilidad, necesitaremos un valor para el peso en rosca, así como para las anteriormente mencionadas coordenadas del C.D.G

Antes de comenzar con el desarrollo del cálculo de las coordenadas del C.D.G, diré que tomaremos como punto de origen la intersección de la línea base y la perpendicular de popa; de esta perpendicular en adelante los valores serán positivos, y de la línea base hacia arriba también serán considerados positivos los valores. Con respecto a las coordenadas transversales, he tomado como obvia referencia la línea de crujía, siendo positivos los valores tomados de esta hacia la banda de babor, y negativos hacia estribor.

11.1 Peso de la Estructura:

Para calcular el peso de los materiales compuestos utilizados en el laminado del barco, hemos de distinguir entre el peso de los tejidos en seco (es decir, sin resina) y el peso de estos tejidos con la resina que absorben durante el proceso de laminado. Para ello, tendremos que calcular en primera instancia el peso de las tres partes principales en las que dijimos se dividía el casco de la embarcación, es decir: Costados, Fondo y Quilla.

Para calcular estos pesos, tomaremos los obtenidos en el proceso de laminado explicado en el capítulo anterior (se dan en kg/m^2), y los multiplicaremos por la superficie que corresponde a cada una de estas zonas. Obtenemos las formas del programa Maxsurf, dividimos el casco en las tres zonas, exportamos estas formas a AutoCAD y calculamos, tanto el área como las coordenadas del C.D.G, a las tres. Para aplicarle el peso de la resina a estas tres partes, debemos conocer una sencilla relación: 600 gr/m^2 de Mat absorben 440 gr/m^2 de resina; con esta relación, tendremos el peso de la resina absorbida por el Mat (tendremos que sumarle este peso al peso en seco). Por otra parte 300 gr/m^2 de Tejido, absorben 550 gr/m^2 de resina, así que habrá que hacer la misma operación que antes.

Para calcular el peso de los refuerzos del casco, como en el capítulo anterior hicimos, dividiremos estos refuerzos en tres grupos:

- Armazón Transversal.

- a) Peso que representa la tripulación, situado en la línea de crujía y próximo a la posición del puesto de control, de: $150 \text{ Kg cuando... } 8\text{m} < \text{Loa} < 16 \text{ m}$
- b) Equipo esencial de seguridad con un peso no menor de $(\text{Loa} - 2,5)^2 \text{ Kg}$
- c) Provisiones no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo de la embarcación.
- d) Agua de lastre en tanques situados simétricamente con respecto a la línea de crujía, (en nuestro caso este peso no se tiene en cuenta al no llevar lastre los catamaranes del estudio estadístico).
- e) Una balsa de salvamento situada en la estiba provista.

2.) **Condición de Desplazamiento en Carga:** embarcación en la condición de rosca añadiendo la carga máxima total hasta alcanzar el asiento de diseño y un cierto margen de peso por si en futuras ocasiones se quisiera añadir o cambiar algún equipo existente.

Todo este desarrollo del estudio de pesos viene detalladamente explicado en una hoja de cálculo que podemos encontrar en el APÉNDICE VII, es un tanto larga, pero hay que tener en cuenta que abarca el peso y coordenadas del C.D.G de todos los elementos del barco.

Adjunto para completar este apartado unas tablas resumiendo los valores calculados en el apéndice anteriormente mencionado. Estas tablas se encuentran en la tabla siguiente.

11.4 Resumen:

1. Estructura:

Estructura:							
Elemento:	Peso (Kg):	LCG:	VCG:	TCG:	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Costados	506,570	5,199	1,903	0,000	2633,660	913,346	0,000
Fondo	367,358	5,301	0,881	0,000	1947,368	323,643	0,000
Quilla	100,851	4,825	0,239	0,000	486,604	24,103	0,000
A. TRANSVERSAL							
Varengas Fondo	124,840	3,980	0,561	0,000	496,911	70,072	0,000
Cnas. Costado	84,145	5,047	1,801	0,000	424,647	151,577	0,000
Cnas. Casco Central	74,396	4,518	1,701	0,000	336,133	126,540	0,000
Bulárcamas Centro	80,234	4,835	0,678	0,000	297,248	40,820	0,000
Bulárcamas Costado	38,561	6,229	1,814	0,000	240,190	69,945	0,000
Mamparos NO Estancos	0,172	6,991	2,118	0,000	1,200	0,363	0,000
A. LONGITUDINAL							
Longit. Fondo	458,382	6,013	0,255	0,000	2744,161	116,348	0,000
Longit. Costado	253,699	5,995	1,839	0,000	1520,879	466,434	0,000
Longit. Casco Central	111,566	6,064	1,620	0,000	676,535	180,737	0,000
CBTA. Y SUPERESTRUC.							
Cubierta	419,052	6,604	3,068	0,000	2767,418	1285,651	0,000
Baos	30,114	4,321	2,342	0,000	130,135	70,529	0,000
Vebras Cubierta	104,989	4,213	2,410	0,000	442,328	253,022	0,000
Reforzados P.V.C	9,255	4,193	2,941	0,000	38,808	27,221	0,000
TOTAL:		2742,183			15184,223	4120,352	0,000

Resúmen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Estructura	6,161	1,503	0,000	2742,183

2. Habilitación:

Habilitación:							
----------------------	--	--	--	--	--	--	--

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Pique popa	24	-0,507	1,884	0,000	-12,168	45,216	0,000
Bañera	118	1,794	2,687	0,000	211,644	317,123	0,000
Camarotes popa	208	2,514	1,508	0,000	522,952	313,756	0,000
Cuartos de Baño	95,000	5,702	1,680	0,000	541,670	159,565	0,000
Mesa Cartas	62	6,435	2,482	-0,397	398,991	153,910	-24,596
Salón	132	6,329	2,737	1,280	835,450	361,255	168,969
Cocina	320	5,223	2,463	-1,569	1671,318	788,128	-502,235
Camarote Proa	124	7,697	2,345	0,611	954,428	290,797	75,753
Pique Proa	210,5	8,149	2,345	0,611	1715,329	493,651	128,597
Suelo	437,580	3,621	1,325	0,000	1584,477	579,794	0,000

TOTAL:	1731,08
---------------	---------

	8424,091	3503,194	-153,513
--	----------	----------	----------

Resúmen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Habilitación:	4,866	2,024	-0,089	1731,080

3. Instalaciones:

Instalaciones:							
Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * T
Motor	158	0,637	1,206	0,000	100,646	190,548	0,000
Hélice	8	0,175	0,568	0,000	1,400	4,528	0,000
Baterías (X2)	47,4	2,145	1,749	0,000	101,673	82,903	0,000
Guardabaterías (X2)	3,4	2,443	1,720	0,000	8,306	5,848	0,000
Cableado	20	5,127	0,985	0,000	102,540	19,700	0,000
Tuberías	25	7,703	0,792	0,000	192,575	19,800	0,000
Desalinizadora (X2)	20	9,999	1,135	0,000	199,980	22,700	0,000
Calentador (x2)	30	8,119	1,130	0,000	243,570	33,900	0,000
Bombas agua (x2)	25	8,808	1,085	0,000	220,200	27,125	0,000
Tanques aguas sucias (x2)	9	5,487	0,740	0,000	32,922	4,440	0,000
Tanques aguas sanitarias (x2)	7	6,161	0,741	0,000	43,127	5,187	0,000
Pala timón	5	0,000	0,615	0,000	0,000	3,075	0,000
Tanques combustible (X2)	7	1,260	1,950	0,000	8,820	13,720	0,000
Tanques agua (X2)	8	9,450	1,312	0,000	75,600	10,496	0,000
TOTAL:	369,8				1331,3592	443,9696	0

Resumen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Instalaciones	3,600	1,201	0,000	369,800

4. Equipo de Cubierta:

Equipos de cubierta:							
Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Carro mayor	35	0,416	2,672	0	14,56	93,52	0
Winches popa (x2)	90	1,263	3,414	0	113,67	307,26	0
Carros génova (x2)	30	6,446	3,626	0	193,38	108,78	0
Winches centrales (x2)	90	6,338	3,600	0	570,42	324	0
Organizer (x4)	40	3,217	3,428	0	128,68	137,12	0
Stand up block (x2)	10	5,987	2,938	0	59,87	29,38	0
Foot block (x2)	30	7,134	3,885	0	214,02	116,55	0
Pad eye (x2)	4	10,852	3,900	0	43,408	15,6	0
Carro foque (x2)	30	8,128	3,345	0	243,84	100,35	0
Crossbeam	34,53	10,855	2,885	0	374,82315	99,61905	0
Tangón retráctil	10	11,114	2,833	0	111,14	28,33	0
Winch tangón retráctil	20	11,657	2,930	0	233,14	58,6	0
Winch proa	45	9,855	2,830	0	443,475	127,35	0
Puerta acceso interior	20	4,181	2,534	0	83,62	50,68	0
Checks / fairleads (x18)	90	5,566	2,709	0	500,94	243,81	0
Ruedas timón (x2)	30	4,086	3,387	0	122,58	101,61	0
Cabotaje	140	3,642	3,613	0	509,88	505,82	0
Stachion base (x10)	25	5,566	3,118	0	139,15	77,95	0
Agarres estays (x4)	60	5,394	2,980	0	323,64	178,8	0
Agarres obenques (x2)	30	3,710	2,980	0	111,3	89,4	0
TOTAL:	863,53				4535,5362	2794,5291	0

Resumen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Eq. Cubierta	5,252	3,236	0,000	863,530

5. Aparejo y Velas:

Aparejos y Velas:							
Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Mástil	250,000	6,038	11,129	0,000	1509,500	2782,250	0
Botavara	27,121	3,543	4,489	0,000	96,090	121,746	0
Backstay	14,000	10,633	9,84	0,000	148,862	137,760	0
Stay	18,000	8,873	9,918	0,000	159,714	178,524	0
Obenquillos	12,469	5,596	10,144	0,000	69,777	126,486	0
Obenques	14,387	5,596	10,135	0,000	80,510	145,812	0
Crucetas	6,136	5,943	9,976	0,000	36,466	61,213	0
Velas de Proa	55,000	7,409	7,726	0,000	407,495	424,930	0
Mayor	25,000	4,025	9,271	0,000	100,625	231,775	0
Cabotaje	75,014	5,943	2,938	0,000	445,808	220,391	0
TOTAL:	497,127				3054,846	4430,887	0

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Aparejo Velas	6,145	8,913	0	497,127

6. Peso en Rosca:

Peso en Rosca:							
Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Estructura	2742,183	6,161	1,503	0,000	16895,345	4120,352	0,000
Habilitación	1731,080	4,866	2,024	-0,089	8424,091	3503,194	-153,513
Instalaciones	369,800	3,600	1,201	0,000	1331,359	443,970	0,000
Equipos cubierta	863,530	5,262	3,236	0,000	4535,536	2794,529	0,000
Aparejo y velas	497,127	6,145	8,913	0,000	3054,846	4430,887	0,000
10% Margen	620,372	6,328	1,562	0,000	3925,714	969,021	0,000
TOTAL:	6824,092				38166,892	16261,953	-153,513

Peso en Rosa:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
P. Rosca	5,593	2,383	-0,022	6824,092

APÉNDICE VII

ESTIMACIÓN DE PESOS
Y
CÁLCULO DEL C.D.G

11.1 ESTRUCTURA

Tabla 2.5.2 : Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:

Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:						
Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m ²):		Pesos de la aleta y la popa (gr / m ²):	Quilla :	
		Fondo:	Costado:		Manga (mm):	Peso (gr / m ²):
11,7	408,5	4070,4	3021,6	5197,5	526,8	7140,0

Elemento:	w (gr / m ²):	Sm (m ²):
Costados	3021,6	55,545
Fondo	4070,4	26,670
Quilla	7140	4,395

Elemento:	Laminado (gr / m ²):	Resina (gr / m ²):
Mat	600	440
Tejido	300	500

a) Peso de Fibra Costados:

Mat (gr / m2) :	Tejido (gr / m2):
300	450
300	450
300	450
300	450
300	450
300	

1800	2250
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m2)	1320,0
Resina del Tejido (gr / m2)	3750,0

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m2):	3120,0
Peso Tej (gr / m2):	6000,0

Peso Lam. Costado (gr / m2): 9120,00

Peso Lam. Costado (gr): 506570,40

Peso Lam. Costado (Kg):	506,570
-------------------------	---------

b) Peso de Fibra Fondo:

Mat (gr / m2) :	Tejido (gr / m2):
300	450
300	450
500	800
500	450
500	450
300	450
300	

2700	3050
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m2)	1980
Resina del Tejido (gr / m2)	5083,333

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m2):	4680
Peso Tej (gr / m2):	8133,333

Peso Lam. Fondo (gr / m2): 12813,333

Peso Lam. Fondo (gr): 367358,267

Peso Lam. Fondo (Kg):	367,358
-----------------------	---------

c) Peso de Fibra Quilla:

Mat (gr / m2) :	Tejido (gr / m2):
300	450
500	450
500	800
500	450
500	800
500	450
300	450
300	450
500	800
500	450
300	

4700	5550
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m2)	3446,667
Resina del Tejido (gr / m2)	9250

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m2):	8140,667
Peso Tej (gr / m2):	14800,000

Peso Lam. Quilla (gr / m2): 22946,667

Peso Lam. Quilla (gr): 100850,600

Peso Lam. Quilla (Kg):	100,851
------------------------	---------

1) A. Transversal:

- a) Varengas del Fondo
- b) Cuadernas del Costado
- c) Cuadernas del Casco Central
- d) Bulárcamas Centro
- e) Bulárcamas Costado
- f) Mamparos NO Estancos

$$A = L * (F + h + c + h + F) \text{ (mm}^2\text{)}$$

a) Varengas Fondo:

Por simetría calcularemos las Varengas del Fondo de una banda y la multiplicaremos por dos (T.C.G = 0 por 2)

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	812,5
2	814,2
3	890,6
4	1050,7
5	1139,6
6	1175
7	1209,0
8	1241,5
9	1271,1
10	1321,3
11	1342,7
12	1355,6
13	1348,3
14	1310
15	1257
16	1198,2
17	1082,2
18	1024,7
19	956
20	899,7
21	732,2
22	635,1
23	530,7
24	426,4
25	315,3
26	81,2

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	9
t2	9
c	40
h	40
w	130
F	35

P Lam F (gr / m²): 12813

Refuerzo:	Área (mm ²):	Área (m ²):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	154375	0,154	1978,058	1,978	-0,871	1,228	0	-1,723	2,425	0,000
2	173688	0,174	2225,658	2,226	-0,491	1,158	0	-1,093	2,577	0,030
3	188214	0,188	2411,649	2,412	-0,111	1,089	0	-0,268	2,625	0,000
4	199633	0,200	2557,664	2,558	0,269	1,022	0	0,698	2,614	0,000
5	216924	0,217	2774,394	2,774	1,029	0,889	0	2,854	2,494	0,000
6	233250	0,233	2960,577	2,961	1,409	0,840	0	4,030	2,403	0,000
7	228924	0,230	2944,812	2,945	1,789	0,783	0	5,268	2,308	0,000
8	235886	0,236	3022,473	3,022	2,169	0,724	0	6,555	2,188	0,000
9	241509	0,242	3094,525	3,095	2,549	0,662	0	7,867	2,049	0,000
10	251047	0,251	3216,749	3,217	3,309	0,420	0	10,644	1,383	0,000
11	256113	0,256	3268,848	3,268	3,689	0,185	0	12,059	0,937	0,000
12	257564	0,258	3300,253	3,300	4,069	0,109	0	13,429	0,360	0,000
13	258797	0,258	3277,612	3,278	4,449	0,108	0	14,582	0,254	0,000
14	248990	0,249	3189,239	3,189	4,829	0,108	0	15,401	0,344	0,000
15	238930	0,239	3060,208	3,060	5,209	0,111	0	15,941	0,340	0,000
16	227658	0,228	2917,058	2,917	5,589	0,148	0	16,303	0,425	0,000
17	205518	0,206	2634,652	2,635	6,347	0,419	0	16,722	1,098	0,000
18	194683	0,195	2494,690	2,495	6,729	0,475	0	16,787	1,185	0,000
19	183549	0,184	2351,759	2,352	7,109	0,514	0	16,719	1,209	0,000
20	170943	0,171	2190,350	2,190	7,489	0,549	0	16,404	1,203	0,000
21	139118	0,139	1782,565	1,783	8,249	0,629	0	14,704	1,121	0,000
22	120609	0,121	1546,172	1,546	8,629	0,681	0	13,342	1,053	0,000
23	100833	0,101	1292,607	1,292	9,009	0,733	0	11,640	0,947	0,000
24	81016	0,081	1038,085	1,038	9,389	0,789	0	9,747	0,819	0,000
25	59907	0,060	767,508	0,768	9,769	0,856	0	7,499	0,657	0,000
26	17328	0,017	222,029	0,222	10,529	0,989	0	2,338	0,220	0,000

TOTAL: 62,420 (de un casco)

248,455 35,036 0,000

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Varengas Fondo	3,980	0,561	0,000	124,840

b) Cuadernas Costado:

NOTA: Por simetría calcularemos las Cuadernas de Costado de una banda y la multiplicaremos por dos (T.C.G = 0 por simetría)

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	585,3
2	790,3
3	921,6
4	990,5
5	1092,5
6	1119,7
7	1144,6
8	1156,1
9	1161,5
10	1168,5
11	1172,8
12	1178,3
13	1184,5
14	1189,8
15	1193,4
16	1196,8
17	1208,6
18	1216
19	1223,1
20	1229
21	1237,3
22	1240,3
23	1242,5
24	1244,7
25	1248,2
26	1248,5

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	6
t2	6
c	40
h	33
w	106
F	20

P Lam Cost (gr / m2): 9120,00

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	91308,8	0,091	832,718	0,833	-0,871	1,521	0	-0,725	1,267	0,000
2	124090,8	0,125	1137,180	1,137	-0,491	1,626	0	-0,559	1,849	0,000
3	143769,6	0,144	1311,179	1,311	-0,111	1,684	0	-0,148	2,208	0,000
4	162968	0,163	1394,977	1,395	0,269	1,714	0	0,375	2,391	0,000
5	168916,8	0,169	1540,521	1,541	1,029	1,765	0	1,585	2,719	0,000
6	174673,2	0,175	1593,020	1,593	1,409	1,783	0	2,244	2,840	0,000
7	178557,6	0,179	1628,445	1,628	1,789	1,795	0	2,913	2,923	0,000
8	180351,6	0,180	1644,807	1,645	2,169	1,800	0	3,567	2,951	0,000
9	181194	0,181	1652,469	1,652	2,549	1,803	0	4,212	2,979	0,000
10	182206	0,182	1662,448	1,662	3,309	1,806	0	5,501	3,002	0,000
11	182968,8	0,183	1668,566	1,669	3,689	1,808	0	6,155	3,017	0,000
12	183814,8	0,184	1676,391	1,676	4,069	1,811	0	6,821	3,036	0,000
13	184762	0,185	1685,212	1,685	4,449	1,815	0	7,498	3,059	0,000
14	185608,8	0,186	1692,752	1,693	4,829	1,817	0	8,174	3,076	0,000
15	186570,4	0,188	1697,874	1,698	5,209	1,819	0	8,844	3,088	0,000
16	186700,8	0,187	1702,711	1,703	5,589	1,820	0	9,515	3,099	0,000
17	188541,6	0,189	1719,499	1,719	6,347	1,826	0	10,914	3,140	0,000
18	189696	0,190	1730,028	1,730	6,729	1,830	0	11,641	3,166	0,000
19	190803,6	0,191	1740,129	1,740	7,109	1,834	0	12,371	3,191	0,000
20	191724	0,192	1748,523	1,749	7,489	1,837	0	13,095	3,212	0,000
21	193018,8	0,193	1759,331	1,760	8,249	1,841	0	14,521	3,241	0,000
22	193486,8	0,193	1784,600	1,786	8,629	1,842	0	15,227	3,259	0,000
23	193830	0,194	1767,730	1,768	9,009	1,843	0	15,925	3,258	0,000
24	194173,2	0,194	1770,860	1,771	9,389	1,844	0	16,627	3,265	0,000
25	194407,2	0,194	1772,894	1,773	9,769	1,845	0	17,320	3,271	0,000
26	194812,8	0,195	1776,693	1,777	10,529	1,846	0	18,707	3,280	0,000

TOTAL: 42,973 (de un casco)

212,323 75,789 0,000

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Cnas. Costado	5,047	1,801	0,000	84,145

c) Cuadernas Casco Central:

Refuerzo:	Longitud (mm):	Dimensiones (mm):		Refuerzo:	Área (mm ²):	Área (m ²):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG
1	2465,2	Y	6,37	1	384571,2	0,385	3507,289	3,507	1,129	1,680	0	3,960	5,892	0,000
2	2465,2	t1	6	2	384571,2	0,385	3507,289	3,507	1,509	1,680	0	5,292	5,892	0,000
3	2465,2	t2	6	3	384571,2	0,385	3507,289	3,507	1,889	1,680	0	6,625	5,892	0,000
4	2465,2	c	40	4	384571,2	0,385	3507,289	3,507	2,269	1,680	0	7,958	5,892	0,000
5	2465,2	h	38	5	384571,2	0,385	3507,289	3,507	2,649	1,680	0	9,291	5,892	0,000
6	2465,2	w	108	6	384571,2	0,385	3507,289	3,507	3,409	1,680	0	11,958	5,892	0,000
7	2465,2	F	20	7	384571,2	0,385	3507,289	3,507	3,789	1,680	0	13,289	5,892	0,000
8	2465,2			8	384571,2	0,385	3507,289	3,507	4,169	1,680	0	14,622	5,892	0,000
9	2465,2	P Lam Cost (gr / m ²): 9120,00		9	384571,2	0,385	3507,289	3,507	4,549	1,680	0	15,955	5,892	0,000
10	2465,2			10	384571,2	0,385	3507,289	3,507	4,929	1,680	0	17,287	5,892	0,000
11	3558,3			11	555084,8	0,555	5062,465	5,062	5,309	1,680	0	28,877	8,505	0,000
12	3590,3			12	560086,8	0,560	5107,992	5,108	5,689	1,681	0	29,059	8,587	0,000
13	3673,8			13	574048,8	0,574	5235,325	5,235	6,447	1,697	0	33,752	8,884	0,000
14	3733,1			14	583209,6	0,583	5319,692	5,320	6,829	1,729	0	36,328	9,198	0,000
15	3904,2			15	593455,2	0,593	5412,311	5,412	7,209	1,814	0	39,017	9,818	0,000
16	3882			16	605592	0,606	5522,999	5,523	7,589	2,004	0	41,914	11,068	0,000
17	569,9			17	88748,4	0,089	806,385	0,809	1,129	1,497	0	0,914	1,212	0,000
18	558,4			18	87110,4	0,087	794,447	0,794	1,509	1,497	0	1,199	1,189	0,000
19	549,6			19	85737,6	0,086	781,927	0,782	1,889	1,497	0	1,477	1,171	0,000
20	543,1			20	84723,6	0,085	772,679	0,773	2,269	1,497	0	1,753	1,157	0,000
21	538,4			21	83990,4	0,084	765,992	0,766	2,649	1,497	0	2,029	1,147	0,000
22	531,1			22	82851,6	0,083	755,607	0,756	3,409	1,497	0	2,576	1,131	0,000
23	525,9			23	82040,4	0,082	748,208	0,748	3,789	1,497	0	2,835	1,120	0,000
24	521,1			24	81291,6	0,081	741,379	0,741	4,169	1,491	0	3,091	1,105	0,000
25	521,1			25	81291,6	0,081	741,379	0,741	4,549	1,514	0	3,373	1,122	0,000
26	528,1			26	82363,6	0,082	751,338	0,751	4,929	1,603	0	3,703	1,204	0,000

TOTAL: 74,386

336,133 126,540 0,000

Resumen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Casco Central	4,518	1,701	0,000	74,396

d) Bulárcamas Centro:

d1) Bulárcama n ° 1:

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	15
t2	15
c	70
h	165
w	240
F	60
L	1098,9

d2) Bulárcama n ° 2:

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	20
t2	20
c	70
h	165
w	220
F	50
L	1299

d3) Bulárcama n ° 3:

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	23
t2	23
c	83
h	165
w	240
F	60
L	1136,2

d4) Bulárcama n ° 4:

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	15
t2	15
c	70
h	165
w	240
F	60
L	817,7

d5) Bulárcama n ° 5:

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	20
t2	20
c	70
h	165
w	220
F	50
L	197,4

Refuerzo:	Area (mm2):	Area (m2):	Peso (gr):	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	571428	0,571	7321,897	7,322	0,747	1,023	0,000	5,469	7,490	0,000
2	649500	0,650	8322,260	8,322	3,928	0,639	0,000	32,698	5,318	0,000
3	605594,8	0,606	7759,685	7,760	6,969	0,362	0,000	54,077	2,809	0,000
4	425204	0,425	5448,281	5,448	7,969	0,651	0,000	43,417	3,547	0,000
5	98700	0,098	1264,676	1,265	10,249	0,985	0,000	12,962	1,246	0,000

P Lam F (gr / m2): 12613,333

TOTAL: 30,117 (de un casco)

148,624 20,410 0,000

Resumen:

Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Bulárcama Centro	4,935	0,678	0,000	60,234

e) Bulárcamas Costado

e1) Bulárcama n ° 1:

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	12
t2	12
c	70
h	104
w	155
F	30
L	1038,5

e2) Bulárcama n ° 2:

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	14
t2	14
c	70
h	104
w	200
F	45
L	1165,4

e3) Bulárcama n ° 3:

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	17,5
t2	17,5
c	83
h	104
w	220
F	45
L	1202,1

e4) Bulárcama n ° 4:

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	12
t2	12
c	70
h	104
w	155
F	30
L	1234

e5) Bulárcama n ° 5:

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	14
t2	14
c	70
h	104
w	200
F	45
L	1247,6

Refuerzo:	Area (mm2):	Area (m2):	Peso (gr):	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	351013	0,351	3201,239	3,201	0,747	1,741	0,000	2,391	5,573	0,000
2	428867,2	0,429	3911,269	3,911	3,929	1,805	0,000	15,367	7,060	0,000
3	458000,1	0,458	4176,961	4,177	6,969	1,823	0,000	29,109	7,615	0,000
4	417092	0,417	3803,879	3,804	7,989	1,839	0,000	30,313	6,995	0,000
5	459116,8	0,459	4187,145	4,187	10,249	1,846	0,000	42,914	7,729	0,000

P Lam Cost (gr / m2): 9120,00

TOTAL: 19,280 (de un casco)

120,095 34,973 0,000

Resúmen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Bulárcama Costado	6,229	1,814	0,000	38,561

f) Mamparos no Estancos:

Espeor , t (mm):

40

Densidad Contrachapado (Kg / m3):

0.51

Mamparo:	Ancho (mm):	Alto (mm):	Area (mm2):	Volúmen (mm3):	Volumen (m3):	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	1787	1003	1792361,000	71694440,000	0,072	0,037	6,862	2,083	-1,662	0,251	0,076	-0,062
2	1787	1003	1792361,000	71694440,000	0,072	0,037	6,862	2,083	-0,02	0,251	0,076	-0,001
3	1787	1003	1792361,000	71694440,000	0,072	0,037	6,862	2,083	0,02	0,251	0,076	0,001
4	1787	1003	1792361,000	71694440,000	0,072	0,037	6,862	2,083	1,682	0,251	0,076	0,062
5	1682	370	622340,000	24893600,000	0,025	0,013	7,736	2,317	-0,841	0,093	0,029	-0,011
6	1682	370	622340,000	24893600,000	0,025	0,013	7,736	2,317	0,841	0,093	0,029	0,011

8414124,000

TOTAL:

0,172

1,200

0,363

0,000

8,414

Resúmen:

Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Mamparos	6,991	2,118	0,000	0,172

1) A. Longitudinal:

a) Longitudinales de Fondo

b) Longitudinales de Costado

c) Longitudinales del Casco Central

$$A = L * (F + h + c + h + F) \text{ (mm}^2\text{)}$$

4

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	11959
2	3028
3	3028
4	8207
5	8207
6	11696
7	11696

Dimensiones (mm):	
T	9,16
t1	8
t2	8
c	60
h	79
w	180
F	45

P Lam F (gr / m2):	12813,333
--------------------	-----------

a) Longitudinales Fondo:

Refuerzo:	Area (mm2):	Area (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	3683372	3,683	47196,273	47,196	5,617	0,6	0,000	265,101	28,318	0,000
2	932624	0,933	11950,022	11,950	5,828	0,409	0,000	69,545	2,384	0,000
3	932624	0,933	11950,022	11,950	5,828	0,409	0,000	69,545	2,384	0,000
4	2527756	2,528	32388,980	32,389	5,546	0,817	0,000	212,018	5,348	0,000
5	2527756	2,528	32388,980	32,389	5,546	0,817	0,000	212,018	5,348	0,000
6	3602368	3,602	46158,342	46,158	5,889	1,222	0,000	271,826	7,196	0,000
7	3602368	3,602	46158,342	46,158	5,889	1,222	0,000	271,826	7,196	0,000

TOTAL:	228,191 (de un casco)	1372,080	58,174	0,000
--------	-----------------------	----------	--------	-------

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Long. Fondo	6,013	0,255	0,000	456,382

b) Longitudinales Costado:

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	11824
2	11824
3	11204
4	11204

Dimensiones (mm):	
T	8,37
t1	8
t2	9
c	48
h	77
w	185
F	50

P Lam Cost (gr / m2):	9120,00
-----------------------	---------

Refuerzo:	Area (mm2):	Area (m2):
1	3570848	3,571
2	3570848	3,571
3	3383608	3,384
4	3383608	3,384

Refuerzo:	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	32566,134	32,566	5,844	1,841	0	190,3	53,4	0,0
2	32566,134	32,566	5,844	1,841	0	190,3	53,4	0,0
3	30858,505	30,859	6,154	2,047	0	189,9	63,2	0,0
4	30858,505	30,859	6,154	2,047	0	189,9	63,2	0,0

TOTAL: 126,849 (un solo casco)

760,430 233,217 0,0

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Long. Costado	5,995	1,839	0	253,699

a) Longitudinales del Casco Central:

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	7414
2	7414
3	7414
4	7414
5	7414

Dimensiones (mm):	
T	6,37
t1	13
t2	13
c	50
h	85
w	190
F	55

P Lam Cost (gr / m2):	9120,000
-----------------------	----------

Refuerzo:	Area (mm2):	Area (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	2446620	2,447	22313,174	22,313	6,064	1,59	1,486	135,307	35,478	33,157
2	2446620	2,447	22313,174	22,313	6,064	1,64	0,740	135,307	36,594	16,512
3	2446620	2,447	22313,174	22,313	6,064	1,64	0,000	135,307	36,594	0,000
4	2446620	2,447	22313,174	22,313	6,064	1,64	-0,740	135,307	36,594	-16,512
5	2446620	2,447	22313,174	22,313	6,064	1,59	-1,486	135,307	35,478	-33,157

TOTAL:	111,566
---------------	----------------

676,535	180,737	0,000
----------------	----------------	--------------

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Long. Fondo	6,064	1,620	0,000	111,566

3. Cubierta y Superestructura:

- a) Cubierta
- b) Baos
- c) Vigas de Cubierta
- d) Reforzados PVC Cubierta

Tabla 2.7.1 : Peso del laminado de la cubierta superior, en embarcaciones a motor, veleros y auxiliares:

Eslora L (m)	Espacio básico del Bao (m)	Peso de la Cubierta (gr / m ²)
10	400	2050
11,7	408,5	2135
12	410	2150

Elemento:	Laminado (gr / m ²):	Resina (gr / m ²):
Mat	500	440
Tejido	300	500

Area Cubierta (m ²):	55,687
----------------------------------	--------

Mat (gr / m ²):	Tej (gr / m ²):
300	450
500	450
500	450
300	

1600	1350
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m ²)	1173,333
Resina del Tejido (gr / m ²)	2250,000

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m ²):	2773,333
Peso Tej (gr / m ²):	3600,000

Peso Lam. Cubierta (gr / m²): 6373,333

Peso Lam. Cubierta (gr): 354911,813

Peso Lam. Cubierta (Kg):	354,912
--------------------------	---------

Elemento:	Area Cta. (m ²):	Area Ref. Especial (m ²):	Area Resultante (m ²):	Espesor (m):	Volúmen (m ³):	Densidad (Kg / m ³):	Peso (Kg):
PVC	55,687	2,237	53,45	0,015	0,80175	80	64,140

Elemento:	Peso (Kg):
Laminado	354,912
PVC	64,140

TOTAL:	419,052
--------	---------

Resúmen:				
Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):
Cubierta	419,052	6,604	3,068	0

b) Baos:

d1) Bao n° 1:

Dimensiones (mm) :	
T	4,87
t1	9,5
t2	9,5
c	70
h	75
w	290
F	100
L	1368

d3) Bao n° 3:

Dimensiones (mm) :	
T	4,87
t1	11,5
t2	11,5
c	83
h	85
w	317
F	105
L	1377

d1) Bao n° 4:

Dimensiones (mm) :	
T	4,87
t1	9,5
t2	9,5
c	70
h	75
w	290
F	100
L	1031

d) Bao n° 2:

Dimensiones (mm) :	
T	4,87
t1	10
t2	10
c	70
h	81
w	300
F	105
L	1459

d4) Bao n° 5:

Dimensiones (mm) :	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	70
h	65
w	180
F	45
L	250

P Lam Cbta (gr / m2): 6373,3333

Bao :	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	574560	0,575	3681,862	3,682	0,647	2,223	0,000	2,369	8,140	0,000
2	644878	0,645	4110,022	4,110	2,928	2,347	0,000	12,038	9,648	0,000
3	637551	0,638	4083,325	4,083	5,968	2,382	0,000	24,254	8,679	0,000
4	433020	0,433	2759,781	2,760	7,889	2,418	0,000	21,717	6,673	0,000
5	72500	0,073	462,067	0,462	10,149	2,437	0,000	4,890	1,126	0,000

TOTAL: 15,057 (de un solo casco)

65,088 35,265 0

Resumen:

Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Baos	4,321	2,342	0	30,114

c) Vagras de Cubierta:

C.1) Vagra n° 1:

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	100
h	95
w	190
F	30
L	1767

C.4) Vagra n° 4:

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	5
t2	5
c	100
h	100
w	210
F	40
L	1830

C.2) Vagra n° 2:

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	7,5
t2	7,5
c	100
h	100
w	220
F	50
L	2211

C.5) Vagra n° 5:

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	7,5
t2	7,5
c	100
h	100
w	230
F	55
L	2210

C.3) Vagra n° 3:

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	14
t2	14
c	100
h	100
w	290
F	80
L	2970

C.6) Vagra n° 6:

Dimensiones (mm):	
T	4,87
t1	4
t2	4
c	100
h	80
w	168
F	30
L	630

P Lam Cta (gr / m2): 5373

Vagra :	Area (mm2)	Area (m2)	Peso (gr)	Peso (Kg)	Peso (x2)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	P * LCG	P * VCG	P * TCG
1	618450	0,618	3941,588	3,942	7,883	-0,271	2,411	0,000	-2,136	19,006	0,000
2	884400	0,884	5636,578	5,637	11,273	1,788	2,414	0,000	20,156	27,213	0,000
3	1366200	1,366	8707,248	8,707	17,414	4,449	2,414	0,000	77,477	42,039	0,000
4	695400	0,695	4432,016	4,432	8,864	6,805	2,414	0,000	60,320	21,398	0,000
5	906100	0,906	5774,877	5,775		9,009	2,384	0,000	52,026	13,767	0,000
6	201600	0,202	1284,864	1,285		10,368	2,403	0,000	13,321	3,088	0,000

TOTAL:	52,495 (en un solo casco)	221,164	126,511	0,000
---------------	---------------------------	---------	---------	-------

Resumen:				
Elemento:	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	Peso (Kg)
Vagras Cta.	4,213	2,410	0,000	104,968

d) Reforzados PVC Cubierta:

Elemento:	Área (mm2):	Espesor (mm):	Volúmen (mm3):	Volúmen (m3):	Densidad PVC (Kg / m3)	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Escota Mayor y Carro	246002	15	3690030	0,004	150	1,107	0,516	2,472	0	0,571	2,737	0,000
Winche Popa (x2)	114864	15	1722960	0,002	150	0,517	1,363	3,214	0	0,705	1,661	0,000
Organizer (x2)	66824	15	1002510	0,001	150	0,301	2,317	3,228	0	0,697	0,971	0,000
Winche Centro (x2)	114864	15	1722960	0,002	150	0,517	3,438	3,400	0	1,777	1,757	0,000
Carro Génova (x2)	31688	15	475320	0,000	150	0,071	4,546	3,626	0	0,324	0,259	0,000
Foot Block (x2)	36534	15	548010	0,001	150	0,164	5,234	2,885	0	0,860	0,474	0,000
Carro Foque (x2)	162112	15	2431680	0,002	150	0,365	6,228	3,145	0	2,272	1,147	0,000
Pad Eye (x2)	7850	15	117750	0,000	150	0,035	8,952	2,900	0	0,352	0,102	0,000
Bowsprit	27282	15	409380	0,000	150	0,061	9,955	2,985	0	0,611	0,177	0,000
Mástil	45345	15	680175	0,001	150	0,102	6,291	1,663	0	0,642	0,179	0,000
Escotilla C* M* (x2)	351892	15	5278380	0,005	150	0,792	0,513	2,737	0	0,406	2,167	0,000
Escotilla Pp (x2)	417924	15	6268860	0,006	150	0,940	1,574	3,184	0	1,460	2,975	0,000
Escotilla Central (x2)	417924	15	6268860	0,006	150	0,940	4,145	3,663	0	3,898	3,444	0,000
Escotilla Pr (x2)	417924	15	6268860	0,006	150	0,940	6,003	2,900	0	6,491	2,727	0,000
Pañoles (x2)	533632	15	8004480	0,008	150	2,401	7,380	2,687	0	17,722	6,452	0,000

TOTAL (mm2): 2992681

TOTAL: 9,255

36,808 27,221 0,000

TOTAL (m2): 2,993

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Ref. PVC Cubierta	4,193	2,941	0,000	9,255

4. Tabla Resumen:

Estructura:							
Elemento:	Peso (Kg):	LCG:	VCG:	TCG:	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Costados	506,570	5,199	1,803	0,000	2633,660	913,346	0,000
Fondo	367,358	5,301	0,881	0,000	1947,366	323,643	0,000
Quilla	100,851	4,825	0,239	0,000	486,604	24,103	0,000
A. TRANSVERSAL							
Varengas Fondo	124,840	3,980	0,561	0,000	496,911	70,072	0,000
Cnas. Costado	84,145	5,047	1,801	0,000	424,647	151,577	0,000
Cnas. Casco Central	74,396	4,518	1,701	0,000	336,133	126,540	0,000
Bulárcamas Centro	60,234	4,935	0,678	0,000	297,248	40,820	0,000
Bulárcamas Costado	38,561	6,229	1,814	0,000	240,190	69,945	0,000
Mamparos NO Estancos	0,172	6,991	2,116	0,000	1,200	0,363	0,000
A. LONGITUDINAL							
Longit. Fondo	456,382	6,013	0,255	0,000	2744,161	116,346	0,000
Longit. Costado	253,699	5,995	1,839	0,000	1520,879	466,434	0,000
Longit. Casco Central	111,566	6,064	1,620	0,000	676,535	180,737	0,000
CBTA. Y SUPERESTRUC.							
Cubierta	419,052	6,604	3,068	0,000	2767,418	1285,651	0,000
Baos	30,114	4,321	2,342	0,000	130,135	70,520	0,000
Vagras Cubierta	104,989	4,213	2,410	0,000	442,326	253,022	0,000
Reforzados P.V.C	9,255	4,193	2,941	0,000	38,608	27,221	0,000
TOTAL:		2742,183			15184,223	4120,352	0,000

Resumen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Estructura	6,161	1,503	0,000	2742,183

HABILITACION:**a) Pique Popa:**

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Escaleras (x2)	24	-0,507	1,884	0	-12,168	45,216	0
TOTAL:	24				-12,168	45,216	0

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Pique Popa	-0,507	1,884	0	24,000

b) Bañera:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Asientos pilotaje	24	2,378	3,214	0	57,072	77,136	0
Cojines asientos	3	2,378	3,189	0	7,134	9,567	0
Mesa	13	1,874	2,27	0	24,362	29,51	0
Estructura Seguridad	10	2,06	3,613	0	20,6	36,13	0
Asientos de la bañera	60	1,507	2,447	0	90,42	146,82	0
Cojines asientos bañera	8	1,507	2,245	0	12,056	17,96	0
TOTAL:	118				211,644	317,123	0

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Bañera	1,794	2,687	0,000	118,000

c) Camarotes Popa:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Cama	44	2,122	1,225	0	93,368	53,9	0
Asiento	24	2,953	1,500	0	70,872	36	0
Armarios	18	3,28	2,299	0	59,04	41,382	0
Colchón y mantas	18	2,122	1,422	0	38,196	25,596	0
TOTAL:	104				261,476	156,878	0
TOTAL (x2):	208				522,952	313,756	0

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Camarotes Pp	2,514	1,506	0,000	208,000

d) Cuartos de Baño:

Elemento:	Peso (Kg.)	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Ducha	20	6,028	1,835	0	120,56	36,7	0
WC	10	5,65	1,326	0	56,5	13,26	0
Lavabo	10	5,315	1,816	0	53,15	18,16	0
Armario lavabo	5	5,3	1,415	0	26,5	7,075	0
Toallero	2,5	5,65	1,835	0	14,125	4,5875	0

TOTAL: 47,5

270,835 79,7825 0

TOTAL (x2): 95

541,67 159,565 0

Resumen:

Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Cuartos Baño	5,702	1,680	0,000	95,000

e) Mesa Cartas:

Elemento:	Peso (Kg.)	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Mesa	15	6,528	2,496	-0,408	97,92	37,44	-6,12
Silla	8	6,163	2,265	-0,408	49,304	18,12	-3,264
Tablero Lateral	5	6,569	2,574	-0,408	32,845	12,87	-2,04
Radar	7	6,833	2,540	-0,408	47,831	17,78	-2,856
Radio	7	6,833	2,540	-0,308	47,831	17,78	-2,156
Cuadro de Mando	20	6,163	2,496	-0,408	123,26	49,92	-8,16

TOTAL: 62

368,991 153,91 -24,595

Resumen:

Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Mesa Cartas	6,435	2,482	-0,397	62,000

f) Salón:

Elemento:	Peso (Kg.)	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Armarios	60	6,442	3,092	1,449	386,52	185,52	86,94
Sofá	45	6,616	2,574	1,403	297,72	115,83	63,135
Mesa	23	5,83	2,315	0,538	134,09	53,245	12,374
Desaguedero	4	4,28	1,665	1,63	17,12	6,66	6,52

TOTAL: 132

835,45 361,255 168,969

Resumen:

Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Salón	6,329	2,737	1,280	132,000

g) Cocina:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Encimera	50	4,374	2,534	-0,847	218,7	126,7	-42,35
Despensa	15	4,374	2,657	-1,38	65,61	39,855	-20,4
Fregadero	7	5,973	2,475	-1,441	41,811	17,325	-10,087
Amarillo almacén	35	6,674	2,976	-1,989	233,59	104,16	-69,615
Lavadora	55	5,973	2,094	-1,441	328,515	115,17	-79,255
Lavavajillas	50	4,374	2,187	-1,847	218,7	109,35	-92,35
Microondas	18	4,374	2,821	-1,928	78,732	47,178	-34,668
Armarlo	40	6,674	2,976	-1,859	266,96	119,04	-74,36
Frigonífico	50	4,374	2,187	-1,583	218,7	109,35	-79,15

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Cocina	5,223	2,463	-1,569	320,000

TOTAL:

320

1671,318

788,128

-502,235

h) Camarotes Proa:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Cama	44	7,697	1,225	0	338,668	53,9	0
Colchón y mantas	18	7,697	1,422	0	138,546	25,596	0

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Camarotes Pr	7,697	1,282	0,000	124,000

TOTAL:

62

477,214

79,496

0

TOTAL (x2):

124

954,428

158,992

0

i) Pique Proa:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG :	Peso * VCG :	Peso * TCG :
Estructura seguridad	10	8,184	2,885	0,000	81,84	28,85	0
Ancla y cadena	112,5	8,542	2,374	0,845	960,975	267,075	95,0625
Molinete	18	8,098	2,472	0,148	145,764	44,496	2,664
Caja Cadenas	70	7,525	2,189	0,441	526,75	153,23	30,87

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Pique Proa	8,149	2,345	0,611	210,500

TOTAL:

210,5

1715,329

493,651

128,5965

Habilitación:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Pique popa	24	-0,507	1,884	0,000	-12,168	45,216	0,000
Bañera	118	1,794	2,687	0,000	211,644	317,123	0,000
Camarotes popa	208	2,514	1,508	0,000	522,952	313,756	0,000
Cuartos de Baño	95,000	5,702	1,680	0,000	541,670	159,565	0,000
Mesa Cartas	62	6,435	2,482	-0,397	398,991	153,910	-24,598
Salón	132	6,329	2,737	1,280	835,450	361,255	168,969
Cocina	320	5,223	2,463	-1,569	1671,318	788,128	-502,235
Camarote Proa	124	7,697	2,345	0,611	954,428	290,797	75,753
Pique Proa	210,5	8,149	2,345	0,611	1715,329	493,651	128,597
Suelo	437,580	3,621	1,325	0,000	1584,477	579,794	0,000

TOTAL: 1731,08

8424,091 3503,194 -153,513

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Habilitación:	4,866	2,024	-0,089	1731,080

Instalaciones:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Motor	158	0,637	1,206	0,000	100,646	190,548	0,000
Hélice	8	0,175	0,566	0,000	1,400	4,528	0,000
Baterías (X2)	47,4	2,145	1,749	0,000	101,673	82,903	0,000
Guardabaterías (X2)	3,4	2,443	1,720	0,000	8,306	5,848	0,000
Cableado	20	5,127	0,985	0,000	102,540	19,700	0,000
Tuberías	25	7,703	0,792	0,000	192,575	19,800	0,000
Desalinizadora (X2)	20	9,999	1,135	0,000	199,980	22,700	0,000
Calentador (x2)	30	8,119	1,130	0,000	243,570	33,900	0,000
Bombas agua (x2)	25	8,608	1,085	0,000	220,200	27,125	0,000
Tanques aguas sucias (x2)	6	5,487	0,740	0,000	32,922	4,440	0,000
Tanques aguas sanitarias (x2)	7	6,161	0,741	0,000	43,127	5,187	0,000
Pala timón	5	0,000	0,615	0,000	0,000	3,075	0,000
Tanques combustible (X2)	7	1,260	1,960	0,000	8,820	13,720	0,000
Tanques agua (X2)	8	9,450	1,312	0,000	75,600	10,496	0,000

TOTAL:

369,8

1331,3592

443,9696

0

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Instalaciones	3,600	1,201	0,000	369,800

Equipos de cubierta:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m)	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Carro mayor	35	0,416	2,672	0	14,56	93,52	0
Winches popa (x2)	90	1,263	3,414	0	113,67	307,26	0
Carros génova (x2)	30	6,426	3,626	0	193,38	108,78	0
Winches centrales (x2)	90	8,338	3,600	0	570,42	324	0
Organizer (x4)	40	3,217	3,428	0	128,68	137,12	0
Stand up block (x2)	10	5,987	2,938	0	59,87	29,38	0
Foot block (x2)	30	7,134	3,885	0	214,02	116,55	0
Pad eye (x2)	4	10,852	3,900	0	43,408	15,6	0
Carro foque (x2)	30	8,128	3,345	0	243,84	100,35	0
Crossbeam	34,53	10,855	2,885	0	374,82315	99,61905	0
Tangón retráctil	10	11,114	2,833	0	111,14	28,33	0
Winch tangón retráctil	20	11,857	2,930	0	233,14	58,6	0
Winch proa	45	9,855	2,830	0	443,475	127,35	0
Puerta acceso Interior	20	4,181	2,534	0	83,62	50,68	0
Checks / fairleads (x18)	90	5,566	2,709	0	500,94	243,81	0
Ruedas timón (x2)	30	4,086	3,387	0	122,58	101,61	0
Gabotaja	140	3,642	3,613	0	509,88	505,82	0
Stachion base (x10)	25	5,566	3,118	0	139,15	77,95	0
Agarres estays (x4)	60	5,394	2,980	0	323,64	178,8	0
Agarres obenquos (x2)	30	3,710	2,980	0	111,3	89,4	0

TOTAL:	863,53				4535,5362	2794,5291	0
---------------	---------------	--	--	--	------------------	------------------	----------

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m)	Peso (Kg):
Eq. Cubierta	5,252	3,236	0,000	863,530

Aparejos y Velas:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Mástil	250,000	6,038	11,129	0,000	1509,500	2782,250	0
Botavara	27,121	3,543	4,489	0,000	96,090	121,748	0
Backstay	14,000	10,633	9,84	0,000	148,862	137,760	0
Stay	18,000	8,873	9,918	0,000	159,714	178,524	0
Obenquillos	12,489	5,596	10,144	0,000	69,777	126,486	0
Obenques	14,387	5,596	10,135	0,000	80,510	145,812	0
Crucetas	6,136	5,943	9,975	0,000	36,466	61,213	0
Velas de Proa	55,000	7,409	7,726	0,000	407,495	424,930	0
Mayor	25,000	4,025	9,271	0,000	100,625	231,775	0
Cabotaje	75,014	5,943	2,938	0,000	445,808	220,391	0

TOTAL:	497,127				3054,846	4430,887	0
---------------	----------------	--	--	--	-----------------	-----------------	----------

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Aparejo Velas	6,145	8,913	0	497,127

Peso en Rosca:

Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Estructura	2742,183	6,161	1,503	0,000	16895,345	4120,352	0,000
Habilitación	1731,080	4,866	2,024	-0,089	8424,091	3503,194	-153,513
Instalaciones	369,800	3,600	1,201	0,000	1331,359	443,970	0,000
Equipos cubierta	883,530	5,252	3,236	0,000	4535,536	2794,529	0,000
Aparejo y velas	497,127	6,145	8,913	0,000	3054,846	4430,887	0,000
10% Margen	620,372	6,328	1,562	0,000	3925,714	969,021	0,000

TOTAL:	6824,092				38166,892	16261,953	-153,513
---------------	-----------------	--	--	--	------------------	------------------	-----------------

Peso en Rosa:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
P. Rosca	5,693	2,383	-0,022	6824,092

Condición Mínima Operativa

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
P. Rosca	6824,092	5,593	2,363	-0,022	38166,892	16261,953	-153,513
Minima Tripulación (4)	600	3,827	3,349	0,000	2296,200	2009,400	0,000
Equipos Seguridad	90,250	7,600	2,635	0,000	685,900	237,809	0,000
Prov. NO Consumibles	21,700	5,781	2,635	0,000	125,448	57,180	0,000
Balsa Salvamento	53,2	9,909	2,642	0,000	527,159	140,554	0,000
TOTAL:	7589,242				41801,599	18706,896	-153,513

Carga Mínima Operativa:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,508	2,466	-0,020	7589,242

Nota: Condición Mín. Operativa según la Normativa UNE-EN ISO 12217-2 Norma Española
 Título: Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad

→

Condición Carga Máxima Total

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
P. Rosca	6824,092	5,593	2,383	-0,022	38166,892	16261,953	-153,513
Máxima Tripulación (12)	1800	3,827	3,349	0	6888,600	6028,200	0,000
Equipos Seguridad	90,250	7,600	2,635	0,000	685,900	237,809	0,000
Prov. NO Consumibles	21,700	5,781	2,635	0	125,448	57,180	0,000
Balsa Salvamento	53,2	9,909	2,642	0	527,159	140,554	0,000
Cap. Combustible	216	1,882	1,959	0	406,512	423,144	0,000
Cap. Agua	442	10,074	1,312	0	4452,708	579,904	0,000

TOTAL:	9447,242				51253,219	23728,744	-153,513
---------------	-----------------	--	--	--	------------------	------------------	-----------------

Carga Máxima Total:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,425	2,512	-0,016	9447,242

Nota: Condición Carga Max. Total según la Normativa UNE-EN ISO 12217-2 Norma Española
Título: Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad

12. CÁLCULO DE RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN.

De este capítulo simplemente comentar, que según el estudio estadístico la potencia estimada para esta embarcación es de 2x30HP. He considerado como adecuado este valor tras llevar a cabo una estimación de las posibles rutas de tránsito de este barco y su autonomía.

La mayor razón para calcular la resistencia que ofrece una embarcación, no es otra que la de obtener el sistema propulsor de mejor rendimiento y prestaciones. Dadas las características del proyecto, la principal forma de propulsión es a vela, mientras que el motor representa una forma de propulsión secundaria o complementaria de la primera. Por lo tanto no se considera necesario realizar un estudio preciso de la resistencia ofrecida por la obra viva de este proyecto.

De la base de datos realizada anteriormente, se escogen aquellos catamaranes más similares al presente diseño (sobretudo considerando la eslora de flotación y el desplazamiento), y a partir de esta selección, se deducen: motor, reductora y hélice necesarios.

Catamarán	Eslora Flotación (m)	Desplazamiento (Kg)	Motor Diesel
Lagoon 410-S2	11,67	7240	2x40 hp
Fidji 39	11,40	7000	2x18 hp
Nautitech 40	11,50	6600	2x30 hp
Nautitech 39S	11,30	6600	2x27 hp
Privilege 39S	10,37	7500	2x28 hp
Prout Escale 39	10,66	7100	2x30 hp
Lavezzi 40	10,97	6200	2x20 hp
Lady of the Dawn	11,17	7530	2x30 hp
Catana 381	11,10	5800	2x20 hp
Athena 38	11,00	5830	2x20 hp
Northern Light 38	10,40	7000	2x20 hp
Lagoon 380-S2	11,00	7120	2x18 hp
Azuli 37	10,66	5000	2x10 hp

Teniendo todo esto en cuenta, y tras buscar referencias en diversas revistas y páginas de Internet, he tomado como motor para mi embarcación un Volvo Penta D1-30, y como hélice tras realizar varias consultas y en especial tras haber logrado contactar con el comercial de la casa Max-Pro, se ha optado por una hélice de dos palas de bronce, de la casa Max-Pro de 12x9 Siendo de 12 (en pulgadas) el diámetro de la misma y 9 el pitch o lanzada de la hélice, por lo que la hélice recorrería una distancia de 9 pulgadas en una revolución.

El motor diesel D1-30 ha sido diseñado con la prioridad de alcanzar el más alto nivel de confort a bordo. El bajo régimen de revoluciones a la velocidad de crucero brinda una marcha silenciosa y de bajas vibraciones, así como unas emisiones de escape mínimas. Su

tamaño compacto se traduce en facilidad de instalación, y el alternador de 115A con sensor de carga incorporado proporciona cargas rápidas para las necesidades de corriente a bordo. Todo ello introduce un nuevo estándar en confort a bordo.

En la ficha técnica del motor, obtenida directamente del fabricante, se pueden ver todas las características técnicas del motor, así como unas gráficas correspondientes a la Potencia, el Par medio en el cigüeñal, y el consumo de combustible.

La ficha técnica del motor, así como algunos datos de la hélice están adjuntos en el **APÉNDICE VIII.**

APÉNDICE VIII

SISTEMAS DE MOTORIZACIÓN

VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

D1-30

20,9 kW (28,4 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

¡Ahora con
instrumentos EVC!

La serie D1 y D2 - un nuevo estándar en confort a bordo

Los motores diesel marinos de Volvo Penta D1 y D2 han sido diseñados con la prioridad de alcanzar el más alto nivel de confort a bordo.

El bajo régimen de revoluciones a la velocidad de crucero brinda una marcha silenciosa y de bajas vibraciones así como unas emisiones de escape mínimas. Su tamaño compacto se traduce en facilidad de instalación, y el alternador de 115A con sensor de carga incorporado proporciona cargas rápidas para las necesidades de corriente a bordo. Todo ello introduce un nuevo estándar en confort a bordo.



D1-30 con inductor MS15A



La base de motor ha sido desarrollada para aplicaciones industriales en servicio continuo y medio, y ha sido marinizado para responder a las más altas demandas marinas. Esto garantiza un motor fiable y de máxima duración.

Duración

D1-30 tiene como equipo de serie refrigeración por agua dulce, lo que reduce la formación de corrosión en el interior del motor permitiendo a éste trabajar a temperatura óptima y constante en cualquier circunstancia.

Para evitar la corrosión galvánica el motor lleva un original sistema de aislamiento eléctrico entre el motor y la cola.

Confort

Con el diseño de equilibrado dinámico y un volante de gran masa y eficaz aislamiento de goma se obtiene un funcionamiento estable y una transmisión mínima de vibraciones al casco.

Este nuevo motor, con cámaras de combustión reajustadas y menor régimen de funcionamiento - 2800-3200 rpm - junto con un nuevo silenciador de toma de aire, para conseguir un mayor confort a bordo. El nivel de ruidos se ha reducido en 3-4 dBA.

El elevado par del motor redundará en unas excelentes cualidades para maniobrar, lo que es particularmente útil en puertos estrechos, etc.

Además hay un gran número de accesorios que hacen más cómoda la vida a bordo.

Capacidad de carga

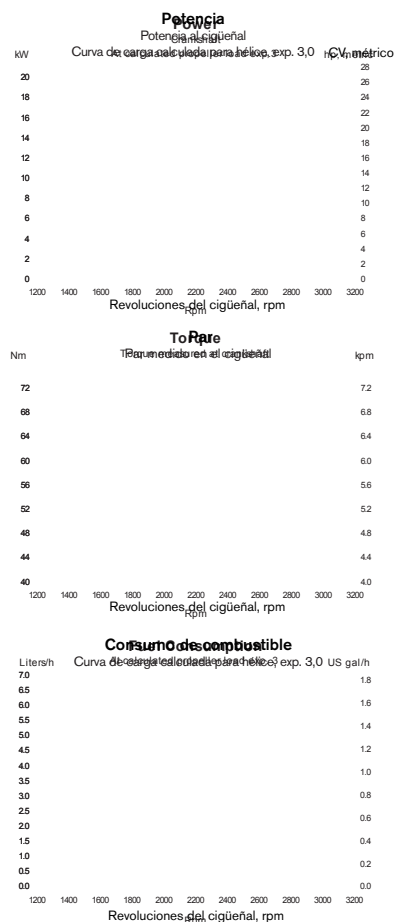
El nuevo alternador de 115A con sensor de carga integrado permite utilizar a bordo baterías de mayor capacidad completamente cargadas. Incluso al ralentí, el alternador suministra más de 35A, 100A aproximadamente a régimen de crucero.

Transmisiones

Hay seis transmisiones diferentes para su motor, todas diseñadas para larga duración y un suave funcionamiento.

Ambiente

Una avanzada tecnología hace que la combustión sea más eficaz, reduciéndose así al mínimo las emisiones de escape nocivas haciendo más agradable la vida en el mar. El D1-30 se certifica según BSO, SAV, EU RCD y USEPA.



D1-30

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque de cilindros y culata de hierro de fundición de gran calidad. Bancada rígida tipo túnel
- Cigüeñal forjado de cromo al molibdeno, equilibrado estáticamente y dinámicamente con contrapesos integrados. Pistones de aluminio con elevado contenido de silicio, térmicamente tratados y provistos con dos aros de compresión de hierro de fundición cromado y un aro de aceite
- Asientos de válvula cambiables y templados
- Acoplamiento elástico en el volante del motor

Tacos para el motor

- Tacos de goma ajustables para delante y detrás

Sistema de lubricación

- Filtro de paso total tipo "spin-on"
- Tubo separado para el vaciado de aceite
- Ventilación del cárter tipo cerrado

Sistema de combustible

- Bomba de inyección recta montada en brida accionada por el árbol de levas del motor
- Bomba de alimentación y cebador manual
- Filtro fino de combustible del tipo "spin-on"

Sistema de escape

- El colector de escape está refrigerado por agua dulce y el codo por agua salada

Sistema de refrigeración

- Por agua dulce, de control termostático
- Cambiador de calor tubular y depósito de expansión incorporado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Bomba de agua salada y rodete fácilmente accesibles

Sistema eléctrico

- 12V, protegido contra corrosión
- Alternador de 14V/115A adaptado a uso marino
- Regulador de carga con sensor electrónico para compensar pérdidas de tensión
- Bujía de incandescencia para arranques en frío sin problemas
- Motor de arranque eléctrico
- Paro eléctrico
- Cables de prolongación con conexión rápida de diferente longitud

Instrumentos EVC

- Interruptor arranque y parada
- Tacómetro con visualización de alarmas y cuentas horas motor

Opciones:

- Instrumentos separados para:
 - Nivel de combustible
 - Temperatura de refrigerante
 - Voltímetro

- Panel LCD con multisensor
- Interfase NMEA permite compartir datos del motor con el plotter

Opciones de transmisión:

- Cuerpo de aleación de aluminio fundida
- Embrague multidisco mecánico
- Acoplamiento deslizante incorporado que protege contra sobrecargas

MS10A – inversor con eje de salida en ángulo de 8°.

- Ratio: 2,35:1/2,70:1 (Giro dcha/izq.).

MS10L – inversor con salida recta.

- Ratio: 2,35:1/2,26:1 (Giro dcha/izq.).

MS15A – inversor con eje de salida en ángulo de 8°.

- Ratio: 2,63:1/1,96:1 (Giro dcha/izq.).

MS15L – inversor con salida recta.

- Ratio: 2,63:1/1,96:1 (Giro dcha/izq.).

Cola 130S y 130SR para instalación inverso del motor.

- Ratio: 2,19:1.

Accesorios

- Mandos del motor y sistema de dirección
- Batería e interruptor
- Sistema para agua caliente
- Depósitos de expansión separados
- Toma de agua de refrigeración, filtro de agua marina y mangueras
- Sistema de escape y piezas de paso para el mismo
- Sistema de combustible, incl. filtro, tuberías, etc.
- Sistema de ejes para hélices y hélices
- Productos químicos – pinturas, aceites, detergentes, etc.

Datos Técnicos

Modelo.....	D1-30
Potencia al cigüeñal, kW (CV).....	20,9 (28,4)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV).....	20,1 (27,3)
Revoluciones, rpm.....	2800-3200
Cilindrada, l.....	1,13
Número de cilindros.....	3
Diámetro cilindros/carrera, mm.....	77/81
Relación de compresión.....	23,5:1
Peso en seco con inversor MS10A/MS10L, kg.....	145/144
inversor MS15A/MS15L, kg.....	157/156
Peso en seco con cola 130S, kg.....	158

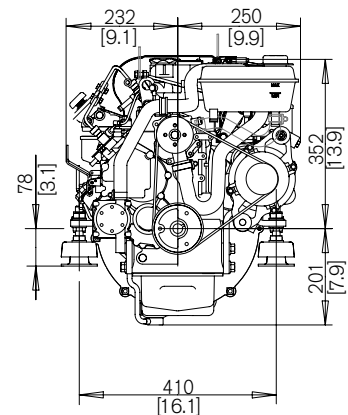
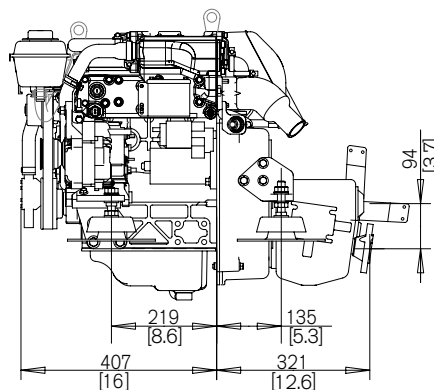
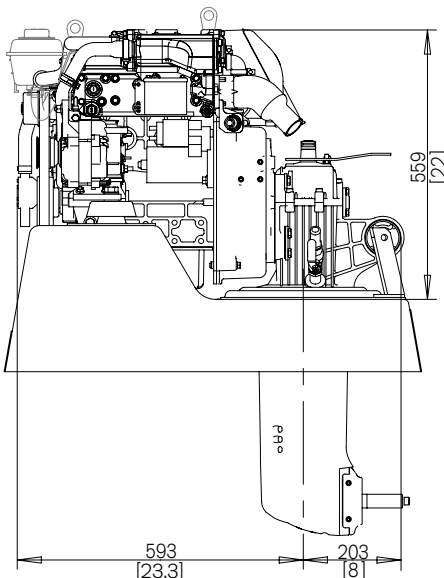
Potencia: R5

Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible.

El motor se certifica según BSO, SAV, EU RCD y US EPA.

Dimensiones D1-30/MS15A/130S

No para instalación



Contacte a su concesionario Volvo Penta para más información.

No todos los modelos, equipamiento de serie y accesorios están disponibles en todos los países. Las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso.

Las especificaciones del motor ilustrado pueden discrepar algo de las de serie.

VOLVO PENTA

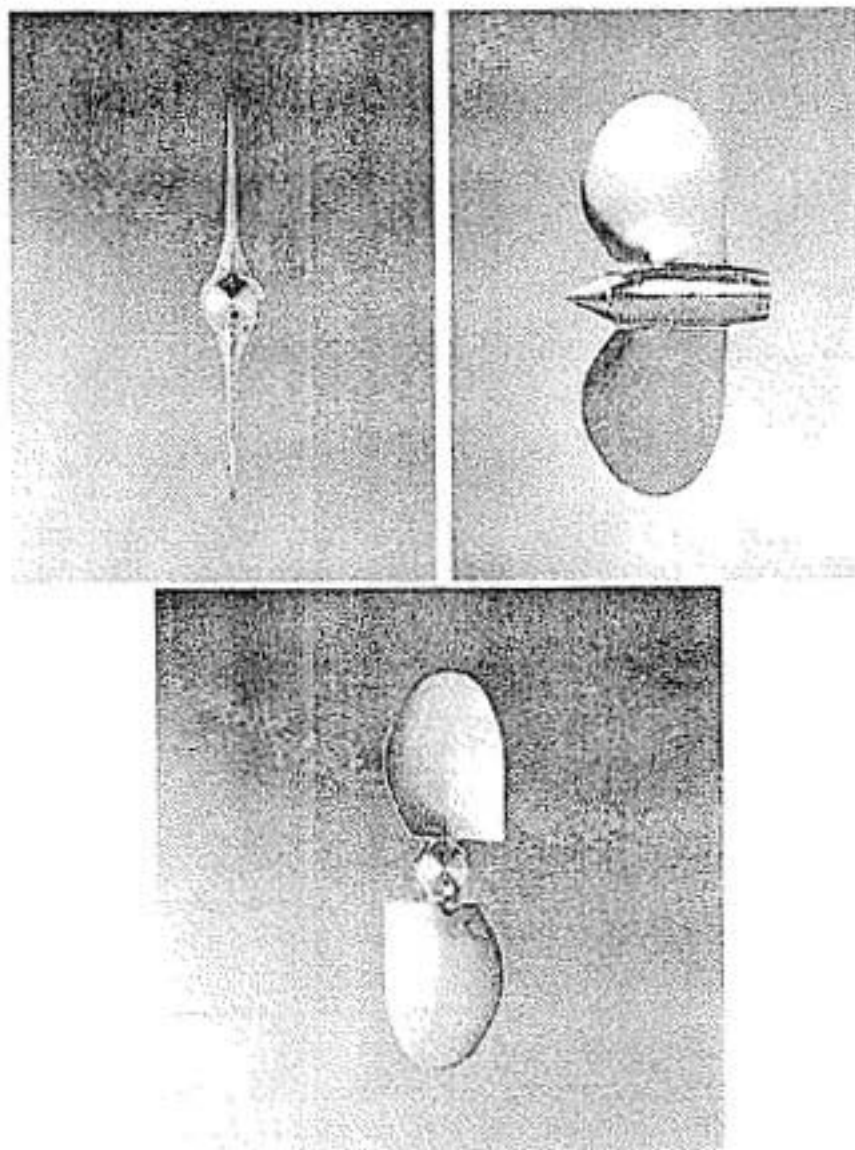
AB Volvo Penta
SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

El nuevo modelo de dos palas ofrece la máxima hidrodinámica posible en el mercado cuando se encuentra en su posición de "bandera" e igualmente dispone de una precisión en el paso sobresaliente. Aun así debemos destacar que al contrario que otros tipos de hélices, las Máx Prop no abren las palas mediante fuerza centrífuga y por tanto no precisan de fuertes aceleraciones ni de golpes bruscos.

Con el primer medio giro del eje, ya sea marcha adelante o marcha atrás, la hélice se sitúa en la posición y el paso adecuado, colocándose las palas en el asiento adecuado. De esa forma se obtiene un excelente resultado en la maniobra. La "Max-Prop" 2 palas tuvo a mitad de los años 70 su bautismo sobre barcos de regata altamente competitivos. Tal y como se sabe, las regatas suponen el laboratorio de experimentación de la vela. Hoy por hoy la hélice de dos palas de Max Prop está muy difundida en el mundo de la vela.

La "Max-Prop" 2 palas es líder indiscutible de las hélices de baja fricción y ofrece una amplia maniobrabilidad tanto marcha adelante como marcha atrás.

Esta disponible en diámetros desde las 11 a las 44 pulgadas y para ejes desde los 19 a 65 milímetros, para poderse adaptar a cualquier tipo de embarcación.



13. SISTEMAS DE ABORDO.

Dada la importancia e implicación que ha ido adquiriendo toda la electrónica en lo relativo a la navegación, es lógico que a continuación se proceda a explicar (aunque solo sea de un modo somero) el funcionamiento y tipo de cada uno de los aparatos electrónicos encargados de asistir a la navegación. Conocer el funcionamiento y las clases de estos instrumentos es esencial para una correcta elección de los mismos.

- 13.1 Sistema de Navegación.
- 13.2 Sistema de Combustible.
- 13.3 Sistema de Agua Potable.
- 13.4 Sistema de Aguas Sucias.

13.1 Sistema de Navegación.

El catamarán estará dotado de los siguientes sistemas de navegación:

13.1.1 VHF y Comunicaciones en la Mar.

Primero se debe escoger entre usar las VHF fijas y las VHF portátiles y para ello es necesario comentar las peculiaridades de cada una.

Las portátiles son ideales para la radiocomunicación y seguridad en embarcaciones pequeñas, además son útiles como complementos de barcos dotados de una fija. Sus inconvenientes son: autonomía y potencia limitadas.

Las fijas permiten un alcance instantáneo con los socorros (por el canal 16) la recepción de boletines meteorológicos y de avisos urgentes y la comunicación con otras estaciones. Su potencia máxima autorizada es de 25W con un máximo de 55 canales. Una doble o triple escucha permite la vigila simultánea del canal 16 y de uno o dos canales cualesquiera.

Dentro de las fijas, se distinguen las VHF ASN, éstas conllevan unas ventajas respecto a las VHF convencionales. Ventajas de las VHF ASN:

- a) Entrar en contacto de manera selectiva. Con el sistema ASN se usa el canal 70 (156,525 Mhz) para emitir y recibir mensajes numéricos. De esta manera se puede conectar con un barco en particular con la posibilidad de pasar a comunicación vocal sobre un canal VHF.

- b) Llamadas de socorro seguras y simplificadas. La VHF permite emitir un mensaje numérico de socorro sobre el canal 70 (el cual está en vigila permanentemente por centros de Salvamento Marítimo y está destinado a sustituir el canal 16) y puede ser recibido por todos los VHF (convencionales y ASN). Las llamadas de socorro ASN incluyen toda la información necesaria al activarse la operación de socorro: el número MMSI del barco, su posición y la hora de llamada (que puede ser captada manualmente o automáticamente, en el caso de que el aparato esté conectado a un GPS vía interfase NMEA).

Comentadas las particularidades de cada VHF, se considera que la VHF ASN es la mejor opción para un catamarán con zona de navegación en Alta Mar. Para asegurar una correcta instalación, se coloca fija al lado de la mesa de cartas y de manera que las conexiones resulten accesibles. La antena de 3dB debe colocarse lo más alta posible, en la cabeza del mástil, usando un cable coaxial de 50 Ohms, protegiendo las entradas y salidas del mástil con pasa-cables de plástico. Tales pasa-cables aseguran la estanqueidad de la instalación. Conviene evitar interferencias radioeléctricas equipando el alternador del motor con un antiparásito. Concretamente, el modelo VHF escogido es "Ray 240 VHF Modular System" de la casa "Raymarine".

13.1.2 Posicionador GPS.

La facilidad de uso, precisión, información en tiempo real y cartografía, han hecho que el GPS sea un instrumento insustituible para la navegación.

De igual modo que con las comunicaciones VHF, sucede con los GPS; es decir se debe escoger entre los diferentes tipos: portátil, fijo, integrado en otro aparato o asociado a una central de navegación.

El GPS portátil, es indicado para personas que no navegan siempre en el mismo barco, cuando no se dispone de alimentación de 12V a bordo o cuando se emplea también en otras actividades (excursiones a pie, coche, bicicleta, avión, ..). En un GPS portátil es importante la legibilidad de la pantalla, la retroiluminación (para uso nocturno), extensión de las funciones de navegación, estanqueidad, peso, autonomía, tipo de alimentación,...

El GPS fijo está indicado para utilizarlo en el propio barco, además es menos susceptible a golpes y si dispone de antena exterior funciona con mejores garantías. En un GPS fijo es importante el tamaño, la legibilidad, la facilidad de programación,...La mayoría de los modelos están equipados de puertos numéricos, permitiendo conectarlos a otros aparatos (radar, sonda,...) o incluso a un ordenador.

El GPS diferencial, también conocido con las siglas DGPS, efectúa la conexión de señales satélite a partir de una estación terrestre, lo que permite una gran precisión. Este tipo de GPS ha sido útil pero hoy en día no ofrece mayor interés para la náutica de recreo.

Comentadas las particularidades de cada GPS, se considera que el integrado en una central de navegación es la mejor opción para un catamarán de navegación en Alta Mar, la pantalla multifunción donde se visualizan los ecos del radar es la "E 120" de la casa Raymarine, tanto en cubierta como en la mesa de cartas. El modelo de antena escogido es "Raystar 125 GPS Sensor". También de la casa Raymarine.

13.1.3 Lectores de Cartas o "Chart Plotter".

Es recomendable optar por un lector de cartas con GPS integrado. De este modo se evitan problemas de interfaz, disminuye el consumo eléctrico, y la tabla de cartas resultante es más fluida. Atención, la carta de papel debe estar siempre a bordo, como mínimo debe ser una referencia; no hay que olvidar que es imprescindible, sobre todo en caso de fallar el lector de cartas.

Sobre una pequeña pantalla de cristal líquido se dispone de varias decenas de cartas marinas, todas ellas en un formato provisto de múltiples informaciones complementarias y fáciles de manejar. Con un GPS integrado o en interfase, el lector de cartas permite visualizar en tiempo real la ruta seguida, la posición del barco y la ruta a seguir sobre la carta numerada correspondiente a la zona de navegación. Las funciones anexas son numerosas: Trazado de ruta, rumbo, distancia, cálculo de distancia entre dos puntos, etc. Cada lector funciona con un solo tipo de carta.

También se pueden crear "Waypoints", calcular y programar rutas evitando los peligros señalados. Además el lector indica el rumbo a seguir y la distancia por recorrer.

El lector de cartas puede ser encajado en un panel o simplemente colocado sobre una superficie. Muchos modelos permiten ser instalados en el exterior. Los GPS con antena exterior necesitan que la antena se coloque sobre un soporte de fijación en un punto elevado y despejado, fuera del haz del radar y a más de un metro del compás, requieren menor atención.

Comentado el funcionamiento y características de los lectores de cartas, se considera que el lector de cartas integrado en una central de navegación es la mejor opción para un catamarán de navegación en Alta Mar, la pantalla multifunción donde se visualizan las cartas es la "E120" de la empresa Raymarine, tanto en cubierta como en la mesa de cartas.

13.1.4 Radar

El radar es ideal para navegar en condiciones de baja visibilidad, de noche o en zonas de tráfico intenso. El uso del radar asegura una vigilancia permanente para la detección de todo objeto. Además es un excelente instrumento de navegación para posicionarse en relación a la costa. Su funcionamiento se basa en el efecto Doppler, las ondas emitidas

por la antena del radar son reenviadas al receptor del radar en forma de ecos por los obstáculos o relieves encontrados. Las características de las ondas recibidas (ecos) son diferentes a las emitidas, por lo que analizando estas diferencias se hace una interpretación de la zona abarcada y se refleja en la pantalla del radar. Gracias a esta interpretación es posible conocer las dimensiones, forma y distancia de los objetos encontrados.

Al lado de los radares de video, voluminosos y consumidores de energía, existen los radares de pantalla LCD que, por su menor tamaño, bajo consumo, simplicidad y precio son ideales para las embarcaciones de recreo. La potencia de los radares LCD varía de 1,5 KW a 6KW, y su alcance oscila entre las 16 y 64 millas. El soporte aéreo viene a ser el músculo del radar, cuanto más potente sea, mayor rendimiento ofrece el radar. La altura de la antena determina el alcance del radar, a mayor altura, mayor alcance, pero a mayor altura, mayor es la zona oscura (zona no detectable) alrededor del barco. El consumo medio de energía de un radar en funcionamiento está alrededor de un amperio (para 12V). El soporte aéreo consume más que la pantalla, en vigilia un radar video consume una media de 0,5V (con el soporte aéreo parado), mientras que un radar LCD consume 0,25V.

La instalación de la antena debe realizarse en un lugar despejado (lejos de la del GPS), entre 3 y 6 metros sobre el puente, para evitar interferencias debidas al movimiento del barco y sus equipos. En un velero se aconseja colocarlo sobre el primer piso de crucetas. Conviene asegurarse de que el paso del cable de la antena sea estanco.

Comentado el funcionamiento de los radares, se considera que el radar integrado en una central de navegación es la mejor opción para un catamarán de navegación en Alta Mar, la pantalla multifunción donde se visualiza los ecos del radar es la "E120" de la empresa Raymarine, tanto en cubierta como en la mesa de cartas. El modelo de antena escogido es "4KW Radome Scanner", de la casa Raymarine.

13.1.5 La Sonda Gráfica.

Toda sonda consta de una pantalla de visualización y de un transductor instalado en la obra viva del barco. Su funcionamiento se basa en el efecto Doppler, de hecho es parecido el del radar. El transductor emite ondas de ultrasonido, estas al interceptar con un objeto rebotan en forma de eco y son captadas por la sonda, la sonda percibe los cambios de las características de las ondas recibidas respecto a las emitidas, procesa esta información y la traduce en los números, símbolos y representaciones gráficas que aparecen en la pantalla.

Las ondas de visualización LCD gráfica son compactas, normalmente estancas, poco sensibles a las vibraciones y proporcionan una visión precisa de los fondos y símbolos.

Las sondas video color son habituales en pesqueros profesionales. Son pequeños televisores que restituyen una imagen extremadamente precisa.

Las sondas de color LCD TFT son una generación reciente, poseen unas pantallas planas de alta definición comparable a las pantallas de video profesionales, en cambio su saturación y consumo son comparables a las sondas LCD clásicas.

Las sondas-sonar conservan las funciones de las sondas clásicas, además poseen la característica principal del sonar: una cobertura de un haz de 90° sin pieza móvil en el transductor.

Los resultados de una sonda dependen de tres factores:

- Frecuencia: determina la precisión y profundidad accesible.
- Ángulo: influye en la superficie cubierta y en la profundidad accesible.
- Potencia: influye en la profundidad alcanzada, a mayor potencia mayor profundidad.

El transductor a escoger depende del material del casco, ante un casco de plástico o fibra se puede emplear cualquiera, aunque es verdad que el de bronce tiene mejores cualidades.

La instalación depende del tipo de transductor: transversal, de tablón trasero, collado en el interior del barco. Éste siempre debe colocarse en un punto donde el agua circula de un modo regular y sin turbulencias.

Comentado el funcionamiento y características de las sondas, se considera que la sonda integrada en una central de navegación es la mejor opción para un catamarán de navegación en Alta Mar. Por lo tanto, la pantalla multifunción donde se visualizan los ecos del radar es la "E120" de la empresa Raymarine, tanto en cubierta como en la mesa de cartas. El modelo de transductor escogido es el "P319", también perteneciente a la casa Raymarine.

13.1.6 Combinados.

Existen dos posibilidades de combinación: bien lector de carta, con sonda y GPS, o lector de carta con sonda, radar, y GPS. Combinar el lector de carta, con la sonda y el GPS, resulta muy útil para la pesca. Combinando el lector de carta, con la sonda, con el radar y el GPS, permite una interpretación mas fácil de los ecos recibidos por el radar, permitiendo comparar en tiempo real la imagen del radar con la de la carta.

Unas propiedades comunes a todos los combinados son consecuencia de utilizar las pantallas LCD: consumo bajo, alta definición, monocromo o color, y diversos tamaños. Una pantalla relativamente grande mejora sustancialmente la facilidad de lectura. La recepción de datos queda asegurada por las entradas NMEA.

La pantalla del combinado es divisible en dos, tres o cuatro ventanas, lo que permite visualizar simultáneamente el conjunto de informaciones, o prepara una segunda ruta (sobre carta o a una escala diferente). Ciertos combinados son capaces de retener varias

páginas en la memoria, que se muestran dependiendo de la información buscada. A la hora de elegir un modelo es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- a) Poder determinar la orientación de la carta (norte, cabo o destino en la parte superior de la pantalla)
- b) La posibilidad de la visión nocturna
- c) La facilidad y sencillez de los diferentes menús.

Como se ha dicho anteriormente, para el presente catamarán se ha optado por la pantalla multifunción "E120" de la empresa Raymarine, tanto en cubierta como en la mesa de cartas.

13.1.7 Piloto Automático.

Al utilizarlo nunca se debe pensar que sustituye la vigilia del timonel, el piloto automático únicamente libera al marino de la servidumbre al timón, permitiendo navegar casándose menos con una tripulación reducida. Mientras el barco sigue el rumbo memorizado, el timonel permanece atento a la navegación y a lo que le rodea. Si el navío se desvía, el compás informa al piloto y este gira el timón para restablecer el rumbo.

Existen dos tipos de piloto automático: de bañera o de intra-borda.

El piloto automático de bañera se puede quitar o poner, su manejo es sencillo y generalmente se usa en barcos menores de 12 metros. Dentro del piloto automático de bañera se distinguen dos tipos; uno para timón franco y otro para rueda. El del timón es un brazo que principalmente consta de dos partes: una la cilíndrica, que se fija al timón, y la otra fijada a un punto de la bañera. El piloto automático de rueda. Es un motor que mediante una correa provoca el giro de la rueda.

El piloto de intra-borda se instala sobre un sector del timón o sobre el circuito de mando. Puede usarse a partir de los 8 metros de eslora, este tipo de piloto consta de cuatro partes: un captador (compás, veleta o GPS), un calculador, una unidad de potencia y un tablero de mando.

El piloto automático idóneo no es solo aquel que está acorde con el tamaño del barco (mayor desplazamiento mayor unidad de potencia), es aquel que también está acorde con el programa de navegación (costero o de altura). Independientemente del tamaño del barco, un piloto de bañera puede utilizarse en embarcaciones de navegación costera, o en aquellas que no vayan a emplear constantemente el piloto automático. El piloto automático intra-borda es indicado para cualquier embarcación que lo vaya a emplear constantemente.

Se considera como más idóneo el siguiente piloto automático de la casa Raymarine: el tablero de mando es el modelo "ST 8001". El calculador es el modelo "S3G Smartpilot Core Pack" (el compás y el captador del ángulo del timón van incluidos), la veleta

encargada de asistir al compás es la "ST 290 Wind Transducer", la unidad de potencia es del tipo "Hidraulic Steering Sistem".

13.1.8 Instrumentación.

La instrumentación se compone por algunos de los siguientes elementos: corredera-medidor de velocidad, sonda, compás electrónico, veleta y anemómetro, VMG, central de navegación.

La corredera se encarga de medir la distancia recorrida, mientras que el medidor de velocidad se encarga de medir la distancia por unidad de tiempo. En la obra viva del barco se encuentra un captador (también conocido como transductor), este captador se encarga de medir la rotación de una especie de hélice, esta medición se procesa para obtener la distancia recorrida y la velocidad que observamos en pantalla. En esta pantalla se pueden observar otros datos como cuenta atrás, velocidad media y aceleración. Los modelos escogidos para el presente proyecto son: el transductor "ST290 Speed Pod", el procesador "ST 290 DPU" y la pantalla "ST 290 Display", todos ellos pertenecen a la casa Raymarine.

La sonda ha sido comentada anteriormente, por lo que ahora sólo queda aclarar que las mediciones realizadas por el Transducer P 310, además de visualizarse en forma de gráficos en las pantallas multifunción "E 120", también se pueden observar en forma numérica en las pantallas "ST 290".

El compás electrónico sirve para orientarse y mantener el rumbo. El compás escogido es el modelo "ST 290 Compass Display", se caracteriza por tener una doble visualización: digital y analógica.

La veleta y el anemómetro no son obligatorios, aunque son recomendables porque optimizan la navegación, independientemente de realizar cruceros o competiciones. Permiten conocer de un modo certero la dirección del viento y su intensidad. Esto garantiza un trimado correcto y por tanto, una navegación más segura y eficiente, sean cuales sean el rumbo y la velocidad. Como veleta y anemómetro se ha escogido el modelo "ST 290 Wind Transducer". Para visualizar las mediciones se emplea el modelo "ST 290 Analog Wind".

El VMG (Velocity Made Good) calcula el vector velocidad de la embarcación respecto al viento permitiendo conocer mejor el compromiso rumbo/velocidad.

13.1.9 Winches.

A los lados de la bañera, en los pasillos, se distribuyen cuatro winches eléctricos y uno a popa de la misma, tales winches son de la casa ENKES, modelos:

- AR 32 SC 3 SPEED para la Génova
- AR 26 ASC para la Spinnaker
- AR 20 ST para la Mayor

Sus funciones son la de cazar o soltar velas como mayor, foque, génova o spinnaker. Para izar las velas se emplearán winches eléctricos AR 32 SC 3 SPEED, para ello se disponen dos unidades, ambas sobre cabina, lo más a popa posible y simétricamente distribuidas respecto a cruzía.

Las características técnicas de los tres tipos de winches ENKES se pueden consultar en el APÉNDICE IV, se han optado por estos tres tipos de winches debido a que son los más recomendados por la marca ENKES según la eslora de la embarcación.

13.1.10 Enrollador de Génova.

En el presente diseño se requiere la posibilidad de poder navegar con poca tripulación, para ello se hace imprescindible dotar al catamarán de un enrollador de génova. Supone un elemento de seguridad y confort, pues posibilita adaptar la superficie vélica a la fuerza del viento desde la misma bañera, sin necesidad de tener una tripulación en la proa.

Básicamente un enrollador se compone de cuatro partes:

1. Perfil que rodea al stay y sobre el que se enrolla la vela.
2. Tambor, que (al tirar de la riza) se encarga de la rotación del perfil
3. Gancho giratorio, que mantiene a la driza en su posición inicial
4. Rueda guía de drizas, encargada de evitar que la driza se enrolle alrededor del perfil o del gancho giratorio.

El modelo escogido es el "Unit 3,25" de la casa Harken.

13.1.11 Equipo de Fondeo.

Para elegir el tipo de molinete y ancla hemos seguido las indicaciones proporcionadas por la marca Lewmar, la cual nos aconseja una serie de pasos para la elección de un buen equipo de fondeo en función de la eslora de la embarcación:

a) Cálculo del peso del ancla: la casa Lewmar estima 1,6 kg por cada metro de eslora. En nuestro caso el peso del ancla acorde con nuestra eslora (12 mts) será 19,2 kg

b) Especificaciones para la cadena del molinete: Lewmar nos aconseja que para una eslora de 12 mts el diámetro de la cadena sea de 10 mm, el largo de la cadena (mín) 50 y el peso de la cadena 2,25 kg/m. Dicho esto el peso de nuestra cadena será de 112,5 kg.

c) Cálculo de la potencia del molinete:

La potencia mínima del molinete = (Peso del ancla + Peso de la cadena) x 2 = 263,4 kg

Siguiendo las recomendaciones de la casa Lewmar, el molinete debe ser capaz de izar un peso superior a cuatro veces el de ancla y cadenas, es decir más de 526,8 kg. Para cumplir esta condición se ha escogido un molinete "PLÁSTIMO VERTICAL 1000".

Con estos datos, se puede calcular el volumen necesario para la estiba del equipo de fondeo. El volumen de la cadena estibada (V_{cc}) se obtiene mediante la expresión:

$$V_{cc} = 8,5 \cdot l \cdot d^2 \cdot 10E-6$$

Para la correcta estiba de la cadena, entre el molinete y la cadena estibada debe haber un hueco superior a 30 cm; por esta razón, y otras, la caja de cadenas debe ocupar un volumen bastante superior. Entonces, el volumen de la caja de cadenas (V_{cc}) se debe obtener de la siguiente expresión:

$$V_{cc} = 1,8 \cdot l \cdot d^2 \cdot 10E-5$$

Donde:

l : es la longitud de la cadena (m) (50 m)

d: diámetro de la cadena (mm) (10 mm)

Según estas expresiones, el volumen de la cadena estibada (V_{cc}) es de 0,0425 m³ y el volumen necesario para la caja de cadenas (V_{cc}) es de 0,09 m³

Se adjuntan las características del equipo de fondeo en el APÉNDICE IV.

13.2 Sistema de Combustible.

La capacidad de combustible estimada por el estudio estadístico, es de unos 216 litros; con esta capacidad la autonomía es de unas 800 millas a un régimen medio de revoluciones. En el mercado no se encuentran depósitos prefabricados de esta capacidad, por lo que se ha buscado una solución próxima que otorgue dicha autonomía.

Se ha optado por disponer dos depósitos (una para cada motor) de 110 litros cada uno, de este modo se obtiene una capacidad total de 220 litros de combustible, por lo que podemos cumplir con dicha autonomía. Estos tanques comercializados por la casa "Vetus", cumplen con todas las directivas en vigor existentes en los diferentes países de Europa, están fabricados en polietileno lineal y son más seguros contra explosiones que los tanques de metal. Además la formación de vapor de agua es mucho más reducida que en los tanques

metálicos y se evita el riesgo de oxidación. Otra ventaja es que permiten ver el nivel de líquido en el interior desde fuera. Por último añadir, que la ubicación de los tanques es simétrica respecto a crujía y a popa de la quilla, en el casco central.

Se han colocado a proa del motor propulsor.

13.3 Sistema de Agua Potable.

13.3.1 Desalinizadora.

Dadas las características y propósito de la embarcación, es muy conveniente dotarlo de una desalinizadora. De este modo se le otorga una gran autonomía (casi ilimitada); pues al tratarse de un catamarán a vela, en principio no necesita combustible para desplazarse, y con una desalinizadora tampoco precisará ir a puerto para pertrechar agua potable.

La desalinizadora escogida es el modelo "Newport 400 GPD" de la casa "Vetus", es capaz de producir unos 64 litros en una hora. Las principales razones que han llevado a la elección de este modelo son el ahorro de energía respecto a sistemas convencionales, ya que la mayoría de los componentes son plásticos o materiales compuestos, con lo que se evita el deterioro de los mismos por corrosión.

Se ha optado por colocarlo a proa, en la crujía de cada flotador. El agua generada va a parar a los depósitos de agua dulce.

13.3.2 Depósitos.

La capacidad de agua estimada por el estudio estadístico, es de unos 442 litros; pero en el mercado no se encuentran depósitos prefabricados de esta capacidad. Por lo que otra vez se ha buscado una solución próxima. Al igual que con los depósitos de combustible, se ha optado por disponer dos depósitos "Vetus" de 215 litros cada uno, de este modo se obtiene una capacidad total de 430 litros. Ambos depósitos cuentan con ventilación y toma de relleno en cubierta y se han situado en crujía, a proa de cada flotador.

Un calentador para cada flotador aprovecha el calor de la refrigeración del motor, además puede funcionar eléctricamente servido por la toma de tierra o por el generador, con una capacidad de 45 litros. El calentador se encuentra a proa de cada flotador en la línea de crujía.

13.3.3 Distribución.

El agua proveniente de los depósitos alimenta a los grifos de cocina, duchas y lavabos. Para ello se cuenta con dos bombas de presurización independientes para los servicios de agua fría y caliente. Las bombas son de la casa "Vetus", modelo "Hydrophoor 19". La bomba de agua fría y caliente se encuentran a popa del depósito de agua dulce de cada flotador.

13.4 Sistema de Aguas Sucias.

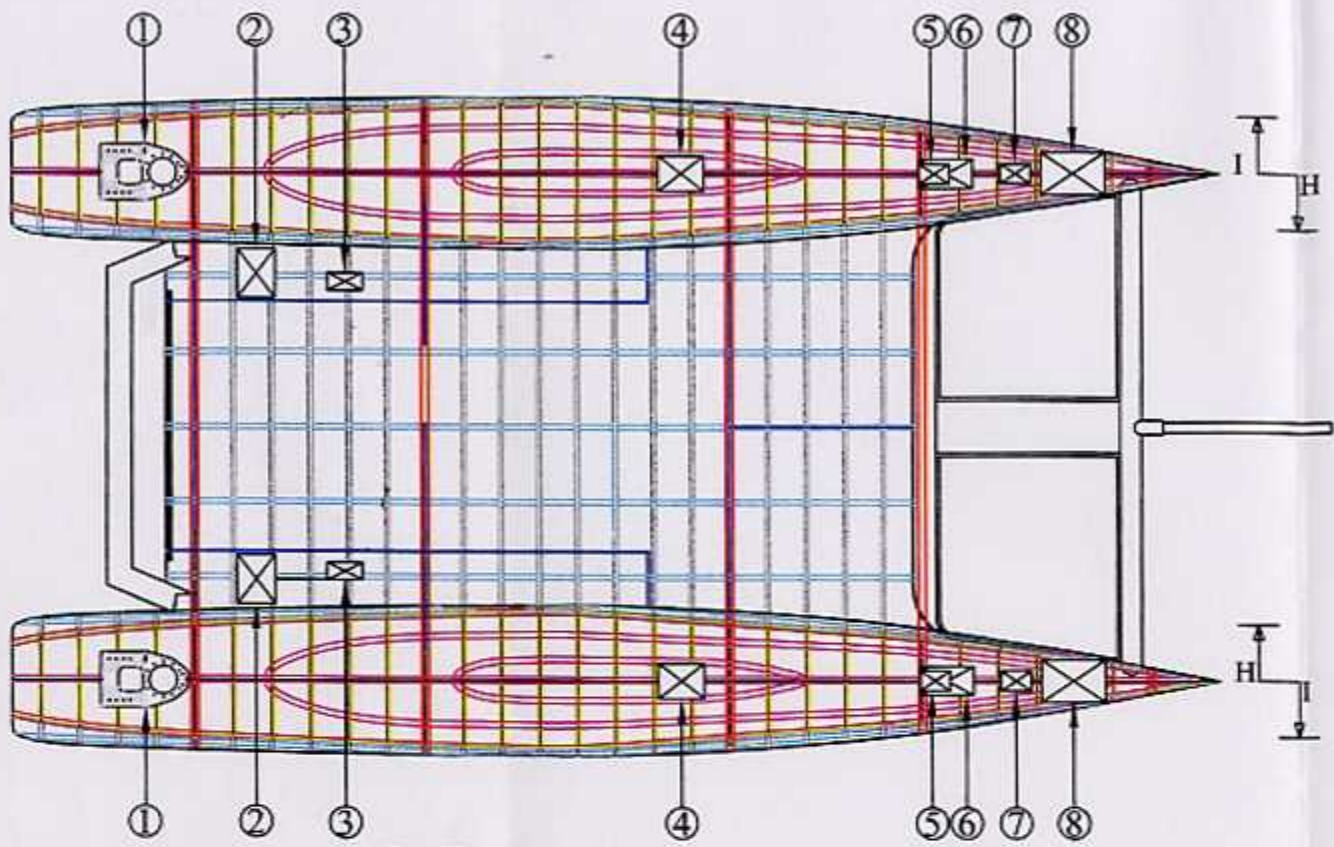
Hoy en día se disponen cada vez más las restricciones sobre vaciado de los inodoros de los barcos (aguas negras) y de las duchas (aguas grises), en puertos y aguas interiores. Por ello, evitando las molestias correspondientes y cumpliendo con las normas, se necesita un sistema para almacenar provisionalmente tales aguas, y para posteriormente bombearlas en aguas abiertas o donde corresponda en puerto.

Como orientación, una persona genera 4 litros diarios, además el depósito debe tener una capacidad suficiente como para albergar los desechos realizados en dos días, por lo que la capacidad de los depósitos debe superar los 64 litros. De acuerdo con esta premisa, se ha buscado una solución próxima que otorgue mayor autonomía al catamarán y que sus dimensiones permitan colocarlo en el fondo. Para ello, se disponen de dos depósitos "Vetus" de 42 litros cada uno, 84 litros en total, ubicados en ambos flotadores de babor y estribor a proa de la sección maestra, bajo los cuartos de baño.

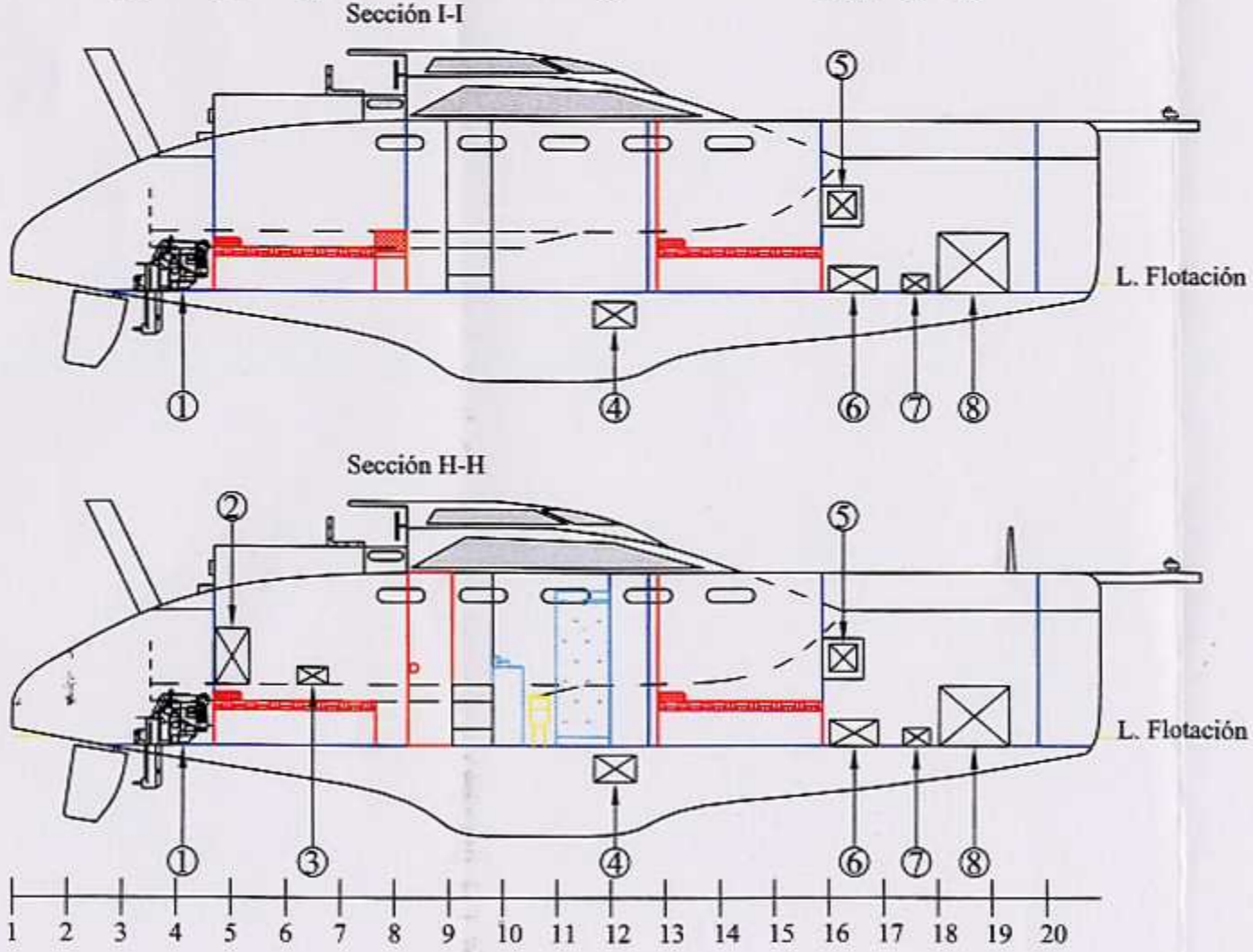
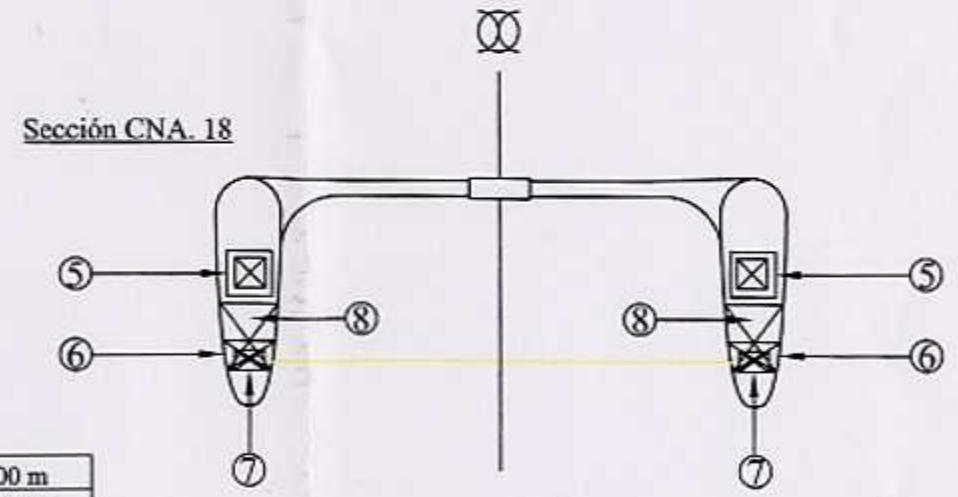
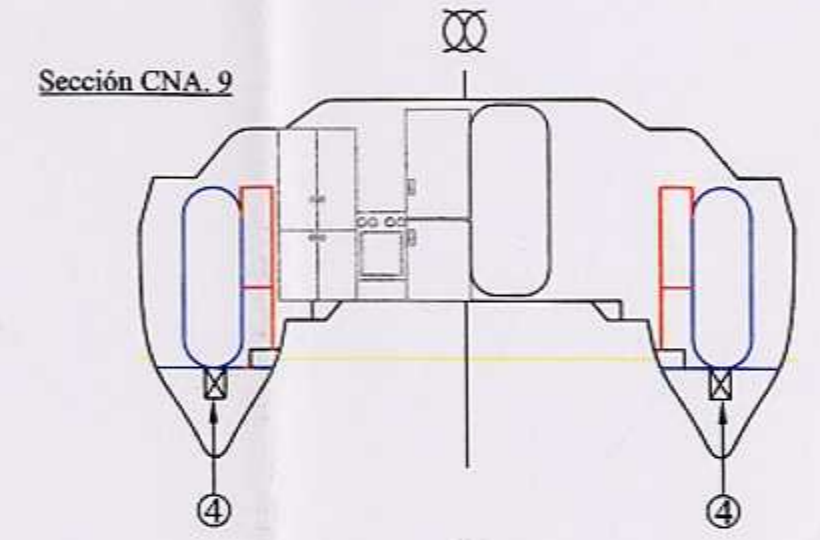
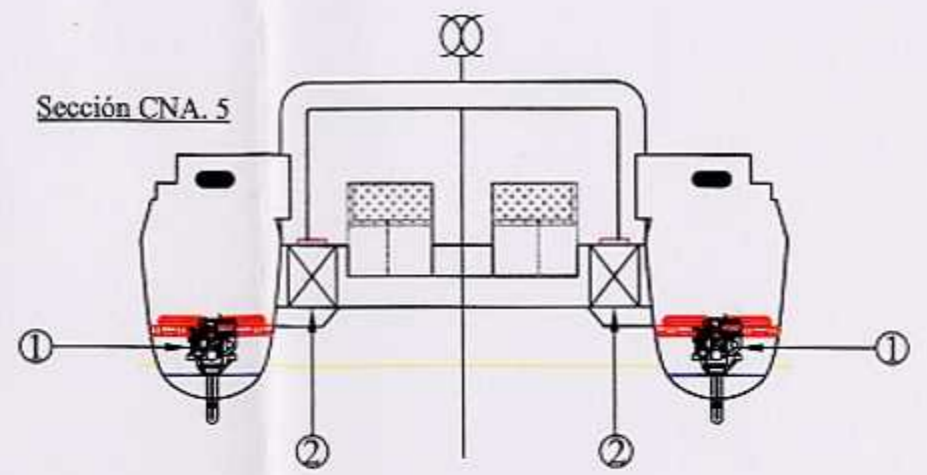
Adjunto en el APÉNDICE IX el Plano de Armamento (Plano N° 8)

APÉNDICE IX

PLANO DE ARMAMENTO



1	MOTOR
2	TANQUES DE COMBUSTIBLE
3	BATRIAS
4	DEPÓSITO DE AGUAS SUCIAS
5	CALENTADOR
6	DESALINIZADOR
7	BOMBAS DE AGUA FRÍA Y CALIENTE
8	TANQUES DE AGUA FRÍA



Loa	12,00 m
Lwl	11,40 m
Bmax	6,52 m
Bcascos	1,50 m
Bwl	2,52 m
Tc	1,07 m
Desplazamiento rosca	6.824 Kg

	UNIVERSIDAD DE CÁDIZ EUIT Naval Estructuras M. Proyecto Fin de Carrera	PLANO ARMAMENTO
	AUTOR: Antonio Guerrero Covelo	ESCALA: 1 / 75
	FECHA: 23 / 11 / 2.007	Nº Plan: AGC-PFC-2007-08
	REVISADO: Antonio de Querol Sahagún	Nº PÁGINAS: 1/1
	TÍTULO: Catamarán a vela de 12 mts de Loa	

14. ESTUDIO DE ESTABILIDAD.

El estudio de estabilidad de una embarcación es uno de los capítulos mas trascendentes dentro de su diseño, ya que es un proceso que engloba a otros tantos que antes realizamos. Cuando digo que engloba a otros cálculos anteriores me refiero, por una parte, a la distribución de interiores por ejemplo, ya que ésta debe estar hecha de manera que el C.D.G esté en una posición relativamente centrada con respecto a los ejes de referencia que anteriormente explicamos. También que engloba al cálculo del escantillonado de la embarcación, ya que un sobredimensionamiento en los refuerzos o estructura en general podría dar lugar a un sobrepeso en la embarcación y un francobordo demasiado pequeño. Sobre todo influyen en este cálculo, tanto el estudio de las formas realizado mediante Maxsurf, como el estudio de pesos y C.D.G anteriormente realizado. Digo esto porque partiremos de este modelo de carena obtenido de Maxsurf para llevar el cálculo de la estabilidad, y porque uno de los apartados dentro de este cálculo no es otro que el estudio de Estabilidad a Grandes Ángulos en las diferentes condiciones de carga (aquellas que introduce en el Estudio de Pesos y C.D.G como complemento a dicho estudio).

Este estudio se lleva a cabo mediante el programa Hydromax, que es un módulo dentro del anteriormente mencionado Maxsurf, que se encarga del estudio de la estabilidad, Equilibrio en diferentes condiciones de carga, Estabilidad a grandes ángulos, etc.

Una vez realizado este estudio de estabilidad, el programa facilita amablemente un informe acerca de los cálculos realizados (report), en forma de tablas y gráficas. En este caso, y al aplicar la *Normativa Española UNE EN ISO 12217-2* válida para evaluación y clasificación de la estabilidad y flotabilidad en pequeñas embarcaciones, necesitaré en concreto, las Curvas Hidrostáticas, para de ellas obtener una serie de datos necesarios a la hora de cumplimentar dicha normativa.

Para obtener estas Curvas Hidrostáticas, tendremos que cargar en Hydromax las formas obtenidas de Maxsurf, fijar la línea base y la perpendicular de popa (como ejes sobre los que tomar medidas) y, en primer lugar, hacer un estudio de equilibrio de la embarcación, para ver que ésta no se encuentra trimada; una vez hecho esto, hay que hacer el estudio de calados para obtener las anteriormente mencionadas hidrostáticas; para este estudio tomaremos un rango de calados que oscile entre un calado ligeramente menor al real de la embarcación y otro algo más grande que este, para tener una serie de rangos de trabajo. Una vez realizado este estudio, en el report observaremos como constan, tanto el rango de calado, como las tablas y curvas hidrostáticas.

Una vez obtenidas las hidrostáticas, comenzaremos con el estudio de la Estabilidad a Grandes Ángulos, para el que necesitaremos definir las distintas condiciones de carga en las que se moverá el catamarán. Estas condiciones de carga son dos, y durante el estudio de Pesos y C.D.G se definieron, son:

➤ Condición Mínima Operativa

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
P. Rosca	6824,092	5,593	2,383	-0,022	38166,892	16261,953	-153,513
Mínima Tripulación (4)	600	3,827	3,349	0,000	2296,200	2009,400	0,000
Equipos Seguridad	90,250	7,600	2,635	0,000	685,900	237,809	0,000
Prov. NO Consumibles	21,700	5,781	2,635	0,000	125,448	57,180	0,000
Balsa Salvamento	53,2	9,909	2,642	0,000	527,159	140,554	0,000

TOTAL:	7589,242	41801,599	18706,896	-153,513
---------------	-----------------	------------------	------------------	-----------------

Carga Mínima Operativa:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,508	2,465	-0,020	7589,242

Nota: Condición Mín. Operativa según la Normativa UNE-EN ISO 12217-2 Norma Española

Título: Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad

➤ Condición Carga Máxima Total

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
P. Rosca	6824,092	5,593	2,383	-0,022	38166,892	16261,953	-153,513
Máxima Tripulación (12)	1800	3,827	3,349	0	6888,600	6028,200	0,000
Equipos Seguridad	90,250	7,600	2,635	0,000	685,900	237,809	0,000
Prov. NO Consumibles	21,700	5,781	2,635	0	125,448	57,180	0,000
Balsa Salvamento	53,2	9,909	2,642	0	527,159	140,554	0,000
Cap. Combustible	216	1,882	1,959	0	406,512	423,144	0,000
Cap. Agua	442	10,074	1,312	0	4452,708	579,904	0,000

TOTAL:	9447,242	51253,219	23728,744	-153,513
---------------	-----------------	------------------	------------------	-----------------

Carga Máxima Total:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,425	2,512	-0,016	9447,242

Nota: Condición Carga Max. Total según la Normativa UNE-EN ISO 12217-2 Norma Española

Título: Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad

Antes de comenzar con el estudio, tendremos que definir también el Punto de Inundación (Key Point), que no es otro que aquel por el que primero comenzará a entrar agua al catamarán en caso de escora.

Una vez definido este Key Point, y elegida la opción de estabilidad a grandes ángulos, introduciremos como condición de carga, la mínima operativa en este caso, introduciendo los valores correspondientes a al Peso, LCG, VCG y TCG en dicha condición (ni que decir tiene que estos valores son los obtenidos del Estudio de Pesos y C.D.G), y realizamos de nuevo el estudio de equilibrio, pero en esta nueva condición de carga. Tomaremos entonces el análisis de escora, para este análisis tomaremos una escora de cero a cien grados, con intervalos de diez grados. Una vez definido el rango de valores de estudio, y comenzando el estudio en sí, obtendremos como resultado una serie de tablas correspondientes a diversos parámetros del estudio de la estabilidad del barco en los rangos de valores anteriormente definidos, y unas gráficas correspondientes con esos valores.

Tendremos que llevar a cabo esta misma secuencia de acciones, sólo cambiando la condición de carga que queremos estudiar para obtener el estudio de estabilidad del catamarán. Normalmente se utilizan más condiciones de carga que las aquí comentadas, pero tratándose de un proyecto fin de carrera, con estas dos básicas será suficiente.

Todo este proceso que acabo de desarrollar podemos encontrarlo en el APÉNDICE X. En él constan las distintas gráficas y tablas con los valores resultantes del estudio de estabilidad, así como las características propias del catamarán (Curvas Hidrostáticas y Brazos KN) aunque adjunto las tablas en forma de resumen orientativo.

En cuanto la normativa a aplicar (*Normativa Española UNE EN ISO 12217-2 Evaluación y Clasificación de la Estabilidad y Flotabilidad*) diremos que al tratarse de un catamarán nos hemos centrado en el punto 7 (Requisitos para Catamaranes y Trimaranes; pag 29) el cual nos da una serie de pautas que tiene que cumplir el catamarán para que le sea asignada la Categoría de Diseño B.

7.1 Requisito a Aplicar

Cuando los catamaranes y trimaranes tengan $L_{U1} > 5 B_{C1}$; deben cumplir con los requisitos del capítulo 6. Los restantes catamaranes y trimaranes deben cumplir bien con:

- a) Apartados 7.2 al 7.7; ó
- b) Cuando a la embarcación se le deba asignar la categoría de diseño C o D, a la discreción del propietario, con el ensayo de recuperación de vuelco que se describe en el apartado 6.8

En nuestro caso:

$$L_H = 12 \text{ mts}$$

$$B_{CB} = 5,02 \text{ mts}$$

$12 < 20,1 \Rightarrow$ Debemos cumplir con los apartados 7.2 a 7.7

7.2 Aberturas Inundables.

Se deben aplicar los requisitos del apartado 6.2.1

7.3 Altura de Inundación.

Se deben aplicar los requisitos del apartado 6.2.2

Para cumplir dichos requisitos según la categoría de diseño que deseamos (Categoría B), debemos aplicar las normas del ANEXO A para la altura de inundación y el ANEXO B para el ángulo de inundación.

ANEXO A

MÉTODO COMPLETO PARA CALCULAR LA ALTURA DE INUNDACIÓN

La altura de inundación requerida ($h_{D(R)}$) se calcula separadamente para cada abertura inundable como sigue:

$$h_{D(R)} = H_1 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times F_5$$

Donde:

$$H_1 = L_H/15$$

$$H_1 = 0,8$$

F_1 : es el factor de posición de la abertura (varía entre 0,5 y 1)

1,0 cuando la abertura inundable está en periferia de la embarcación, como por ejemplo, en la embarcaciones sin cubierta, embarcaciones abiertas, o aberturas en la obra muerta

$F_1 = (1 - X_D/L_H)$ ó $(1 - Y_D/B_H)$ cualquiera que sea la mayor. Donde:

- X_D : es la distancia longitudinal hasta la abertura inundable desde el extremo de la roda o de la popa (cualquiera que sea la menor)

- Y_0 : es la menor distancia transversal de la abertura inundable desde la periferia de la embarcación

$$F1 = 0,964$$

F2: es el factor de tamaño de la abertura (varía entre 0,6 y 1,0)

$$F2 = 1,0 \text{ si } a > (30 L_{11})^2 \text{ Donde:}$$

a: es el área conjunta de las aberturas hasta la parte superior de cualquier abertura inundable, expresada en mm^2

$$F2 = 1 + x'D / L_{11} [(a/2 / 75 L_{11}) - 0,4], \text{ si } a < (30 L_{11})^2 \text{ Donde:}$$

$x'D$: es la distancia longitudinal de la parte de popa de la abertura hasta extremo de proa de L_{11}

$$F2 = 0,944$$

F3: es el factor de tamaño del nicho, mayor que 0,7, pero nunca se debe tomar mayor que 1,2:

F3 = 1,0 cuando la abertura no sea un nicho, en otro caso

F3 = 0,7, si el nicho es de achique rápido

F3 = $0,7 + k^{0,5}$ si el nicho no es de achique rápido. Donde:

$$k = V_R / (L_{11} B_{11} F_M) \text{ Donde:}$$

V_R : es el volumen de los nichos que no tienen achique rápido, expresado en metros cúbicos.

$$F3 = 0,856$$

F4: es el factor de desplazamiento (normalmente está entre 0,7 y 1,1)

$$F4 = (10V_D / L_{11} B^2)^{1/3} \text{ Donde:}$$

V_D : es el volumen de desplazamiento en la condición de desplazamiento en carga

B: B_{wt} para catamaranes y Trimaranes.

$$F4 = 1,047$$

F5: es el factor de flotación

F5 = 0,8 para las embarcaciones que utilizan las opciones 3 ó 4 (véase tabla 2 de la normativa)

F5 = 1,0 para todas las otras embarcaciones

$$F5 = 1$$

El límite en la altura de inundación requerida, debe estar dentro de los siguientes márgenes:

Categoría de diseño	A	B	C	D
$h_{D(R)(m)}$ no debe ser menor que	0,5	0,4	0,3	0,2
$h_{D(R)(m)}$ no debe ser mayor que	1,41	1,41	0,75	0,4

$h_{D(R)} = 0,8 \times 0,964 \times 0,944 \times 0,856 \times 1,047 \times 1 \Rightarrow h_{D(R)} = 0,652$ Cumple para la Categoría de diseño B

ANEXO B

MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DEL ÁNGULO DE INUNDACIÓN

El ángulo de inundación se determina mas exactamente mediante cálculos de ordenador (Hydromax), utilizando el perfil del casco a partir del plano de formas. La mayoría de los programas de "software" para el cálculo de la estabilidad disponen de elementos para encontrar el ángulo de escora en los puntos específicos en que la embarcación comienza a sumergirse (Key Point en Hydromax). De este modo, si se determinan los momentos del par de adrizamiento utilizando un "software" de ordenador, se pueden obtener también al mismo tiempo los ángulos de inundación.

Método aproximado para ángulos de inundación de hasta 60°

Se puede utilizar el método siguiente para estimar el ángulo de inundación, pero sólo es aconsejable para ángulos inferiores a 60° aproximadamente.

$$\theta_D = \tan^{-1} (zD / y'D)$$

θ_D : ángulo cuya tangente es (zD / y'D)

Donde:

zD : es la altura del punto superior de inundación por encima de la línea de flotación, expresado en metros

y'D; es la distancia transversal, expresada en metros, desde el punto de inundación hasta la línea de crujía de la embarcación

Véase la tabla B.1 y figura B.1 del anexo B

Requisito del ángulo de inundación:

Categoría de Diseño	A y B	C	D
Ángulo requerido de inundación $\theta_{(R)}$	40°	35°	30°

$\Theta_D = \tan^{-1}(2,037/1,8) \Rightarrow \Theta_D = 48,5^\circ$ Cumple para la Categoría de Diseño-B
Al ser $\Theta_{(X_{48,5^\circ})} > \Theta_{(X_{40^\circ})}$

7.4 Información sobre la estabilidad.

Como las embarcaciones multicasco a vela pueden volcar, debe facilitarse en el manual del propietario todas las materia siguientes (véase el ANEXO F):

- a) Los peligros concernientes a la estabilidad que estas embarcaciones pueden sufrir, incluyendo el riesgo de vuelco, bien por balance o por cabeceo, particularmente con mares rompientes.
- b) La fuerza Beaufort del viento para la que se debería reducir el área de las velas de trabajo cuando se navegue en aguas tranquilas en las condiciones mínimas operacionales, teniendo en cuenta los peligrosos efectos de las rachas de viento. Se puede proporcionar información adicional referente al peso de desplazamiento cargado si se desea. Esta información se puede obtener utilizando el ANEXO G (que incluye un margen para las rachas de viento), o alternativamente se puede deducir de las pruebas de mar. Se debe establecer el método a utilizar. Si se deduce de las pruebas de mar, la fuerza del viento que figure en el manual del propietario debe corresponder a una velocidad del viento de no más del 70% de la necesaria para:
 - 1) Levantar el casco de barlovento de los catamaranes fuera del agua; o
 - 2) Levantar el casco principal de los Trimaranes fuera del agua, o sumergirse el casco lateral de sotavento, cualquiera que ocurra el primero.
- c) Se deben elegir las velas a instalar en relación con la fuerza del viento predominante, la dirección relativa del viento y el estado de la amar.
- d) Se deben tomar precauciones cuando se altere el curso desde un viento de popa hasta otro de costado.

ANEXO G

INFORMACIÓN PARA DETERMINAR EL VIENTO DE ESCORA

Este anexo describe los métodos que se pueden usar para calcular la información sobre la velocidad del viento a reseñar en el manual del propietario, tal y como se requiere en el apartado 7.4.

Para ello hemos determinado el peso mínimo operativo y su posición correspondiente del C.D.G anteriormente, en el apartado Estimación de Pesos y cálculo del C.D.G.

Cuando $(L_{H1} + L_{WL}) \geq 4 \cdot B_{CB}$, sólo se considera el momento límite de balance para un balance de (LM_R) .

Cuando $(L_{H1} + L_{WL}) < 4 \cdot B_{CB}$, hay que hacer los cálculos de los momentos límite tanto para el balance (LM_R) como para el cabeceo (LM_P)

En nuestro caso al ser:

$$L_{H1} = 12 \text{ mts}$$

$$L_{WL} = 11,619 \text{ mts (condic. Máx. Carga)}$$

$$L_{WL} = 11,150 \text{ mts (condic. Mín. Operativa)}$$

$$B_{CB} = 5,020 \text{ mts}$$

$(L_{H1} + L_{WL}) \geq 4 \cdot B_{CB} \rightarrow 23,619 > 20,080 \Rightarrow$ sólo consideraremos el momento límite de balance (LM_R) .

Momento Límite de Balance (LM_R) .

El momento límite de balance, LM_R es el máximo momento de adrizamiento, en newtons metros, para cualquier ángulo de escora. Éste se puede hallar rigurosamente mediante Hydromax o para los catamaranes en que $B_{CB} > 6 \cdot T_c$ se puede hallar aproximadamente con :

$$LM_R = 9,4 \text{ m} (0,5 B_{CB} \cos \theta_{GZ_{\max}} - VCG \sin \theta_{GZ_{\max}})$$

Donde:

- m : es el peso de la embarcación, expresado en kg.

$$m_{MCL} = 9.447 \text{ kg (peso de la embarcación en condic. Máx. Carga)}$$

$$m_{MOC} = 7.589 \text{ kg (peso de la embarcación en condic. Mín. Operativa)}$$

- VCG : esta altura se toma sobre el fondo del cuerpo de la embarcación, y se expresa en metros, o para ser más conservador, se toma la altura de la unión de la cubierta y los costados en la mitad de la eslora de L_{WL} .

$$VCG = 2,512 \text{ mts (en condic. Máx. Carga)}$$

$$VCG = 2,465 \text{ mts (en condic. Mín. Operativa)}$$

- $\theta_{GZ_{\max}}$: es el ángulo de escora estimado del máximo brazo del par de adrizamiento, expresado en grados.

$$\theta_{GZ_{\max}} = 15,5^\circ \text{ (en condic. Máx. Carga)}$$

$$\theta_{GZ_{\max}} = 14,5^\circ \text{ (en condic. Mín. Operativa)}$$

$$LM_R \text{ (condic. Mín. Operativa)} = 129.320 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$LM_R \text{ (condic. Máx. Carga)} = 155.199 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Para cada juego de velas y condición de carga, habrá que hallar la velocidad límite del viento y de aquí la fuerza Beaufort del viento para los datos de estabilidad en el manual del propietario, tal y como se indica a continuación.

$$V_w = 1,6 \sqrt{LM_R / A's(h_{CE} + h_{LP})}$$

Donde:

- V_w : es la velocidad del viento, expresada en nudos
- $h_{CE} + h_{LP}$: es la altura entre en centro geométrico de $A's$ y el perfil bajo el agua del casco, con las orzas o los puntales provisionales bajados, y estando la embarcación adrizada, expresado en metros.
- $A's$: es el perfil lateral de la ala(s) de la vela(s) y mástil(s) para la combinación específica de velas que se considere, expresado en metros cuadrados.

ANEXO F

INFORMACIÓN PARA EL MANUAL DEL PROPIETARIO

Información General.

Se debe incluir en el manual del propietario definido en la Norma ISO 10240, la siguiente información referente a la estabilidad, que sea la apropiada para cada diseño.

Para calcular la estabilidad y flotabilidad se ha utilizado una carga máxima total comprendiendo:

Máxima carga recomendada por el constructor	7.589 kg
Combustible, agua dulce, otros fluidos hasta la capacidad máx de los tanques fijos	<u>1.858 kg</u>
Carga Máxima Total.....	9.447 kg

La evaluación se ha hecho considerando que:

La embarcación en la condición de rosca tiene un peso de	6.824 kg
El máximo motor fuera borda recomendado tiene un peso de	158x2 kg
Todo el equipo estándar se encuentra a bordo.	

Adjunto en el *APÉNDICE X* una tabla que contiene los datos de la estabilidad para cada condición de carga (mín. operativa y máx. carga) en función del juego de velas.

7.5 Símbolos de Advertencia.

Se deben colocar símbolos de advertencia permanentemente en la posición de mando principal, como se indica en las figuras 8 y 9 de esta normativa.

7.6 Flotabilidad después de una inversión.

Dado que las embarcaciones a vela multicasco pueden volcar, se debe comprobar mediante cálculos utilizando el ANEXO D que, cuando se invierten y/o se inundan totalmente, el volumen de flotabilidad, expresado en metros cúbicos, del casco, aparejos y equipo es mayor que el número representado por $(m_{ALEC} / 850)$, de modo que se asegure que es suficiente para soportar el peso de la embarcación cargada con un margen.

Cuando se haya previsto un medio de escape para utilizar cuando se invierta la embarcación, éste no debe comprometer ni la estabilidad, ni la flotabilidad ya esté la embarcación adrizada o invertida.

Cuando se utilicen compartimentos accesibles vía escotilla o puertas para demostrar que existe una flotación positiva después de un vuelco, el compartimento se debe construir con un grado de estanqueidad 1 (véase la Norma ISO 11812), y las escotillas y puertas deben satisfacer los requisitos de estanqueidad para el grado 2 de la Norma ISO 12216.

Los cierres de las aberturas de acceso a los compartimentos estancos deben marcarse claramente por ambos lado como sigue:

"CIERRE ESTANCO-MANTENER CERRADO DURANTE LA NAVEGACIÓN"

Cuando se utilicen elementos de flotación, se deben aplicar los requisitos del ANEXO E.

ANEXO D

MÉTODO PARA CALCULAR LA RESERVA DE FLOTABILIDAD DESPUÉS DE UNA INVERSIÓN O INUNDACIÓN

Método.

Para calcular el volumen de varios elementos de la embarcación a partir del conocimiento del peso y la densidad de sus diferentes materiales, se puede utilizar la expresión:

$$V = m / \rho$$

Donde:

- V: es el volumen de un elemento, expresado en metros cúbicos.
- m: es el peso de ese elemento, expresado en kg.
- p: es la densidad de ese elemento, expresado en kg por metro cúbico

Habrá que calcular el volumen total de los elementos que suministran flotación a la embarcación, V_B (volumen total de flotabilidad de la embarcación, expresado en m^3) mediante la adición conjunta de los siguientes volúmenes:

- La estructura del casco, $V = 6,124 m^3$ (véase la tabla D.1 de la NORMA ESPAÑOLA UNE-EN ISO12217-2)
- Los motores y otros dispositivos y equipos, $V = 0,959 m^3$ (véase la tabla D.1 de la NORMA ESPAÑOLA UNE-EN ISO12217-2).
- El volumen bruto de los tanques fijos para combustible, agua u otros fluidos almacenar, $V = 0,658 m^3$
- El volumen bruto de los tanques de aire o contenedores que cumplan con los requisitos del ANEXO E, $V = 4,613 m^3$

No se deben incluir márgenes para las bolsas de aire que se puedan formar, o para la tripulación, mástiles, velas y jarcia.

Comprobar que:

$$V_B > m_{MLDC} / 850$$

Donde:

m_{MLDC} : es el peso en la condición de carga máxima total (9.447 kg)

$$V_B = 6,124 + 0,959 + 0,658 + 4,613 \Rightarrow V_B = 12,354 m^3$$

Al ser $V_B(12,354) > m_{MLDC} / 850(11,114) \Rightarrow$ **Cumple la flotabilidad después de una inversión.**

7.7 Olas rompientes.

Para proporcionar un grado de protección contra la posibilidad de inversión causada por olas rompientes, el factor de tamaño multicasco debe ser superior a los valores requeridos que se dan en la tabla 7.

$$\text{Factor del tamaño multicasco} = 0,75 m_{MLDC} \sqrt{L_H B_{CA}}$$

El peso mínimo operacional (mmoc) debe obtenerse con un peso del casco deducido bien mediante pesaje directo o mediante cálculos a partir de una línea de flotación considerada y el plano de formas.

Tabla 7
Factor de tamaño multicasco requerido

Categoría de diseño	Factor de tamaño multicasco requerido		
	si $L/B < 2,2$	si $2,2 < L/B < 3,2$	si $L/B > 3,2$
A	$193\ 600/(L/B)^2$	40 000	$313\ 600/(6-L/B)^2$
B	$72\ 600/(L/B)^2$	15 000	$117\ 600/(6-L/B)^2$
C y D	no aplicable	no aplicable	no aplicable

NOTA: -Para catamaranes: $L/B = L_1/B_{CB}$

En nuestro catamarán:

$L_1 = 12$ mts

$B_{CB} = 5,02$ mts

$mmoc = 7.589$ kg

Factor de tamaño multicasco $= 0,75 \cdot 7589 \sqrt{12 \cdot 5,02} \Rightarrow$ Factor de tamaño multicasco = 44 176
Cumple para la categoría de diseño B

APÉNDICE X

ESTUDIO DE ESTABILIDAD

Condición Mínima Operativa

Equilibrium Calculation

Loadcase - Condición Mínima 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
1	Peso Rosca	1	6824	5,593
2	Minima Tripulación	4	150	3,827
3	Equipo Seguridad	1	90,3	7,600
4	Provisiones NO consum	1	21,7	5,781
5	Balsa Salvamento	1	53,2	9,909
6		Total Weight=	7589	LCG=5,508 m
7				
8				

	Vert Arm m	Trans Arm m	FS Mom. kg.m
1	2,383	-0,022	0,000
2	3,349	0,000	0,000
3	2,635	0,000	0,000
4	2,635	0,000	0,000
5	2,642	0,000	0,000
6	VCG=2,465 m	TCG=-0,020 m	0
7	FS corr.=0 m		
8	VCG fluid=2,465 m		

1	Draft Amidsh. m	1,036
2	Displacement kg	7590
3	Heel to Starboard degrees	-0,08
4	Draft at FP m	1,048
5	Draft at AP m	1,024
6	Draft at LCF m	1,034
7	Trim (+ve by stern) m	-0,024
8	WL Length m	11,152
9	WL Beam m	6,249
10	Wetted Area m ²	33,076
11	Waterpl. Area m ²	18,973
12	Prismatic Coeff.	0,479
13	Block Coeff.	0,254
14	Midship Area Coeff.	0,532
15	Waterpl. Area Coeff.	0,677
16	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,192
17	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,669
18	KB m	0,754
19	KG fluid m	2,465
20	BMt m	16,368
21	BML m	17,520
22	GMt m	14,657
23	GML m	15,809
24	KMt m	17,122
25	KML m	18,274
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,195
27	MTC tonne.m	0,105
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	1941,444
29	Max deck inclination deg	0,1
30	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1

Stability Calculation

Loadcase – Condición Mínima Operativa

Damage Case - Intact

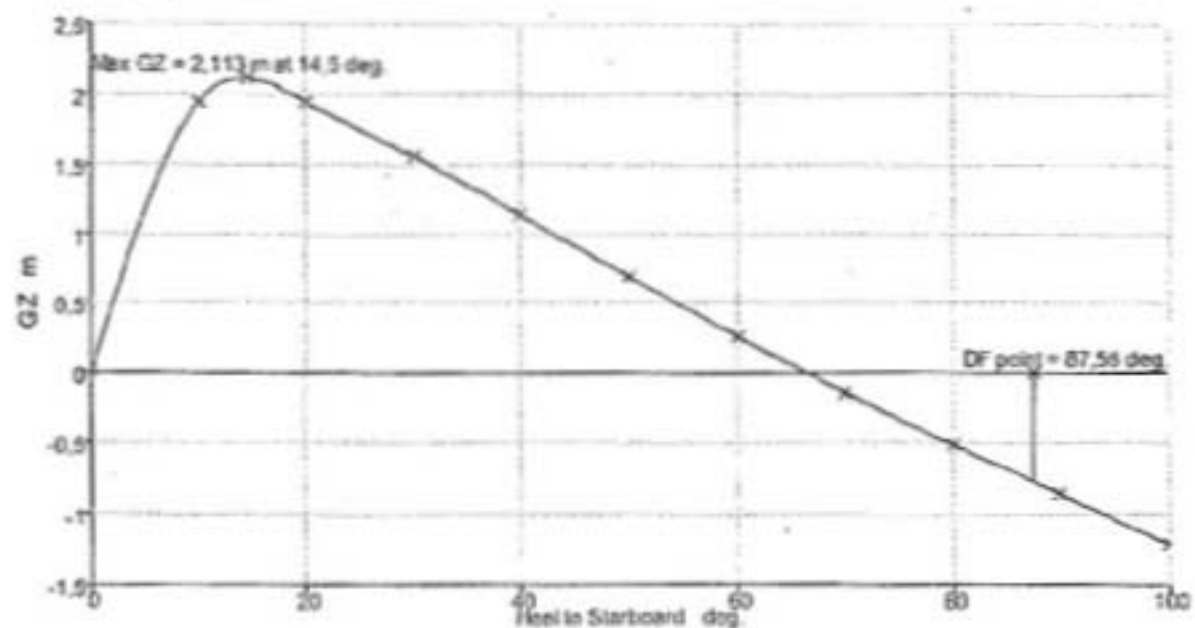
Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long Arm m
1	Peso Rosca	1	6824	5,593
2	Minima Tripulación	4	150	3,827
3	Equipo Seguridad	1	90,3	7,600
4	Provisiones NO consumibles	1	21,7	5,781
5	Balsa Salvamento	1	53,2	9,909
6		Total Weight=	7589	LCG=5,508 m
7				
8				

	Vert Arm m	Trans Arm m	FS Mom. kg.m
1	2,383	-0,022	0,000
2	3,349	0,000	0,000
3	2,635	0,000	0,000
4	2,635	0,000	0,000
5	2,642	0,000	0,000
6	VCG=2,466 m	TCG=-0,020 m	0
7	FS corr.=0 m		
8	VCG fluid=2,466 m		



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30
1	Displacement kg	7589	7589	7590	7590
2	Draft at FP m	1,048	1,089	0,709	0,182
3	Draft at AP m	1,024	0,741	0,264	-0,300
4	WL Length m	11,132	11,999	12,003	12,003
5	Immersed Depth m	1,034	1,339	1,324	1,221
6	WL Beam m	6,249	6,079	3,237	3,170
7	Wetted Area m ²	33,069	28,945	25,982	26,161
8	Waterpl. Area m ²	18,968	14,460	12,426	13,126
9	Prismatic Coeff.	0,479	0,525	0,570	0,570
10	Block Coeff.	0,255	0,245	0,334	0,344
11	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,192	-0,140	-0,113	-0,102
12	VCB from DWL m	0,261	0,372	0,392	0,368
13	GZ m	0,020	1,938	1,938	1,554
14	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,553	-0,667	-0,898	-0,842
15	TCF to zero pt. m	0,000	1,620	2,873	2,934
16	Max deck inclination deg	0,1	10,1	20,1	30,1
17	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1	-1,7	-2,2	-2,4

	40	50	60	70	80	90	100
1	7590	7590	7589	7589	7589	7589	7590
2	-0,466	-1,343	-2,695	-5,210	-12,392	N/A	-15,372
3	-1,004	-1,974	-3,498	-6,408	-14,730	N/A	-17,606
4	12,003	12,003	12,003	12,004	12,005	11,726	11,968
5	1,079	0,898	0,684	0,569	0,546	0,601	0,752
6	3,066	2,952	2,762	2,293	2,404	2,293	1,928
7	28,496	27,105	28,131	28,503	28,419	28,477	27,910
8	14,261	16,069	18,657	19,823	21,081	20,688	18,949
9	0,570	0,570	0,570	0,585	0,618	0,675	0,702
10	0,350	0,385	0,450	0,524	0,494	0,471	0,448
11	-0,095	-0,090	-0,090	-0,088	-0,090	-0,097	-0,105
12	0,334	0,292	0,243	0,204	0,193	0,211	0,240
13	1,133	0,693	0,266	-0,137	-0,514	-0,857	-1,212
14	-0,772	-0,681	-0,570	-0,342	-0,062	0,061	-0,017
15	2,917	2,831	2,672	2,327	1,879	1,455	1,046
16	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
17	-2,7	-3,2	-4,0	-6,0	-11,6	-1,5	-11,1

	Key point	Type	DF angle deg	Freeboard m
1	Margin Line (immersion pos = -0,53 m; freeboard pos = -0,53 m)		20,6	0,313
2	Deck Edge (immersion pos = -0,53 m; freeboard pos = -0,53 m)		30,81	0,389
3	DF point	Downflooding point	67,58	2,138

Condición de Desplazamiento a Máxima Carga

Equilibrium Calculation

Loadcase – Condición de Desplazamiento a Máxima 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
1	P. Rosca	1	6824	5,503
2	Máxima Tripulación (12)	12	150	3,827
3	Equipos Seguridad	1	90,3	7,600
4	Prov. NO Consumibles	1	21,7	5,781
5	Balsa Salvamento	1	53,2	9,909
6	Cap. Combustible	1	216	1,882
7	Cap. Agua	1	442	10,074
8		Total Weight=	9447	LCG=5,425 m
9				
10				

	Vert.Arm.m	Trans.Arm.m	FS Mom. kg.m
1	2,383	-0,022	0,000
2	3,349	0,000	0,000
3	2,635	0,000	0,000
4	2,635	0,000	0,000
5	2,642	0,000	0,000
6	1,959	0,000	0,000
7	1,312	0,000	0,000
8	VCG=2,512 m	TCG=-0,016 m	0
9	FS corr.=0 m		
10	VCG fluid=2,512 m		

1	Draft Amidsh. m	1,128
2	Displacement kg	9448
3	Heel to Starboard degrees	-0,07
4	Draft at FP m	1,152
5	Draft at AP m	1,104
6	Draft at LCF m	1,125
7	Trim (+ve by stern) m	-0,048
8	WL Length m	11,819
9	WL Beam m	6,316
10	Wetted Area m ²	38,082
11	Waterpl. Area m ²	20,910
12	Prismatic Coeff.	0,510
13	Block Coeff.	0,276
14	Midship Area Coeff.	0,543
15	Waterpl. Area Coeff.	0,707
16	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,272
17	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,846
18	KB m	0,818
19	KG fluid m	2,512
20	BMt m	14,512
21	BML m	16,921
22	GMt m	12,818
23	GML m	15,228
24	KMt m	15,330
25	KML m	17,740
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,214
27	MTC tonne.m	0,126
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	2113,502
29	Max deck inclination deg	0,2
30	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2

Stability Calculation

Loadcase - Condición de Desplazamiento a Máxima Carga

Damage Case - Intact

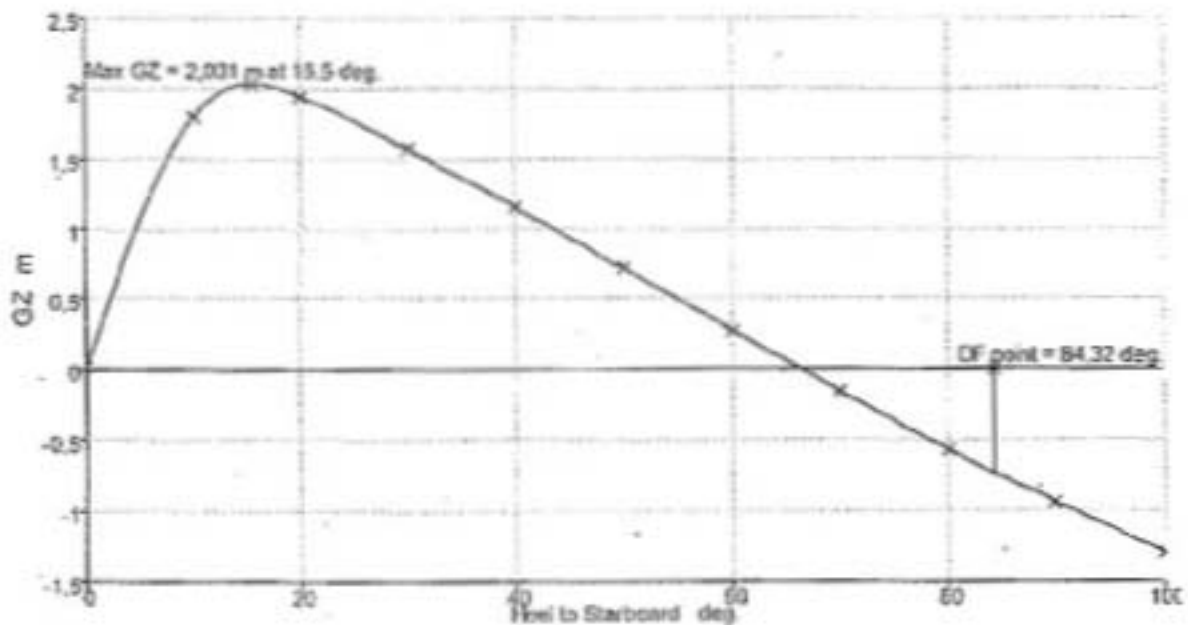
Free to Trim

Relative Density = 1.025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long Arm m
1	P. Rosca	1	6824	5,693
2	Máxima Tripulación (12)	12	160	3,827
3	Equipos Seguridad	1	90,3	7,600
4	Prov. NO Consumibles	1	21,7	5,781
5	Balsa Salvamento	1	53,2	9,909
6	Cap. Combustible	1	216	1,882
7	Cap. Agua	1	442	10,074
8		Total Weight=	9447	LCG=5,425 m
9				
10				

	Vert/mt m	Trans Arm m	FS Mom. kg.m
1	2,383	-0,022	0,000
2	3,349	0,000	0,000
3	2,635	0,000	0,000
4	2,635	0,000	0,000
5	2,842	0,000	0,000
6	1,959	0,000	0,000
7	1,312	0,000	0,000
8	VCG=2,512 m	TCG=-0,016 m	0
9	FS corr.=0 m		
10	VCG fluid=2,512 m		



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30
1	Displacement kg	9448	9447	9448	9448
2	Draft at FP m	1,152	1,218	0,920	0,393
3	Draft at AP m	1,104	0,853	0,371	-0,187
4	WL Length m	11,002	12,002	12,010	12,009
5	Immersed Depth m	1,126	1,458	1,475	1,383
6	WL Beam m	6,316	6,150	3,299	3,255
7	Wetted Area m ²	38,061	34,084	29,886	30,047
8	Waterpl. Area m ²	20,908	16,309	13,148	13,978
9	Prismatic Coeff.	0,510	0,546	0,597	0,597
10	Block Coeff.	0,277	0,258	0,362	0,369
11	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,272	-0,221	-0,178	-0,168
12	VCB from DWL m	0,309	0,406	0,448	0,421
13	GZ m	0,016	1,791	1,944	1,566
14	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,846	-0,614	-0,978	-0,931
15	TCF to zero pt. m	0,000	1,554	2,912	2,991
16	Max deck inclination deg	0,2	10,2	20,2	30,1
17	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2	-1,8	-2,8	-2,9

	40	50	60	70	80	90	100
1	9448	9446	9447	9447	9447	9447	9447
2	-0,258	-1,141	-2,484	-4,972	-12,048	N/A	-15,016
3	-0,890	-1,831	-3,320	-6,107	-14,073	N/A	-16,884
4	12,008	12,007	12,006	12,005	12,005	11,471	11,693
5	1,207	1,010	0,781	0,662	0,636	0,688	0,846
6	3,176	3,088	2,717	2,262	2,266	2,404	2,074
7	30,356	30,933	31,520	31,564	31,308	31,287	31,014
8	15,285	17,274	18,903	19,131	20,304	20,737	19,527
9	0,688	0,599	0,605	0,619	0,644	0,691	0,725
10	0,382	0,406	0,515	0,594	0,561	0,488	0,451
11	-0,164	-0,166	-0,189	-0,176	-0,189	-0,199	-0,204
12	0,382	0,334	0,283	0,247	0,234	0,249	0,278
13	1,150	0,716	0,283	-0,150	-0,565	-0,938	-1,295
14	-0,863	-0,766	-0,640	-0,390	-0,164	-0,109	-0,139
15	2,991	2,920	2,706	2,349	1,904	1,423	1,009
16	40,1	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
17	-3,1	-3,5	-4,2	-5,7	-10,1	-1,5	-0,3

	Key point	Type	DF angle deg	Freeboard m
1	Margin Line (immersion pos = -0,53 m; freeboard pos = -0,53 m)		9,03	0,233
2	Deck Edge (immersion pos = -0,53 m; freeboard pos = -0,53 m)		17,05	0,309
3	DF point	Downflooding point	84,32	2,05

Características propias del Catamarán

Hydrostatics:

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

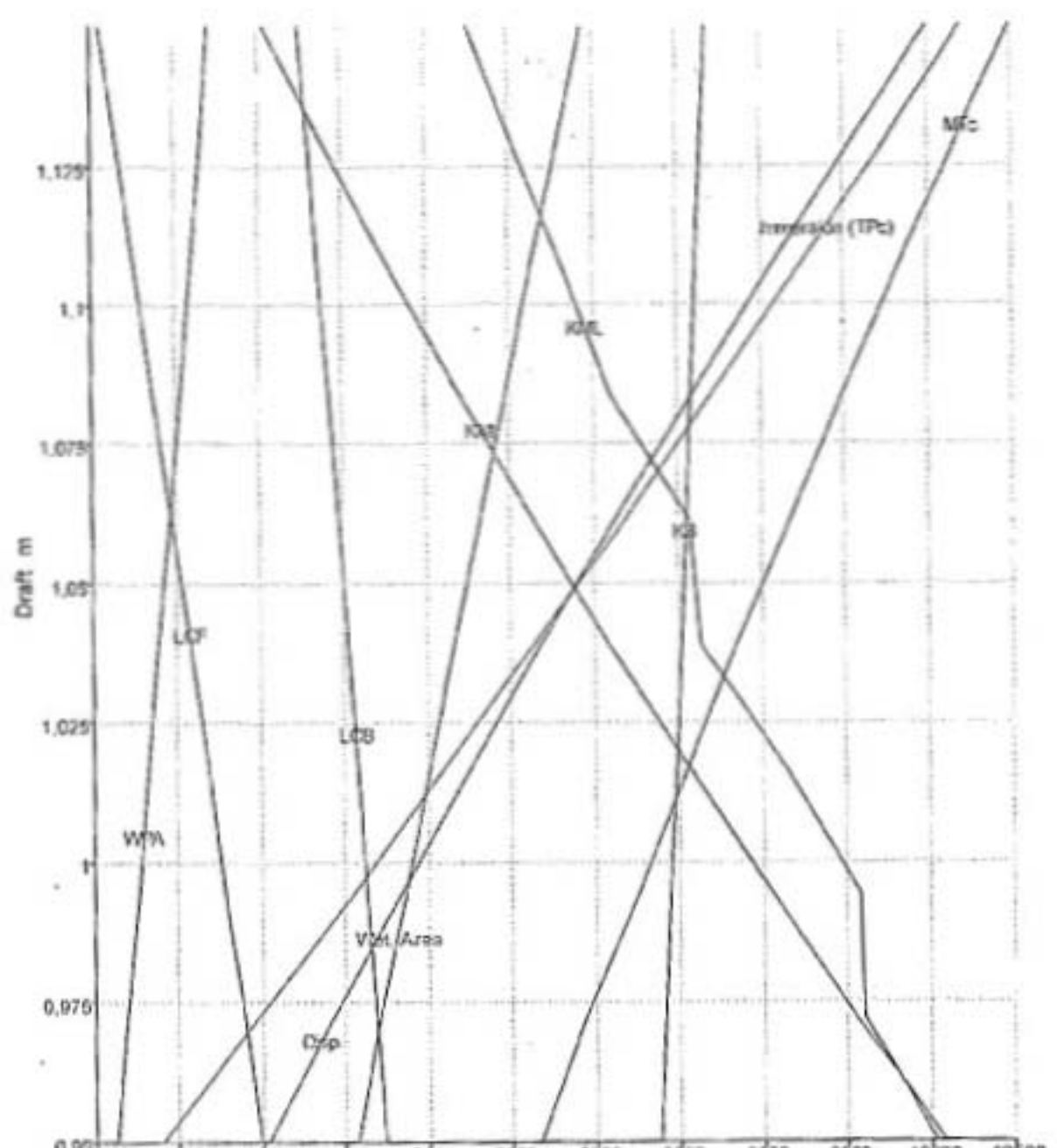
Relative Density = 1,025

	Draft Amidsh. m	0,95	0,972
1	Displacement kg	6033	6426
2	Heel to Starboard degrees	0	0
3	Draft at FP m	0,950	0,972
4	Draft at AP m	0,950	0,972
5	Draft at LCF m	0,950	0,972
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000
7	WL Length m	10,664	10,804
8	WL Beam m	6,171	6,193
9	Wetted Area m ²	28,518	29,603
10	Waterpl. Area m ²	16,976	17,530
11	Prismatic Coeff.	0,446	0,455
12	Block Coeff.	0,236	0,241
13	Midship Area Coeff.	0,529	0,530
14	Waterpl. Area Coeff.	0,646	0,655
15	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,132	-0,157
16	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,504	-0,553
17	KB m	0,692	0,709
18	KG m	1,072	1,072
19	BMT m	18,395	17,841
20	BML m	18,015	17,913
21	GMI m	18,015	17,477
22	GML m	17,635	17,549
23	KMI m	19,087	18,550
24	KML m	18,708	18,622
25	Immersion (TPC) tonne/cm	0,174	0,180
26	MTC tonne.m	0,093	0,099
27	RM at 1deg = GML.Disp.sin(1) kg.m	1896,764	1960,101
28	Max deck inclination deg	0,0	0,0
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0

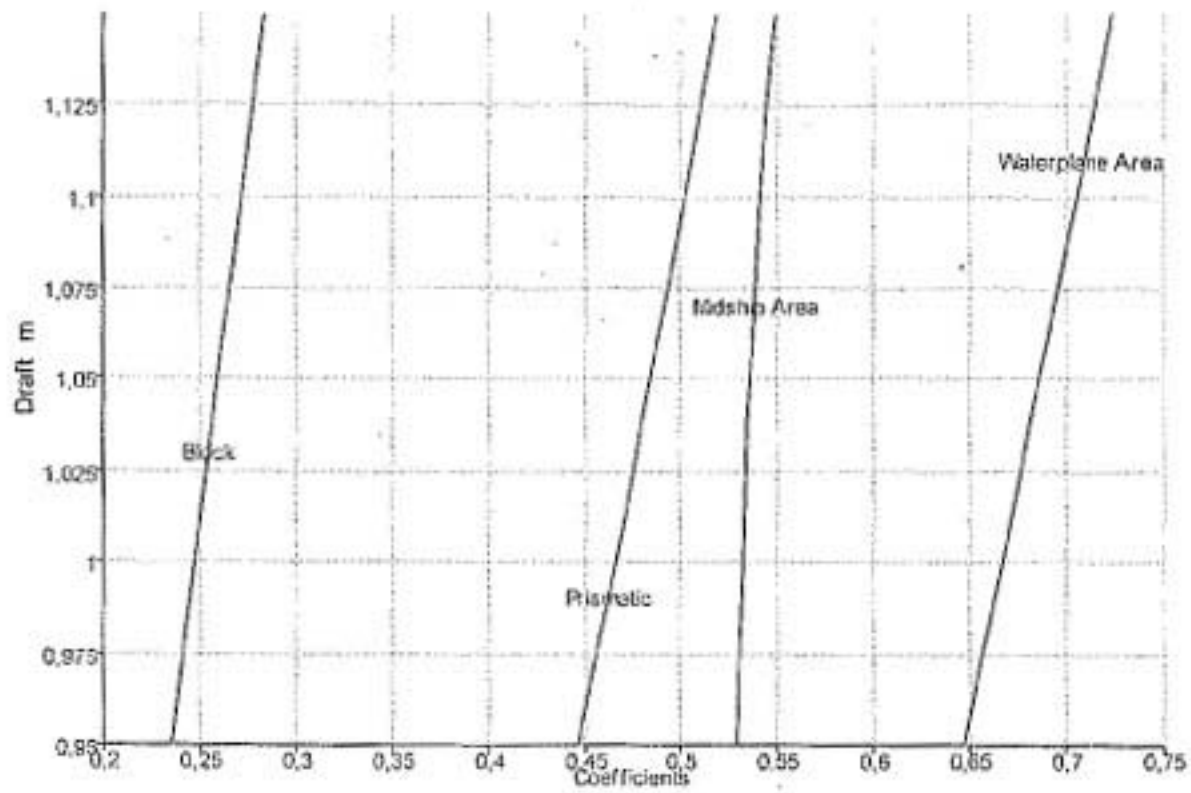
	0,994	1,017	1,039	1,061
1	6832	7250	7681	8124
2	0	0	0	0
3	0,994	1,017	1,039	1,061
4	0,994	1,017	1,039	1,061
5	0,994	1,017	1,039	1,061
6	0,000	0,000	0,000	0,000
7	10,941	11,077	11,210	11,342
8	6,213	6,234	6,253	6,270
9	30,907	32,106	33,311	34,547
10	18,095	18,630	19,156	19,688
11	0,464	0,472	0,480	0,488
12	0,246	0,251	0,256	0,262
13	0,531	0,533	0,534	0,537

14	0,665	0,673	0,681	0,690
15	-0,102	-0,208	-0,235	-0,262
16	-0,010	-0,660	-0,709	-0,765
17	0,725	0,741	0,757	0,773
18	1,072	1,072	1,072	1,072
19	17,329	16,820	16,331	15,876
20	17,892	17,787	17,670	17,641
21	16,982	16,488	16,016	15,576
22	17,545	17,455	17,354	17,342
23	18,054	17,561	17,069	16,649
24	18,617	18,528	18,427	18,414
25	0,186	0,191	0,196	0,202
26	0,105	0,111	0,117	0,123
27	2024,821	2086,365	2147,019	2208,397
28	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0

	1,083	1,106	1,126	1,15
1	8576	9044	9521	10009
2	0	0	0	0
3	1,083	1,106	1,128	1,150
4	1,083	1,106	1,128	1,150
5	1,083	1,106	1,128	1,150
6	0,000	0,000	0,000	0,000
7	11,473	11,602	11,731	11,859
8	6,287	6,303	6,318	6,331
9	35,768	37,011	38,260	39,515
10	20,186	20,694	21,186	21,660
11	0,496	0,504	0,511	0,518
12	0,267	0,273	0,278	0,284
13	0,539	0,542	0,545	0,548
14	0,699	0,707	0,715	0,724
15	-0,290	-0,319	-0,348	-0,377
16	-0,815	-0,868	-0,919	-0,972
17	0,789	0,805	0,820	0,836
18	1,072	1,072	1,072	1,072
19	15,421	15,000	14,593	14,195
20	17,532	17,461	17,388	17,315
21	15,138	14,733	14,341	13,958
22	17,249	17,194	17,136	17,078
23	16,210	15,805	15,413	15,031
24	18,321	18,266	18,208	18,151
25	0,207	0,212	0,217	0,222
26	0,130	0,136	0,143	0,150
27	2266,194	2325,284	2382,901	2438,211
28	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0



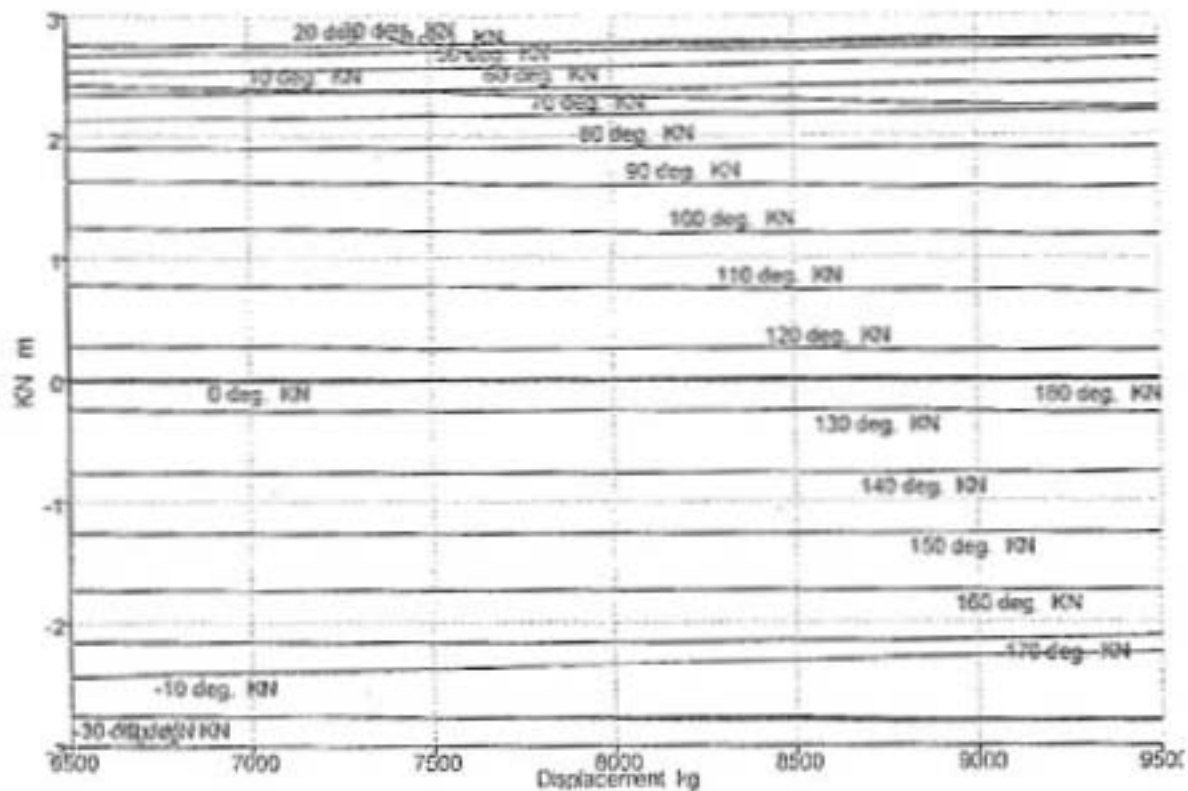
5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500
16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
-1	-0.75	-0.5	-0.25	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75
14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5
17.7	17.8	17.9	18	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	
0.17	0.175	0.18	0.185	0.19	0.195	0.2	0.205	0.21	0.215	0.22	0.225
0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15



KN Calculation:

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density = 1,025



	Displacement, kg	KN 30 deg. Port.	KN 20 deg. Port.	KN 10 deg. Port.	KN 0 deg
1	6600	-2,745	-2,745	-2,430	0,000
2	6833	-2,752	-2,750	-2,410	0,000
3	7167	-2,760	-2,756	-2,388	0,000
4	7500	-2,767	-2,760	-2,367	0,000
5	7833	-2,774	-2,765	-2,345	0,000
6	8167	-2,781	-2,770	-2,323	0,000
7	8500	-2,788	-2,774	-2,300	0,000
8	8833	-2,795	-2,779	-2,278	0,000
9	9167	-2,801	-2,783	-2,257	0,000
10	9500	-2,808	-2,788	-2,235	0,000

	KN 10 deg Starb.	KN 20 deg Starb.	KN 30 deg Starb.	KN 40 deg Starb.	KN 50 deg Starb.	KN 60 deg Starb.
1	2,430	2,745	2,745	2,670	2,530	2,348
2	2,410	2,750	2,752	2,680	2,542	2,362
3	2,388	2,756	2,760	2,690	2,554	2,375
4	2,367	2,760	2,767	2,699	2,566	2,388
5	2,345	2,765	2,774	2,708	2,577	2,400
6	2,323	2,770	2,781	2,717	2,588	2,412
7	2,300	2,774	2,788	2,726	2,599	2,422
8	2,278	2,779	2,795	2,735	2,609	2,433
9	2,257	2,783	2,801	2,743	2,620	2,442
10	2,235	2,788	2,808	2,752	2,630	2,451

	KN 70 deg. Starb.	KN 80 deg. Starb.	KN 90 deg. Starb.	KN 100 deg. Starb.	KN 110 deg. Starb.	KN 120 deg. Starb.
1	2,148	1,916	1,632	1,245	0,783	0,277
2	2,156	1,914	1,624	1,237	0,776	0,272
3	2,164	1,912	1,617	1,229	0,769	0,267
4	2,171	1,910	1,610	1,221	0,762	0,262
5	2,177	1,909	1,603	1,213	0,755	0,257
6	2,183	1,908	1,597	1,206	0,749	0,253
7	2,189	1,906	1,590	1,199	0,743	0,248
8	2,194	1,905	1,584	1,193	0,737	0,244
9	2,199	1,905	1,578	1,186	0,732	0,240
10	2,204	1,904	1,573	1,180	0,726	0,236

	KN 130 deg. Starb.	KN 140 deg. Starb.	KN 150 deg. Starb.	KN 160 deg. Starb.	KN 170 deg. Starb.	KN 180 deg. Starb.
1	-0,247	-0,767	-1,263	-1,728	-2,150	0,000
2	-0,249	-0,766	-1,261	-1,727	-2,149	0,000
3	-0,252	-0,766	-1,260	-1,727	-2,149	0,000
4	-0,254	-0,766	-1,260	-1,727	-2,149	0,000
5	-0,257	-0,767	-1,260	-1,727	-2,150	0,000
6	-0,259	-0,767	-1,261	-1,728	-2,150	0,000
7	-0,262	-0,768	-1,262	-1,729	-2,144	0,000
8	-0,264	-0,769	-1,263	-1,730	-2,134	0,000
9	-0,266	-0,770	-1,264	-1,731	-2,119	0,000
10	-0,269	-0,772	-1,266	-1,733	-2,103	0,000

7 REQUISITOS PARA CATAMARANES Y TRIMARANES

7.1 Requisitos a aplicar

Cuando los catamaranes y trimaranes tengan $L_{13} > 5 B_{CM}$, deben cumplir con los requisitos del capítulo 6. Los restantes catamaranes y trimaranes deben cumplir bien con

- a) apartados 7.2 al 7.7; o
- b) cuando a la embarcación se le deba asignar la categoría de diseño C o D, a la discreción del propietario, con el ensayo de recuperación al vuelco que se describe en el apartado 6.8.

7.2 Aberturas inundables

Se deben aplicar los requisitos del apartado 6.2.1.

7.3 Altura de inundación

Se deben aplicar los requisitos del apartado 6.2.2.

7.4 Información sobre la estabilidad

Como las embarcaciones multicasco a vela pueden volcar, debe facilitarse en el manual del propietario información sobre todas las materias siguientes (véase el anexo normativo F).

- a) Los peligros concernientes a la estabilidad que estas embarcaciones pueden sufrir, incluyendo el riesgo de vuelco, bien por balance o por cabeceo, particularmente con mares rompientes.
- b) La fuerza Beaufort del viento para la que se debería reducir el área de las velas de trabajo cuando se navegue en aguas tranquilas en las condiciones mínimas operacionales, teniendo en cuenta los peligrosos efectos de las rachas de viento. Se puede proporcionar información adicional referente al peso de desplazamiento cargado si se desea.

Esta información se puede obtener utilizando el anexo informativo G (que incluye un margen para las rachas de viento), o alternativamente se puede deducir de las pruebas de mar. Se debe establecer el método a utilizar.

Si se deduce de las pruebas de mar, la fuerza del viento que figure en el manual del propietario debe corresponder a una velocidad del viento de no más del 70% de la necesaria para

- 1) levantar el casco de barlovento de los catamaranes fuera del agua; o
 - 2) levantar el casco principal de los trimaranes fuera del agua, o sumergir el casco lateral de sotavento, cualquiera que ocurra el primero.
- c) Se deben elegir las velas a instalar en relación con la fuerza del viento predominante, la dirección relativa del viento y el estado de la mar.
 - d) Se deben tomar precauciones cuando se altere el curso desde un viento de popa hasta otro de costado.

7.5 Símbolos de advertencia

Se deben colocar símbolos de advertencia permanentemente en la posición de mando principal, como se indica en las figuras 8 y 9.



Fig. 8 – Símbolos de advertencia para catamaranes



Fig. 9 – Símbolos de advertencia para trimaranes

7.6 Flotabilidad después de una inversión

7.6.1 Dado que las embarcaciones a vela multicasco pueden volcar, se debe comprobar mediante cálculos utilizando el anexo normativo D que, cuando se invierten y/o se inundan totalmente, el volumen de flotabilidad, expresado en metros cúbicos (m^3), del casco, aparejos y equipo es mayor que el número representado por $(m_{LD}/850)$, de modo que se asegure que es suficiente para soportar el peso de la embarcación cargada con un margen. No se deben incluir los márgenes para las bolsa de aire que se puedan formar (aparte de los destinados a los tanques de aire y compartimentos estancos).

7.6.2 Cuando se haya previsto un medio de escape para utilizar cuando se invierta la embarcación, éste no debe comprometer ni la estabilidad ni la flotabilidad ya esté la embarcación adrizada o invertida.

7.6.3 Cuando se utilicen compartimentos accesibles vía escotillas o puertas para demostrar que existe una flotación positiva después de un vuelco, el compartimento se debe construir con un grado de estanquidad 1 (véase la Norma ISO 11812), y las escotillas y puertas deben satisfacer los requisitos de estanquidad para el grado 2 de la Norma ISO 12216.

7.6.4 Los cierres de las aberturas de acceso a los compartimentos estancos deben marcarse claramente por ambos lados como sigue:

"CIERRE ESTANCO – MANTENER CERRADO DURANTE LA NAVEGACIÓN"

7.6.5 Cuando se utilicen elementos de flotación, se deben aplicar los requisitos del anexo E.

7.7 Olas rompientes

Para proporcionar un grado de protección contra la posibilidad de inversión causada por olas rompientes, el factor de tamaño multicasco debe ser superior a los valores requeridos que se dan en la tabla 7.

$$\text{Factor de tamaño multicasco} = ,75 m_{MOC} \sqrt{L_{II} B_{CB}}$$

El peso mínimo operacional (m_{MOC}) debe obtenerse con un peso del casco deducido bien mediante pesaje directo o mediante cálculos a partir de una línea de flotación considerada y el plano de formas.

Tabla 7
Factor de tamaño multicasco requerido

Categoría de diseño	Factor de tamaño multicasco requerido		
	si $L/B < 2,2$	si $2,2 \leq L/B \leq 3,2$	si $L/B > 3,2$
A	$193\,600(L/B)^2$	40 000	$313\,600/(6 - L/B)^2$
B	$72\,600(L/B)^2$	15 000	$117\,600/(6 - L/B)^2$
C y D	no aplicable	no aplicable	no aplicable

NOTA - Para catamaranes: $L/B = L_{II} / B_{CB}$.
Para trimaranes $L/B = 2 L_{II} / B_{CB}$.

8 APLICACIÓN

8.1 Decisión de la categoría de diseño

La categoría de diseño de una embarcación particular es aquella para la que la misma cumple todos los requisitos apropiados, definidos en los capítulos 6 ó 7.

8.2 Significado de las categorías de diseño (véase la tabla 8)

8.2.1 Una embarcación a la que se ha dado la categoría de diseño A se considera que se ha diseñado para operar con vientos de fuerza Beaufort igual o menor de 10 y las alturas de ola correspondientes, y sobrevivir en las más severas condiciones. Estas condiciones se pueden encontrar en largos viajes, por ejemplo a través de los océanos, o costeros cuando no se tenga una protección contra el viento y las olas durante varios cientos de millas náuticas. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 28 m/s.

8.2.2 Una embarcación a la que se ha dado la categoría de diseño B se considera que se ha diseñado para operar con olas de hasta 4 m de altura significativa y un viento Beaufort de fuerza igual o menor de 8. Estas condiciones se pueden encontrar en viajes de alta mar de duración suficiente o costeros cuando no siempre pueda ser posible encontrar una adecuada protección. Estas condiciones se pueden encontrar también en mares interiores de una extensión suficiente para que se generen olas de altura apreciable. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 21 m/s.

8.2.3 Una embarcación a la que se ha dado la categoría de diseño C se considera que se ha diseñado para operar con olas de hasta 2 m de altura significativa y un característico viento estable de una fuerza Beaufort igual o menor de 6. Estas condiciones se pueden encontrar en aguas expuestas interiores, en estuarios y en aguas costeras con unas condiciones moderadas de tiempo. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 17 m/s.

8.2.4 Una embarcación a la que se ha dado la categoría de diseño D se considera se ha diseñado para operar con olas ocasionales de una altura significativa de 0,5 m y un característico viento estable de una fuerza Beaufort igual o menor de 4. Estas condiciones se pueden encontrar en aguas protegidas interiores, y en aguas costeras con buen tiempo. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 13 m/s.

Tabla 5
Resumen de las definiciones de las categorías de proyecto

Categoría de diseño	A	B	C	D
Altura de ola hasta	aproximadamente 7 m significativa	4 m significativa	2 m significativa	0,5 m máximo
Fuerza Beaufort característica del viento	hasta 10	hasta 8	hasta 6	hasta 4
Velocidad del viento para el cálculo (m/s)	25	21	17	13

8.2.5 La altura significativa de ola es la altura media de la mayor de un tercio de las olas, que aproximadamente corresponde a la altura de ola estimada por un observador experimentado. Algunas olas alcanzarán el doble de esta altura.

Tabla F.1
 Datos de la estabilidad para catamaranes, trimaranes y monocascos que utilicen el apartado 6.3.2

DATOS DE LA ESTABILIDAD

Para la embarcación: CATAMARÁN A VELA DE 12 mts DE LOA

Preparados por: ANTONIO GUERRERO COVELO

Fecha: 13 OCTUBRE 2007

Método utilizado: Cálculo / ~~ensayo de mar~~ (táchese lo que no sea aplicable)

Peso mínimo operativo = 7.589 kg = 7'589 toneladas

Peso del desplazamiento en carga = 9.447 kg = 9'447 toneladas

Juego de velas	Fuerza máxima beaufort aconsejada para cada combinación de velas	
	Condición mínima operativa	condición de desplazamiento en carga (opcional)
Vela principal + foque de buen tiempo		
Vela principal + génova de trabajo	6	6
Vela principal + foque de trabajo	6	6
Primer rizo en la vela principal + pequeño foque	6	7
Segundo rizo en la vela principal + pequeño foque	7	7
Tercer rizo en la vela principal + foque de tormenta	9	10
Pequeño foque	9	9
Foque de tormenta	12	12

NB: La lista anterior de combinación de velas puede variar para adecuarse a la jarcia de la embarcación. Las siguientes notas pueden variar a criterio del fabricante.

NOTA 1 - Si se llevan excesivas velas, ESTA EMBARCACIÓN PUEDE VOLCAR, pero está diseñada para no hundirse cuando esto ocurra.

NOTA 2 - La fuerza del viento de la tabla anterior incluye un margen para tener en cuenta el efecto de las ráfagas.

Se deberían tomar especiales precauciones con vientos violentos o cambiantes o con mares rompientes.

NOTA 3 - En la evasividad de fuertes ráfagas, LIBERE LAS ESCOTAS

Si el viento es ceñido, LEVANTE LA ORZA

Si el viento es por el través, LIBERE LAS ESCOTAS

Si el viento es por el costado de popa, RESISTA SU BAHUATE

NOTA 4 - Se debería tener un cuidado especial cuando cambie el viento desde uno de popa hasta otro de costado, ya que pueden incrementarse tanto la velocidad aparente del viento como el efecto de la escota. Estos cambios no deberían ocurrir rápidamente, y se debería tomar especial consideración para reducir las velas antes de efectuar esta maniobra.

Tabla H.2
Resumen de requisitos para catamaranes y trimaranes

Configuración o requisito	Categoría de diseño	A	B	C	D
Cubierta o protección	Cualquier tipo	si	si	si	si
	Con cubierta completa (véase el apartado 3.1.8)	si	si		
Aberturas inundables (véase el apartado 6.2.1)		si	si	si	si
Altura requerida de inundación (utilizando figuras)	No sea menor que	0,5	0,4	0,3	0,2
	No sea menor que	$L_{11}/17$	$L_{11}/17$	$L_{11}/17$	$L_{12}/17$
	Necesita no ser mayor que	1,41	1,41	0,75	0,4
Altura de inundación (según el anexo A)	No sea menor que	0,5	0,4	0,3	0,2
	Necesita no ser mayor que	1,41	1,41	0,75	0,4
Información sobre la estabilidad (véase el apartado 7.4)		Según lo requerido en el apartado 7.4			
Flotabilidad después de la inversión (véase el apartado 7.6)		Volumen de la flotabilidad (m^3) $V_B > m_{LDC}/850$			
Olas rompientes (véase el apartado 7.7) Factor de tamaño = $1,75 m_{SIOC} \sqrt{L_{41} B_{CB}}$ debe ser superior al que se muestra en frente, cuando $L/B = L_{11}/B_{CB}$ para los catamaranes $L/B = 2 L_{12}/B_{CB}$ para los trimaranes	Si $L/B < 2,2$	$\frac{193\ 600}{(L/B)^2}$	$\frac{72\ 600}{(L/B)^2}$	0	0
	Si $2,2 \leq L/B \leq 3,2$	40 000	15 000	0	0
	Si $L/B > 3,2$	$\frac{313\ 600}{(6 - L/B)^2}$	$\frac{117\ 600}{(6 - L/B)^2}$	0	0

ANEXO I (informativo)

HOJAS DE TRABAJO

Se suministran las siguientes hojas de trabajo como ayuda para la comprobación del cumplimiento de una embarcación con esta parte de la Norma ISO 12217.

ISO 12217-2 EMBARCACIONES NO PROPULSADAS A VELA DE ESLORA IGUAL O SUPERIOR A 6 m

HOJA DE CÁLCULO N° 1

Diseño: CATALAN A VELA DE 12mts DE LOA

Categoría de diseño pretendida: Característica	Monocasco/multicasco:			
	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
Eslora del casco según la Norma ISO 8666	L_{cl}	m	12	3.4.1
Peso:				
Carga máxima total:				3.5.4
Tripulación límite deseada	CL	-	12	3.6.3
Peso de:				
Tripulación límite deseada a razón de 75 kg cada persona		kg	1800	
provisiones + efectos personales		kg	1118	
agua dulce		kg	440	
combustible		kg	216	
otros líquidos llevados a bordo		kg		
pañoles, maquinaria de respo y carga (si hay)		kg		
equipo opcional y accesorios no incluidos en el suministro básico		kg		
balsa salvavidas neumática		kg	532	
otros botes pequeños llevados a bordo		kg		
margen para futuras inclusiones		kg		
Carga máxima total = suma de los pesos anteriores	m_{MTL}	kg	2623	3.5.4
Condición de peso en rosca	m_{LCC}	kg	6824	3.5.1
Peso del desplazamiento en carga = $m_{LCC} + m_{MTL}$	m_{LDC}	kg	9447	3.5.6
Peso de:				
mínimo número de tripulantes de acuerdo con el apartado 3.4.6	4	kg	600	3.5.2
equipo esencial de seguridad [no inferior a $(L_{cl} - 2,5)^2$]		kg	9025	3.5.2
pañoles de no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo		kg	217	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	532	3.5.2
Carga a incluir en la Condiciones Mínimas Operativa	m_L	kg	7652	3.5.2
Peso en la condición de embarcación en rosca	m_{LCC}	kg	6824	3.5.1
Peso en la Condiciones Mínimas Operativas = $m_{LCC} + m_L$	m_{NOC}	kg	7589	3.5.3
¿Está o no propulsada a vela la embarcación?			SI	3.1.2
superficie nominal de las velas	A_s	m ²	65	3.4.8
relación superficie de las velas / desplazamiento = $A_s / (m_{LDC})^{2/3}$		-	0,45	3.1.2
CLASIFICADA COMO [no propulsada a vela si $A_s / (m_{LDC})^{2/3} < 0,7$] ¿PROPULSADA A VELA / NO PROPULSADA A VELA?			SI	3.1.2
NB: si PROPULSADA A VELA, continúe usando estas hojas de trabajo, si NO PROPULSADA A VELA, utilice la Norma ISO 12217-1				
PASAD A LA HOJA DE TRABAJO No. 2				

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO N° 2 ENSAYOS QUE SE APLICAN

Cuestión			Respuesta	Referencia
¿Tiene la embarcación cubierta completa? (véase la definición en la referencia) ¿SI/NO?			SI	3.1.8
¿Es la embarcación un catamarán o trimarán? ¿SI/NO?			SI	3.1.3 y 3.1.4
Si NO, escoja las opciones 1 a la 7. Si SÍ, entonces:				
Eslora del casco	L_H	m	12	3.4.1
Manga entre los centros de flotación de los cascos laterales	B_{CB}	m	5'02	3.4.5
¿Es la relación $L_H/B_{CB} > 5$ SI/NO?			NO	7.1
Si SÍ, trate la embarcación como monocasco, y escoja las opciones 1 a la 7. Si NO, utilice la opción 8				
Peso en la condición mínima operativa	m_{MOC}	kg	7.587	3.5.3
Peso en la condición de desplazamiento en carga	m_{LDC}	kg	9.447	3.5.6
NB: si $m_{LDC}/m_{MOC} > 1,15$ todas las hojas de trabajo marcadas * más abajo se deben rellenar en ambas condiciones				

Escija CUALQUIERA de las siguientes opciones, y utilice todas las hojas de trabajo que se indican en esa opción.

Opción	Todas las embarcaciones excepto catamaranes y trimaranes con $L_H/B_{CB} \leq 5$							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	cualquiera	cualquiera	cualquiera	cualquiera	cualquiera	cualquiera	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 nula	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

Opción seleccionada

8

Limitaciones de los nichos (opción 1 solamente):

Característica	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
Área de proyecto de todos los nichos	A_R	m^2		6.1.5
Área de proyecto de todos los nichos a proa de $L_H/2$	A_{R2}	m^2		6.1.5
Relación entre el área de proyecto de todos los nichos y el producto eslora \times manga	$A_R/L_H B_H$	-		6.1.5
Categoría de diseño posible (A si $< 0,1$, B si $< 0,15$)				6.1.5
Relación entre el área de proyecto de todos los nichos y el producto eslora \times manga	$A_{R2}/L_H B_H$	-		6.1.5
Categoría de diseño posible (A si $< 0,1$, B si $< 0,15$)				6.1.5

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO N° 3 INUNDACIÓN

Aberturas inundables:

Pregunta	Respuesta	Referencia
¿Se han identificado todas las correspondientes aberturas inundables?	SI/NO	6.2.1.1
¿Todos los dispositivos cerrados satisfacen la Norma ISO 12216?	SI/NO	6.2.1.2
¿No se han fijado dispositivos del tipo abierto por debajo de 0,2 m sobre la línea de flotación a menos que cumplan las Normas ISO 9093 o ISO 9094?	SI/NO	6.2.1.3
¿Están todas las aberturas fijadas con dispositivos cerrados? (Excepto las aberturas para la ventilación y combustión del motor)	SI/NO	6.2.1.5
Categorías posibles: A o B si todas son SI, C o D si son SI las tres primeras	3	6.2.1

Ángulo de inundación:

Característica	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
Valor requerido:				6.2.3
Categorías A + B = 40°, Categoría C = 35°, Categoría D = 30°	$\phi_{D(0)}$	grados	40	Tabla 3
Ángulo real de inundación: cualquier abertura a m_{MOC}	ϕ_{DA}	grados	49'7	3.3.2
Si $m_{LDC} / m_{MOC} > 1,15$, entonces también a m_{LDC}	ϕ_{DA}	grados	48'5	3.3.2
Método utilizado para determinar ϕ_{DA} :				Anexo B
Categoría posible del ángulo de inundación ϕ_{DA} :			3	6.2.3
Ángulo real de inundación: para la cabina de mando que no sean de achique rápido	ϕ_{DC}	grados	84'32	3.3.2
Ángulo real de inundación: para la escotilla principal	ϕ_{DC}	grados	84'32	3.3.2

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 sólo si se utilizan figuras
referencia	6.2.2.2 a)	6.2.2.2 b)
¿obtenido de la figura 2 o el anexo A?	ANEXO A	= básico \times 0,75
Área máxima de las pequeñas aberturas ($50 L_1^2$) (m^2) =		6'290 m^2
Altura requerida de inundación H_{DCB} (m)	Figura 2/anexo A Categoría A	
	Figura 2/anexo A Categoría B	8
	Figura 2/anexo A Categoría C	
	Figura 2/anexo A Categoría D	
Altura real de inundación h_0 referencia: apartado 6.2.2.21		2'05
Categoría de diseño posible	A	B
Categoría de diseño posible en conjunto = la menor de arriba		B

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO Nº 4 ALTURA DE INUNDACIÓN

Cálculo utilizando el anexo A suponiendo que se utiliza la opción... 8....

Característica	Símbolo	Unidad	Abertura 1	Abertura 2	Abertura 3	Abertura 4
Posición de las aberturas:						
Menor distancia longitudinal desde la proa/popa	x	m	2'423			
Menor distancia transversal desde la regala	y	m	0'431			
$F_1 = \text{mayor de } (1 - x/L_H) \text{ o } (1 - y/B_H) =$	F_1	-	0'964			
Tamaño de las aberturas:						
Área conjunta de las aberturas hasta el extremo superior de cualquier abertura inundable	a	mm ²	6'290e ³			
Distancia longitudinal de la abertura desde la punta de la roda	x'_D	m	1'691			
Valor límite de $a = (30 l_H)^2$		mm ²	1'296e ⁴			
Si $a \leq (30 l_H)^2, f_2 = 1,0$ Si $a < (30 l_H)^2, f_2 = 1 + \frac{x'_D}{L_H} \left(\frac{\sqrt{a}}{75 L_H} - 0,4 \right)$	F_2	-	0'944			
Tamaño de los nichos:						
Volumen de los nichos que no sean auto-achicables de acuerdo con la Norma ISO 11812	V_N	m ³	2'947			
Franco bordo en la mitad de la eslora (véase el apartado 3.4.6)	F_{2k}	m	2'05			
$k = V_N / (L_H B_H F_{2k})$	k	-	0'0246			
Si la abertura no es un nicho, $F_3 = 1,0$ Si el nicho es de achique rápido, $F_3 = 0,7$ Si el nicho no es de achique rápido, $F_3 = (0,7 + k^{0,5})$	F_3	-	0'856			
Desplazamiento:						
Volumen del desplazamiento en carga (véase el apartado 3.5.7)	V_D	m ³	9'216			
$B = B_H$ para monocascos, B_{ML} para multicascos	B	m	2'586			
$F_4 = [(10 V_D) / (L_H B^3)]^{1/2}$	F_4	-	1'047			
Flotación:						
Para las embarcaciones que utilicen las opciones 3 ó 4, $F_5 = 0,8$ Para todas las otras embarcaciones, $F_5 = 1,0$	F_5	-	1			
Altura requerida por cálculo: $= F_1 F_2 F_3 F_4 F_5 L_H / 15$	h_{REQ}	m	0'652			
Altura de inundación requerida con los límites a aplicar (véase en el anexo A en la tabla A.1)	Categoría A	h_{REQ}	m			
	Categoría B	h_{REQ}	m	0'652		
	Categoría C	h_{REQ}	m			
	Categoría D	h_{REQ}	m			
Altura medida de inundación:	h_D	m	0'922			
Categoría de diseño posible:			B			
			La más baja de las anteriores = B			

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO N° 9 REQUISITOS DE FLOTACIÓN

Anexo D

Objetivo: mostrar que la flotabilidad proporcionada por la estructura del casco, aparejos y elementos de flotación es suficiente o superior a la requerida para soportar a la embarcación cargada.

Característica	Peso kg	Densidad kg/m ³	Volumen m ³ = peso/densidad	Referencia
Estructura del casco:				
Laminados GPR	23309	1 500	1'554	Tabla D.1
Materiales de esencia de espuma	137'1	50	2'742	Tabla D.1
Materiales de esencia de balsa	274'2	150	1'828	Tabla D.1
Madera contrachapada		600		Tabla D.1
Otras maderas (tipo =)				Tabla D.1
Lastre permanente (tipo =)				Tabla D.1
Sujeciones y otros trabajos de metal (tipo =)				Tabla D.1
Ventanas (cristal / plástico)	30	1200	0'025	Tabla D.1
Motores y otros aparejos y equipo:				
Motor(es) diesel	316	5 000	0'063	Tabla D.1
Motor(es) de gasolina		4 000		Tabla D.1
Motor(es) fuera borda		3 000		Tabla D.1
Estay(s) para el manejo de las velas y la maniobra de popa	65	3 000	0'022	Tabla D.1
Mástil(es) y palo(s) (material = ulcación / picea)	277'3	2 700	0'110	Tabla D.1
Velas y cabos estibados	300	1 200	0'250	Tabla D.1
Alimentos y otras provisiones	115	2 000	0'058	Tabla D.1
Equipo vario	963'5	2 000	0'482	Tabla D.1
Tanque(s) de combustible no integrados (material =)				Tabla D.1
Tanque(s) de agua no integrados (material =)				
Tanque(s) de combustible				
Volumen bruto de los tanques y contenedores de aire:				D.2.2
Tanque(s) de agua			0'44	D.2.2
Otro(s) tanque(s)			0'22	D.2.2
Tanques o contenedores de aire que cumplan con los requisitos del anexo E			0'461	D.2.2
Volumen total del casco, aparejos y equipo, V_B = suma de todos los volúmenes anteriores			12'354	D.2.2
Peso del desplazamiento en carga	m_{LD}	kg	9.447	3.5.6
	calculad la relación $m_{LD}/V_B =$		11'114	D.2.3
Para la opción 1 alternativa para la Categoría B, y opción 8, $m_{LD}/V_B < 850$ ¿SÍ / NO?			SÍ	D.2.3
Para las opciones 4 y 6, $m_{LD}/V_B < 1 000$			¿SÍ / NO?	D.2.3

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO N° II - FACTOR DE TAMAÑO MULTICASCO

La embarcación es un catamarán/trimarán: CATAMARÁNCategoría de diseño pretendida: B

Característica	Símbolo	Unidad	Valor	Referencia
Peso mínimo de operación	m_{MOC}	kg	7589	3.5.3
Eslora del casco (según la Norma ISO 8666)	L_{II}	m	12	3.4.1
Manga entre los centros de flotación de los cascos laterales	B_{CB}	m	5'02	3.4.5
Para catamaranes $L/B = L_{II}/B_{CB} =$			2'39	Tabla 7
Para trimaranes $L/B = 2 L_{II}/B_{CB} =$				Tabla 7
Factor de tamaño multicasco requerido (de la tabla 7) para la categoría de diseño pretendida			15.000	Tabla 7
Factor de tamaño multicasco real = $1,75 m_{MOC} \sqrt{(L_{II} B_{CB})} =$			44,146	7.7
¿Excede el valor real al valor requerido		SÍ / NO?	SÍ	7.7
Categoría de diseño asignada:			B	7.7

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO N° 12 INFORMACIÓN SOBRE LA ESTABILIDAD

Información preliminar

Característica	Valor	Referencia
¿Es la embarcación un catamarán o un trimarán?	3.1.3	3.1.3, 3.1.4
Método para su determinación: ¿utilizando en anexo G, o mediante pruebas de mar?	ANEXO G	7.4 b)

Cálculo utilizando el anexo G:

Característica	Símbolo	Unidad	Condición mínima operativa	Condición de desplazamiento en carga	Referencia
Peso de la embarcación (para la condición de carga que se considere)	m	kg	7.589	9.447	
Eslora del casco (según la Norma ISO 8666)	L_H	m	12	12	3.4.1
Eslora en la flotación (según la Norma ISO 8666)	L_{WL}	m	11'15	11'6/9	3.4.2
Manga en la flotación (según la Norma ISO 8666)	B_{WL}	m			3.4.4
Manga entre los centros de flotación de los cascos laterales	B_{CB}	m	5'02	5'02	3.4.5
Altura del CG sobre el fondo del cuerpo de la embarcación	VCG	m	2'465	2'6/2	G.2.1
Superficie mojada total de todos los cascos con la flotación de diseño	A_w	m ²	18'973	20'9/0	G.2.2
Ángulo estimado de escora para el máximo GZ (para catamaranes sólo = $\tan^{-1} \left(\frac{m}{254 L_{WL} B_{WL} B_{CB}} \right)$)	ϕ_{GZmax}	grados	14'5	15'5	G.2.1
Calculad la relación $(L_H + L_{WL})/B_{CB} =$			4'6/1	4'705	G.1
NB: cuando $(L_H + L_{WL})/B_{CB} \geq 4$, sólo se considera el momento límite de balance cuando $(L_H + L_{WL})/B_{CB} < 4$, se utiliza el valor menor del momento límite de balance y cabeceo					
Momento límite de balance: Para catamaranes solamente = $9,4 m [(0,5 B_{CB} \cos \phi_{GZmax}) - (VCG \sin \phi_{GZmax})]$	LM_B	N·m	129.320	156.199	G.2.1
Momento límite de cabeceo (para catamaranes solamente = $2,45 m A_w/B_{WL}$)	LM_C	N·m			G.2.2
Momento límite a utilizarse:	LM	N·m	129.320	156.199	G.1
Velocidad del viento límite calculada para las siguientes combinaciones de velas $= 1,6 \sqrt{\frac{(LM_B \text{ o } LM_C)}{A_S^2 (h_{CE} + h_{LP})}}$	Aparejo	A_S (m ²)	$h_{CE} + h_{LP}$ (m)	v_w (m/s)	
	buen tiempo	88'63	7'820	21'85	23'94
	velas de trabajo	65	8'154	25	27'38
	primer rizo	60'77	7'624	26'73	29'28
	segundo rizo	55'09	7'104	29'08	31'86
aparejo de tormenta	11'52	5'646	71'34	78'15	G.1

ISO 12217-2 HOJA DE CÁLCULO Nº 13 RESUMEN

Descripción del diseño:	CATAMORÁN AVELA DE 12mts DE LOA		
Categoría del diseño que se pretende:	B	Tripulación límite:	12
		Fecha:	23/10/07

Hoja	Característica	Símbolo	Unidad	Valor
1	Eslora del casco: (según la Norma ISO 8666)	L_{43}	m	12
	Peso:			
	Carga máxima total	m_{MTL}	kg	2623
	Condición de peso de embarcación en roca	m_{LCC}	kg	6824
	Peso del desplazamiento en carga = $m_{LCC} + m_{MTL}$	m_{LDC}	kg	9447
	Peso en la condición mínima operativa	m_{MOC}	kg	4589
1	¿Está la embarcación propulsada a vela o no?	VELERO - NO VELERO		
2	Opción seleccionada:	SI		
3	Aberturas inundables: ¿Se cumplen todos los requisitos?	Unidad	Requerido	Real
	Ángulo de inundación: para cualquier abertura, ϕ_{DA}	grados	>	49'9
	para las cabinas de mando de no achique rápido, ϕ_{DC}	grados	////////	84'32
	para la escotilla principal de acceso, ϕ_{DU}	grados	////////	84'32
3 y 4	Altura de inundación: Hoja de trabajo utilizada para la altura básica			
	requisito básico	m	≥	0'652
	altura reducida para las pequeñas aberturas (hoja 3 solamente)	m	≥	0'922
5 y 6	Índice de estabilidad: (opciones 1 + 2 solamente) STIX =	-	>	
6	Ángulo de estabilidad nula: (opciones 1 + 2 solamente) $\phi_V =$	grados	>	
7	Ensayo de recuperación al hundimiento: (opciones 3 + 4 solamente) ¿CUMPLE/NO CUMPLE?			
	método utilizado = ¿experimental o teórico?			
	Categoría de diseño =			////////
8	Ensayo de resistencia al viento: (opciones 5 + 6 solamente) $v_W =$	m/s	>	
	Categoría de diseño =			////////
	¿se ha utilizado el área de velas con rizos? (es decir: ¿se han requerido rótulos de aviso?)			////////
9	Requisitos de flotación: relación $m_{LDC}/V_B =$ (opciones 4, 6 + 8 solamente)	kg/m ³	<	12'354
10	Ensayo de recuperación al vuelco: (opción 7 solamente) ¿se cumplen todos los requisitos?			
	Categoría de diseño recomendada por el constructor			////////
11	Factor de tamaño multicasen: (opción 8 solamente) factor de tamaño		>	15.000
12	Información sobre la estabilidad: (opción 8 solamente) información facilitada como en la tabla E.1 ¿SÍ/NO?			SI
NB: La embarcación debe cumplir todos los requisitos aplicables para la opción que se pretenda alcanzar de una determinada Categoría de Diseño.				
Categoría de diseño otorgada:		B	Evaluada por: ANTONIO GUERRERO COVELLO	

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 6185-3:2001 – *Embarcaciones neumáticas. Parte 3: Embarcaciones con un motor de potencia máxima de 15 kW y superior.*
- [2] *Principles of Naval Architecture*, publicado por la Society of Naval Architects and Marine Engineers en USA.
- [3] ASTM F1321-92, *Guide for Conducting a Stability Test (Lightweight Survey and Inclining Experiment) to Determine the Light Ship Displacement and centers of Gravity of a Vessel.*

ANEXO NACIONAL

Las normas que se relacionan a continuación, citadas en esta norma europea, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los siguientes códigos:

Norma	Norma UNE
ISO 9093-1:1994	UNE-EN ISO 9093-1:1998
ISO 10240:1995	UNE-EN ISO 10290:1996
ISO 6185-3:2001	UNE-EN ISO 6185-3:2002

15. EQUIPAMIENTOS.

ORDEN MINISTERIAL DEL FOM 1114 / 2003 DE 28 DE ABRIL.

Los equipamientos se van a realizar de acuerdo con la orden FOM / 1114 / 2003, de 28 de Abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contraincendios, navegación y prevención de vertidos en aguas sucias, que deben llevar las embarcaciones de recreo.

Para saber cuales son los equipamientos necesarios, previamente debe conocerse la categoría de diseño y la zona de navegación.

El Real Decreto 297/98 transporte al Derecho Español a Directiva Europea 94/25/CE, en cuyo Anexo I se clasifican las embarcaciones dependiendo de las características constructivas. Han sido agrupadas en cuatro categorías en función de las condiciones de navegación (altura de olas y fuerza del viento) para las que han sido diseñadas. A continuación solo se muestra la que atañe al presente proyecto:

- Categoría de diseño: B, En Alta Mar.
- Fuerza del viento (escala Beaufort): Hasta 8 incluido.
- Altura significativa de las olas (metros): Hasta 4 incluido.
- Definición de la categoría de navegación en Alta Mar: Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 8 y olas de altura significativa de hasta 4 metros.
- Zonas de Navegación: 2, 3, 4, 5, 6, 7

En el momento de la expedición o renovación del Certificado de Navegabilidad, la Autoridad Marítima, teniendo en cuenta la actualización del equipo de seguridad realizada en la embarcación, le asigna la correspondiente zona de navegación, en función de la categoría de diseño.

Titulación mínima para pilotar el catamarán será el P.E.R (Patrón de embarcaciones de recreo), siempre y cuando el patrón no se aleje de la costa mas de 12 millas paralela a la misma.

Titulación requerida será la titulación de Patrón de Yate, siempre y cuando no se sobrepase la distancia de 60 millas paralela a la costa.

Dependiendo de la clasificación asignada deberá llevar el equipo de seguridad, el cual se detalla en el Certificado de Navegabilidad de la embarcación. El material correspondiente a este catamarán se detalla en los siguientes apartados.

15.1 Equipo de Salvamento.

15.1.1 Artículo 6. Balsas Salvavidas.

1. Todas las embarcaciones que naveguen dentro de las Zonas de Navegación 1, 2 y 3, (en nuestro caso Zona de Navegación 2) deberán llevar una o varias balsas salvavidas para el total de las personas permitidas (es decir, para 12 personas) a bordo. Las características de la/s balsa/s (marca, modelo, número de serie, número de personas) deberán indicarse en el Certificado de Navegabilidad.

2. Las balsas serán revisadas anualmente, en una Estación de servicio autorizada por la Administración según el párrafo 1 de la Resolución de la Organización Marítima Internacional A.761 (18) y según procedimientos e instrucciones del fabricante.

3. Las balsas podrán ser de los siguientes tipos:

- a) SOLAS, homologadas por la Dirección General de la Marina Mercante.
- b) SOLAS, homologadas por un organismo notificado con la marca de rueda del timón, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 809/1999, de 14 de Mayo, por el que se regulan los requisitos que deben reunir los equipos marinos destinados a ser embarcados en los buques.
- c) NO SOLAS, por no cumplir algunos requisitos SOLAS, siempre que sean homologados por la Dirección General de la Marina Mercante, por considerarlas equivalentes y aptas para la navegación en las Zonas 1, y 3.
- d) ISO 9650 u otra normativa existente, siempre que sean homologadas por la Dirección General de la Marina Mercante, por considerarlas aptas para la navegación en las Zonas 2 y 3.

4. Las balsas SOLAS o equivalentes, en navegaciones en Zona 1, llevarán un paquete de emergencia tipo A de SOLAS. Las balsas en navegaciones en Zonas 2 y 3, llevarán un paquete de emergencia tipo B de SOLAS.

15.1.2 Artículo 7. Chalecos Salvavidas.

1. Las embarcaciones que naveguen en las Zonas 2 a 7 llevarán como mínimo un chaleco salvavidas por persona autorizada.
2. Se proveerán chalecos salvavidas para el 100% de niños a bordo.
3. Los chalecos salvavidas inflables serán revisados anualmente en una Estación de Servicio autorizada.
4. Los chalecos salvavidas podrán ser del tipo:
 - a) SOLAS, homologadas por la Dirección General de la Marina Mercante.
 - b) SOLAS, homologadas por un organismo notificado con la marca de rueda del timón, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 809/1999, de 14 de Mayo.
 - c) "CE", homologado por un organismo notificado de acuerdo con el Real Decreto 1407/1992, de 20 de Noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
5. La flotabilidad requerida en los chalecos de marcado "CE", se indica en el cuadro resumen que figura en el artículo siguiente.

15.1.3 Artículo 8. Aros Salvavidas.

1. Las embarcaciones que naveguen en las zonas 2 a 4 llevarán un aro con luz y rabiza.
2. Los aros salvavidas podrán ser de tipo:
 - a) SOLAS, homologadas por la Dirección General de la Marina Mercante.
 - b) SOLAS, homologadas por un organismo notificado con la marca de rueda del timón, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 809/1999, de 14 de Mayo.
 - c) "CE", homologado por un organismo notificado de acuerdo con el Real Decreto 1407/1992, de 20 de Noviembre

ELEMENTO	ZONA DE NAVEGACIÓN 1	ZONA DE NAVEGACIÓN 2	ZONA DE NAVEGACIÓN 3	ZONA DE NAVEGACIÓN 4	ZONA DE NAVEGACIÓN 5, 6, 7
BALSAS SALVAVIDAS	100% Personas SOLAS	100% Personas SOLAS o ISO	100% Personas SOLAS o ISO	NO	NO
CHALECOS SALVAVIDAS	110% Personas SOLAS o CE (275 N)	100% Personas SOLAS o CE (150 N)	100% Personas SOLAS o CE (150 N)	100% Personas SOLAS o CE (150 N)	100% Personas SOLAS o CE (150 N)
AROS SALVAVIDAS	2	1	1	1	NO

15.1.4 Artículo 9. Señales de Socorro.

Toda embarcación de recreo deberá disponer de las señales pirotécnicas de socorro que se indiquen, según la Zona de Navegación que le haya sido asignada. Para nuestro catamarán (Zona de Navegación 2) las señales de socorro asignadas serán:

1. Cohetes con luz roja y paracaídas: 6
2. Bengalas de mano: 6
3. Señales fumígenas flotantes: 2

Todas las señales deberán estar homologadas, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 809/1999, de 14 de Mayo.

15.2 Equipo de Navegación.

15.2.1 Artículo 10. Luces y Marcas de Navegación

Las luces y marcas de navegación deberán ajustarse al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, 1972, y sus modificaciones.

Las luces de navegación podrán aceptarse si han sido homologadas por cualquier país de la Unión Europea.

15.2.2 Artículo 11. Líneas de Fondeo.

1. Las embarcaciones deberán de disponer de una línea de fondeo cuya longitud no podrá ser inferior a cinco veces la eslora de la embarcación. En nuestro caso no podrá ser inferior a 60 mts.

2. La longitud del tramo de cadena será como mínimo igual a la eslora de la embarcación. En nuestro caso no podrá ser inferior a 12 mts.

3. No son admisibles cadenas ni estachas empalmadas sin grillete

4. El diámetro de cadena, estacha y peso del ancla deberá estar en función de su eslora. En nuestro proyecto al tratarse de una eslora de 12 mts será de:

- a) Peso del Ancla: 20 Kg
- b) Diámetro de la Cadena: 8 mm

- c) Diámetro de Estacha: 12 mm
5. Las cadenas serán de acero galvanizado o equivalente, con el diámetro indicado en la tabla y medido de acuerdo con la norma EN 245656.
6. El diámetro de la estacha está referido a estachas de nylon, siendo su carga de rotura mayor que la de la cadena.

15.2.3 Artículo 12. Material Náutico.

Las embarcaciones de recreo, deberán disponer del material náutico y reunir los requisitos que se indican de acuerdo con la Zona de Navegación que le haya sido asignada, en nuestro caso Zona 2.

Material Náutico será:

- a) Compás: un compás de gobierno con iluminación y un compás de mareaciones. Además deberá existir a bordo una tablilla de desvíos que se comprobará cada cinco años.
- b) Corredera: será de hélice, eléctrica o de presión, con totalizador. Alternativamente se permitirá un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- c) Compás de puntas.
- d) Transportador.
- e) Regla de 40 cm.
- f) Prismáticos.
- g) Cartas y Libros náuticos: llevará las cartas que cubra los mares por los que navegue según las respectivas Categorías y los portulanos de los puertos que utilicen. Son obligatorios Cuadernos de Faros y un Derrotero de la zona en que navegue, el Anuario de Marcas (excepto en el Mediterráneo), el Manual de Primeros Auxilios, el Reglamento de Radiocomunicaciones.
- h) Bocina de niebla: pudiendo ser a presión manual o sustituible por bocina accionada por gas en recipiente a presión. En este caso, se dispondrá de una membrana y un recipiente de gas como respaldos.
- i) Barómetro.
- j) Campana: al ser la eslora inferior a 15 mts, la campana no es obligatoria pero se deberá disponer de medios para producir algún sonido de manera eficaz.

- k) Pabellón nacional.
- l) Código de banderas.
- m) Linterna estanca: dispondrá de un bombilla y un juego de pilas de respeto.
- n) Espejo de señales.
- o) Reflector de radar.
- p) Código de señales.

15.2.4 Artículo 13. Material de Armamento diverso.

Toda embarcación deberá llevar a bordo el siguiente material de armamento:

- a) Una caña de timón de emergencia en embarcaciones de vela y en las de un solo motor si el gobierno es a distancia, excepto si el motor es fuera borda o de transmisión en z.
- b) Un mínimo de dos estachas de amarre al muelle (en su caso), de longitud y resistencia adecuados a la eslora de la embarcación.
- c) Un bichero.
- d) Un remo de longitud suficiente y dispositivo de boga.
- e) Un botiquín: al poder contratarse la tripulación, deberá contar con el botiquín prescrito en el Real Decreto 258/1999, de 12 de febrero, por el que se establecen las condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia médica de los trabajadores del mar y la Orden PRE /930/2002, de 23 de Abril (botiquines tipo A, B y C, según el alejamiento de la costa y tiempo de navegación).

15.3 Medios contraincendios y de Achique.

15.3.1 Artículo 14. Extintores portátiles.

Los extintores deberán colocarse en puntos de fácil acceso y alejados en lo posible de cualquier fuente posible de incendio. Los extintores serán del tipo homologado por la Dirección General de la Marina Mercante para embarcaciones de recreo o llevarán la marca de timón que establece el Real Decreto 809/1999, de 14 de mayo, y estarán sometidos a las revisiones correspondientes. El extintor contendrá al menos de 2 kilogramos de producto extintor (polvo, seco o cantidad equivalente de otro producto extintor)

1. Extintores a efectos a la embarcación y sus instalaciones:
Al tener cabina cerrada y $10 < L < 15$ m ; llevará un extintor del tipo 21 B
2. Extintores a efectos a la instalación propulsora:
Al llevar una potencia máxima $P < 150$ Kw ; llevará un extintor del tipo 21 B

15.3.2 Artículo 16. Detección de incendios y de gases.

Sin perjuicio del equipo de detección de incendios o de gases adecuado al riesgo de incendio, que deba llevar cada embarcación, las embarcaciones que tengan instalaciones de gas combustible, total o parcialmente en el interior del casco, deberán llevar medios de detección de gases (detector de gas).

Este sistema de detección de incendios o de gases cumplirá los siguientes requisitos:

- a) Su indicación será automática.
- b) Los indicadores se centralizarán en el puesto de mando.
- c) Su alimentación eléctrica será directa.
- d) Accionará tanto señales luminosas como sonoras.

15.3.3 Artículo 17. Baldes contraincendios.

Todas las embarcaciones de recreo deberán ir provistas de los baldes que se indican según la zona de navegación:

En nuestro caso al comprender las zonas de navegación: 2, 3, 4, 5, 6 y 7 llevará instalado 2 baldes de contraincendios con rabiza.

Serán ligeros y de fácil manejo y dispondrán de una capacidad mínima de 7 litros. Se aceptarán los fabricados de material plástico siempre que sean de construcción robusta y sus asas no puedan desprenderse.

Podrán usarse también para achique o para otros servicios, pero nunca para trasvasar combustible u otros líquidos inflamables.

15.3.4 Artículo 19. Clasificación de combustibles.

A los efectos de lo previsto en la presente Orden, los combustibles utilizados a bordo de las embarcaciones de recreo se clasifican en dos grupos:

- a) Grupo 1º: combustible líquido cuyo punto de inflamación sea inferior a 55°C (combustible hidrocarburo que es líquido a la presión atmosférica y se usan en motores de ignición por chispa "Gasolina")
- b) Grupo 2º: combustible líquido cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 55°C (combustible hidrocarburo que es líquido a la presión atmosférica se usa en motores de ignición por compresión. "Diesel")

En nuestro proyecto al llevar instalado dos motores diesel, (uno a popa de cada "flotador"), diremos que el combustible está clasificado en el Grupo 2º.

15.3.5 Medios de Achique.

Sin perjuicios de los medios de achique exigidos para las embarcaciones con el mercado CE, las embarcaciones de recreo deberán al menos ir provistas de los medios de achique que se indican a continuación, de acuerdo con las zonas de navegación:

Al encontrarnos dentro de las zonas de navegación: 2, 3, 4, 5, 6 y 7 deberá llevar instalado:

- Una bomba accionada por el motor principal u otra fuente de energía.
- Otra bomba de accionamiento manual.
- Dos baldes.

La capacidad de las bombas no debe ser menor de (a una presión de 10 kPa): 30 litros/min. al ser $L \geq 12$ m.

Para bombas manuales, la capacidad debe alcanzarse con 45 emboladas por minuto.

Las bombas que se encuentren en espacios cerrados que contengan motores o tanques de combustible del grupo 1º, deberán ser antideflagrantes.

15.4 Prevención de Vertidos.

Las embarcaciones estarán construidas y /o dotadas de modo que se evite que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y de contaminantes tales como aceite o combustibles, en el agua.

Toda embarcación de recreo dotada de aseos deberá estar provista, sin perjuicios de los requisitos exigidos para las embarcaciones con el marcado CE, de depósitos de retención o instalaciones que puedan contener depósitos, destinados a retener las aguas sucias generadas durante permanencia de la embarcación en zonas para las cuales existan limitaciones del vertido de este tipo de aguas, y con capacidad suficiente para el número de personas a bordo. Los aseos con sistema de tanques de almacenamiento transportable son aceptables si dichos tanques cumplen con lo dispuesto en ISO 8099.

Los depósitos fijos o instalaciones:

- a) Estarán conectados con las descargas de los aseos instalados en la embarcación, con conexiones lo más cortas y directas que sea posible, y serán instalados en lugares accesibles.
- b) Dispondrán de medios de ventilación adecuados.
- c) Dispondrán de medios para indicar que el contenido en aguas sucias almacenado supere los $\frac{3}{4}$ de capacidad del depósito o instalación.
- d) Su capacidad será suficiente para retener las aguas sucias generadas por el máximo número de personas autorizadas para la embarcación, durante al menos dos días a razón de 4 litros por persona y día.

La embarcación que disponga de depósitos instalados de forma permanente estará provista de una conexión universal a tierra que permita acoplar el conducto de las instalaciones de recepción con el conducto de descarga de la embarcación.

Los conductos destinados al vertido de residuos orgánicos humanos que atreviesen el casco, dispondrán de válvulas que puedan cerrarse herméticamente para prevenir su apertura inadvertida o intencionada.

15.4.1 Artículo 24. Descarga de aguas sucias.

Está prohibida toda descarga de aguas sucias desde embarcaciones de recreo en las siguientes aguas en las que España ejerce soberanía:

- a) Zonas portuarias.
- b) Aguas protegidas.
- c) Otras zonas como rías, bahías y similares.

Se autoriza la descarga de aguas sucias, siempre que se cumplan alguna de las siguientes condiciones:

- Que la embarcación efectúe la descarga a una distancia superior a 4 millas marinas de la tierra, si las aguas sucias han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas
- A distancia mayor que 12 millas marinas si no han sido previamente desmenuzadas ni desinfectadas.
- Las aguas sucias que hayan estado almacenadas en los tanques de retención no se descargarán instantáneamente, si no a un régimen moderado, hallándose la embarcación en ruta navegando a velocidad no menor que 4 nudos.

En el caso en que la embarcación efectúe la descarga en aguas en la que España no ejerce soberanía sobre ellas, el efluente no deberá producir sólidos flotantes visibles, ni ocasionará decoloración en las aguas circundantes.

Cuando las aguas sucias estén mezcladas con residuos o aguas residuales, se les aplicarán las prescripciones de descarga más rigurosa.

Al estar equipada la embarcación con una instalación para el tratamiento de aguas sucias, esta instalación, para que pueda ser considerada válida, debe haber sido certificada u homologada de acuerdo con los procedimientos establecidos.

16. CONCLUSIONES GENERALES.

16.1 Presupuesto.

El objetivo principal del cálculo del presupuesto es establecer si la embarcación será competitiva en el mercado, junto a embarcaciones de similares características.

Se ha procurado por tanto, realizar una estimación del presupuesto lo más detallada posible. Para ello se ha consultado con proveedores de distintas marcas y se ha realizado una estimación bastante exacta de todos los materiales necesarios para la construcción de la embarcación.

En cuanto a la estimación de horas-hombre necesarias para su construcción, se ha consultado directamente con fabricantes de embarcaciones similares, y de esta manera poder establecer un número de horas coherente.

Para la estimación del presupuesto no se tendrá en cuenta el coste de la construcción del modelo ni del molde. Se estimará el coste de construcción de una unidad y se tendrá en cuenta, a la hora de establecer el precio de venta, donde se debe de amortizar la inversión inicial derivada de la construcción del modelo y molde, así como los gastos fijos derivados del funcionamiento del astillero o gastos de luz, agua, etc.

En el estudio estadístico podemos observar como varía el precio de un catamarán a otro, hay notables diferencias entre unos y otros debido a que algunos precios son de "segunda mano", mientras que otros son los establecidos por la propia empresa que los vende.

En el siguiente cuadro se puede observar los rangos por los que oscila el precio de un catamarán de similitud eslora a la nuestra:

Catamarán	Eslora Total (m)	Precio (€) + IVA
Venezia 42	12,60	195.000
Catana 401	12,50	199.000
Lagoon 410-S2	12,37	325.000
Fidji 39	12,00	130.000 / 160.000
Nautitech 40	11,98	228.000
Nautitech 395	11,98	170.000 / 150.000
Privilegio 395	11,90	400.000
Prout Escala 39	11,90	185.000
Lavezzi 40	11,90	215.000 / 228.000
Lady of the Dawn	11,90	190.000
Catana 381	11,80	160.000
Athena 38	11,60	180.000 / 185.000

La elección del astillero es un factor vital para la obtención del presupuesto, se debe estar dispuesto a negociar y discutir tenazmente, bien por los plazos de entrega o bien porque se exija el pintado del casco en el propio astillero (coste bastante significativo), también influye el número de embarcaciones que se vayan a construir ya que cuantas más unidades se construyan más disminuye el coste final.

Incluyo una tabla con los valores finales del coste de la embarcación.

Para observar un desglose más detalladamente tanto de los materiales, como del mobiliario, instalaciones, etc se puede consultar en el APÉNDICE XI.

16.2 Resumen.

1. Coste de Materiales.

Elemento	Total
a) Camarotes Proa	1.354
b) Servicios	3.473
c) Mosa de Cartas	1.218
d) Cocina	2.130
e) Salón	2.390
f) Camarote Popa	1.834
g) Instalaciones	26.730
h) Equipos de Cubierta	18.730
i) Sistemas de Navegación	4.013
j) Sistemas de Iluminación	1.359
k) Aparejo	19.087
l) Equipo de Fondeo	3.921
m) Otros Equipamientos	3.445
n) Carpintería	8.500
o) Materiales del Casco	14.410
p) Otros Equipamientos	8.924
Coste Total Materiales	112.601 €

2. Coste Mano de Obra.

Tarea:	Horas / Hombre
a) Construcción del Casco	810
b) Construcción Cbta y Bañera	400
c) Montaje	600
Total Horas / Hombre:	1.810
	Horas

Precio hora/hombre =	17 €
----------------------	------

Total Coste Mano de Obra =	30.770 €
-----------------------------------	-----------------

Según podemos observar en las tablas anteriores, he dividido el estudio del presupuesto en:

- Costes de Materiales.
- Costes de Mano de Obra.

Sumando estos dos valores, obtendremos el Coste Total de la embarcación, pero esto es lo que nos cuesta fabricar una unidad. Normalmente, para obtener un margen de beneficios razonable, se le aplica a la embarcación entre un 35% y un 50% del precio de construcción de la misma, en este caso he tomado un 50% de su coste total, debido a que el precio de algunos catamaranes eran de segunda mano.

Coste Total =	143.371 €
----------------------	------------------

Coste Final =	215.056 €
----------------------	------------------

(Tras aplicarle un 50%)

16.3 Conclusión.

Para ver de una forma más gráfica las conclusiones obtenidas durante todo el proceso de diseño de este catamarán, adjunto una tabla resumen con las dimensiones principales del mismo:

Dimensiones Principales:

Eslera Total	12,00 mts
Eslera de Flotación	11,40 mts
Manga máxima	6,52 mts
Manga de cada casco	1,50 mts
Distancia entre cascos	3,52 mts
Manga en la flotación	1,26 mts
Calado casco	1,07 mts
Desplazamiento en rosca	6.824 kgs
Condic. Min. Operativa	7.589 kgs
Condic. Carga Máx. Total	9.447 kgs
Superficie vélica	65 m ²
Potencia	2x30 Hp
Capacidad de combustible	216 L
Capacidad de agua	442 L
Nº Pasajeros	12
Francobordo en proa	1,40 mts
Coefficiente prismático	0,59

Diseño de Apéndices (Quilla y Timón):

Quilla

Área lateral de cada semiquilla	1,00 m ²
Altura de cada semiquilla	0,42 mts
Sweep angel	20° (negativo)
Taper ratio	0,85
Cuerda base	2,57 mts
Cuerda extremo	2,21 mts
Cuerda media	2,39 mts

Timón

Área lateral de cada timón	0,37 m ²
Longitud del timón	0,79 mts
Sweep angel	12° (negativo)
Taper ratio	0,62
Cuerda base	0,58 mts
Cuerda extremo	0,36 mts
Cuerda media	0,47 mts

Como conclusión al diseño de la embarcación, diré que podríamos decir que las expectativas propuestas para este proyecto fin de carrera en los capítulos iniciales se han cumplido correctamente, ya que como resultado de todo este esfuerzo por mi parte he obtenido un catamarán de altas prestaciones orientado hacia una posible tripulación sin demasiada

experiencia acumulada en navegación, de relativamente fácil gobierno gracias a la inclusión en el equipo de cubierta de elementos de gobierno eléctricos; con una distribución de interiores amplia y bien aprovechada gracias a un mobiliario adecuado y una buena optimización de los espacios interiores, una autonomía importante que permite unas navegaciones relativamente largas, así como unas dimensiones excepcionales para el uso y disfrute de cualquier cliente.

Según hemos visto en capítulos anteriores, se trata de un catamarán que permitirá navegaciones en régimen de crucero de altas prestaciones sin excesivos problemas de cabeceo que conlleven posibles mareos de la tripulación, permitiendo una tripulación como máximos de 12 personas en navegación diurna y 4 en el caso de navegaciones nocturnas.

Para terminar con este apartado, diré que me ha resultado muy grata la experiencia de poder llevar a cabo el diseño de una embarcación deportiva tipo catamarán, habiendo visto cumplidas mis expectativas en el sentido de que he aprendido muchas cosas respecto al proceso de diseño de una embarcación.

Por último agradecer su ayuda, consejos y sobre todo en especial a mi tutor Antonio de Querol Sahagún por la paciencia que ha mostrado conmigo.

APÉNDICE XI
PRESUPUESTO

COSTE MATERIALES

a) Camarotes Proa

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Cama	2	220	440
Lámpara de pared	2	76,8	153,6
Colchón y mantas	2	385	770
Subtotal			1.364 €

b) Servicios

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Ducha	2	215	430
Sist.de desagüe de ducha	2	534	1068
Inodoros	2	737,3	1474,6
Soporte papel	2	40	80
Lavabo	2	120	240
Armario lavabo	2	90	180
Subtotal			3.473 €

c) Mesa de Cartas

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Mesa	1	95	95
Asiento	1	50	50
Tablero	1	225	225
Radar	1	455	455
Radio	1	150	150
Cuadro de mando	1	195	195
Lámpara de lectura	1	47,9	47,9
Subtotal			1.218 €

d) Cocina

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Encimera	1	230	230
Armario encimera	1	85	85
Fregadero	1	170	170
Placa	1	190	190
Lavadora	1	550	550
Lavavajillas	1	450	450
Microondas	1	120	120
Mueble	2	90	180
Nevera	1	70	70
Dispensa	1	85	85
Subtotal			2.130 €

e) Salón

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Armario	1	100	100
Sofá-cama	1	700	700
Mesa	1	600	600
Radio/CD, altavoces	1	990	990
Subtotal			2.390 €

f) Camarote popa

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Cama	2	220	440
Armario	2	185	370
Lámpara de pared	2	76,8	153,6
Asiento	2	50	100
Colchón y mantas	2	385	770
Subtotal			1.834 €

g) Instalaciones

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Motor	2	6.503	13006
Colector de escape	2	111	221
Detector de gas	1	314	314
Mando a distancia para motores	1	1.070	1070
Panel interruptor	1	178	178
Hélice	2	356	711,8
Ánodos de cinc y aluminio	2	20	39,6
Timón acero inox.	2	656	1312,2
Indicadores de ángulo de timón	1	341	340,5
Baterías	4	248	991,6
Cableado	1	325	325
Tuberías	1	280	280
Tanques combustible	2	276	552
Tanque de agua	2	273	546
Sistema de presión de agua	2	517	1034
Calentador	2	546	1091,2
Sistema para aguas fecales	2	802	1603,6
Bombas fecales y de achique	2	352	704
Panel de control de aguas fecales	1	289	289
Panel de control de motores	1	1.956	1956
Portillos de aireación	2	82	164,2
Subtotal			26.730 €

h) Equipos de Cubierta

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Winches de popa	2	125	250
Winches centrales	2	125	250
Escota mayor y carro	1	660	660
Organizer	2	550	1100
Carro génova	2	450	900
Footblock	2	200	400
Carro foque	2	450	900
Pad eye	2	76,9	153,8
Escotilla C* M*	2	357,1	714,2
Escotilla popa	2	303,2	606,4
Escotilla central	2	303,2	606,4
Escotilla proa	2	303,2	606,4
Pañoles	2	200	400
Cornamusas	10	70,4	704
Rueda timón metálica	2	160,3	320,6
Asiento para piloto	2	560,3	1120,6
Limpiaparabrisas	4	50,5	202
Panel de mando para limpiaparabrisas	1	293,5	293,5
Candeleros	10	60,5	1089
Cintón de vinilo	1	247,05	247,05
Passamanos de acero inox.	1	676,8	676,8
Bertura para extinción de incendios	4	21,3	85,2
Porlillos de acero inox.	10	254,7	2547
Ventanas	4	403	1612
Tomos de aire	4	171,6	686,4
Recubrimiento antideslizante	1	1598,4	1598,4
Subtotal			18.730 €

i) Sistemas de Navegación

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Compás / GPS electrónico	1	703	702,5
Antena GPS para montaje exterior	1	100	
Instrumento de lectura para compás	1	290	290,3
Sensor para compás electrónico/GPS			
Comedera sonda y medidor de temperatura incluido transmisor y cables	1	352	351,8
Sensor de viento	1	654	653,6
Sensor de viento	1	593	593
Indicador ángulo del timón	1	341	340,5
Sist. de detección de embarcaciones	1	922	922
Bocina eléctrica	1	150	150
			0
Subtotal			4.013 €

j) Sistemas de iluminación

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
ILUMINACIÓN INTERIOR HALÓGENA			0
Foco interior	3	29,4	88,2
Interruptor para luces	3	16,3	48,9
Luz de lectura de cartas	1	64,4	64,4
Bombilla halógena	4	2,4	9,6
ILUMINACIÓN BAJO EL AGUA			
Foco de iluminación bajo el agua	1	346,5	346,5
Proyector	1	476,6	476,6
LUCES DE NAVEGACIÓN			
Luz de estribor	1	66,3	66,3
Luz de babor	1	66,3	66,3
Luz de proa	1	66,3	66,3
Luz de popa	1	66,3	66,3
Luz todo horizonte	1	59,2	59,2
Subtotal			1.359 €

k) Aparejo

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Mástil con crucetas	1	3160	3160
Botavara	1	2020,5	2020,5
Stay	1	901	901
Backstay	1	1071	1071
Vela Mayor	1	874	874
Spinnaker	1	950	950
Genova	1	624	624
Foque tormenta	1	530	530
Pequeño foque	1	350	350
Enroladores	2	3080,12	6160,24
Poleas	4	230,75	923
ACCESORIOS VELARIA			
Grilletes para velas	15	2,04	30,6
Polea puño escota	2	116,23	232,46
Cojinete	10	1,03	10,3
Sable redondo carbono	2	74,96	149,96
Mordazas	2	6,91	13,82
Mosquetones de foque	6	11,93	71,58
Anillas	10	22,01	220,1
ACCESORIOS PARA MÁSTIL			
Peldaño abatible	1	109	109
Roldana empotrable	4	111	444
Soporte y base sandwich	1	241	241
Subtotal			19.087 €

l) Equipo de Fondeo

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Molinete	1	1549	1549
Panel de mando para molinetes	1	286,7	286,7
Cadena 10mm DIN766 acero inox.	1	1375	1375
Ancla	1	271,8	271,8
Cojinetes de ancla	1	153,2	153,2
Kit de amarre	1	285	285
Subtotal			3.921 €

ll) Otros Equipamientos

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Extintores	2	100	200
Boliquín homologado	1	215	215
Aro salvavidas con rabuza y luz	1	135	135
Equipo de cohetes	1	95	95
Chalecos salvavidas	12	50	600
Balsa salvavidas	1	1500	1500
Fundas exteriores para ventanas de salón como protector solar	1	700	700
Subtotal			3.445 €

m) Carpintería

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Piso forrado tablero marino	1	3500	3500
Terminados en Teca habitación	1	5000	5000
Subtotal			8.500 €

n) Materiales del Casco

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Mat.de fibra de vidrio (por kg)	900	2,8	2520
Tejido de fibra de vidrio (por kg)	1250	2,5	3125
Resina isofalica (por kg)	2727	2,65	7226,55
Gelcoat isofalico (por kg)	85	7,1	603,5
Espuma de poliuretano (por kg)	100	2,35	235
Material diverso (rodillos,...)	1	700	700
Subtotal			14.410 €

ñ) Otros

Elemento	Cantidad	Precio con IVA	Total
Documentación para exportación desde Francia	1	250	250
Entrega en LA ROCHELLE: Transporte del astillero hasta puerto, botar al agua, cheque técnico y puesta en marcha	1	1.875	1875
Transporte por mar de LA ROCHELLE a: Alicante, Valencia, Palma ó Barcelona (combustible a parte)	1	5.778,75	5778,75
Matriculación en España	1	1.020	1020
Subtotal			8.924 €

RESUMEN

Elemento	Total
a) Camarotes Proa	1.354
b) Servicios	3.473
c) Mesa de Carias	1.218
d) Cocina	2.130
e) Salón	2.390
f) Camarote Popa	1.834
g) Instalaciones	26.730
h) Equipos de Cubierta	18.730
i) Sistemas de Navegación	4.013
j) Sistemas de Iluminación	1.359
k) Aparejo	19.087
l) Equipo de Fondeo	3.921
m) Otros Equipamientos	3.445
n) Carpintería	8.500
o) Materiales del Casco	14.410
p) Otros Equipamientos	8.924
Coste Total Materiales	112.501 €

MANO DE OBRA

a) Construcción del Casco

Tarea:	Horas / Hombre
Limpieza y cera del molde	90
Pintado de gelcoat	65
Laminado	585
Desmoldeo	70
Subtotal:	810
	Horas

b) Construcción Cbta. Y Bañera:

Tarea:	Horas / Hombre
Limpieza y cera del molde	50
Pintado de gelcoat	50
Laminado	260
Desmoldeo	40
Subtotal:	400
	Horas

c) Montaje

Tarea:	Horas / Hombre
Casco y Cubierta	50
Mobiliario	300
Equipos	250
Subtotal:	600
	Horas

RESUMEN

Tarea:	Horas / Hombre
a) Construcción del Casco	810
b) Construcción Cbta y Bañera	400
c) Montaje	600
Total Horas / Hombre:	1.810
	Horas

Precio hora/hombre = 17 €

Total Coste Mano de Obra = 30.770 €

COSTE TOTAL

	Precio
Mano de Obra	30.770
Coste Materiales	112.601

Coste Total = 143.371 €

Coste Final = 215.055 €

(Tras aplicarle un 50%)

17. BIBLIOGRAFÍA.

17.1 Libros.

- Principles of Yacht Design (Lars Larsson y Rolf E. Eliasson)
- Materiales Compuestos. Tecnología de los Plásticos reforzados. (J.I. González Díez Universidad Politécnica de Madrid)
- Consultas a diversos proyectos procedentes de la biblioteca de Campus de Puerto Real.
- Revistas de Ingeniería Naval.
- Revistas de embarcaciones deportivas: Yate, Náutica, Navegar.
- Teoría del Buque I y II (Aurelio Guzmán Cabañas y Pedro Gallardo Mateo. E.U.I.T Naval Departamento de Construcciones Navales)
- Apuntes de: Materiales Compuestos, Embarcaciones Deportivas, Mecánica Técnica de Fluidos.
- Asignatura: Gestión de Puertos Deportivos. Cursada por el profesor Jose María Silos Rodríguez.
- Patrón de Embarcaciones de Recreo. (Capitán J. B. Cuesta).
- Apuntes del Curso de Yates impartido por los profesores: Eloy Carrillo, Ricardo Zamora y Mario de Vicente Peño.
- Fundamentos de la Construcción Naval. (Profesores: Jerónimo Pérez Sánchez, Ricardo Miguel de la Villa, Gaspar Penagos García)
- Equipos y Servicios. (Profesores: Rafael González Linares, José F. Jiménez Escribano, Ricardo Miguel de la Villa)
- Cálculo de Estructuras Marinas. (Profesor: Antonio Barrios)
- Inglés Técnico Naval. (Elena López, José M. Spiegelberg, Francisco Carrillo)

17.2 Páginas de Internet.

Catamaranes.

www.iberocats.com

www.alliaura.com

www.fountain-pajot.com

www.llauts.com

www.cata-lagoon.com

www.cata-lagoon.com

<http://www.yacht-base.com/#catamaran>

<http://www.catamaranes.com/es/index.php>

<http://www.nautitech-catamarans.com/en/range-multihull/40/default.asp>

<http://www.catana.net/index.php?lang=us>

http://www.cosasdelcarcos.com/barco_alquiler_43729030050457684966706869684569.html

<http://www.istion.com/lavezzi40.html>

<http://www.vonwentzel.net/Prout/index.html>

<http://www.boats.com/news-reviews/articlecdetail.html?lid=1022>

<http://www.2hulls.com/usedcatamaran-2003/icarus.html>

http://www.marmaris-sailing.com/bareboat/sailing_boats/fidji_39.html

www.infonavjs.com

<http://www.fondcar.com>

<http://yachtbroker.escapeartist.com>

<http://www.catchartersbelize.com/>

<http://catamaransailing.com/Bareboat>

<http://yacht-charter.sparkling-charter.com>

<http://www.bayacht.com/aaa/fp/fp42/fp43.htm>

<http://www.avpvachting.com/sita/catamaran-belize-43.htm>

<http://planet-yachting.com/catamaran-fidji-vanuatu-nouvelle-caledonie.html>

<http://www.multihull-mavca.com/Boats/>

Aparejos.

www.sparcraft.com

www.blaumer.com

Sistemas de a Bordo y Motorización.

www.vetus.nl

www.raymarine.com

www.marinewholesales.com

www.enkeswinches.com

www.lewmar.com

www.volvopenta.com

www.max-prop.info

<http://www.club-acme.com/lelice.htm>

<http://www.nauticexpo.es/cat/velas-arcas-cordajes-QA.html?gid=CNg36cuPno8CFQaRXgodxRWnFw>

17.3 Otros.

- Visita a Puerto América para fotografiar e informarme del catamarán TIKI Nice de la gama Lagoon que se encontraba en reparación.
- Visita a Puerto Sherry para ver a distintas embarcaciones entre las cuales pude observar a varios catamaranes, entre ellos, en verano un catamarán del diseñador James Wharram.

