

Universidad de **Cádiz**

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

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 12'5 m. de eslora total y de 8500 Kg. de desplazamiento

Aurora CHINCHILLA LOZANO



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



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

1.1- Definición y requerimientos del cliente

El objetivo de este proyecto es la realización de una embarcación deportiva, la cuál cumpla con las exigencias del cliente. Nuestro cliente responde al perfil de una persona con alto poder adquisitivo interesado en poseer una embarcación de altas prestaciones, apta para la navegación, el descanso y disfrute del mar.

La embarcación ha de responder a criterios de facilidad de gobierno y mantenimiento, ya que el cliente no dispone de tiempo libre suficiente para labores de mantenimiento.

La zona de navegación de la embarcación corresponderá a la zona de navegación en Aguas Costeras, y dentro de éste grupo estableciendo como máximo la zona 4, navegación comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 12 millas.

Como puerto base fijaremos el Puerto Deportivo de Aguadulce (Almería), la navegación será la costa oriental de Andalucía, aunque deberá de estar preparada para navegar y recalar en los puertos principales tanto de Málaga como de la costa levantina. El periodo de navegación incluirá los meses desde finales de mayo hasta finales de septiembre.

La embarcación será apta para ser gobernada con el título náutico Patrón de embarcaciones de recreo, para ello conseguiremos una eslora del casco menor a 12m, lo que habilita para ser gobernado con ésta titulación, pues de lo contrario no se ajustaría a las prestaciones de nuestro cliente y sería habilitada con el título de Patrón de yate.

Un factor importante aunque no exigido por el cliente es la velocidad ha alcanzar, pues la embarcación será definida con una categoría de velocidad

media estando entre los límites de 12 y 17 nudos aproximadamente, ya que se trata de conseguir una travesía agradable y tranquila.

La proyección de la embarcación en cuanto a maquinaria propulsora, y demás servicios de carácter mecánico, serán dispuestos de forma que su accesibilidad y manejo no resulte excesivamente complicado, para que el tiempo de mantenimiento y reparación sea el mínimo posible.

La seguridad y comportamiento en la mar, se desea que la embarcación se mantenga estable incluso a altas velocidades, procurando que los movimientos transversales y longitudinales del mismo durante la navegación sean suaves.

La habitabilidad de la embarcación es proyectada con un gran especial diseño, diseñando una vivienda flotante capaz de albergar a 6 personas cómodamente aún siendo el pasaje homologado de 12 personas. El interior de la embarcación dispondrá de todos los servicios de fonda, y hotel tales como; salón-comedor, cocina, dos camarotes y dos aseos, todo ello completamente equipado y consiguiendo la máxima optimización de los volúmenes.

En el interior, los acabados serán de calidad en todos los accesorios y materiales, y en la zona exterior, los materiales serán tales que faciliten su limpieza y mantenimiento siendo resistentes a la intemperie y al agua salada.

El equipamiento de la embarcación en cuanto a equipos de ayuda a la navegación, comunicaciones y maniobra deberá ser lo más completo posible y usando aquellos que den la mayor fiabilidad existente en el mercado. Los sistemas de navegación han de ser de fácil utilización y lectura, diseñados de manera que el aprendizaje de su manejo sea rápido, sencillo e intuitivo. Se instalarán sistemas de posicionamiento terrestre vía satélite, así como otros sistemas que garanticen la seguridad de las personas a bordo en caso de accidente.

En resumen, se pretende construir una embarcación de alta tecnología tanto en equipamiento como en los materiales usados en su construcción, y que además cumpla los requisitos tanto de máxima comodidad, confort,

rendimiento y estética, como de seguridad, requeridos para el uso que va a desempeñar.

1.2.- Descripción del puerto base.

Situación

Latitud: 36° 49'01" N

Longitud: 2° 33'06" W

Contacto

Teléfono del Puerto: 950-341502/950-343164

Fax del Puerto: 950-343164

Telf. Autoridad de marina: 950-323486

Condiciones operativas

Ancho de entrada: 60 m

Fondeadero: Arena y piedra.

Sonda: Bocana 6,5 m y Dársenas 4,5/7,5m

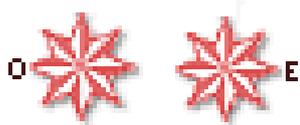
Puestos de amarre: 764

Longitud de puestos: 5 a 25 m

Atraques: 764 entre 5 y 25 m de longitud

Radio del puerto: VHF CH 9 Y 16

Vientos predominantes



Servicios

Información general y meteorológica, servicios, duchas, agua, electricidad, hielo, recogida de basuras, aparcamientos, buceadores, grúa y talleres, varadero, marina seca, efectos navales, club náutico, primeros auxilios, piscina, gasolina y gasoil...



Fotos



CAPÍTULO 2: ESTUDIO ESTADÍSTICO

2.- ESTUDIO ESTADÍSTICO

El inicio del diseño de una embarcación “choca” con evidentes dificultades en lo que se refiere a la adjudicación de una mayor o menor importancia a los diferentes parámetros determinantes, tales como: dimensiones principales, desplazamiento, potencia, consumo, etc.

Por lo cual, es necesario tener una idea, al menos aproximada, de las dimensiones y geometría del casco para, tomando estos como punto de partida, potenciar las propiedades afines con los objetivos del proyecto y disminuir (o incluso eliminar) aquellas que no se consideren de primordial importancia.

El estudio estadístico, empleado como fuente de información, nos sirve como “banco de pruebas” de embarcaciones existentes, así como método sencillo de extrapolación de diseños similares. A la hora de determinar el comportamiento de una embarcación frente a otra, se emplean parámetros comparativos que relacionan distintas dimensiones. Evidentemente cuando más exclusivo sea un diseño, menos será la fuente de información estadística, y mayor será la necesidad de utilizar cálculos directos y pruebas en canales de experiencia para estimar su comportamiento.

A la hora de realzar una base de datos con embarcaciones existentes, debemos tener cuidado a la hora de elegir los barcos que se incluirán en dicho estudio. Es necesario definir con claridad el tipo de embarcación ya que las comparaciones entre embarcaciones de uso opuesto pueden dar lugar a errores.

El estudio de datos o estudio estadístico se ha basado en la recopilación de datos o parámetros de 30 embarcaciones cuyas esloras totales están comprendidas aproximadamente entre 11,5 y 13 metros.

Los parámetros obtenidos no sólo son relativos a características hidrodinámicas, sino también a las posibilidades de navegación, consumo y material de construcción de la embarcación.

Se recogen también, por tanto, datos relativos a la capacidad de los depósitos de combustible, capacidad de agua dulce, etc. Sin embargo como es de suponer, los datos que más cuidadosamente se han recogido y estudiado son los referentes a la estabilidad de la embarcación. Se han recogido los siguientes parámetros determinantes de la embarcación tales como:

1. Las dimensiones principales: eslora total y/o en la flotación, eslora del casco, manga máxima y calado.
2. El peso total del casco totalmente terminado y con todos los elementos necesarios para la navegación.
3. La potencia necesaria para alcanzar las velocidades requeridas.

Loa (metros)	L.casco (metros)	Lwl (metros)	B máx (metros)	Calado (metros)	Desplazamiento (kilogramos)	Material Construcción	Capacidad Combustible (litros)	Capacidad agua dulce (litros)	Potencia (HP)
11,74			3,78	1,04	7900	PRFV	980	389	570
11,75			3,80	1,05	6500	PRFV	640	270	
11,80	10,8		3,95	0,96	9000	PRFV	950	250	740
11,86	11,02		4,22	1,04	9988	PRFV	1514	356	480
11,92	11,08	9	3,54	0,95	8100	PRFV	659	227	700
11,99			3,66	0,95	6500	PRFV	1000	260	570
12,00			4,24	1,14	11500	PRFV	1180	500	750
12,00	11,08		4,15	1,61	12800	PRFV	1535	400	1150
12,06			4,02	1,10	16600	PRFV	1000	500	710
12,12	11,3	8,69	3,55	1,17	7900	PRFV	1500	227	
12,30			4,06	1,00	12000	PRFV	1000	500	650
12,30	12,17		4,13	1,08	7900	PRFV	1100	500	640
12,32	11,28		3,98	1,07	7500	PRFV	940	400	640
12,42			3,66			PRFV			
12,44	11,5		4,54	1,09	13620	PRFV	2131	303	500
12,44	11,5		4,54	1,09	13620	PRFV	1601	355	500
12,45			3,75	93,00	6804	PRFV	946	264	600
12,47			3,90	1,10	11300	PRFV	950	650	390
12,50			4,40		13500	PRFV	1324	340	800
12,50			3,80	0,80	8000	PRFV	1000	500	470
12,50	11,61	9,9	4,04	0,79	8500	PRFV	850	300	700
12,56			3,73	0,92	7400	PRFV	720	333	460
12,60	11,9		4,21	0,95	11300	PRFV	1305	400	770
12,70			3,40	1,50		PRFV	1200	250	520

12,70			4,20		22000	PRFV	1254	1746	
12,70	11,9		4,05	1,20	15600	PRFV	1740	400	1000
12,80			4,00			PRFV	1200	300	860
12,80			4,47	1,17	15512	PRFV	2080	605	420
12,85			4,10	1,10	14000	PRFV	1200	500	660
12,96			3,68	1,00	8125	PRFV	788	245	460

A partir de todos los datos anteriores, se han elaborado gráficos de dispersión en los que se han relacionado algunos parámetros con otros. El fin que se persigue con la realización de los mismos, es revelar para que valores de estas relaciones, la embarcación es capaz de producir un rendimiento óptimo, teniendo en cuenta que estos valores obtenidos solo poseen valor estadístico y únicamente son válidos para el tipo de embarcación que se pretende diseñar. En la siguiente tabla se exponen los datos mencionados, que servirán como base de partida para la elaboración de los gráficos anteriormente dichos.

2.1.- Relaciones geométricas.

Con este nombre se designan aquellas relaciones en las cuales se estudian las formas del casco a través de la relación entre magnitudes principales de la embarcación, para de esa forma analizar para qué valores de esas relaciones obtenemos un mejor comportamiento del casco y de esa forma deducir las dimensiones principales de la embarcación. Estas relaciones se especifican a continuación:

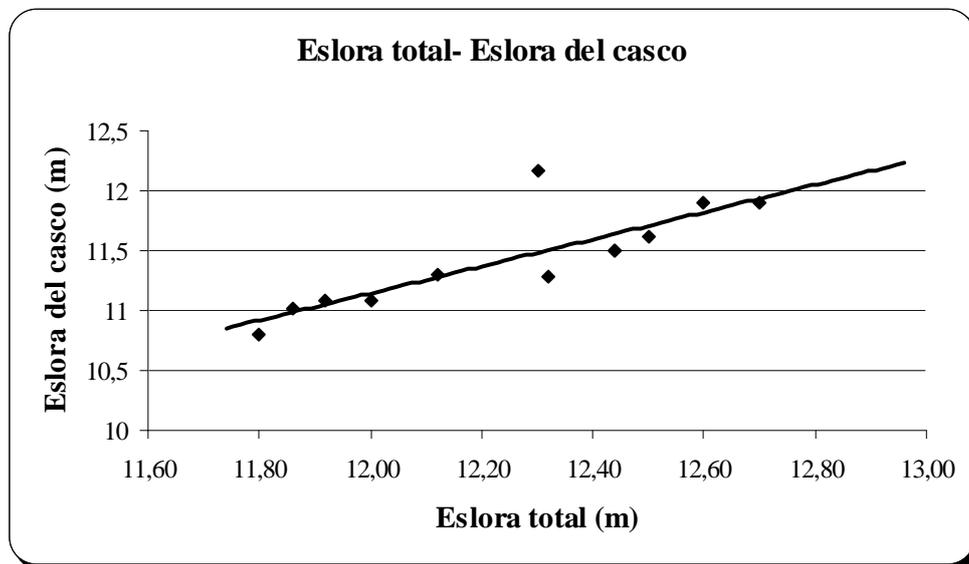
2.1.1- Relación Eslora Total- Eslora del casco.

LO A (m)	L.casco (metros)	LOA/ L.casco
11,74		
11,75		
11,80	10,8	1,09
11,86	11,02	1,08
11,92	11,08	1,08
11,99		
12,00		
12,00	11,08	1,08

12,06		
12,12	11,3	1,07
12,30		
12,30	12,17	1,01
12,32	11,28	1,09
12,42		
12,44	11,5	1,08

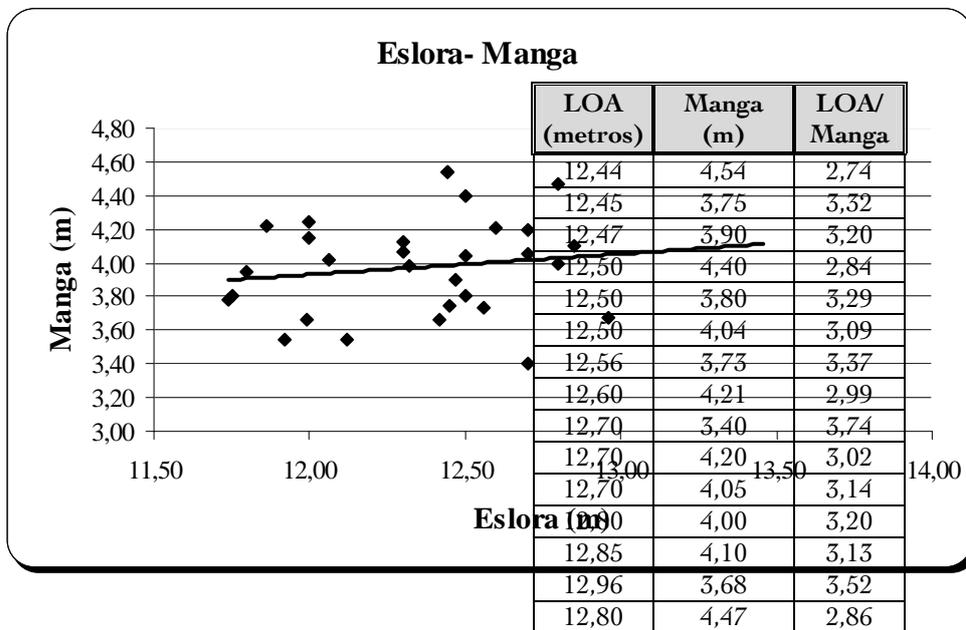
LO A (m)	L.casco (metros)	LOA/L.casco
12,44		
12,45		
12,47		
12,50		
12,50	11,61	1,08
12,50		
12,56	11,9	1,06
12,60		
12,70		
12,70	11,9	1,07
12,70		
12,80		
12,80		
12,85		
12,96		

MEDIA TOTAL: 1,072



2.1.2.- Relación Eslora Total-Manga

LOA (metros)	Manga (m)	LOA/Manga
11,74	3,78	3,11
11,75	3,80	3,09
11,80	3,95	2,99
11,86	4,22	2,81
11,92	3,54	3,37
11,99	3,66	3,28
12,00	4,24	2,83
12,00	4,15	2,89
12,06	4,02	3,00
12,12	3,55	3,41
12,30	4,06	3,03
12,30	4,13	2,98
12,32	3,98	3,10
12,42	3,66	3,39
12,44	4,54	2,74



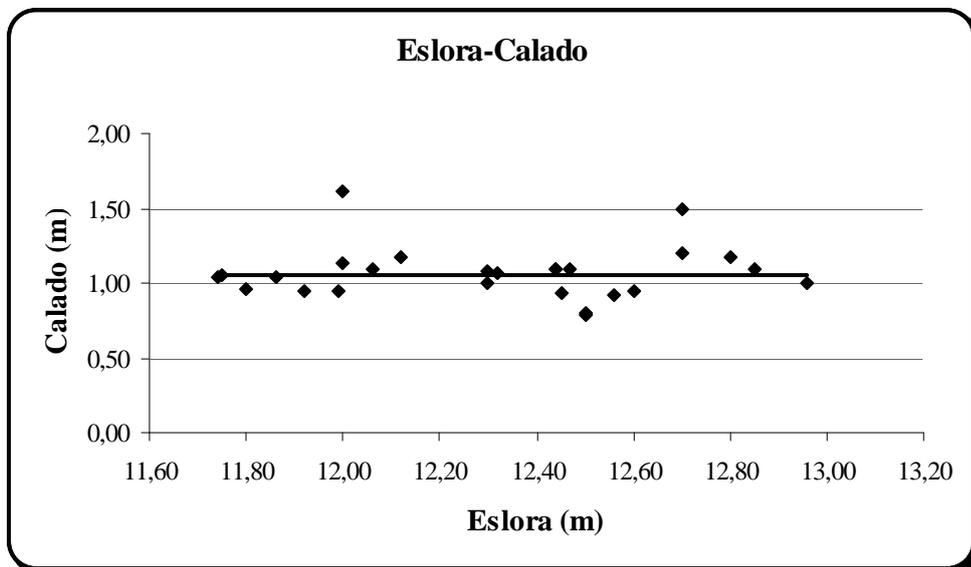
MEDIA TOTAL:
 3,115

2.1.3.- Relación Eslora Total-Calado.

Eslora (metros)	Calado (m)	Eslora/Calado
11,74	1,04	11,29
11,75	1,05	11,19
11,80	0,96	12,29
11,86	1,04	11,40
11,92	0,95	12,55
11,99	0,95	12,62
12,00	1,14	10,53
12,00	1,61	7,45
12,06	1,10	10,96
12,12	1,17	10,36
12,30	1,00	12,30
12,30	1,08	11,39
12,32	1,07	11,51
12,44	1,09	11,41
12,44	1,09	11,41

Eslora (metros)	Calado (metros)	Eslora/Calado
12,45	0,93	13,39
12,47	1,10	11,34
12,50	0,80	15,63
12,50	0,79	15,82
12,56	0,92	13,65
12,60	0,95	13,26
12,70	1,50	8,47
12,70	1,20	10,58
12,85	1,10	11,68
12,96	1,00	12,96
12,80	1,17	10,94

MEDIA TOTAL:
11,274

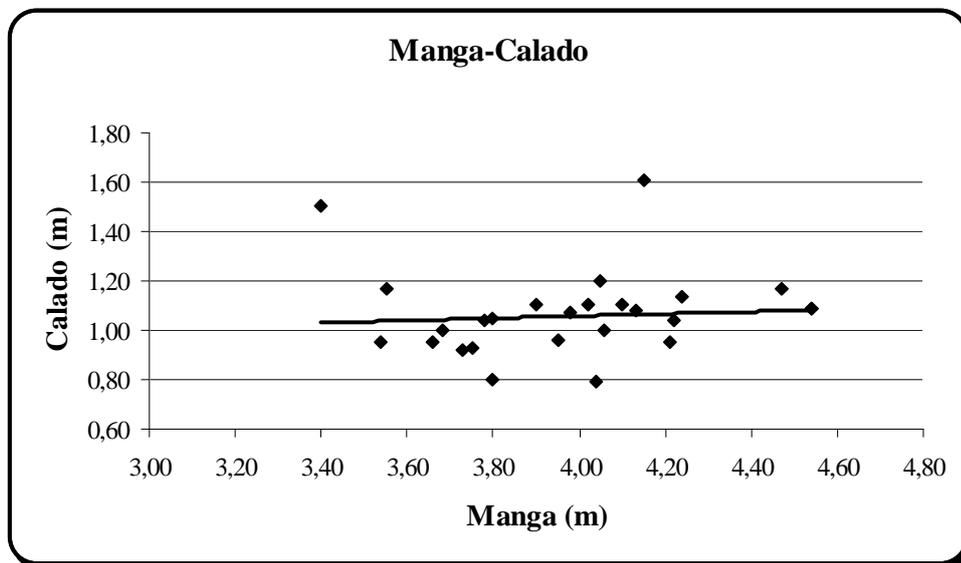


2.1.4.- Relación Manga-Calado.

Manga (m)	Calado (metros)	Manga/Calado
3,78	1,04	3,63
3,80	1,05	3,62
3,95	0,96	4,11
4,22	1,04	4,06
3,54	0,95	3,73
3,66	0,95	3,85
4,24	1,14	3,72
4,15	1,61	2,58
4,02	1,10	3,65
3,55	1,17	3,03
4,06	1,00	4,06
4,13	1,08	3,82
3,98	1,07	3,72
4,54	1,09	4,17

Manga (m)	Calado (metros)	Manga/Calado
4,54	1,09	4,17
3,75	0,93	4,03
3,90	1,10	3,55
3,80	0,80	4,75
4,04	0,79	5,11
3,73	0,92	4,05
4,21	0,95	4,43
3,40	1,50	2,27
4,05	1,20	3,38
4,10	1,10	3,73
3,68	1,00	3,68
4,47	1,17	3,82

MEDIA TOTAL:
3,290

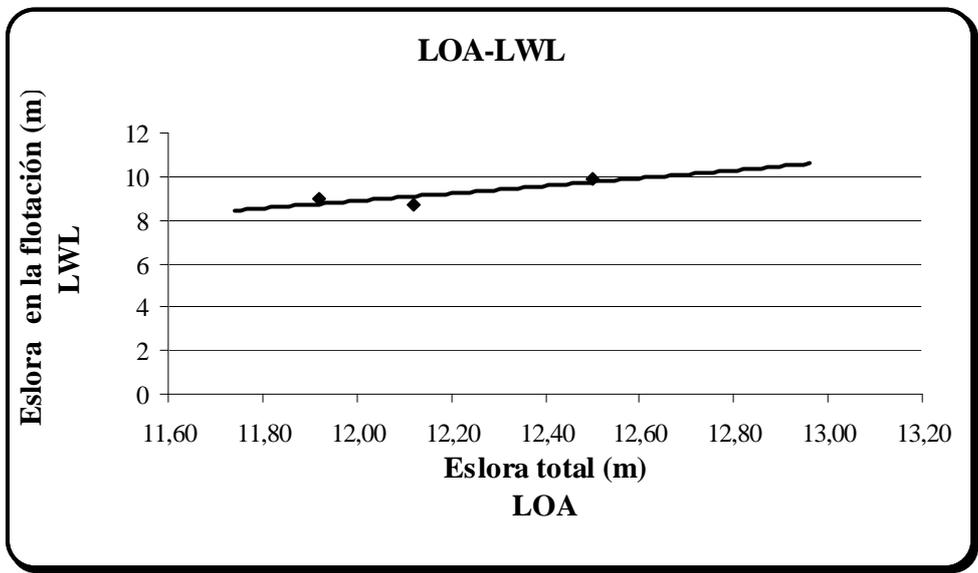


2.1.5.- Relación Eslora Total-Eslora en Flotación.

LOA (m)	LWL (metros)	LOA/LWL
11,74		
11,75		
11,80		
11,86		
11,92	9	1,32
11,99		
12,00		
12,00		
12,06		
12,12	8,69	1,39
12,30		
12,30		
12,32		
12,42		
12,44		

LOA (m)	LWL (metros)	LOA/LWL
12,44		
12,45		
12,47		
12,50		
12,50		
12,50	9,9	1,26
12,56		
12,60		
12,70		
12,70		
12,70		
12,80		
12,85		
12,96		
12,80		

MEDIA TOTAL:
 1,359



2.1.6.- Resumen de las relaciones anteriores:
 (valores máximos y mínimos)

	LOA / L. casco	LOA / B	LOA / T	B / T	LOA / LWL
Máximos	1,01	3,74	15,82	5,11	1,39
Mínimos	0,93	2,74	7,45	2,27	1,26

El análisis de estas relaciones se desarrollarán en el Capítulo 3; Dimensionamiento, en el cual, se usarán estos datos y gráficas para la obtención aproximada de las características principales de partida para la realización del diseño de la embarcación.

2.2.- Relaciones Funcionales.

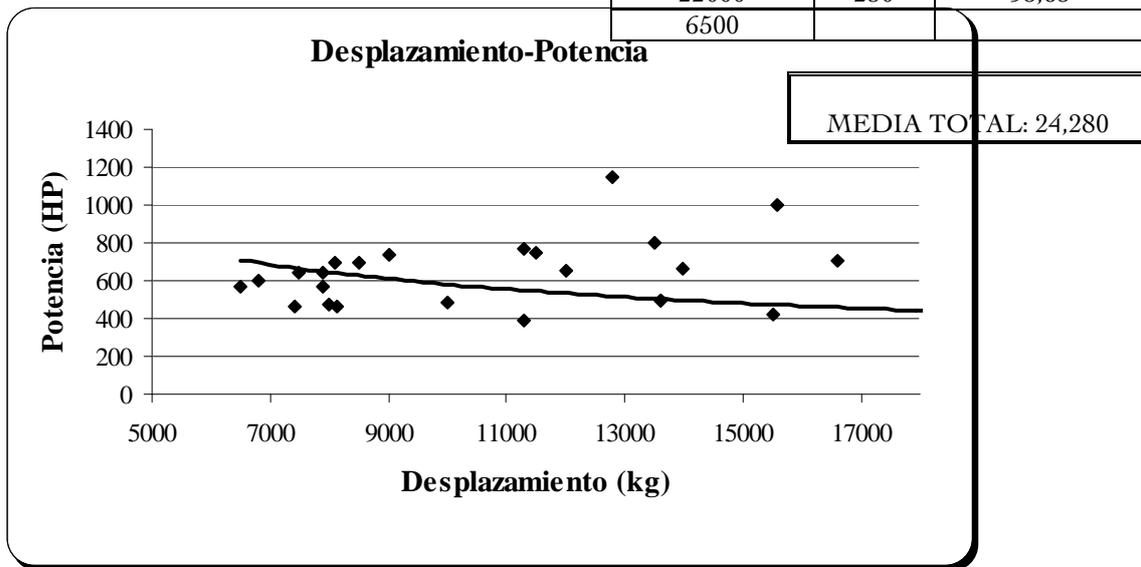
Con este nombre se agruparán aquellas relaciones que determinan parámetros como potencia, capacidad de combustible, etc., que son determinantes en el diseño de la embarcación. Estas relaciones se especifican a continuación.

2.2.1 Relación Desplazamiento-Potencia.

Desplazamiento (Kilogramos)	Potencia ^a	Desplazamiento / Potencia
7900	570	13,86
6500		
9000	740	12,16
9988	480	20,81
8100	700	11,57
6500	570	11,40
11500	750	15,33
12800	1150	11,13
16600	710	23,38
7900		

12000	650	18,46
7900	640	12,34
7500	640	11,72
	230	
13620	500	27,24
13620	500	27,24
6804	600	11,34

Desplazamiento (Kilogramos)	Potencia	Desplazamiento / Potencia
111300	390	28,97
13500	800	16,88
8000	470	17,02
8500	700	12,14
7400	460	16,09
11300	770	14,68
	520	
22000	120	183,33
15600	1000	15,60
	860	
14000	660	21,21
8125	460	17,66
15512	420	36,93
22000	230	95,65
6500		

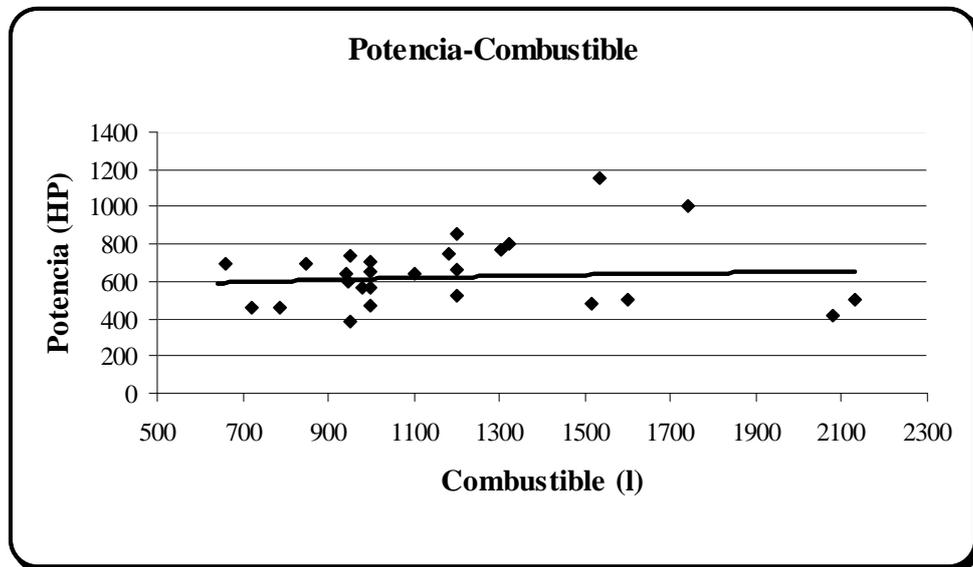


2.2.2.- Relación Potencia – Combustible

Capacidad Combustible (Litros)	Potencia	Potencia/ Combustible
980	570	0,58
640		0,00
950	740	0,78
1514	480	0,32
659	700	1,06
1000	570	0,57
1180	750	0,64
1535	1150	0,75
1000	710	0,71
1500		0,00
1000	650	0,65
1100	640	0,58
940	640	0,68
	230	
2131	500	0,23
1601	500	0,31

Capacidad Combustible (Litros)	Potencia	Potencia/ Combustible
946	600	0,63
950	390	0,41
1324	800	0,60
1000	470	0,47
850	700	0,82
720	460	0,64
1305	770	0,59
1200	520	0,43
1254		
1740	1000	0,57
1200	860	0,72
1200	660	0,55
788	460	0,58
2080	420	0,20

MEDIA TOTAL: 0,520



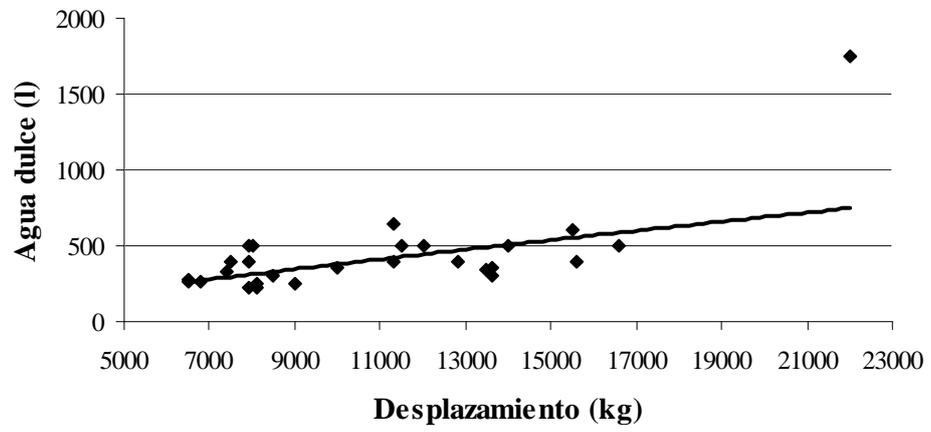
2.2.3.- Relación Desplazamiento-Agua dulce

Desplazamiento (Kilogramos)	Capacidad Agua dulce (Litros)	Desplazamiento / Agua dulce
7900	389	20,31
6500	270	24,07
9000	250	36,00
9988	356	28,06
8100	227	35,68
6500	260	25,00
11500	500	23,00
12800	400	32,00
16600	500	33,20
7900	227	34,80
12000	500	24,00
7900	500	15,80
7500	400	18,75
13620	303	44,95
13620	355	38,37

Desplazamiento (Kilogramos)	Capacidad Agua dulce (Litros)	Desplazamiento / Agua dulce
6804	264	25,77
11300	650	17,38
13500	340	39,71
8000	500	16,00
8500	300	28,33
7400	333	22,22
11300	400	28,25
	250	0,00
22000	1746	12,60
15600	400	39,00
	300	0,00
14000	500	28,00
8125	245	33,16
15512	605	25,64

MEDIA TOTAL: 25,860

Desplazamiento-Agua dulce



CAPÍTULO 3: DIMENSIONAMIENTO

3.- DIMENSIONAMIENTO

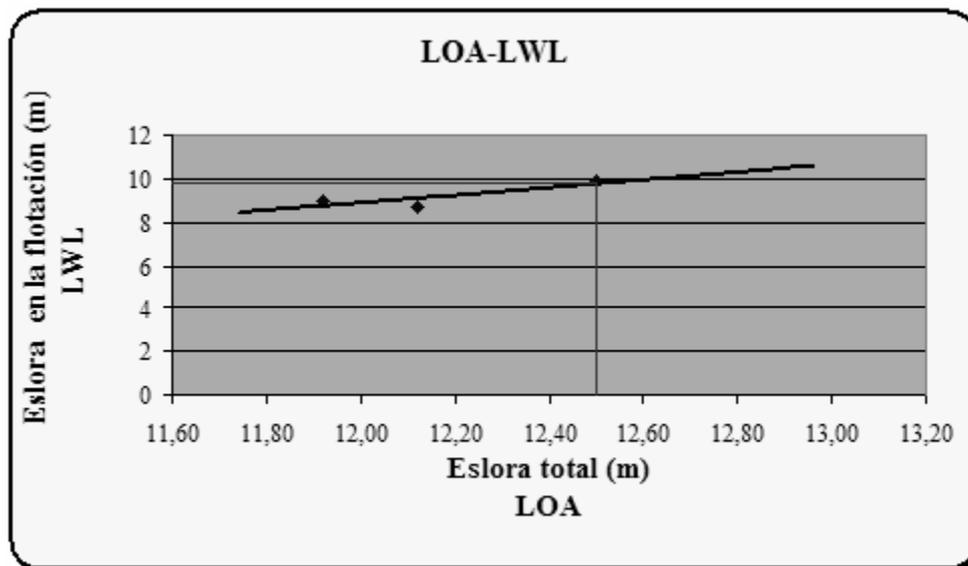
El dimensionamiento de la embarcación es una etapa del proyecto, en la que partiendo de las gráficas y relaciones geométricas y funcionales obtenidas en el estudio estadístico, conseguimos unas dimensiones que aunque no sean las definitivas, nos servirá para dar una aproximación de cuáles serán las dimensiones principales de la embarcación. Pues éstas se pueden ver alteradas a medida que avanza el proyecto de la embarcación, por diferentes causas derivadas de las funciones principales que ha de cumplir la carena como pueden ser; poseer suficiente estabilidad de formas, permitir el avance del barco con el consumo mínimo de energía, poseer una buena resistencia a los movimientos dinámicos derivados de la navegación, o conseguir un barco mas habitable.

Las dimensiones que deduciremos son: eslora en la flotación, manga, calado, y aunque el desplazamiento esté fijado en 8500 kg, por el cliente, haremos una estimación por sobre cuanto están fijados en el estudio estadístico.

3.1- Eslora en la flotación

Para la obtención de la eslora de flotación se utilizará la gráfica que se ha obtenido en el Capítulo 2: Estudio estadístico (apartado 2.1.1), que relaciona la eslora total (Loa) con la eslora de flotación (Lwl), en la cual entrando en la gráfica con la eslora total obtenemos la magnitud de eslora de flotación. Debido a la falta de información de los datos de la eslora en la flotación en los barcos encontrados, no podemos estimarla de la forma más acertada, pero nos dará una ligera idea.

Entrando en la gráfica anteriormente citada con el valor de la eslora del total, la cuál ha sido fijada por el cliente y a partir de la cuál iremos obteniendo los demás parámetros.



Pues bien con una eslora de 12,5 m obtenemos una eslora en la flotación de 9,90 m. Éste coeficiente de Loa/Lwl nos da un valor de 1,26 m, y comparándolo con los valores máximos y mínimos, éstos fluctúan entre 1,39 y 1,26, por lo tanto aceptamos el valor de **Eslora de flotación (Lwl) = 9,90 m.**

Este parámetro Loa/Lwl , nos marca los lanzamientos de la embarcación. Para embarcaciones ligeras la relación es menor, al intentar mantener una alta velocidad del casco. Sin embargo para embarcaciones más pesadas es recomendable dotar de cierto lanzamiento en proa y popa para reducir así el cabeceo. Los valores medios se encuentran alrededor de 1,23 fluctuando 0.15 hacia arriba o hacia abajo.

3.2.- Manga

La elección de la manga de una embarcación es función de consideraciones distintas de las meramente hidrodinámicas. En general los factores que más afectan en la elección de la manga son:

- Estabilidad transversal, pues a igualdad de desplazamiento un aumento de manga lleva consigo un aumento de la estabilidad transversal.

-Habitabilidad, pues dependerá de lo que pretendamos introducir en el barco.

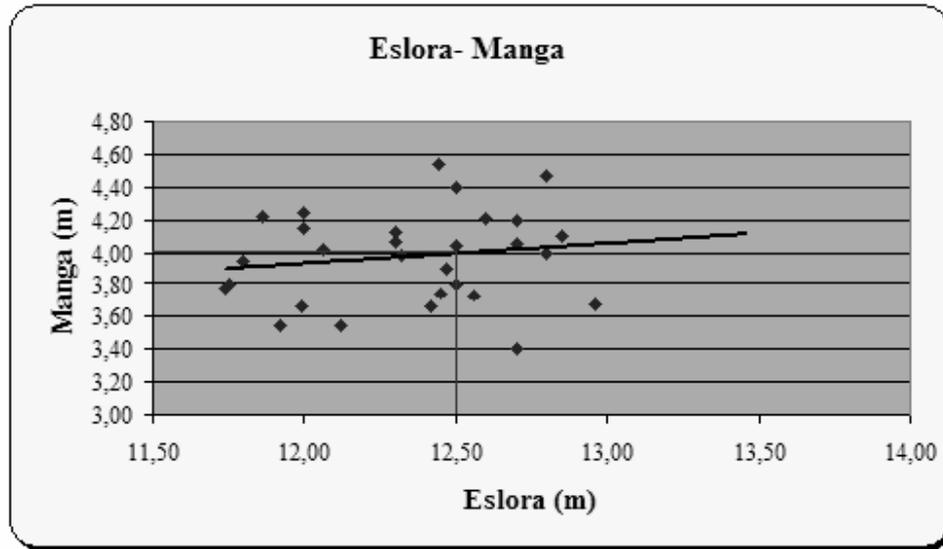
Desde el punto de vista hidrodinámico un aumento de manga a igualdad de desplazamiento lleva consigo un aumento de la resistencia total.

Al comparar la manga máxima de una embarcación frente a su eslora máxima, vemos que al aumentar la eslora, la relación va aumentando, o lo que es lo mismo: la embarcación se vuelve más estilizada, la cuál opondrá menor resistencia al avance, pudiéndose alcanzar grandes velocidades. De lo contrario si aumenta la manga, la relación va disminuyendo y el casco es más ancho, esto se traduce en que la embarcación dispondrá de una mayor estabilidad transversal, pero será un barco más lento por ofrecer una mayor resistencia al avance

Por lo tanto nuestra dimensión transversal a elegir en la embarcación debe ser intermedio, acercándose al extremo de una mayor manga, pues primordialmente queremos conseguir una embarcación segura.

Por otra parte un valor estimado de la manga lo podemos obtener del capítulo 2 del estudio estadístico, de la gráfica del apartado 2.1.2, la cual relaciona la eslora con la manga.

Entrando en la gráfica con 12,5 m de eslora obtenemos un valor de 4,04 m.



El valor acertado según la gráfica anterior es de 4,04 m, dándonos como resultado la relación entre Loa/B un valor de 3,09 encontrándose éste entre los valores máximos y mínimos, cuyos valores son 3,74 y 2,74.

Como se ha dicho anteriormente, conviene elegir un valor del coeficiente Loa/B no demasiado alto y, ya que este valor se encuentra en una posición casi intermedia en el rango de coeficiente $Loa/B = 2,74 - 3,74$ se aceptará como **Manga (B)=4.04 m.**

3.3.- Calado

La elección del calado de nuestra embarcación está principalmente limitado por la profundidad de las aguas en puerto, lo que puede dar lugar a que un calado excesivo conlleve una menor operatividad de la embarcación, ya que el acceso a los puertos está limitado por la profundidad de sus aguas. También un punto a tener en cuenta es que un aumento del calado implica una disminución de la estabilidad de formas de la embarcación. El aumento del calado produce un aumento de resistencia total, manteniendo constantes la manga y la eslora.

El calado de la embarcación se calcula de igual forma que la manga, utilizando el estudio estadístico del Capítulo 3. Reiteramos que estos valores obtenidos por el estudio estadístico son aproximados y pueden ser alterados a lo largo del proyecto según nos interesen para la realización del diseño del casco.

Una de las relaciones con las que se puede hacer referencia es la de Eslora total-Calado (Loa/T), pues la eslora es un dato que el cliente ha fijado.

Los datos obtenidos del estudio estadístico (apartado 2.1.3) reflejan una relación Loa/T con un valor mínimo y un máximo de 7.45 – 15.82 respectivamente.

Estos valores indican que el calado de la embarcación se moverá entre:

$$Loa/T = 7.45 ; \quad T = 12.50 / 7.45 = 1.678 \text{ metros.}$$

$$Loa/T = 15.82 ; \quad T = 12.50 / 15.82 = 0.790 \text{ metros.}$$

Sin embargo también podemos obtener el valor del calado de la relación B/T realizada en el estudio estadístico, en la que los valores máximos y mínimos se encuentran entre:

$$B/T = 2,27 ; \quad T = 4,04 / 2,27 = 1,780 \text{ metros.}$$

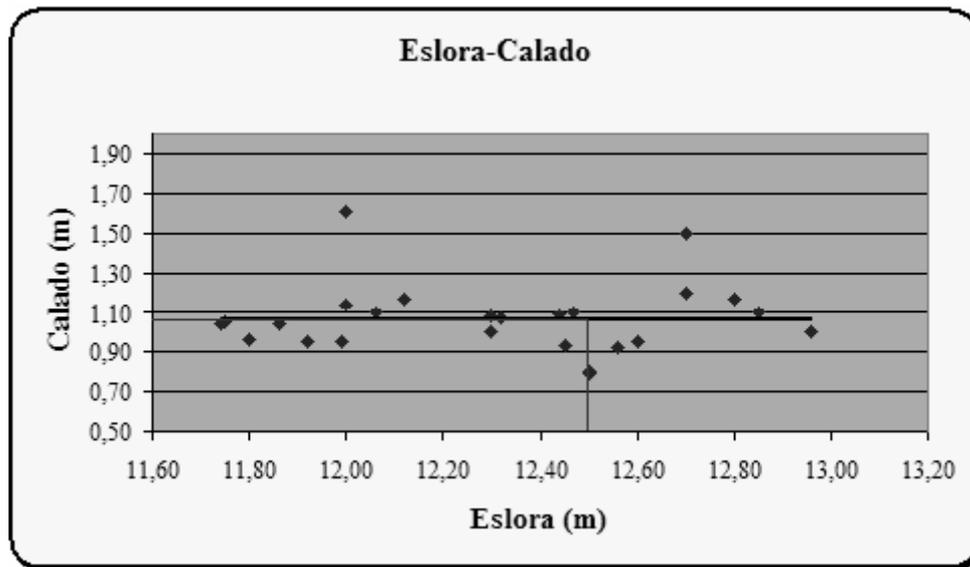
$$B/T = 15.11 ; \quad T = 4,04/15,11 = 0,267 \text{ metros.}$$

Para un mismo valor de eslora y desplazamiento, un valor Loa/T alto significa un menor calado. Por tanto, las formas serán más llenas y las semimangas por debajo de la flotación serán más anchas, para poder proporcionar el empuje suficiente. Serán embarcaciones lentas en régimen de desplazamiento.

En esas mismas condiciones, si el valor Loa/T disminuye, se tendrá un mayor calado y las formas pueden ser más en "V", siendo las semimangas más estrechas y consiguiendo una embarcación más rápida.

Además, un valor alto del calado puede dificultar la transición de la embarcación del régimen de desplazamiento al régimen de planeo.

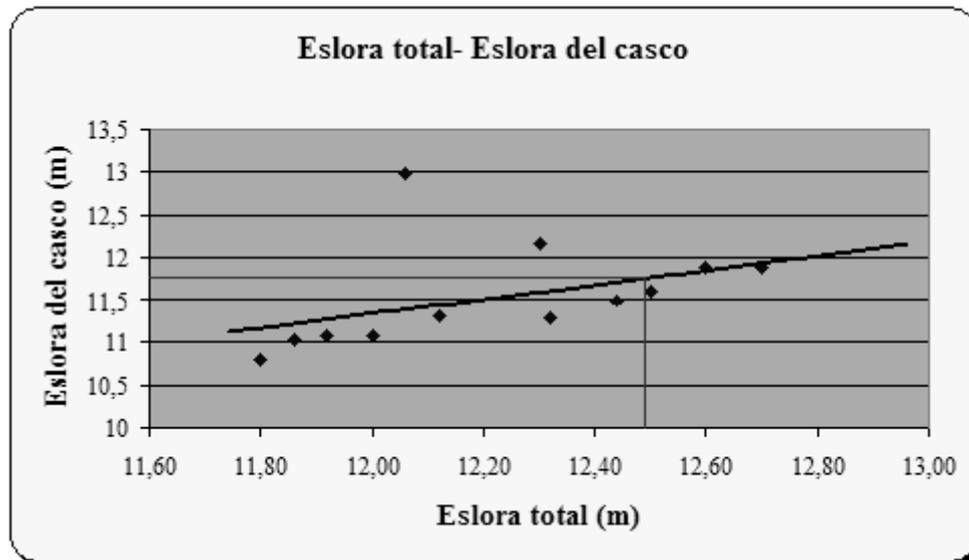
Como dijimos anteriormente entrando en el apartado 2: Estudio estadístico, en la gráfica del apartado 2.1.3, con el valor de la eslora 12,5m obtenemos un calado de 0.98 m, el cual se encuentra entre los valores de ambas relaciones, y lo aceptamos como válido. **Calado (T)=0,98 m**



3.4.-Eslora del casco

En nuestro proyecto la eslora del casco es muy importantes, pues ésta deber ser menor que 12 metros tal como se dijo en el primer capítulo. Pues de ahí dependerá que pueda ser gobernada con el PER.

Aunque hagamos una estimación sobre cuánto debe medir nuestra eslora del casco partiendo del estudio estadístico, ésta dependerá de cuánto mida la plataforma de baño colocada a popa de la embarcación.



Según el gráfico nuestra eslora del casco mediría 11,75 m, pero como la plataforma a integrar mide 0,88 m, la eslora del casco resultante es de 11,62 m.

Eslora del casco = 11,62 m

3.5.- Conclusión.

Tras la realización del dimensionado, basado tanto en el estudio estadístico como en las consultas a proyectistas navales, se han obtenido las dimensiones principales para la embarcación. Estas dimensiones se tomarán válidas, inicialmente, para la realización de este proyecto. No obstante, pueden sufrir modificaciones a lo largo del diseño de la embarcación por causas sumamente trascendentes como puede ser la obtención de un buen comportamiento de la embarcación durante la navegación.

Las dimensiones principales son:

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total (Loa)	12,50 metros
Eslora de Flotación (Lwl)	9,90 metros
Eslora del casco	11,62 metros
Manga (B)	4,04 metros
Calado (T)	0,98 metros

Desplazamiento (□)	8500 Kilogramos
--------------------	-----------------

CAPÍTULO 4: DISEÑO Y PLANO DE FORMAS

4.- DISEÑO Y PLANO DE FORMAS

4.1.- Introducción

El casco es la parte más determinante de la embarcación, pues éste debe ofrecer la mínima resistencia posible al desplazarse por el agua, lo que da lugar a que la embarcación alcance la velocidad requerida, adquiera un mejor comportamiento, menor consumo, habitabilidad...

Una vez establecidas, aproximadamente, las dimensiones principales de la embarcación en el Capítulo 3: Dimensionamiento (ver siguiente tabla), se procederá a determinar cual será la forma del casco más apropiada para esta embarcación.

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total (Loa)	12,50 metros
Eslora de Flotación (Lwl)	9,90 metros
Eslora del casco	11,62 metros
Manga (B)	4,04 metros
Calado (T)	0,98 metros
Desplazamiento (Δ)	8500 Kilogramos

Para el diseño de la embarcación se parte de que velocidad queremos alcanzar. Para ello como dijimos en la introducción, la embarcación estará entre los 12 y 17 nudos, clasificándola como régimen de planeo en la navegación, para ello tenemos que conseguir las mejores formas.

4.2.- *Velocidad de diseño.*

La velocidad de la embarcación es uno de los parámetros importantes en el diseño del casco de la embarcación, pues un factor a tener en cuenta es la longitud de las olas, que depende de la velocidad del barco.

Cuando un barco se desplaza, lanza el agua hacia los lados y, al hacerlo, forma olas. Una serie de estas olas causadas por la presión se desplaza en diagonal desde la proa, y otra, menos perceptible, lo hace desde la popa. Otra serie de olas más grandes, corre en sentido transversal a lo largo de los costados del barco con una cresta visible desde la proa, seguida de un seno y de otra cresta, que dependiendo de la velocidad del barco, puede situarse en algún lugar de la eslora del casco o más allá de la popa. Pueden formarse varias crestas inicialmente en la eslora del casco, pero al aumentar la velocidad, las olas se alargarán hasta que se origine una cresta en la proa y otra en la popa y después sólo una cresta visible cerca de la proa.

Por lo tanto para adecuar una velocidad, de forma que el barco navegue equilibrado, la longitud de la ola debe ser igual a la eslora de la flotación de la embarcación, de forma que la proa y la popa se encuentren en dos crestas.

Ésta fenómeno no se tendrán en cuenta en el diseño de la embarcación, pues esto principalmente afectará a esloras más grandes de la que contamos nosotros.

A las velocidades anteriormente citadas corresponden a números de Froude de:

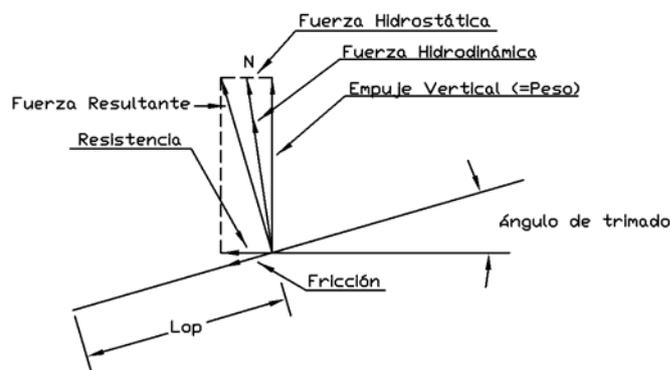
$$Fn (12 \text{ kn}) = 0,63$$

$$Fn (17 \text{ kn}) = 0,89$$

Claramente la embarcación a diseñar es de planeo y por tanto debe reunir las características propias de este tipo de embarcaciones.

4.3.-Principios hidrodinámicos del planeo

Cuando una embarcación se encuentra sumergida parcialmente en un fluido, su flotación se debe a la presión hidrostática del fluido. Cuando dicha embarcación se encuentra en reposo, la fuerza hidrostática equilibra el peso de ésta. En cuanto la embarcación comienza a desplazarse, el casco pone las partículas de agua de alrededor en movimiento, aplicando una fuerza en cada partícula determinada. La misma fuerza, pero en sentido contrario, es aplicada sobre el casco. Esta fuerza por área se denomina Presión hidrostática, cuya componente horizontal es responsable de la resistencia por formación de olas y por presión de origen viscoso. La componente vertical, por otro lado, es responsable del asiento y elevación del casco. Sin embargo dicho efecto es despreciable a baja velocidad.



Anteriormente hemos citado que actúan dos tipos de resistencia sobre la embarcación; la resistencia por formación de olas y la resistencia por presión de origen viscoso.

Éstas no son las únicas que actúan sobre la embarcación, por lo que a continuación se describirán de una forma resumida los tipos de resistencias y su importancia en este tipo de embarcación.

4.4.-Resistencia que actúan sobre el casco.

La resistencia total al avance (RT) experimentada por una embarcación navegando, a números de Froude superiores a 0,50, como es nuestro caso, puede considerarse formada por los siguientes sumandos.

$$RT = RW + RV + RAP + RA + RO, \text{ siendo}$$

RW: Resistencia por formación de olas, que a su vez puede descomponerse así:

$$RW = RWP + RS + RP$$

RWP se refiere a la energía consumida por la embarcación en la generación de los trenes libres de olas de gravedad, transversales y divergentes. Esta componente predomina para números de Froude menores de 0,80, disminuyendo su importancia a velocidades mayores.

La embarcación de este proyecto tiene un número de Froude que oscila entre 0,63 y 0,89 por lo tanto tendrá más importancia sobre todo cuando se navegue a 12 nudos.

RS, es la resistencia por generación del spray, suele descomponerse en una parte de origen viscoso, y otra de origen de presión. Debido a las indeterminaciones tanto en la evaluación del área mojada por el spray, como en su dirección y velocidad, no existe actualmente ningún método fiable para su cálculo. Lógicamente esta componente de la resistencia será nula cuando se consideren embarcaciones con codillos pronunciados navegando a velocidades de desplazamiento.

En régimen de planeo esta componente de resistencia se intentará reducir dotando al casco de junquillos anti-spray o spray-rails.

RP, simboliza la resistencia inducida por la componente horizontal de las fuerzas hidrodinámicas que actúan normalmente al casco. El calificativo de "inducida" se toma por ser una consecuencia de la generación de una sustentación dinámica.

La resistencia viscosa R_V , se suele considerar compuesta por un término de origen friccional (R_F), y otro que constituye la resistencia de presión de origen viscoso (R_{VP}).

$$R_V = R_F + R_{VP}$$

R_F : esta resistencia tangencial es debida a la fricción que se desarrolla en el casco mojado aumentando su importancia relativa con la velocidad. A números de Froude por encima de 1.00 es la componente mayor de la resistencia total al avance de la embarcación.

Esta componente de resistencia es prácticamente imposible de eliminar ya que, el casco de la embarcación siempre estará en contacto con el agua.

La resistencia de presión de origen viscoso se origina por la formación de torbellinos y por la separación del flujo. Cuando el número de Froude es superior a 0,60, se puede considerar prácticamente nula esta componente.

Esta embarcación dispondrá de espejo de popa, con lo cual, esta resistencia le afectará en menor medida cuando navegue en régimen de planeo que cuando navegue en régimen de desplazamiento, ya que en régimen de desplazamiento este espejo de popa producirá torbellinos y separación del flujo del casco.

La resistencia debida a los apéndices (R_{AP}), tiene bastante más importancia en las embarcaciones rápidas que en los buques convencionales. Dependiendo del tamaño y de su configuración esta componente puede alcanzar, a las velocidades mayores, valores hasta del 20% de la resistencia al avance del casco desnudo.

La resistencia de estos apéndices tiene una componente friccional, otra de presión y otra inducida debido a la sustentación que también generan. Existen formulas para estimar la resistencia de cada apéndice y suelen ser más fiables que el clásico procedimiento de incrementar en un cierto porcentaje la resistencia al avance del casco desnudo para tener en cuenta el efecto de los apéndices. La resistencia aerodinámica (R_A) debida al viento relativo, puede representar hasta un 10% de su resistencia total. A velocidades bajas la resistencia debida al aire no tiene importancia, pero a medida que la velocidad

aumenta esta resistencia se debe tener en cuenta a la hora del diseño de la obra muerta de la embarcación.

La embarcación de este proyecto poseerá cabina. Con lo cual, esta resistencia actuará en la obra muerta del casco, y en la cabina, lo que da lugar a tenerla en cuenta esta componente de resistencia.

En el termino RO se incluyen otras componentes menores o parásitas, de la resistencia al avance experimentada por una embarcación rápida en el mar. Su naturaleza puede ser friccional o de presión, y sus causas son muy diversas: válvulas de exhaustación, tomas de mar, ánodos de sacrificio, etc.

En general, el secreto de las embarcaciones planeadoras radica en aprovechar el empuje vertical (sustentación) del planeo para levantar el barco fuera del agua, y reducir así su superficie mojada y obra viva, reduciendo consecuentemente gran parte de las resistencias anteriormente dichas.

De esta manera es posible conseguir velocidades que sería imposible lograr en régimen de desplazamiento, ya que estaríamos limitados por la eslora de la embarcación.

En el diseño del casco de la embarcación de este proyecto se buscará conseguir un aceptable aprovechamiento de la fuerza de sustentación para, como se ha dicho anteriormente, reducir gran parte de la resistencia que actúan en el casco.

El empuje vertical o fuerza de planeo generada depende, aparte de la velocidad, de la forma del fondo del casco tanto a nivel longitudinal como transversal.

4.5.- Influencia de las formas de las cuadernas

Existen dos tipos de formas de cuadernas: en U y en V. Las formas en U son más llenas que las formas en V. Las formas en U tienen por tanto tendencia producir “slamming” o pantocazos cuando se navega con mal tiempo de proa, con la reducción de velocidad y esfuerzos que la estructura de proa que ello conlleva.

Zona de Proa:

En embarcaciones grandes y lentas se suelen usar cuadernas en U, ya que aumentan la capacidad de carga y tiene menos problemas de comportamiento en la mar, ya que el mal tiempo les afecta menos.

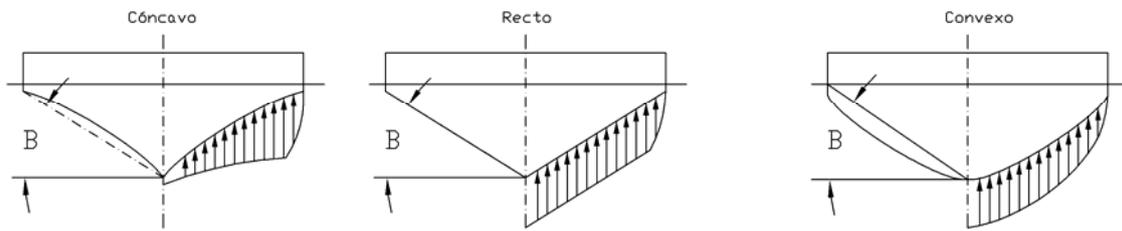
Las embarcaciones pequeñas y rápidas se ven más afectadas en su comportamiento con mala mar de proa y por ello se suele ir a unas formas más afiladas de la proa, usando cuadernas en V, con el objeto de que pase mejor la ola de proa y tenga por tanto un mejor comportamiento en la mar.

Zona de Popa:

Las cuadernas en U son más llenas pero a su vez malas, hidrodinámicamente hablando, debido a que aumentan la resistencia de presión de origen viscoso al producir separación del fluido y grandes turbulencias. Las cuadernas en V son mejores desde este punto de vista ya que el flujo discurre más perpendicularmente a las cuadernas, pero por otra parte estas formas pueden dar problemas en el cambio de trimado que se produce al pasar del régimen de desplazamiento, al de planeo. Puesto que se produce un trimado positivo con emersión de la zona de proa, el aprovechamiento de las fuerzas de sustentación debe realizarse en el correcto diseño de las zonas de popa. El área del fondo debe determinarse como una solución de compromiso de manera que debe minimizarse la superficie mojada, pero al mismo tiempo debe ser lo suficientemente grande para que las presiones sustentadoras, perpendiculares a la superficie, no superen la capacidad de la estructura del fondo. Para obtener el máximo rendimiento de las fuerzas sustentadoras generadas durante el planeo se deberían proyectar fondos planos. La superficie de planeo más eficiente es la placa plana. Por otra parte, es evidente que una embarcación rápida con el fondo plano tendría una pobre capacidad de maniobra, sería de difícil gobierno, y experimentaría en mala mar unas aceleraciones e impactos excesivos.

Dependiendo de la forma transversal del casco, existirán diferentes distribuciones transversales de presión, derivados de la variación en el ángulo

de la astilla muerta, lo que da lugar a tres posibilidades de secciones transversales, fondo recto, fondo cóncavo y fondo convexo.



La principal diferencia entre un fondo cóncavo y uno convexo, consiste en la distribución de presiones bajo el casco.

Así pues, en la sección cóncava esta distribución crece produciendo más empuje a medida que se acerca al costado de la embarcación, con lo que hay mayor empuje en la zona del costado que bajo la quilla, todo lo contrario ocurre en la sección convexa.

Esta distribución de presiones implica que cuando el casco se eleva al aumentar la velocidad, la sección cóncava pierde rápidamente empuje, además de dejar una cuña cóncava ineficaz en cuanto al planeo se refiere, mucha superficie mojada y una manga de planeo estrecha. En la sección convexa no ocurren estas desventajas, sino que por el contrario a altas velocidades muestra una significativa reducción de superficie mojada, buen empuje y mucha manga de planeo, además las secciones convexas tienen una excelente rigidez que permiten escantillonados más ligeros.

En el caso de la sección recta, ofrece unas condiciones muy parecidas a la convexa pero reduce la superficie mojada al aumentar la velocidad, más que en la sección convexa.

En conclusión las formas que se adoptarán para el diseño del casco de la embarcación, serán formas intermedias entre U y V, con su característico codillo, cuyo objetivo es evitar un cambio brusco de formas U y V. Y de sección transversal optaremos que sea fondo recto.

4.6.- Astilla muerta β

El ángulo de astilla muerta se tiene en cuenta, a la hora de determinar una carena apta para navegación con mal tiempo, ya que cuanto más plana sea la embarcación mayores serán los efectos hidrodinámicos.

Desde el punto de vista de la proyección del fondo de la embarcación nos conviene diseñarla con el fondo plano, pues es el más eficiente, sin embargo éste da lugar a una pobre capacidad de maniobra. Una solución a este problema consiste en el diseño de fondos con astilla muerta variable y creciente a lo largo de la eslora desde popa a proa.

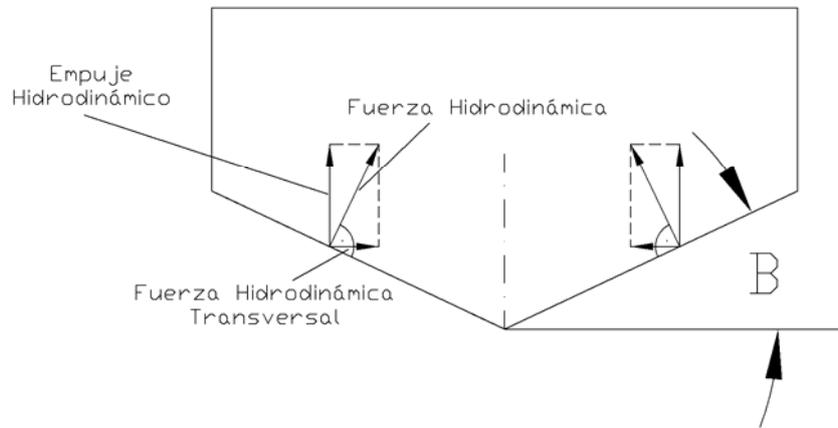
Sin embargo, por otra parte, este ángulo de astilla muerta, reduce el empuje, con lo que para compensar esta pérdida será necesario aumentar la superficie mojada y aumentar el ángulo de trimado, lo que provocará en un aumento de la resistencia al avance.

El ángulo de astilla muerta, tiene otro efecto añadido sobre la embarcación, éste es el incremento de superficie mojada debido al spray, éste efecto será mayor cuanto mayor sea el ángulo β .

Pequeñas astilla muertas en popa darán lugar a superficies de planeo efectivas, mientras que altas astilla muertas en proa disminuirán las aceleraciones producidas por los impactos hidrodinámicos y mejorarán la maniobrabilidad de la embarcación.

La distribución creciente de astilla muerta produce longitudinales no paralelos que incrementarán algo la resistencia al avance en aguas tranquilas a bajas velocidades, y originarán alguna pérdida de la eficiencia del planeo con respecto a las superficies prismáticas.

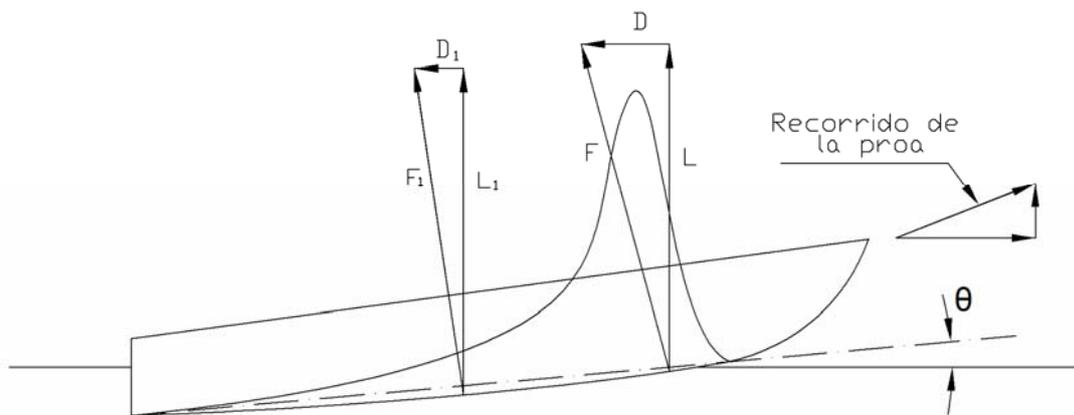
Unos valores de astilla muerta muy extendidos entre proyectistas navales son del orden de 15° a 20° (grados). Los cuales proporcionan buenas características marinerías.



4.7 Formas del fondo

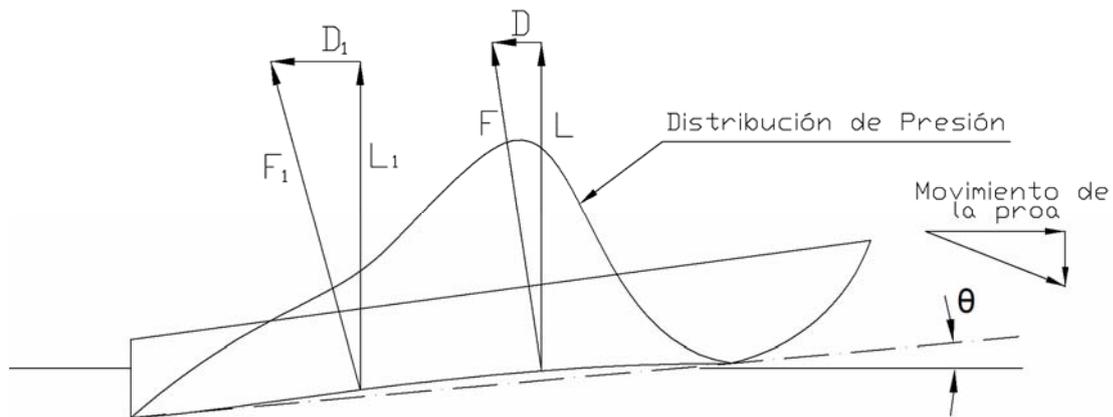
La influencia en el planeo de la sección longitudinal tiene una gran importancia pues a la hora de elegir uno de las tres posibilidades de fondos (ya sea recto, cóncavo o convexo) tendremos que tener en cuenta la posición del punto de mayor presión y el comportamiento de la embarcación a baja velocidad y a alta velocidad.

Así pues empezaremos hablando del **fondo convexo**:



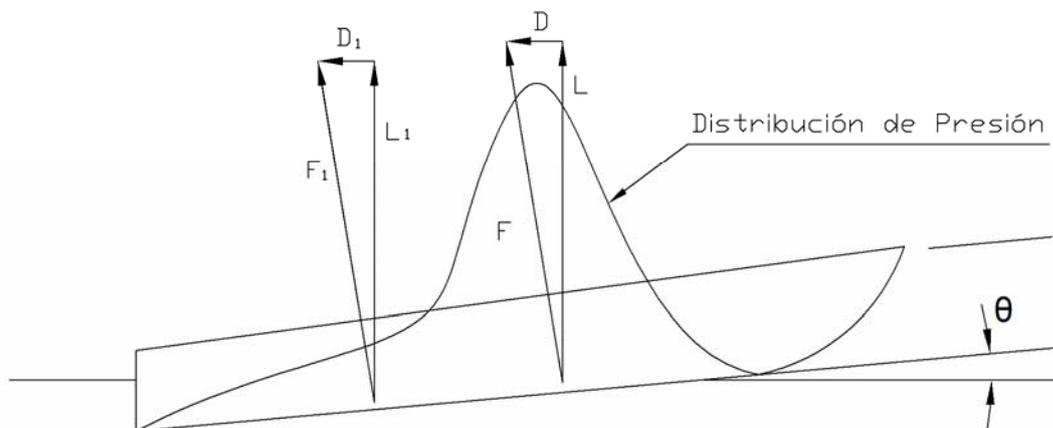
En el que el mejor rendimiento de planeo es a alta velocidad, la proa tiene un movimiento ascendente conforme va aumentando la velocidad y la posición máxima de presión está cerca de la proa.

Fondo cóncavo



Se obtiene un mejor rendimiento de planeo a baja velocidad, al aumentar la velocidad la proa describe un movimiento descendente y la posición del punto de máxima presión se encuentra más a popa.

Fondo recto



A igualdad de velocidades se obtienen el mismo rendimiento, la proa tiene un movimiento horizontal y la posición del punto máxima presión esta centrada.

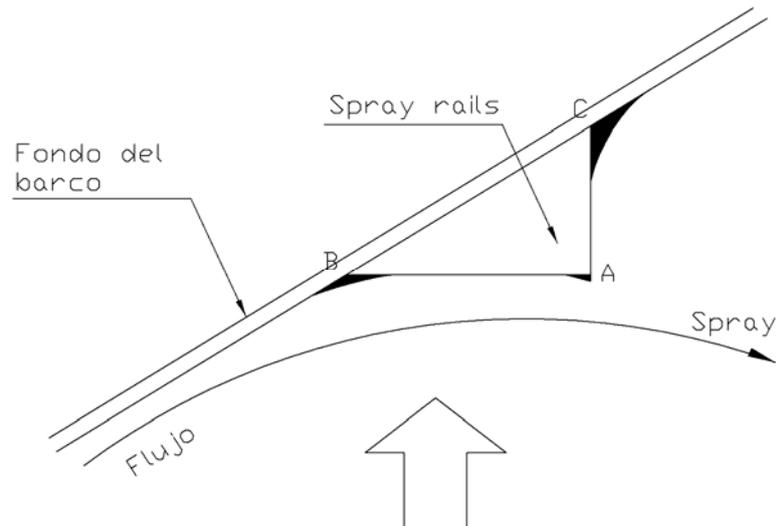
En el diseño del casco de la embarcación, el fondo será preferiblemente recto o cóncavo, pues el punto del centro de presiones, al aumentar la velocidad va tomando una posición más a popa, en ambos casos. Así conseguiremos bajar un poco la proa, aumentará la superficie mojada y cambiará el trimado (disminuyendo en popa), y contribuiremos a que el asiento apopante creado al navegar con la proa mantenida en una cresta, no sea muy grande.

4.8.- Spray rails

En las embarcaciones de planeo, y con el casco en “V” profunda, se produce un efecto no deseado para los pasajeros que se encuentran en la zona de proa, y es el llamado “abanico” o “Spray de proa”, además, produce embarque de agua en dicha zona.

Dicho spray produce un incremento de la resistencia al avance, ya que sube por las paredes del casco. Pues bien sabiendo que las formas en “V” mejoran el comportamiento de la embarcación en el mar, no son muy eficientes para generar empuje, para sufragar este problema colocamos spray - rails a lo largo del casco.

Una sección transversal de los spray – rails:



El rail debe ser muy agudo en el punto A, y suave en el B y C, donde se une al casco, para evitar incrementos de resistencia.

Dichos spray – rails son efectivos hasta el momento en que el flujo bajo el casco es prácticamente paralelo a la quilla, a partir de entonces, hace que se incremente la resistencia en esa zona.

Estos elementos proporcionan empuje vertical a la embarcación y la separación del flujo, reduciendo la superficie mojada, y por lo tanto, la resistencia de fricción.

4.9.- Conclusión

La embarcación dispondrá de formas híbridas, cuadernas entre “U” y “V”, además de un codillo, y sección transversal recta.

La astilla muerta estará en el margen de 13° y 21° , aumentando progresivamente desde popa hasta proa.

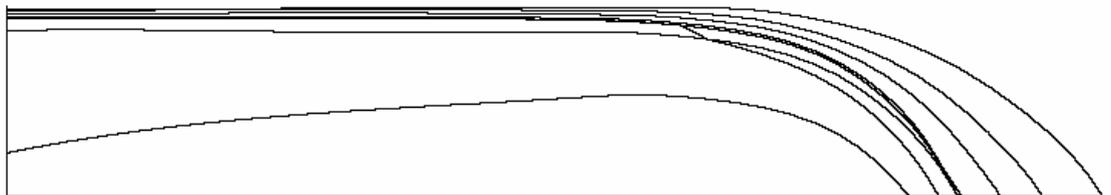
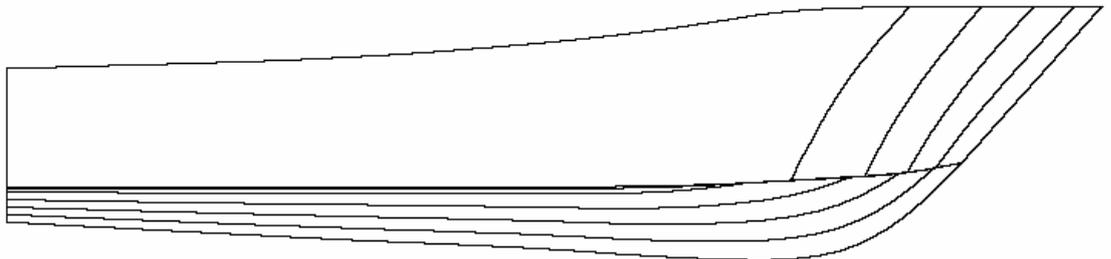
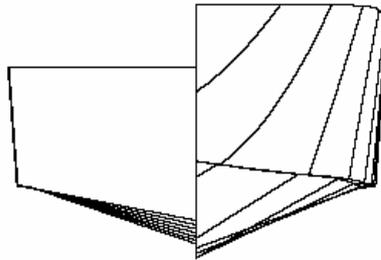
El fondo de la embarcación será recto y dispondrá de 2 de spray rails en cada banda, paralelos al codillo.

4.10.- Diseño mediante programa informático. (*Maxsurf Pro*)

Una vez realizado el capítulo 4 de dimensionamiento y teniendo en cuenta los parámetros de diseño que tenga nuestra embarcación, procedemos a hacer un diseño inicial de nuestra carena.

Una vez acabado este proceso y comprobando que nuestra carena es válida para nuestro proyecto, pues de caso contrario volvemos a retocar las formas hasta obtener unas finales.

Las formas obtenidas han sido:



Los datos obtenidos del programa son los siguientes:

Dimensiones principales		
Eslora casco		11,62 metros
Eslora en la flotación		9,90 metros
Manga máxima		4,04 metros
Manga entre codillos		3,80 metros
Calado		0,80 metros
Astilla muerta	Espejo de popa	13°
	Sección media	21°

Consideraciones a tener en cuenta:

Para el diseño de la carena partíamos de la idea de la plataforma a popa, pues ésta se considera independiente del casco de la embarcación, por lo que para el diseño de la embarcación hemos partido de la eslora del propio casco.

El calado que habíamos adoptado en etapas anteriores había sido de 0,98, pero este calado daba lugar a un desplazamiento mayor al fijado al principio del proyecto, por lo que lo hemos fijado en 0,80. El rango de valores por los que fluctúa la relación Loa/T es entre 15,82 y 7,45 (Capítulo 2: Estudio Estadístico). Con el calado anteriormente citado la relación Loa/T nos da un valor de 15,625 por lo que el valor fijado en esta etapa del proyecto lo consideramos válido.

4.11.- Estructura resistente del casco

La estructura del casco, debido a que se trata de una embarcación que navegará en régimen de planeo, será longitudinal.

En sentido longitudinal, el casco dispondrá de tres longitudinales en el fondo en cada banda del casco, con una separación entre ellos de 400 mm (según tabla 2.6.3 de la normativa LLOYD'S), paralelos y a lo largo de toda la eslora del fondo. En el Capítulo 7: Escantillonado se recoge los datos relativos a estos refuerzos; módulo resistente, espesor, dimensiones, morfología.

En la zona de los costados, se dispondrá de tres refuerzos longitudinales en cada banda paralelos y siguiendo la línea del codillo. Al igual que en el fondo, éstos también tendrán una separación básica de 400 mm. En el Capítulo 7: Escantillonado se recoge los datos relativos a estos refuerzos; módulo resistente, espesor, dimensiones, morfología.

En sentido transversal el casco constará de cuatro mamparos; mamparo de pique de proa, mamparo divisorio de proa, mamparo divisorio de popa, mamparo cámara de máquinas.

-Mamparo pique de proa: Este mamparo limitará el pique de proa con la zona de habitación. Será fabricado en PRFV "tipo sándwich" con un espesor de 20 mm (2+16+2) totalmente estanco. Su posición longitudinal respecto al espejo de popa (perpendicular de popa) será de 10,40 metros.

-Mamparo divisorio proa: Este mamparo divide la zona de habitación en dos partes; camarote y salón. El camarote se encuentra a proa de este mamparo y la zona del salón, cocina, baño a popa del mamparo. Este mamparo tendrá una puerta para acceder al camarote.

Será construido en PRFV “tipo sándwich” con un espesor de 25 mm (2,5+20+2,5). Su posición longitudinal respecto al espejo de popa (perpendicular de popa) será de 8 metros.

-Mamparo divisorio popa: Este mamparo divide la zona de habitación en dos partes; camarote y salón. El camarote se encuentra a popa de este mamparo y la zona común de la habitación a proa. Este mamparo tendrá una puerta para acceder al camarote.

Será construido en PRFV “tipo sándwich” con un espesor de 25 mm (2,5+20+2,5). Su posición longitudinal respecto al espejo de popa (perpendicular de popa) será de 5 metros.

- Mamparo cámara de máquinas: Este mamparo delimita la cámara de máquinas del resto de la habitación. Será fabricado en PRFV “tipo sándwich” con un espesor de 25 mm (2+16+2). Su posición longitudinal respecto al espejo de popa (perpendicular de popa) será de 2.50 metros.

Además de estos mamparos transversales, el casco también dispondrá de varengas y cuadernas. Su módulo resistente, dimensiones, espesor y morfología se encuentra desarrollado en el Capítulo 7: Escantillonado.

Del mismo modo los refuerzos tanto longitudinales como transversales de la cubierta de la embarcación, también se detallarán en el Capítulo 7: Escantillonado.

**CAPÍTULO 5:
ESPECIFICACIONES Y
NORMATIVA A APLICAR**

5.- ESPECIFICACIÓN Y NORMATIVA A APLICAR

5.1.- Especificación técnica

Las características de la embarcación no requerirán una titulación superior a la denominada “Patrón de embarcaciones de Recreo”, la cual confiere las siguientes atribuciones: “gobierno de embarcaciones de recreo a motor o motor y vela de hasta 12 metros de eslora y potencia de motor adecuada, para la navegación que se efectúe en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la mismas trazada de 12 millas, así como la navegación interinsular en los archipiélagos balear y canario”.

El número de personas máximo para el que esté autorizada la embarcación deberá satisfacer las necesidades del supuesto cliente en jornadas de recreo en familia.

La velocidad de diseño será la adecuada para el uso genérico de la embarcación, el cual puede definirse como “paseo”, en la que se dará una prioridad a establecer una velocidad de crucero media-alta, no considerando tan importante que la velocidad máxima sea muy elevada.

5.2.- Reglamentaciones

- Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.

- El Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre, por el que se establecen los reconocimientos e inspecciones de las embarcaciones de recreo para garantizar la seguridad de la vida humana en la mar y se determinan las condiciones que deben reunir las entidades colaboradoras de inspección.

- Circular N° 7/95, asunto: construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo.

-Real Decreto 297/1998, de 27 de febrero, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo, embarcaciones de recreo semiacabadas y sus componentes, en aplicación de la Directiva 94/25/CE.

A continuación expondremos de una forma más detallada la Orden FOM/1144/2003, de 28 de abril, puesto que refleja los equipamientos que tiene que llevar a bordo nuestra embarcación.

Pues bien, ésta normativa tiene como objetivo establecer el equipo de seguridad que deben llevar a bordo, con carácter obligatorio, las embarcaciones de recreo comprendidas dentro de su ámbito de aplicación.

A nuestra embarcación se le ha otorgado la categoría de diseño “C” (en aguas costeras). De esta manera da la posibilidad de alejarse hasta 12 millas de la costa, y le corresponden las zonas de navegación 4, 5, 6 y 7; cuyas limitaciones son las siguientes:

	Zona de navegación	Distancia a la costa
Navegación en aguas costeras	Zona “4”	Hasta 12 millas
	Zona “5”	Hasta 5 millas
	Zona “6”	Hasta 2 millas
Aguas protegidas	Zona “7”	Aguas protegidas en general

Los requisitos mínimos establecidos por la norma anteriormente mencionada, en cuanto a equipamiento, son:

1.-Equipo de salvamento

Material	Zona de Navegación				Comentarios
	4	5	6	7	
Chalecos salvavidas	X	X	X	X	Chalecos para el 100% de las personas. Homologación SOLAS (R.D. 809/99 o "CE" (Directiva 89/686, R.D. 1407/92). Flotabilidad 150 N
Aros salvavidas	1				Con luz y rabiza. Homologación SOLAS (R.D. 809/99) o "CE"(Directiva 89/686, R.D. 1407/92)
Cohetes con luz y paracaídas	6				Homologación : R.D. 809/99
Bengalas de mano	6	3	3		Homologación : R.D. 809/99
Señales fumígenas flotantes	1				Homologación : R.D. 809/99

2.- Equipo de navegación

Material	Zona de Navegación				Comentarios
	4	5	6	7	
Luces y marcas de navegación	X	X	X	X	Homologación COLREG 72(cualquier país (UE). Navegación diurna, hasta 12 millas y/o eslora<7m, podrá llevar linterna eléctrica de luz blanca con pilas de repuesto, en lugar de luces.
Compás	1				Un compás de gobierno. Homologación: R.D. 809/99, (Anexo A.I: compás magnético o compás de botes salvavidas)
Prismáticos	1				
Cartas y libros náuticos					De los mares por los que navegue y los portulanos de los puertos que utilice
Bocina de niebla	1	1	1	1	A presión manual o accionada o gas en recipiente a presión. En este caso, con membrana y recipiente de gas como respetos.
Campana	1				Para menos de 15 m de eslora no es obligada, pero dispondrá de medios para producir sonido eficaz
Pabellón nacional	1	1	1	1	
Linterna estanca	1				Con bombilla y juego de pilas de respeto
Espejo de señales	1	1	1	1	

Reflector de radar	1				Sólo en embarcaciones de casco no metálico
Código de señales	1	1	1	1	Si monta aparatos de radiocomunicaciones

Cómo nuestra embarcación es mayor a 7 m poseerá luces de alcance y costados cuyo alcance de cada una de ellas viene reflejado en el siguiente cuadro:

Tipo de luz	Alcance
Luz de tope	3 millas
Luz de costado	2 millas
Luz de alcance	2 millas
Luz de remolque	2 millas
Luz todo horizonte (blanca, roja, verde o amarilla)	2 millas

3.- Material de armamento diverso.

Material	Zona de Navegación				Comentarios
	4	5	6	7	
Estachas de amarre al muelle	2	2	2	2	En su caso. Longitud y resistencia adecuada a la eslora
Bichero	1	1	1	1	
Remo	1	1	1	1	Un par de zaguales
Botiquín	1	1	1	1	Para zona 4: Tipo balsa de salvamento (R.D. 258/99) y Orden PRE/930/2002); Para zona 5: Botiquín n° 4 según orden 4.12.80.
Líneas de fondeo	X	X	X	X	Obligado como mínimo 5 veces la eslora. Menos de 6m puede ser sin cadena. Peso de ancla= 8kg; Diámetro cadena=6 mm; Diámetro estacha =10 mm.
Caña de timón de emergencia	1	1	1	1	En embarcaciones de vela y en las de un solo motor si el gobierno es a distancia, excepto si el motor es fueraborda o de transmisión en Z.

4. -Achique y contra incendios

Material	Zona de Navegación				Comentarios
	4	5	6	7	
Extintores portátiles, función de la eslora	X	X	X	X	Con cabina cerrada y menor de 10 m, uno del tipo 21B. Peso mínimo de los extintores:2kg de polvo seco (peso equivalente si es otro agente extintor)
Extintores portátiles, función de la potencia instalada.	X	X	X	X	P<150 kw: uno del tipo 21B. 150 kw< P <=300 kw: uno tipo 34 B (con un motor) dos tipo 21B (con dos motores) 300< P<=450 kw: 1 tipo 55 B (con un motor) 2 tipo 34 B (con dos motores) 450 kw<P : Con un motor , uno tipo 55 B y además el número de extintores necesarios para cubrir la potencia del motor por encima de 450 kw. Con dos motores, uno del tipo 55 B por cada motor (que puede ser 34 B si la potencia de cada uno de los motores es inferior a 300 kw) y además el número de extintores necesarios para cubrir la potencia total instalada.
Detector de gas	X	X	X	X	Si tienen instalaciones de gas combustible.
Baldes, contra incendios	1				
Bombas de achique	1	1	1	1	Zonas 4,5 y 6; una bomba. En zona 7: una bomba manual o eléctrica para esloras menores o iguales a 6 m, con cámara de flotabilidad, podrá sustituirse por un achicador.
Baldes de achique	1	1	1		Pueden ser los de contra incendios.

5.- Prevención de vertidos en aguas sucias

Material	Zona de Navegación				Comentarios
	4	5	6	7	
Depósitos de retención de aguas sucias	X	X	X	X	Si están dotadas de aseos. Depósitos permanentes: conexión universal a tierra. Conductos que atraviesen el casco: válvulas de cierre hermético con precintos o dispositivos mecánicos de cierre.
Equipos para desmenuzar y	X	X	X	X	Si están dotados de aseos. Equipos homologados o aprobados. En caso de descargas de aguas

desinfectar					desmenuzadas y desinfectadas en zonas permitidas.
Equipos de tratamiento	X	X	X	X	Si están dotadas de aseos. Equipos homologados aprobados. En caso de descargas de aguas tratadas en zonas permitidas.

Está prohibida toda descarga de aguas sucias desde embarcaciones de recreo en las siguientes aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción.

Zona	Opción de descarga
Aguas portuarias, zonas protegidas, rías, bahías, etc.	No se permite ninguna descarga, ni siquiera con tratamiento.
Hasta 4 millas	Se permite con tratamiento
Desde 4 millas hasta 12 millas	Se permite desmenuzada desinfectada. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos.
Más de 12 millas	Se permite en cualquier condición. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos

5.3.- Conjunto de normas armonizadas y no armonizadas

NORMA	TITULO
UNE-EN 1095:1998	Arnés de seguridad de cubierta y amarre de arnés destinado a las embarcaciones de recreo
UNE-EN 24565: 1992	Embarcaciones menores. Cadenas de ancla
UNE-EN 24567:1992	Construcción Naval. Yates. Accesorios de tuberías para aguas residuales
UNE-EN 28846:1994	Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.
UNE-EN ISO 28847:1992	Mecanismos de gobierno. Sistemas de cable metálico y polea
UNE-EN 28848:1994	Mecanismos de gobierno a distancia.
UNE-EN 28849:1994	Bombas de sentina con motor eléctrico.
UNE-EN ISO 4566:1997	Extremo de los árboles porta hélices y bujes de conicidad
UNE-EN ISO 7840:1996	Mangueras resistentes al fuego para carburantes.
UNE-EN ISO 8469:1996	Mangueras no resistentes al fuego para carburantes.
UNE-EN ISO 8665:1996	Motores y sistemas de propulsión marinos. Medición y declaración de potencia.

UNE-EN ISO 9093:1998	Grifos de fondo y pasa cascós.
UNE-EN ISO 10087:1996	Identificación de cascós. Sistemas de codificación.
UNE-EN ISO 9097: 1996	Embarcaciones menores. Ventiladores eléctricos.
UNE-EN ISO 10087: 1996	Embarcaciones menores. Identificación de cascós. Sistemas de codificación.
UNE-EN ISO 10240: 1996	Embarcaciones menores. Manual del propietario.
UNE-EN ISO 10592: 1996	Embarcaciones menores. Sistemas hidráulicos de gobierno.
UNE-EN ISO 11105: 1997	Embarcaciones menores. Ventilación de las salas de motores de gasolina y/o de los compartimentos para los depósitos de gasolina.
UNE-EN ISO 11547: 1996	Dispositivos de protección contra el arranque con marcha engranada.
ISO 14945	Chapa del constructor.
ISO 15065	Prevención de caída.
ISO 11591	Visibilidad.
ISO12215-1 ISO 6185 RINA	Estructura.
ISO 12217-1/2002	Estabilidad y flotabilidad.
ISO 9093 ISO 12216	Aberturas.
ISO 11812 ISO 8849 ISO 15082	Inundación.
ISO 9094-1/2	Evacuación en caso de incendio.
ISO 15084	Fondeo.
ISO 10133	Sistema eléctrico.
UNE-EN ISO 8099:2001	Sistema de retención de desechos de instalaciones sanitarias.
UNE-EN ISO 10088:2002	Sistema de combustible instalado de forma permanente y tanques fijos de combustible.
UNE-EN ISO 12216:2003	Ventanas, portillos, escotillas, tapas y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad.

CAPÍTULO 6: DISPOSICIÓN GENERAL

6.- DISPOSICIÓN GENERAL

Una vez que el cliente detalla sus necesidades y describe sus exigencias, éstas se tendrán en cuenta para establecer de forma aproximada la disposición general de la embarcación.

6.1.- Distribución exterior

Existen varias tipologías respecto al diseño de la cubierta de este tipo de embarcaciones. Una de ellas es que la embarcación sea totalmente abierta y con un importante espacio habitable bajo la cubierta de proa, esto da lugar a que el modelo sea abierto -open- significa que todo el espacio exterior está descubierto. En los barcos abiertos es posible diferenciar claramente las funciones que se desarrollan en el exterior, como son una zona de estar con uno o más sofás rodeando las mesas correspondientes que pueden ser o no graduables en altura para poder ser utilizables también como solárium. Como solución, de poder proteger el mobiliario que debe permanecer a la intemperie, en algunos casos la protección de la bañera se efectúa mediante un hard-top que no está integrado al parabrisas, sino que es un techo independiente sujetado por el arco de antenas. Otro caso es de disponer un hard-top abierto a popa, de modo que la parte cubierta y la descubierta reciben un tratamiento estético y funcional similar, propio de los espacios exteriores, con materiales dispuestos a resistir la intemperie. En estos casos el hard-top actúa más como protector para las personas que para el mobiliario y permite diferenciar las funciones, dejando a la sombra los espacios de estar, como pueden ser el comedor al aire libre con su correspondiente mueble de servicio, dejando la colocación del baño más a popa del hard top. Esto permite que el sol y el aire afecten también a una zona en principio protegida, aumentando la versatilidad del conjunto.

En este apartado se realizará una descripción de la cubierta exterior de la embarcación, incluyendo los medios de embarque y desembarque, zonas de ocio, gobierno, y zona de tránsito de proa a popa.

- *Decisión a tomar sobre la distribución del espacio exterior*

Como hemos explicado en el preámbulo de este capítulo la zona exterior de la embarcación será dotada de un hard-top cubriendo éste la bañera dispuesta para el ocio libre.

- *Zona de baño.*

Con el fin de adaptar la embarcación para que sea apropiada para el baño, ésta consta de una plataforma de baño en el espejo de popa. A su vez, esta plataforma por el costado de estribor estará equipada con unas escaleras de baño adecuadas.

Como detalle del diseño de la plataforma, se debe mencionar que, debido a la normativa, ha de ser desmontable. De esta manera no supondrán un incremento sobre el valor de la eslora del casco, que permite que la embarcación sea gobernada con el título de “patrón de embarcaciones de recreo”.

- *Zona de ocio*

Entendiendo a estas zonas como las que se utilizarán para el disfrute de la embarcación mediante actividades como pueden ser el paseo en familia o la navegación deportiva. La embarcación estará preparada para llevar a bordo el número máximo de personas para las que está diseñada, de una manera cómoda y confortable. Para ello dispondrá de los siguientes medios:

* Bañera: la bañera es de gran amplitud. Esto representa una buena superficie, pues esta zona puede albergar a un buen número de personas. En ella podemos ubicar:

- Un sofá en U en babor, con capacidad para albergar unas seis personas y con una mesa de superficie variable, con el pie de la mesa de gran tamaño que permite la estiba de cierto material. El sofá también cuenta en la parte inferior con armarios para su estiba.

- Un módulo de cocina que consta de un fregadero y con armarios abajoSolárium: colocado al lado del paso que da lugar a la entrada de la embarcación, el cuál puede albergar a dos o tres adultos. Este solárium se encuentra elevado sobre el piso que continua el resto de la cubierta y bajo el mismo se localiza el acceso que da lugar a la cámara de máquinas.

Además de este solárium individual encontramos otro a babor del puente de gobierno, a un nivel ligeramente superior. Éste tiene muy buena ubicación puesto que podemos tomar el sol gracias a la apertura superior y quedar protegidos por los efectos del parabrisas.

- Zona de gobierno

Situada a proa de la bañera y en cuanto a la ubicación de los elementos en ella dispuestos responde a las siguientes consideraciones:

* Timonera:

La zona de gobierno está cubierta lo que proporciona un espacio para el gobierno con mayor grado de protección ante el mal tiempo el sol, rociones de agua durante la navegación,...Haciendo que el gobierno de la embarcación se realice de manera cómoda. Las características de la timonera son las siguientes: Las dimensiones son más que suficientes para proporcionar un espacio resguardado de la intemperie.

- Parabrisas frontal: en este caso el material elegido es el cristal securit pues se prefiere instalar un material que resista mejor a la intemperie, y de esta forma las condiciones de visibilidad no se verán alteradas excesivamente con el paso del tiempo.

* Puesto del piloto

El puesto del piloto se encuentra situado en línea de crujía, el asiento es fijo y tanto el panel de mando como la rueda del timón se encuentran ubicados a una distancia suficiente del asiento que permita un pilotaje cómodo y confortable. Al mismo tiempo, se elevará unos centímetros el panel de mandos, lo que permite una correcta visualización de los elementos dispuestos en él.

- *Cubierta de proa*

Hemos instalado un solárium central y la maniobra de fondeo. También encontramos dos escotillas que sirvan de ventilación y luminosidad en el interior. Una de ellos se encuentra en el camarote de proa y la otra en el salón-comedor.

- *Medios de embarque y desembarque.*

La embarcación está diseñada para que el atraque se realice por popa, para ello accedemos a ésta por medio de una plataforma de baño que aunque su función principal sea, como su propio nombre indica, la de facilitar el baño, también constituyen un elemento favorable para el embarque y desembarque.

O bien, a través de una pasarela hidráulica extensible que se estiba bajo el pasillo que se localiza en el costado de estribor (al lado del solárium de popa), por ello, encontraremos un escalón que separa a distinta altura la plataforma de baño de la bañera. Este peldaño también está pensado para que si en algún determinado momento llegara a mojarse la plataforma de baño, no ensuciara la bañera.

- *Zonas de tránsito de popa a proa*

Los pasillos hacia proa no son muy estrechos y aunque su paso no queda convenientemente asegurado, disponemos de algunos asideros laterales en

algún punto sobre la estructura del hard top. A parte de los asideros, encontramos un pasa manos el cuál se extiende un 75% de la eslora, aproximadamente, aportando, una mayor seguridad a los pasajeros que se paseen por cubierta. La altura de la barandilla es aproximadamente de unos 90 cm.

- *Equipo de amarre*

Para el amarre de la embarcación, ya sea de atraque en puerto o fondeo en mar abierto, se han dispuesto cuatro cornamusas de amarre de 240 mm.

La ubicación de las cornamusas responde a criterios de comodidad para acceder y realizar las operaciones pertinentes sobre ellas.

Dos de ellas están situadas en popa, una a cada banda, las otras dos en proa, como puede observarse en el plano de disposición general.

6.2.- Distribución interior

Podemos establecer distintas soluciones en cuanto a distribución según sea cada una de las versiones de techo elegida. El factor fundamental para decidir de cuál es la distribución que más conviene depende de la ubicación del salón. Pues en los casos de embarcaciones totalmente abiertas con techo duro abierto a popa, como es nuestro caso, el salón principal está situado en la cubierta inferior, protegido de la intemperie, de modo que la cocina se instala en la misma cubierta para facilitar el servicio.

Pero si observamos las tendencias del mercado es frecuente ver que algunas embarcaciones cuentan con dos salones-comedor, uno para servicio del comedor instalado en la cubierta principal y otra para el comedor instalado en la cubierta inferior, mientras que la cocina superior es más bien un mueble de servicio dotado de lavamanos y un frigorífico, mientras que la cocina más completa se localiza en la cubierta inferior.

En primer lugar estableceremos los objetivos de los que priman para decidir como será la distribución. Estos son:

- Generosa amplitud espacial
- Poder alojar a 6 personas (acostadas) cómodamente, para ello necesitaremos dos camarotes, uno a proa y otro a popa.
- Cómo zona común distribuyendo el espacio en salón-comedor, cocina y aseo.
- Máximo confort y accesos a los distintos espacios.

- *Accesos a interiores.*

Como se puede observar en el plano de disposición general de exteriores, el acceso a la cabina se realiza a través de una puerta tipo persiana situada al lado del puesto de gobierno a estribor. Las dimensiones de este acceso son bastante generosas (hasta 60 cm) de ancho. Este hecho, acompañado de la bandeja horizontal extensible situada sobre la puerta de cabina, con una longitud en el sentido de la eslora de 70 cm, hace que el acceso al interior sea totalmente cómodo y sencillo.

Dotar a la cabina de una apertura de acceso amplia proporciona varias ventajas, como son una mayor comodidad de acceso y una mayor iluminación natural de interior.

- *Espacio interior*

La primera impresión en los interiores es la de una generosa amplitud espacial. Una escalera (6 peldaños) nos sitúa en el nivel interior, donde la zona común distribuye el salón-comedor, la cocina y un aseo.

Se reservan los espacios de proa y popa para instalar dos camarotes, el de popa con su correspondiente aseo.

* Salón- comedor

En el salón-comedor nos encontraremos a babor un sofá en C con posibilidad de transformación en cama doble (para albergar otras dos personas), y con una mesa regulable en altura, para encontrar siempre la mejor adaptación a las personas que se sienten en ella. Los interiores del sofá son útiles para estiba, mientras que en la parte superior contamos con una guantera. La cocina queda frente a este espacio, en el costado de estribor, en cuanto a ella podemos decir que está compuesta principalmente por dos armarios altos y uno bajo, vitro cerámica de dos fuegos, fregadero de un seno, nevera y un portillo que garantiza una ventilación directa y eficaz del espacio.

Además en el salón encontraremos un armario que nos servirá de estiba de los elementos de salvamento y la mesa de navegación de reducidas dimensiones para albergar los libros náuticos necesarios para la navegación y la radio.

* Camarotes

- Camarote de proa

Éste cuenta con la distribución habitual, con cama en isla, guanteras laterales, dos armarios roperos.

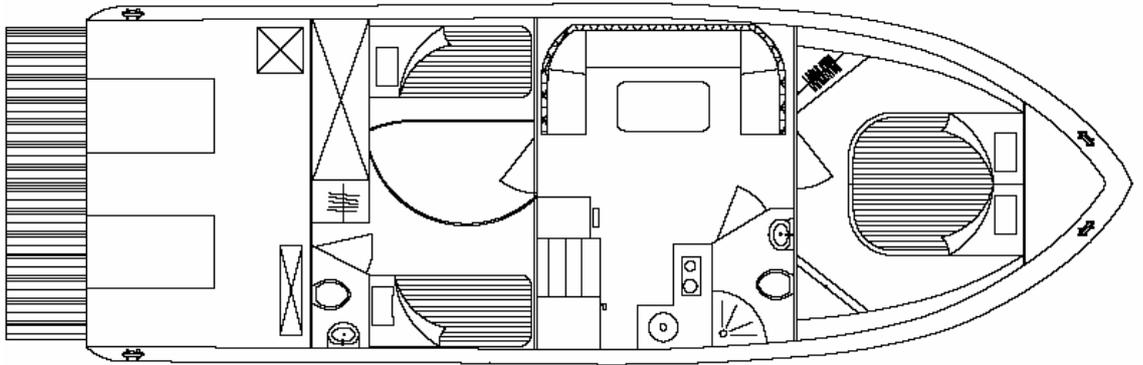
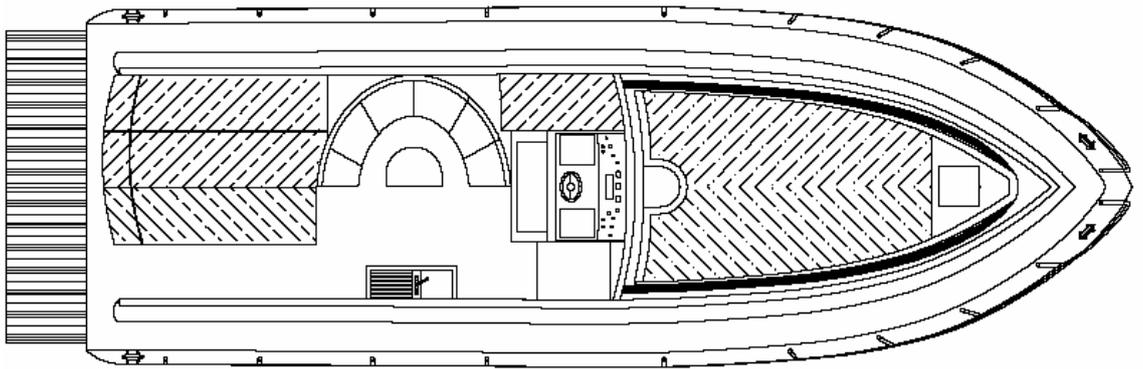
- Camarote de popa

En él encontraremos dos camas individuales (con cofres interiores) alojadas cada una de ellas en un costado, un armario pequeño y un aseo.

* Aseos

Contamos con dos aseos, uno de ellos de uso común al cuál se accede desde el salón- comedor. Éste es un aseo común el cuál incorpora lavabo, inodoro y ducha. El otro aseo se sitúa a popa de toda la habitación y su uso es destinado a las personas ubicadas en el camarote de popa, pues se accede desde este espacio.

En la siguiente página se acompañan planos de disposición general. Estos planos se pueden observar con más detalle en el capítulo 15: Planos



6.2.- *Sistemas a bordo*

* Objetivo

La embarcación, para un uso adecuado y posible, precisa de varios sistemas que se encargan de realizar funciones fundamentales para el uso de la embarcación.

Estos sistemas son principalmente los siguientes: sistema eléctrico, sistema de navegación, de agua potable, de achique y de combustible.

Por tanto, el objetivo es explicar brevemente el funcionamiento de estos sistemas y las soluciones adoptadas en cada caso.

* Sistema eléctrico

Su misión es proporcionar energía eléctrica a cada uno de los elementos de la embarcación que lo requieran.

La única forma de poder tener energía almacenada para su uso en el momento que se requiera es a través de baterías de corriente continua, bien a 12 ó a 24 voltios. Normalmente, estas baterías son recargadas mientras el motor se encuentra en funcionamiento gracias al alternador.

Se debe considerar cual puede ser la demanda de energía por parte de los elementos instalados a bordo, y sobre esta demanda aplicar unos amplios márgenes, que garanticen una reserva mínima de energía almacenada en la batería tras un largo periodo de tiempo sin recibir carga, asegurándose de esta manera poder satisfacer la demanda de energía del pico de arranque del motor.

Los elementos instalados en la embarcación que consumen energía para su funcionamiento son:

- Bomba de achique
- Molinete del ancla
- Arranque del motor
- Sistema de combustible
- Iluminación
- Luces de navegación

- Motor limpiaparabrisas
- Radio
- Instrumentos de navegación
- Nevera
- Cocina

A la hora de establecer la capacidad de las baterías, así como el número de ellas se tendrá en cuenta los elementos mencionados, además de otros accesorios que el usuario pueda instalar por su cuenta, como pueden ser sonda, GPS, y demás equipamiento electrónico.

Considerando un consumo simultáneo de 250 W durante 8 horas continuadas, y sin recibir carga la batería durante ese tiempo, obtendríamos un consumo total de 2000Wh. Si la tensión de la batería es de 12 V, el consumo medio es de $2000/12=166,66$ Amp/h. Sabiendo que la batería se debe descargar por debajo del 20% de su capacidad nominal, la capacidad de la batería no deberá ser inferior a $166,66/0,8=208,33$ Amp/h.

Se ha optado por la instalación de tres batería de 70 Amp/h. De esta forma dos de las baterías la usaremos para el arranque del motor y la otra la dejaremos de reserva.

* Sistema de navegación y gobierno

Como sistemas de navegación instalados a bordo se pueden mencionar el compás magnético y el cuadro de mando del puesto de gobierno, que incluye un indicador de trimado.

Como sistema de gobierno podemos mencionar que se dispone una dirección mecánica accionada por una rueda de timón o volante situado en el puesto de gobierno.

* Sistema de agua dulce

Con el sistema de agua dulce de una embarcación se pretende conseguir unas mínimas posibilidades de aseo y/o consumo humano de agua dulce.

El sistema de agua dulce está compuesto por:

- Tanque de agua dulce de 260 litros de capacidad
- Dos lavabos, dos inodoros, una ducha y dos fregaderos.

* Sistema de achique

La normativa de aplicación a la embarcación obliga a la instalación de una bomba de achique eléctrica. En este caso, se ha instalado una bomba con un caudal de extracción de agua de 88 litros/minuto.

* Sistema de combustible

El sistema de combustible de la embarcación está compuesto por los siguientes elementos:

- Dos tanques de 170 litros cada uno y ambos construidos en plástico
- Aforador y reloj de combustible: componen el sistema que hace posible la indicación del nivel de combustible. El aforador se encuentra en el tanque, y el reloj en el cuadro de mandos (puesto de gobierno)

- Boca de llenado: como su propio nombre indica, es utilizada para llenar el tanque. Su situación responde a consideraciones de comodidad del repostado de combustible.

- Respiradero: es indispensable que el tanque esté equipado con un respiradero que de salida a los gases emitidos por el combustible.

- Filtro decantador: situado entre el tanque y el motor, se encarga de filtrar el combustible, para que entre al motor en condiciones adecuadas.

CAPÍTULO 7: ESCANTILLONADO

7.- ESCANTILLONADO

Una vez desarrollado el proyecto hasta este punto, se hace necesario, para poder continuar, realizar un diseño estructural y un cálculo de escantillones, diseño estructural se valorará, desde el material de construcción, justificando el material elegido y sus propiedades mecánicas, hasta el proceso de construcción, con la correspondiente justificación.

En cuanto al cálculo de escantillones, se acudirán a una norma apropiada, la cuál establezca los escantillones mínimos requeridos en función de la especificación técnica de la embarcación,

También es objetivo de este capítulo el cálculo del peso de los escantillones, es decir, el peso de la embarcación en cuanto a su estructura se refiere.

7.1.- Justificación de la elección del material de construcción

A la hora de elegir el material de construcción se debe atender a diferentes aspectos. Uno de los más importantes será la rentabilidad económica del material, pero siempre sin descuidar otros aspectos como son la calidad del producto obtenido, así como su buen comportamiento durante la vida útil de la embarcación.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos parece la mejor opción utilizar para la construcción un material compuesto por resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio.

El plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) es un material compuesto, constituido por una estructura resistente de fibra de vidrio y un material plástico que actúa como aglomerante de las mismas. El refuerzo de fibra de vidrio, provee al compuesto de: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, y resistencia al calor. La resina plástica aporta: resistencia química dieléctrica y comportamiento a la intemperie.

Este material ofrece ciertas ventajas ante otros materiales como pueden ser el acero, la madera o el aluminio. La rapidez y facilidad constructiva, así como las excelentes propiedades tanto mecánicas como químicas de este material compuesto lo hace la mejor elección para este caso.

Como ya se ha mencionado, este material está compuesto por resina de poliéster con fibra de vidrio. A continuación se exponen las características de cada material necesario para conseguir este compuesto.

7.1.1.- Propiedades de los materiales

Para la correcta utilización de este material compuesto son necesarios los siguientes materiales:

- Resina
- Fibra de vidrio
- Catalizadores y acelerantes
- Gelcoat

A continuación se detallan las propiedades de cada material así como su modo de empleo.

* Resinas

Existen en el mercado dos grandes grupos de materiales plásticos: termoplásticos y termoestables.

Los termoplásticos presentan excelentes propiedades químicas, pero tienen propiedades mecánicas que no pueden competir con los materiales termoestables, sobre todo a temperaturas moderadamente elevadas.

En el mercado podemos encontrar varios tipos de resinas termoestables: resinas de vinilester, epoxi resina de poliéster. La más común es la de poliéster, que aunque no posee las mejores propiedades, si es la más económica.

Los principales tipos de resinas de poliéster son:

- Ortoftálica: es una resina de utilización general.

- Isoftálica: tiene propiedades de resistencia superiores al desgaste y a los agentes químicos.

- De ácido caliente: Se utiliza como retardador de llama.

De entre los tres tipos de resinas de poliéster, la que utilizaremos será la resina ortoftálica.

Las resinas pasan del estado líquido al sólido, por copolimerización del poliéster con el aporte de un iniciador activo (catalizador) en combinación con otro producto químico (acelerador) o aporte de calor.

Este producto ofrece:

- La posibilidad de curado a temperatura ambiente.

- No es necesario aplicar presión para la transformación y moldeo.

- Obtención de gran número de diferentes formas.

- Posibilidad de moldeo de piezas grandes y complejas a precios competitivos a pequeñas y medias escalas de producción.

Además de las siguientes características:

- Excelente estabilidad dimensional.

- Excelente resistencia a ambientes químicamente agresivos.

- Excelentes propiedades mecánicas.

- Excelentes propiedades eléctricas.

* Fibra de vidrio

Las resinas de poliéster cuando se usan solas, tiene gran resistencia a la compresión y a las temperaturas elevadas, pero son rígidas y con poca resistencia a la tracción y menos a la flexión.

Entre las diferentes fibras que pueden actuar como refuerzo encontramos la fibra de carbono, fibra de vidrio, aramida, etc. Entre ellas la más económica es la fibra de vidrio.

El refuerzo más utilizado es la fibra de vidrio teniendo esta gran resistencia a la tracción y gran flexibilidad. Para que haya una buena compatibilidad entre las resinas y la fibra de vidrio, deben ser tratadas estas últimas con un ensimaje que consiste en revestir los filamentos con una fina

película, que está constituida en general por una dispersión de diversos compuestos químicos, y sus funciones más destacados son las de dar cohesión entre los filamentos, eliminar la electricidad y favorecer la unión vidrio resina.

Sus principales propiedades son:

- Alta adherencia fibra-matriz
- Resistencia mecánica
- Buenas características eléctricas
- Incombustibilidad
- Estabilidad dimensional
- Compatibilidad con las materias orgánicas
- Imputrescibilidad
- Débil conductividad térmica
- Excesiva flexibilidad
- Bajo coste

Los formatos más interesantes para este caso en los que se presenta la fibra de vidrio son:

- Mat
- Roving
- Tejido
- Preformas textiles
- Hilos cortados
- Varios (fibra molida, complejos mat-tejido)

* Catalizadores y acelerantes

Para producir un objeto moldeado o laminado, una resina de poliéster tiene que fraguar, que es el proceso de gelificación o coagulación y endurecimiento. Esto se consigue bien mediante el uso de un catalizador y calor, o a la temperatura normal del cuarto de trabajo empleando un catalizador y un agente acelerante. Los catalizadores para las resinas de poliéster son generalmente peróxidos orgánicos. Los catalizadores puros son inestables químicamente y susceptibles de descomponerse con violencia

explosiva. Se suministran por eso en forma de dispersión en pasta o líquida en un plastificante, o en forma de polvo en una carga inerte.

El catalizador más usado, es el Metil Etil Cetona Peróxido (PMEC), que es vendido en una solución al 50%.

Hay muchos componentes químicos que obran como acelerados, haciendo posible que la resina que contiene un acelerador pueda fraguar sin el calor. Los más importantes de todos los compuestos acelerados son los basados en una sal de cobalto como el octoato de cobalto y naftenato de cobalto y los que tiene como una base una amina terciaria, como el dimetilanilina y la dietilanilida.

* Gelcoat

Son resinas no reforzadas que constituyen la superficie de los laminados de poliéster con fibra de vidrio.

El gelcoat tiene tres funciones principales:

- Proteger el laminado contra los efectos de la intemperie y humedad.
- Conferir acabado colorido, liso y brillante a la superficie de la pieza.
- Servir de base para aplicar pinturas especiales (acrílicas, poliuretano, etc.,)

Generalmente el gelcoat es aplicado sobre la superficie del molde, siendo el laminado estructural aplicado sobre esta capa. El gelcoat reproduce las características superficiales del molde (obviamente cubierto por un desmoldeante).

Los gelcoat de acabados deben ser aplicados sobre moldes bien pulidos, con esmerado acabado superficial.

En cuanto a los métodos de aplicación los gelcoat pueden ser aplicados por pistola, rodillos o pincel. Los mejores resultados son obtenidos con aplicación con pistola, que permiten aplicaciones uniformes de espesor. En ambientes cerrados o de difícil acceso los rodillos de pintor pueden ser usados como mejor alternativa de aplicación.

El espesor final no debe sobrepasar los 0,5 mm, pues resultados más gruesos resultan ser muy quebradizos y pueden aparecer grietas superficiales

y sin embargo aplicaciones muy delgadas pueden arrugarse debido al ataque del estireno de los laminados.

El laminado sobre el gelcoat no debe ser iniciado antes del estado de “toque”, caracterizados por la cura parcial del gelcoat, cuando la superficie puede ser tocada por el laminador sin pegarse los dedos.

El gelcoat es una resina, con lo cual, para que fragüe se deben emplear, como ya se ha mencionado, un producto catalizador y un acelerante.

Para proporcionar color al gelcoat se utilizan pigmentos. Entre los varios tipos de pigmentos disponibles para formular el gelcoat, pueden presentar de tipo orgánico o inorgánico, sintético o natural. En general, los inorgánicos exhiben mejores propiedades a la intemperie que los orgánicos.

Entre las características que deben tener los pigmentos para las aplicaciones en los gelcoat son:

- Estabilidad térmica
- Solidez a la intemperie
- Baja influencia en el tiempo del gel en cura de la resina
- Poder de cobertura
- Poder de concentración (tinte)

En cuanto a la viscosidad los gelcoat deben satisfacer dos exigencias opuestas: tener viscosidad suficientemente baja durante e inmediatamente después de la aplicación, para facilitar el esparcimiento y nivelamiento en el molde; y por otro lado tener viscosidad suficientemente alta para minimizar problemas de escurrimiento en superficies verticales. Estas exigencias opuestas son satisfechas por los agentes tixotrópicos.

7.1.2.- Conclusión

La elección del material se ha realizado teniendo en cuenta todas estas propiedades mencionadas anteriormente. La resina de poliéster y la fibra de vidrio es la combinación más económica que podemos adoptar, además de cumplir perfectamente con los requisitos necesarios para este proyecto.

7.2.- Método de construcción

La construcción de esta embarcación se realizará mediante la construcción, en primer lugar de un molde a partir de un modelo. Será este molde sobre el cual se laminará para obtener las distintas piezas que conforman la embarcación.

Sobre el molde, y tras aplicar un desmoldeante se laminará, con la secuencia de laminado deducida del cálculo del escantillonado, para obtener la pieza definitiva. Una vez obtenidas estas piezas se procederá al ensamblaje de las mismas y conformar de esta manera el conjunto de la embarcación.

** El modelo*

Es el elemento primario para la realización de las piezas de plástico reforzado que componen la embarcación.

Pueden realizarse en madera, metal, barro, escayola, cemento, cera, vidrio, piezas de poliéster ensambladas, etc.

En este caso se realizará en madera. Y se utilizará para ello madera de contrachapado marino con baja absorción de humedad. El principal motivo de esta elección es que el astillero que fabricará esta embarcación está bastante familiarizado con la construcción del modelo en madera, ya que para el resto de embarcaciones que hasta ahora ha construido ha utilizado este método.

** El molde*

Se obtiene a partir del modelo, y es el elemento donde se conforma la pieza de material compuesto.

Pueden fabricarse generalmente de tres tipos: moldes de madera, de metal o de resina forzada.

El más apropiado para este caso es el molde de resina reforzada, que presenta unas condiciones de durabilidad bastantes aceptables, lo cual se valora positivamente para el tipo de construcción de este barco.

Cabe mencionar que antes de la utilización del molde se debe aplicar sobre él un desmoldeante, que permita conseguir la posterior separación del molde y la pieza. Los principales agentes desmoldeantes son: las ceras, los cuerpos grasos, las siliconas, las materias plásticas, papeles parafinados, pinturas y alcohol polivinilo. El más común son las ceras.

* Moldeo

Los principales métodos de moldeo son:

- Por contacto
- Preformado
- Enrollamiento
- Vacío
- Matrices metálicas
- Laminados continuos
- Preimpregnados

Para este caso se empleará el molde por contacto, y más concretamente, por contacto por laminación manual. Esta es la técnica más utilizada, y para esta ocasión es la que ofrece mayor simplicidad y menor coste económico.

El moldeo por contacto es el único método que aprovecha las dos ventajas más importantes de las resinas de poliéster en su procedimiento de curado: Polimerización completa en ausencia de calor exterior

- Sin necesidad de alta presión

El moldeo por contacto por laminación manual comienza aplicando una capa de gel coat al molde, con desmoldeante ya dispuesto, y se completa con la posterior laminación con sucesivas capas de fibra de vidrio impregnadas con resina de poliéster.

Como durante la estratificación los tejidos de cada capa no son enteros, al colocarlos deben solaparse como mínimo 20 mm con el fin de que no haya discontinuidades.

7.3.- Cálculo de escantillones

Aunque existan varias posibilidades para proceder al cálculo de los escantillones de la estructura de la embarcación, las más aceptadas y aplicadas son las normativas expedidas por las distintas Sociedades de Clasificación, En este casos, por su relativa sencillez de uso, se procederá al cálculo aplicando la normativa de la “Lloyd’s Register of Shipping” correspondiente al año 1978, titulada “Normas y reglas par ala clasificación de yates y pequeñas embarcaciones; apartado 2: construcción del casco; capítulo 2: plásticos reforzados con vidrio.

En particular esta normativa establece las características mecánicas del material conseguido tras la laminación y sobre la base de las cuales de han elaborado el conjunto de reglas que la forman:

	N / mm^2	Kgf / mm^2
Esfuerzo máximo de tensión	85,00	8,66
Módulo de tensión	6350,00	647,00
Esfuerzo máximo de flexión	152,00	15,50
Módulo de flexión	5206,00	531,00
Esfuerzo máximo de compresión	117,20	11,90
Módulo de compresión	6000,00	312,00
Esfuerzo cortante máximo	62,00	6,32
Módulo de esfuerzo constante	2750,00	280,00
Esfuerzo cortante interlaminar	17,25	1,76
Espesor nominal de la placa	0,7 mm por cada 300 g/m^2	

Aunque en dicha normativa se establecen claramente los pasos a seguir para el cálculo, tanto de los espesores que componen el forro del casco como de los refuerzos e interiores, la decisión en cuanto al tipo de estructura a disponer queda a disposición del proyectista.

7.4.- Aplicación de las reglas del Lloyd's Register of Shipping

7.4.1.- Requerimientos a cumplir

Los primeros requerimientos que tiene que cumplir la embarcación son:

1.- La velocidad no exceda de 35 nudos

En este proyecto la velocidad máxima será 17 nudos

Cumple la restricción

2.- La velocidad o proporción de esloras $v/\sqrt{L_{WL}}$ no exceda de 10,8

Pues siendo $17/\sqrt{9,90} = 5,402$

Cumple la restricción

3.- El desplazamiento de la embarcación con una $v/\sqrt{L_{WL}}$ de 3,6 o mayor no exceda de $0,094(L^2 - 15,8)$

Siendo $L = (LOA + LWL)/2 = (11,62 + 9,90)/2 = 10,76$

Luego, $0,094(10,76^2 - 15,8) = 9,397tn$

Cumple la restricción

4.- La eslora, L, no exceda de 30 m

Cumple la restricción pues la eslora de escantillonado es de 10,76

7.4.2.- Laminado del casco

El laminado del casco tiene que ser una moldura simple o inicialmente moldeado como dos mitades unidas. La parte exterior del casco o forro exterior tiene que tener una capa de gel-coat.

Donde los cambios en la forma de casco ocurren, como los límites del espejo de popa o pantoque, el refuerzo tiene que ser llevado durante y después de la articulación, el final de las varias capas en S.

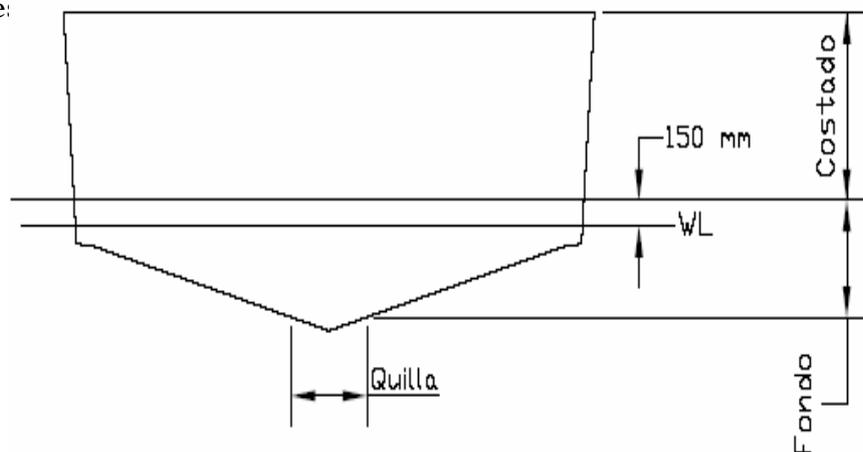
El casco tiene que estar localmente incrementado en grosor para la colocación de la mecha del timón, soporte de la hélice, etc. El incremento del peso del laminado tiene que ser gradualmente reducido al peso normal del laminado y los filos expuestos a cualquier abertura en el laminado del casco tienen que ser sellados con resina.

En el cálculo del laminado del casco, se distinguen tres partes principales que se diferencian por su espesor:

*Side o costado, que comprende la superficie delimitada por la línea de unión costado - cubierta y por la línea paralela a la flotación trazada a 150 mm sobre la misma.

*Keel o quilla, que se extiende en mayor o menor magnitud a ambos lados de la línea de crujía sobre el fondo de la embarcación.

*Bottom o fondo, que es la superficie comprendida entre las dos anteriores:



La tabla 2,5,1 de la normativa del Lloyd's Register of Shipping, muestra los pesos del casco laminado.

Eslora L, m	Peso del casco,	
	$\frac{g}{m^2}$ $v/\sqrt{L_{WL}} = 5,4$	
	Fondo	Costad
10	4000	2850
10,76	4171	2983
12	4450	3200

El peso del laminado del fondo es: 4171 g/m^2

El peso del laminado del costado es: 2983 g/m^2

Teniendo en cuenta que el refuerzo tiene que ser enteramente impregnado con resina y consolidado para dar un máximo de contenido de vidrio por peso de refuerzo y que los grosores del laminado asumido, T es la suma de los grosores, t, o cada capa o refuerzos en la lámina calculada como lo siguiente:

$$t = \frac{W}{3072} \left(\frac{2.56}{G_c} - 1.36 \right)$$

Dónde: W: peso de la capa de refuerzo en g/mm^2

Gc: fibra de vidrio contenida en la capa

Siendo $G_c = 0,34$ (tela de hebra desbastada o fibras tensadas) MAT y $G_c = 0,5$ (tejido de lona) para tejido bidireccional.

* Laminado del fondo

El peso mínimo del laminado en esta zona ha de ser de 4171 g/m^2 , lo cual podríamos conseguir con el siguiente estratificado:

Tipo de fibra	Peso (g/m^2)	Gc	Espesor (mm)	Espesor (mm)
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	500	0,34	1,004	1
Tejido	800	0,5	0,979	1
Mat	500	0,34	1,004	1
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	500	0,34	1,004	1
Tejido	800	0,5	0,979	1
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	300	0,34	0,603	0,6
TOTAL	6850			10,75

Corregimos el valor conseguido según el punto 4.3.4, siendo el factor

$$K_w, \quad K_w = 2.8 * G_c + 0.16$$

$$G_c = \frac{2,56}{\frac{3076T}{w} + 1,36} = \frac{2,56}{\frac{3076 * 10,75}{6850} + 1,36} = 0,413$$

$$K_w = 2,8 * 0,413 + 0.16 = 1,318$$

Entonces comprobamos si el valor ($4171 \text{ g/m}^2 * K_w$) es menor o igual que el peso real del laminado propuesto:

$$4171 * 1,318 = 5499 \text{ g/m}^2 < 6500 \text{ g/m}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

* Laminado del costado

El peso mínimo del laminado en esta zona ha de ser 2983 g/m^2 , lo cual podríamos conseguir con el siguiente estratificado.

Tipo de fibra	Peso (g/m^2)	Gc	Espesor (mm)	Espesor (mm)
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	500	0,34	1,004	1
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	500	0,34	1,004	1
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	300	0,34	0,603	0,6
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	300	0,34	0,603	0,6
TOTAL	4450			7,15

Corregimos el valor conseguido según el punto 4.3.4 siendo el factor

$$K_w, \quad K_w = 2.8 * G_c + 0.16$$

$$G_c = \frac{2,56}{\frac{3076 * T}{w} + 1.36} = \frac{2,56}{\frac{3076 * 7,15}{4450} + 1.36} = 0,406$$

$$K_w = 2.8 * 0.406 + 0.16 = 1,296$$

Entonces comprobamos si el valor ($2983 \text{ g/m}^2 * K_w$) es menor o igual que el peso real del laminado propuesto:

$$2983 * 1,296 = 3865 < 4450 \text{ g/m}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

* Laminado de la zona de quilla

La obtención del peso del laminado de esta zona se realiza según lo recogido en el apartado 5.2.3. En este apartado se especifica que el peso por metro cuadrado se obtiene incrementando un 50% el peso correspondiente a la zona del fondo correspondiente a una embarcación cuyo $V / \sqrt{L_{WL}}$ es menor o igual que 3.6.

Eslora	$V / \sqrt{L_{WL}} \leq 3,6$
	Fondo
10	3500
10,76	3652
12	3900

Además, la zona de quilla tendrá una anchura de $25 * L + 300$ mm, siendo L, la eslora de escantillonado. Por lo tanto el peso mínimo de la zona de quilla es:

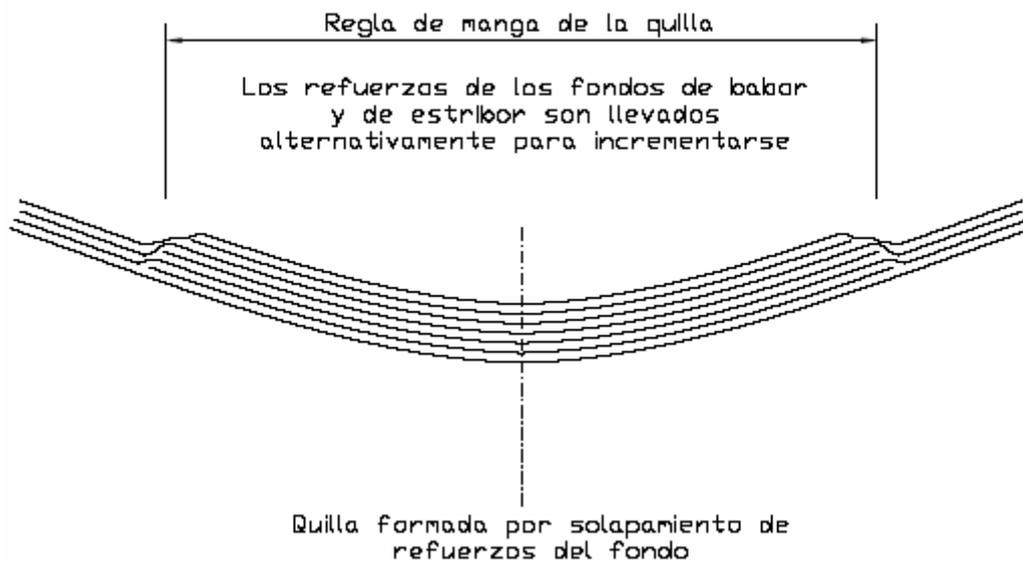
$$\text{Peso mín quilla} = 3652 * 1.5 = 5478 \text{ g/m}^2$$

$$\text{Anchura de la zona de quilla} = (25 * 10,76) + 300 = 569 \text{ mm}$$

El peso real del laminado propuesto no será corregido mediante el espaciado de refuerzos, ni la velocidad a la proporción de eslora de la embarcación, pero tiene que ser al menos el peso del fondo del casco corregido. El peso requerido en la zona de quilla es de 5478 g/m^2 y el peso corregido de la zona de fondo es de 5499 g/m^2 , por lo tanto procederemos a laminar ambas zonas de la misma forma y con la misma alternancia de capas.

Laminaremos el fondo, superponiendo capas en la zona de crujía con un solape igual a la anchura de la zona de quilla. Procederemos a laminar ambas zona de la misma forma y con la misma alternancia de capas, lo que a su vez será de agradecer en la fase constructiva.

Dicho procedimiento viene explicado en el siguiente boceto:



7.4.3.- Cálculo de los refuerzos longitudinales del casco

Para el cálculo de los refuerzos longitudinales del casco, la normativa LLOYD'S establece unas reglas generales en cuanto al módulo resistente final que deben tener los mismos.

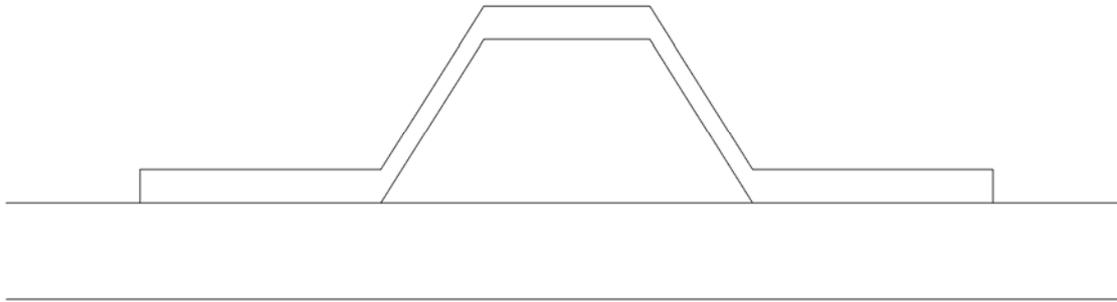
En la tabla 2.6.3 de la citada normativa aparece el módulo resistente para los longitudinales en función de la eslora y el coeficiente $V/\sqrt{L_{WL}}$.

Eslora L, m	Módulo de longitudinales, cm^3	
	$v/\sqrt{L_{WL}} = 5,4$	
	Fondo	Costad
10	110	80
10,76	117.6	85,7
12	130	95

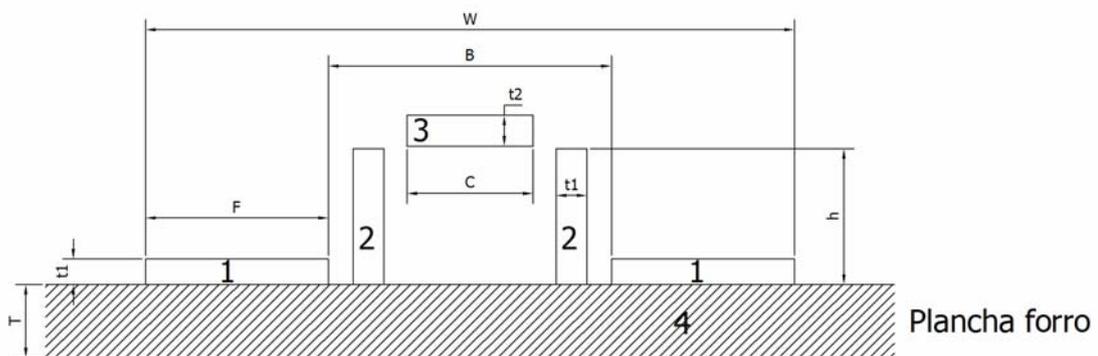
Tal cómo se aprecia en la tabla anterior el módulo necesario para los longitudinales de fondo será $117,6 \text{ cm}^3$ y para los longitudinales de costado de $85,7 \text{ cm}^3$.

* Longitudinales de fondo

Considerando una geometría del refuerzo según la siguiente figura, por descomposición de la misma en conjunto de paralelogramos se puede calcular su módulo resistente (en función de unas dimensiones iniciales) para comprobar si realmente alcanza el módulo requerido por la normativa.



Podemos hallar su módulo resistente (suponiendo unas dimensiones iniciales) para saber si alcanza el módulo resistente requerido por la



Dimensiones del refuerzo:

$$T = 10 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

$$t2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 90 \text{ mm}$$

$$h = 80 \text{ mm}$$

$$w = 300 \text{ mm}$$

$$F = 100$$

Sec	Área	Área	Yg	Y	A*Yg	$I_p = 1/12 * b * h^3$	$I = I_p + A * Yg^2$
1	$2 * F * t$	1600	$T + t1/2$	14	22400	4267	317867
2	$2 * h * t$	1280	$T + h/2$	50	64000	341333	3541333
3	$t2 * c$	720	$T + h + t2/2$	94	67680	3840	6365760
4	$w * T$	3000	$T/2$	5	15000	25000	100000
	total	6600			16908		10324960

0

Como

$$\text{Altura de línea neutra} = \frac{\sum A * Yg}{\sum A} = \frac{169080}{6600} = 25,62 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{máx}} = \text{altura máxima de } Y = T + h + t2 - Yg = 72,38 \text{ mm}$$

$$I_n = \text{Inercia Lbase} - (YI_{\text{netura}})^2 * \text{suma(áreas)} = 10324960 - (25,62)^2 * 6600 = 59938438$$

$$I_n = 5993438 \text{ mm}^4$$

Módulo resistente real = Inercia lneutra/altura máxima

$$\text{Módulo resistente real} = 5993438 \text{ mm}^4 / 72,38 \text{ mm} = 82805 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo según el punto 4.3.5.b de Lloyd's, tendremos:

$$G_c (\text{zona de fondo}) = 0,410$$

$$K_z = \frac{1}{15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1,45} = 0,6616$$

Entonces comprobamos si:

$$117600 * K_z \leq 82805 \text{ mm}^3$$

$$77804 \text{ mm}^3 < 82805 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

Con las dimensiones establecidas, se obtiene un módulo resistente de 82805 mm^3 . Como dicho valor es mayor que el módulo corregido 77804 mm^3 , se dan por válidas las medidas establecidas para el refuerzo longitudinal del fondo, ya que proporcionan un módulo superior al módulo corregido.

Otro aspecto importante es que debemos dejar un sobrante a los lados del núcleo para la hora de laminar que nos garantizará una correcta adhesión al laminado del forro. La anchura de este solape tiene un valor de $25 \text{ mm} + 12 \text{ mm}$ por cada 600 g/m^2 .

$$F = 25 + 12 \frac{6500}{600} = 155 \text{ mm}$$

En cualquier caso nunca será menor a 50 mm

* Longitudinales de costado

Como dijimos anteriormente para los longitudinales de costado necesitamos un módulo mínimo del refuerzo de $85,7 \text{ cm}^3$. Y éste teniendo la misma geometría que los longitudinales de fondo seguidamente haremos los cálculos necesarios para saber las dimensiones exigidas para conseguir el módulo mínimo requerido.

Dimensiones del refuerzo:

$$T = 7 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

$$t2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 90 \text{ mm}$$

$$h = 70 \text{ mm}$$

$$w = 300 \text{ mm}$$

$$F = 100$$

Sec	Área	Área	Yg	Y	A*Yg	$I_p = 1/12 * b * h^3$	$I = I_p + A * Yg^2$
1	$2 * F * t$	1600	$T + t/2$	51	17600	4267	197867
2	$2 * h * t$	1120	$T + h/2$	42	47040	228667	2204347
3	$t * F * c$	720	$T + h + t/2$	81	58320	3840	4727760
4	$w * T$	2100	$T/2$	4	7350	8575	34300
	total	5540			130310		7164273

0

Como

$$\text{Altura de línea neutra} = \frac{\sum A * Yg}{\sum A} = \frac{130310}{5540} = 23,52 \text{ mm}$$

$Y_{\text{máx}} = \text{altura máxima de Y} = T + h + t/2 - Yg = 61,48 \text{ mm}$

$$I_n = \text{Inercia Lbase} - (Y_{\text{linea neutra}})^2 * \text{suma(áreas)} = 7164273 - (23,52)^2 * 5540 = 4099166$$

$$I_n = 4099166 \text{ mm}^4$$

Módulo resistente real = Inercia lneutra/altura máxima

$$\text{Módulo resistente real} = 4099166 \text{ mm}^4 / 61,48 \text{ mm} = 66677 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo según el punto 4.3.5.b de Lloyd's, tendremos:

$$G_c (\text{zona de costado}) = 0.406$$

$$K_z = \frac{1}{15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1.45} = 0,6727$$

Entonces comprobamos si:

$$85700 * K_z < 66677 \text{ mm}^3$$

$$57650 \text{ mm}^3 < 66677 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

Con las dimensiones establecidas, se obtiene un módulo resistente de 66677 mm^3 . Como dicho valor es mayor que el módulo corregido 57650 mm^3 , se da por válidas las medidas establecidas para el refuerzo longitudinal del costado, ya que proporcionan un módulo superior al módulo corregido.

Otro aspecto a tener en cuenta es la separación entre refuerzos que viene dada en la tabla 2.6.3 de la normativa que estamos empleando.

El espaciado básico del refuerzo en función de la eslora:

Eslora (m)	Espaciado (mm)
10	400
10,76	403,8
12	410

El espaciado entre los refuerzos: $403,8 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

A continuación, se refleja un laminado básico para los refuerzos longitudinales, tanto del fondo como los del costado por tener ambos, 8 mm de espesor:

Laminado refuerzo longitudinal		
Capa	g / m^2 (capa)	t(cap) mm
Mat	300	0,60
Tejido	500	0,61
Mat	500	1,00
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	800	1,00
Mat	500	0,61
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	500	0,61
Mat	300	0,60
Total	5300	8,13

7.4.4.- Refuerzos transversales del casco

Se recomienda que el espaciado de cuadernas adoptado por el diseño debería ser sobre $(350+5L)$ mm, por lo tanto en nuestro caso tendríamos un espaciado de cuadernas de 400 mm.

Atendiendo a las recomendaciones de la normativa del Lloyd's (según la tabla 2.6.2 de la normativa), establecemos un módulo mínimo del refuerzo transversal de:

Módulo mínimo necesario de varengas y cuadernas (cm^3)		
Espaciado	$V / \sqrt{L_{WL}} = 5,4$	
°	Varenga de centro	Cuaderna de costado
395	105	35
400	135	51,67
410	195	60

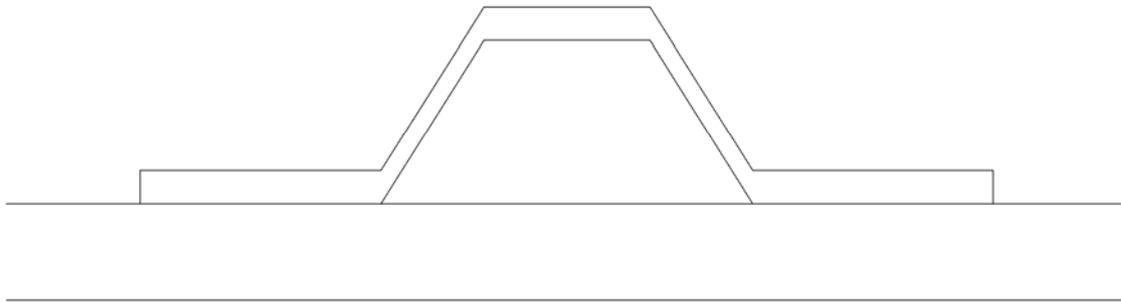
Módulo resistente del centro: 135 cm^3

Módulo resistente del costado: $51,67 \text{ cm}^3 \approx 52 \text{ cm}^3$

Los módulos que hemos obtenido a partir de la tabla, se deben de corregir según se expresa en el punto 4.3.5 de la normativa del Lloyd's.

$$K_z = \frac{1}{15 * Gc^2 - 6 * Gc + 1.45}$$

La morfología de este tipo de refuerzo es similar a la de los refuerzos longitudinales, el llamado tipo “sombbrero de copa”, por lo tanto procederemos a calcular el módulo resistente apto y las dimensiones de estos.



* Varengas

Las dimensiones del refuerzo son:

$$T = 10 \text{ mm}$$

$$t_1 = 8 \text{ mm}$$

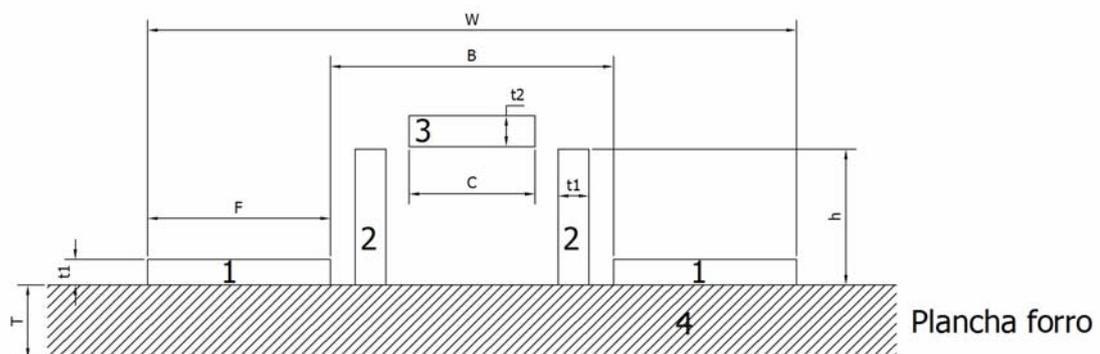
$$t_2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 100 \text{ mm}$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$w = 800 \text{ mm}$$

$$F = 100$$



Sec	Área	Área	Yg	Y	A*Yg	$I_p = 1/12 * b * h^3$	$I = I_p + A * Yg^2$
1	2 * F * t	1600	T+t1/2	24	22400	4267	317867
2	2 * h * t	1600	T+h/2	60	96000	228667	6426667
3	t * F * c	800	T+h+t2/	11	91200	3840	10401067
4	w * T	800	T/2	54	4000	8575	26667
	total	4800			21360		17172267

0

$$\text{Altura de línea neutra} = \frac{\sum A * Yg}{\sum A} = \frac{213600}{4800} = 44,5 \text{ mm}$$

Y_{máx} = altura máxima de Y = T+h+t2-Yg = 73,50 mm

$$I_n = \text{Inercia Lbase} - (YI_{\text{netura}})^2 * \text{suma}(\text{áreas}) = 17172267 - (44,5)^2 * 4800 = 7667067$$

$$I_n = 7667067 \text{ mm}^4$$

Módulo resistente real = Inercia lneutra/altura máxima

$$\text{Módulo resistente real} = 7667067 \text{ mm}^4 / 73,50 \text{ mm} = 104314 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo según el punto 4.3.5.b de Lloyd's, tendremos:

$$G_c (\text{zona de fondo}) = 0.410$$

$$K_z = \frac{1}{15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1.45} = 0,6616$$

Entonces comprobamos si:

$$135000 * K_z <= 104134 \text{ mm}^3$$

$$89316 \text{ mm}^3 < 104134 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

Con las dimensiones establecidas, se obtiene un módulo resistente de 104134 mm^3 . Como dicho valor es mayor que el módulo corregido 89316 mm^3 , se da por válidas las medidas establecidas para las varengas ya que proporcionan un módulo superior al módulo corregido.

* Cuadernas

El proceso de cálculo es el mismo que el realizado para la varenga, únicamente varía el módulo mínimo necesario, que este caso es de 52 cm^3 .

Las dimensiones del refuerzo son:

$$T = 7 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

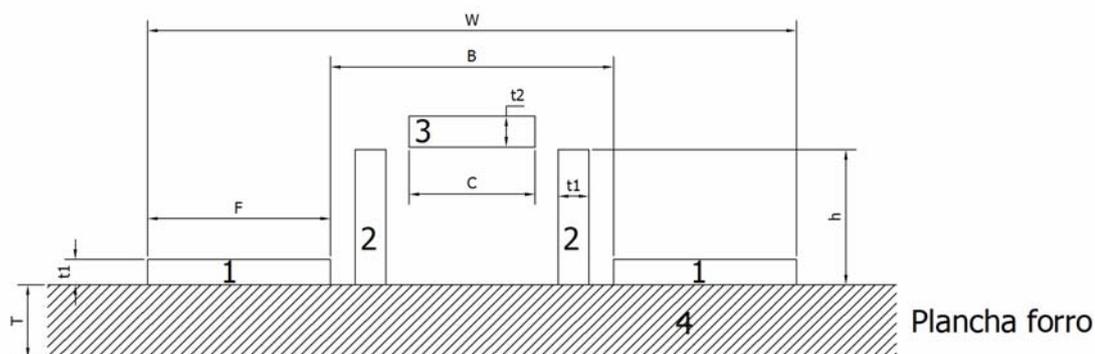
$$t2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 60 \text{ mm}$$

$$h = 50 \text{ mm}$$

$$w = 500 \text{ mm}$$

$$F = 100 \text{ mm}$$



Sec	Área	Áre	Yg	Y	A*Yg	$I_p = 1/12 * b * h^3$	$I = I_p + A * Yg^2$
1	$2 * F * t$	160	$T + t1/2$	8	17600	4267	197867
2	$2 * h * t$	800	$T + h/2$	32	25600	83333	902533
3	$t2 * c$	480	$T + h + t2/2$	61	29280	2560	1788640
4	$w * T$	350	$T/2$	4	12250	14292	57167
	total	688			84730		2946207

$$\text{Altura de línea neutra} = \frac{\sum A * Y_g}{\sum A} = \frac{84730}{6380} = 13,28 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{máx}} = \text{altura máxima de } Y = T + h + t_2 - Y_g = 51,72 \text{ mm}$$

$$I_n = \text{Inercia Lbase} - (Y_{\text{linea neutra}})^2 * \text{suma(áreas)} = 2946207 - (13,28)^2 * 6380 = 1820944$$

$$I_n = 1820944 \text{ mm}^4$$

Módulo resistente real = Inercia lneutra/altura máxima

$$\text{Módulo resistente real} = 1820944 \text{ mm}^4 / 51,72 \text{ mm} = 35208 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo según el punto 4.3.5.b de Lloyd's, tendremos:

$$G_c (\text{zona del costado}) = 0.406$$

$$K_z = \frac{1}{15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1.45} = 0,6727$$

Entonces comprobamos si:

$$52000 * K_z \leq 35208 \text{ mm}^3$$

$$34980 \text{ mm}^3 < 35208 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

Con las dimensiones establecidas, se obtiene un módulo resistente de 35208 mm^3 . Como dicho valor es mayor que el módulo corregido 34980 mm^3 , se da por válidas las medidas establecidas para las cuadernas ya que proporcionan un módulo superior al módulo corregido.

Un laminado apto para este tipo de refuerzo, tanto para las varengas como para las cuadernas, es el siguiente:

Laminado refuerzo transversal		
Capa	g / m^2 (capa)	t(capas) mm
Mat	300	0,60
Tejido	500	0,61
Mat	500	1,00
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	800	1,00
Mat	500	0,61
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	500	0,61
Mat	300	0,60
Total	5300	8,13

Este laminado es idéntico al laminado de los refuerzos longitudinales del fondo y costado, con lo cual, a la hora de laminar se puede proceder a laminar todos los refuerzos independientemente de si son longitudinales o transversales, con el correspondiente ahorro de tiempo.

7.4.5.- Laminado de la cubierta

La metodología para el cálculo del laminado de la superficie y de sus refuerzos es la misma a seguir que la que se ha llevado a cabo para el casco.

En la tabla 2.7.1 de la normativa Lloyd's, viene recogido el peso por metro cuadrado del laminado necesario para la cubierta.

Eslora (m)	Espaciado básico (mm)	Peso cubierta (g/m^2)
10	400	2050
10,76	403,8	2080
12	410	2150

El peso del laminado de la cubierta tiene que ser como mínimo de $2080 g/m^2$, pero este peso al igual que el resto de los pesos para las demás zonas del casco, tiene que ser corregido multiplicándolo por el factor de corrección Kw según el punto de la normativa 4.3.4, sección b), donde:

$$Kw = (2,8 \times Gc) + 0,16$$

En la siguiente tabla se recoge un posible laminado para conseguir un peso de laminado igual o mayor que el hallado en la tabla 2.7.1 de la normativa LLOYD'S:

Tipo de fibra	Peso (g/m^2)	Gc	Espesor (mm)	Espesor (mm)
Mat	300	0,34	0,603	0,60
Tejido	500	0,5	0,610	0,60
Mat	500	0,34	1,004	1,00
Tejido	450	0,5	0,551	0,55
Mat	500	0,34	1,004	1,00
Tejido	500	0,5	0,610	0,60
Mat	300	0,34	0,603	0,60
Total	3050			4,95

Corregimos el valor conseguido según el punto 4.3.4, siendo el factor

$$Kw = 2.8 * Gc + 0.16$$

$$Gc = \frac{2,56}{\frac{3076T}{w} + 1,36} = \frac{2,56}{\frac{3076 * 4,95}{3050} + 1,36} = 0,403$$

$$Kw = 2,8 * 0,403 + 0.16 = 1,288$$

Entonces comprobamos si el valor ($4171 \text{ g/m}^2 * Kw$) es menor o igual que el peso real del laminado propuesto:

$$2080 * 1,288 = 2679 \text{ g/m}^2 < 3050 \text{ g/m}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

El peso del laminado que obtenemos es de 3050 g/m^2 y como es superior al peso del laminado corregido, podemos decir que dicho laminado es correcto para la cubierta.

7.4.6.- Laminado de refuerzos longitudinales de cubierta

Para dotar a la cubierta y en general a toda la estructura de una mayor rigidez, para ello usaremos unos refuerzos longitudinales llamados esloras y los refuerzos transversales denominados baos.

* Esloras

Estos refuerzos serán escantillonadas según la tabla 2.7.3 de las reglas del Lloyd's, en la que se ha adoptado una longitud de la eslora de 1,8 m.

	Módulo de la eslora por metro de manga de la cubierta apoyada, cm^3
Eslora, L (m)	Longitud la eslora = 1,8 m
10	72
10,76	73,14
12	75

El módulo resistente de las esloras es de $73,14 \text{ cm}^3$.

Este módulo será corregido multiplicando por el factor Kw de acuerdo con

$$K_z = \frac{4.3.5}{15 * Gc^2 - 6 * Gc + 1.45}$$

Las dimensiones del refuerzo son:

$$T = 5 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

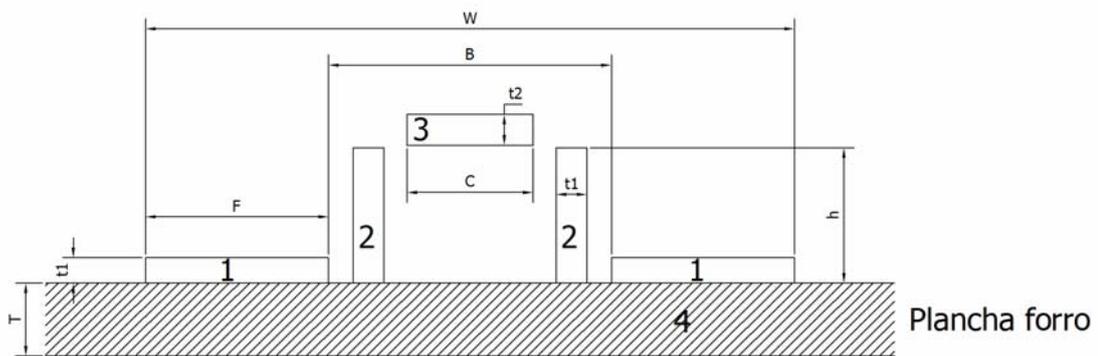
$$t2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 100 \text{ mm}$$

$$h = 75 \text{ mm}$$

$$w = 500 \text{ mm}$$

$$F = 100 \text{ mm}$$



Sec	Área	Área	Yg	Y	A*Yg	$I_p = 1/12 * b * h^3$	$I = I_p + A * Yg^2$
1	$2 * F * t$	1600	$T + t1/2$	3	14400	4267	133867
2	$2 * h * t$	1200	$T + h/2$	43	51000	281250	2448750
3	$t2 * c$	800	$T + h + t2/2$	84	67200	4267	5649067
4	$w * T$	2500	$T/2$	3	6250	5208	20833
	total	6100			13885		8252517

$$\text{Altura de línea neutra} = \frac{\sum A * Y_g}{\sum A} = \frac{138850}{6100} = 22,76 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{máx}} = \text{altura máxima de } Y = T + h + t_2 - Y_g = 65,24 \text{ mm}$$

$$I_n = \text{Inercia Lbase} - (Y_{\text{linea neutra}})^2 * \text{suma(áreas)} = 8252517 - (22,76)^2 * 6100 = 5091972$$

$$I_n = 5091972 \text{ mm}^4$$

Módulo resistente real = Inercia lneutra/altura máxima

$$\text{Módulo resistente real} = 5091972 \text{ mm}^4 / 65,24 \text{ mm} = 78053 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo según el punto 4.3.5.b de Lloyd's, tendremos:

$$G_c \text{ (zona de cubierta)} = 0.403$$

$$K_z = \frac{1}{15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1.45} = 0,6811$$

Entonces comprobamos si:

$$73140 * K_z \leq 48352 \text{ mm}^3$$

$$49815 \text{ mm}^3 < 78053 \text{ mm}^3 \rightarrow \text{Cumple}$$

Con las dimensiones establecidas, se obtiene un módulo resistente de 78053 mm^3 . Como dicho valor es mayor que el módulo corregido 49815 mm^3 , se da por válidas las medidas establecidas para las cuadernas ya que proporcionan un módulo superior al módulo corregido.

Un laminado óptimo sería:

Laminado eslora		
Capa	g / m^2 (capa)	t(capa) mm
Mat	300	0,60
Tejido	500	0,61
Mat	500	1,00
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	800	1,00
Mat	500	0,61
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	500	0,61
Mat	300	0,60
Total	5300	8,13

* Baos

La cubierta no sólo es soportada longitudinalmente por las esloras sino transversalmente también tiene otros soportes como son los baos. Éstos se escantillonarán según la tabla 2.7.2 de las reglas del Lloyd's. Aceptando un eslora del bao de 1,2 m:

Eslora, L (m)	Módulo del bao, cm^3
	Eslora del bao= 1,2
10	11,3
10,76	13,38
12	14

El módulo resistente de las esloras es de $13,38 \text{ cm}^3$.

Este módulo será corregido multiplicando por el factor Kw de acuerdo con

$$K_z = \frac{4.3.5}{15 * Gc^2 - 6 * Gc + 1.45}$$

Las dimensiones del refuerzo son:

$$T = 5 \text{ mm}$$

$$t1 = 3 \text{ mm}$$

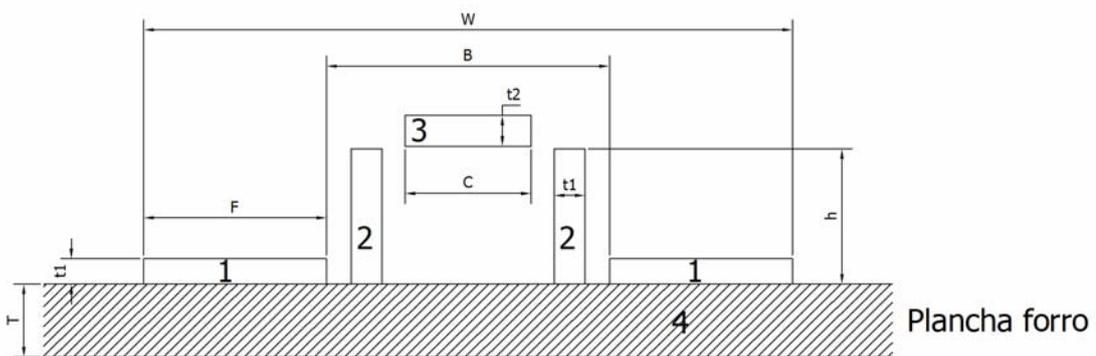
$$t2 = 3 \text{ mm}$$

$$c = 50 \text{ mm}$$

$$h = 50 \text{ mm}$$

$$w = 300 \text{ mm}$$

$$F = 150 \text{ mm}$$



Sec	Área	Áre	Yg	Y	A*Y	$I_p = 1/12 * b * h^3$	$I = Ip + A * Yg^2$
1	$2 * F * t$	900	$T + t1/2$	3	5850	338	38363
2	$2 * h * t$	300	$T + h/2$	30	9000	31250	301250
3	$t2 * c$	150	$T + h + t2/2$	57	8475	113	478950
4	$w * T$	150	$T/2$	3	3750	3125	12500
	total	1500			27075		831063

0

5

$$\text{Altura de línea neutra} = \frac{\sum A * Y_g}{\sum A} = \frac{27075}{2850} = 9,5 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{máx}} = \text{altura máxima de } Y = T + h + t_2 - Y_g = 48,5 \text{ mm}$$

$$I_n = \text{Inercia Lbase} - (Y_{\text{linea neutra}})^2 * \text{suma(áreas)} = 831063 - (9,5)^2 * 2850 = 573850$$

$$I_n = 573850 \text{ mm}^4$$

Módulo resistente real = Inercia lneutra / altura máxima

$$\text{Módulo resistente real} = 573850 \text{ mm}^4 / 48,5 \text{ mm} = 11832 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo según el punto 4.3.5.b de Lloyd's, tendremos:

$$G_c (\text{zona de cubierta}) = 0.403$$

$$K_z = \frac{1}{15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1.45} = 0,6811$$

Entonces comprobamos si:

$$13380 * K_z \leq 11832 \text{ mm}^3$$

$$9114 \text{ mm}^3 < 11832 \text{ mm}^3$$

Con las dimensiones establecidas, se obtiene un módulo resistente de 11832 mm^3 . Como dicho valor es mayor que el módulo corregido 9114 mm^3 , se da por válidas las medidas establecidas para las cuadernas ya que proporcionan un módulo superior al módulo corregido.

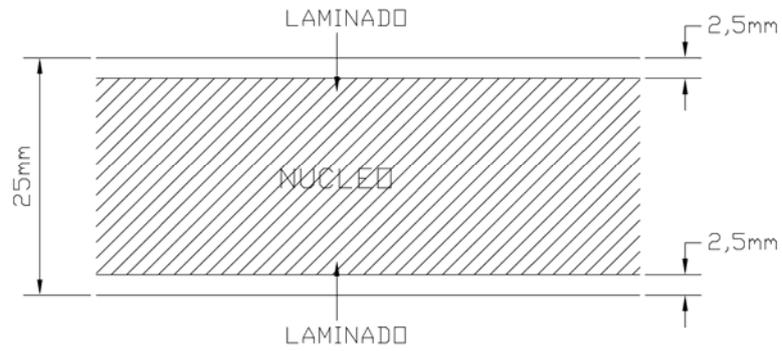
Un laminado óptimo sería:

Laminado bao		
Capa	g / m^2 (capa)	t(capa) mm
Mat	300	0,60
Tejido	450	0,55
Mat	500	1,00
Tejido	450	0,55
Mat	300	0,60
total	2100	3,3

7.4.7.- Mamparos transversales

Los mamparos transversales se fabricarán con laminado tipo “sándwich”. Básicamente consta de dos laminados monolíticos y un núcleo interno. El núcleo puede ser de varios materiales, como el PVC (policloruro de vinilo), madera marina, “panel de abejas”. En nuestro caso haremos uso del PVC por promocionar bajo peso y tener un módulo resistente adecuado (su densidad es de $96 \text{ kg} / \text{m}^3$).

Los mamparos tendrán un espesor de 25 mm, 20 mm serán para el núcleo, y los 5 restantes para el laminado monolítico a ambos lados del núcleo.



Un laminado posible para la fabricación de las capas de laminado (tipo “sándwich”):

Laminado de los monolíticos		
Capa	g / m^2 (capa)	t (capa)
Mat	300	0,60
Tejido	450	0,55
Mat	300	0,60
Tejido	450	0,55
Mat	300	0,60
Total	1800	2,9

7.4.8.- Cuadro resumen del escantillonado

* Casco

	Peso requerido	Peso total (g / m^2)	Espesor (mm)
Fondo	(8171)	6850	10,75
Costados	2983	4450	7,15
Quilla	3652	6850	10,75
Cubierta	2080	3050	4,95

* Refuerzos

	Módulo requerido sin corregir (cm^3)	Módulo real (cm^3)	Laminad ($kg \phi m^2$)	Espeso (mm)
Longitudinal de fondo	117,6	82,805	5,30	8,13
Longitudinal de costado	85,7	66,677	5,30	8,13
Varenga	135	104,134	5,30	8,13
Cuaderna	51,67	35,208	5,30	8,13
Bao	13,38	11,832	2,100	3,3
Eslora	73,14	78,053	5,30	8,13

7.5.- Cálculo del peso y posición del centro de gravedad

En previsión de un posterior estudio de pesos para comprobar la estabilidad de la embarcación, se hace necesario conocer el peso y la posición del centro de gravedad del casco y cubierta, es decir, el peso de todos los escantillones calculados en este capítulo.

Evidentemente, es posible conocer este peso y su posición del centro de gravedad, a partir de los cálculos de escantillones realizados hasta ahora.

1.- Peso del casco

Como ya se ha mencionado en su momento, se ha de tener en cuenta que el casco esta dividido en dos zonas diferentes con distintos espesores:

- Laminado del costado= $4450 \text{ g} / \text{m}^2$
- Laminado del fondo y quilla= $6500 \text{ g} / \text{m}^2$

Puesto que se conoce el peso necesario por metro cuadrado de cada zona, bastaría con conocer la superficie real de cada una de estas zonas para averiguar su peso:

Peso casco= superficie x peso por unidad de superficie

Además de ha de tener en cuenta el peso de resina que absorbe la fibra durante su curado, y que viene dado por el coeficiente G_c .

Sin embargo, también es necesario conocer la posición del centro de gravedad de cada zona. Aprovechándose de la existencia de programas informáticos que calculan automáticamente todos los datos acerca de la embarcación, podemos “hundir” virtualmente el casco para conseguir por un lado la superficie de la zona fondo-quilla (fijando la flotación 150 mm por encima de la flotación real) y por otro hundiendo totalmente el casco conocemos la superficie total del mismo.

Aunque no dudamos de la fiabilidad del programa, en nuestro caso este cálculo de áreas y centro de gravedad lo hemos hecho seccionando el casco

con planos transversales, y calculando el peso y centro de gravedad de cada una de las secciones, conseguiremos una mayor exactitud en los cálculos.

	Laminad $kg \phi m^2$	Superficie m^2	Peso fibra (kg)	Gc	Peso Total (kg)	LCG (m)	Mto LCG	VCG (m)	Mto VCG
Costados	4,450	32,640	145,248	0,406	204,219	6,652	1358,463	1,695	346,151
Fondo	6,500	31,110	202,215	0,410	285,123	5,157	1470,380	0,607	173,070
Quilla	6,500	6,130	39,845	0,410	56,181	5,540	311,245	0,245	13,764
Total		69,88	387,308		545,523	5,756		0,977	

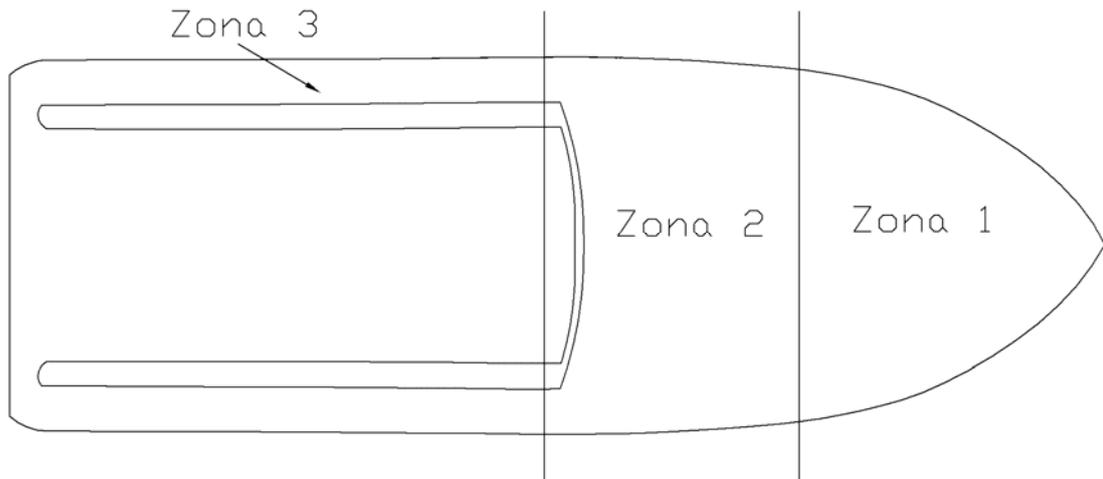
$$LCG = 5,756 \text{ m}$$

$$VCG = 0,977 \text{ m}$$

$$PESO \text{ DEL CASCO} = 545,523 \text{ Kg}$$

2.- Peso de cubierta

Al igual que ocurre con el casco, para el cálculo del peso de la cubierta es necesario conocer su superficie. Para ello se procede a realizar un cálculo directo aproximado mediante la descomposición de los cuerpos en figuras más sencillas. Una vez conocidas estas superficies, el proceso es el mismo que el explicado en el caso del casco.



	Laminado kg / m^2	Superficie (m^2)	Peso fibra (kg)	Gc	Peso Total (kg)	LCG (m)	Mto LCG	VCG (m)	Mto VCG
Zona 1	3,050	8,772	26,755	0,403	37,537	9,380	352,094	2,660	99,848
Zona 2	3,050	9,201	28,064	0,403	39,374	6,880	270,891	2,960	116,54
Zona 3	3,050	3,962	12,084	0,403	16,954	2,830	47,980	2,110	35,773 ⁶
Total		21,935	66,903		93,864	7,148		2,687	

PESO DE LA CUBIERTA = 93,864 Kg

LCG = 7,148 m

VCG = 2,687 m

Además de la cubierta principal, se va a incluir para este apartado, la cubierta de la bañera así como, la cubierta del puesto de gobierno.

	Laminado (kg / m ²)	Superficie (m ²)	Peso fibra (kg)	Gc	Peso Total (kg)	LCG (m)	Mto LCG	VCG (m)	Mto VCG
Cubierta Principal	3,050	21,935	66,903	0,403	93,864	7,148	670,965	2,687	252,167
Cubierta bañera	3,050	8,120	24,766	0,403	34,747	1,340	46,561	1,690	58,722
Cubierta P.Gobierno	3,050	10,423	31,790	0,403	44,602	4,320	192,679	2,200	98,123
Cubierta habilitación	3,050	37,383	114,018	0,403	159,967	5,660	905,416	0,420	67,186
Total		77,861			333,180	5,449		1,429	

237,477

PESO DE LAS CUBIERTAS = 333,180 Kg

LCG = 5,449 m

VCG = 1,429 m

3.- Peso de los refuerzos

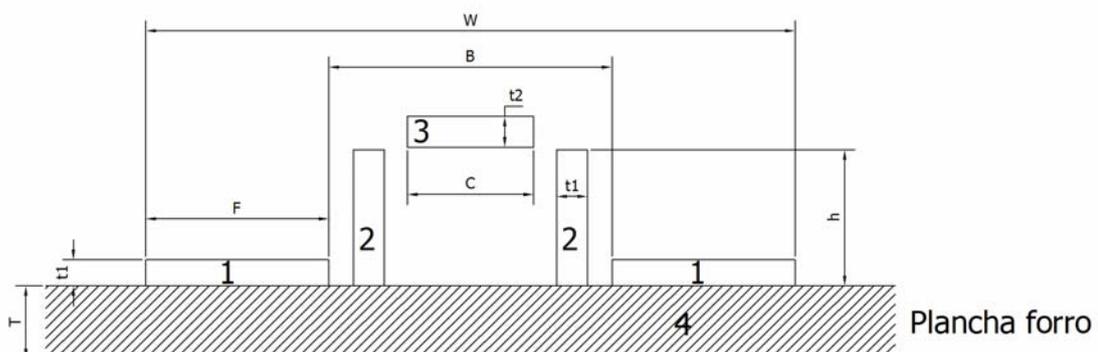
Partimos de la geometría de los refuerzos y sus dimensiones, dadas en el apartado del escantillonado.

Primeramente, calcularemos la anchura del laminado en función de las medidas del núcleo en un corte transversal.

A continuación, la multiplicaremos por la longitud del refuerzo para conocer la superficie laminada del refuerzo.

Para calcular el centro de gravedad y el peso, hay que tener en cuenta, que el centro de gravedad de los refuerzos de cada zona, coincide con el centro de gravedad de cada zona, ya que están repartidos de manera uniforme.

Recordemos la geometría de los refuerzos:



* Refuerzos longitudinales

- Longitudinales de fondo

Dimensiones del refuerzo:

$$T = 10 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

$$t2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 90 \text{ mm}$$

$$h = 80 \text{ mm}$$

$$w = 300 \text{ mm}$$

$$F = 100$$

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2(t2 + h - t1) = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Peso por metro lineal de refuerzo} = 5,3 \text{ kg} / \text{m}^2 * 0,45 \text{ m} = 2,385 \text{ kg} / \text{m}$$

- Longitudinales de costado

Dimensiones del refuerzo:

$$T = 7 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

$$t2 = 8 \text{ mm}$$

$$c = 90 \text{ mm}$$

$$h = 70 \text{ mm}$$

$$w = 300 \text{ mm}$$

$$F = 100$$

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2(t2 + h - t1) = 430 \text{ mm}$$

$$\text{Peso por metro lineal de refuerzo} = 5,3 \text{ kg} / \text{m}^2 * 0,43 \text{ m} = 2,279 \text{ kg} / \text{m}$$

* Refuerzos transversales

- Varengas

Dimensiones:

$$T = 10 \text{ mm}$$

$$t1 = 8 \text{ mm}$$

$$t_2=8 \text{ mm}$$

$$c=100 \text{ mm}$$

$$h=100 \text{ mm}$$

$$w=80 \text{ mm}$$

$$F=100$$

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2(t_2 + h - t_1) = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Peso por metro lineal de refuerzo } 5,3 \text{ kg/m}^2 * 0,50 \text{ m}=2,65 \text{ kg/m}$$

- Cuadernas

Dimensiones:

$$T= 7 \text{ mm}$$

$$t_1=8 \text{ mm}$$

$$t_2=8 \text{ mm}$$

$$c=60 \text{ mm}$$

$$h=50 \text{ mm}$$

$$w=500 \text{ mm}$$

$$F=100 \text{ mm}$$

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2(t_2 + h - t_1) = 360 \text{ mm}$$

$$\text{Peso por metro lineal de refuerzo } 5,3 \text{ kg/m}^2 * 0,36 \text{ m}=1,908 \text{ kg/m}$$

* Refuerzos de la cubierta

- Refuerzos longitudinales de cubierta: esloras

Dimensiones:

$$T= 5 \text{ mm}$$

$$t_1=8 \text{ mm}$$

$$t_2=8 \text{ mm}$$

$$c=100 \text{ mm}$$

$$h=75 \text{ mm}$$

$$w=500 \text{ mm}$$

$$F=100 \text{ mm}$$

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2(t_2 + h - t_1) = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Peso por metro lineal de refuerzo } 5,3 \text{ kg/m}^2 * 0,45 \text{ m}=2,385 \text{ kg/m}$$

- Refuerzos transversales de cubierta: baos

T= 5 mm

t1=3 mm

t2=3 mm

c=50 mm

h=50 mm

w=300 mm

F=150 mm

Anchura = $2F + c + 2(t2 + h - t1) = 450$ mm

Peso por metro lineal de refuerzo $2,1 \text{ kg} / \text{m}^2 * 0,45 \text{ m} = 0,945 \text{ kg} / \text{m}$

El peso total de los refuerzos viene expresado en la siguiente tabla:

REFUERZOS	Longitud total (m)	Anchura (m)	Superficie total (m^2)	Peso laminado (kg / m^2)	Gc	Peso total (Kg)
Longitudinal de fondo	54,575	0,45	24,55	5,30	0,410	183,52
Longitudinal de costado	67,30	0,43	28,94	5,30	0,406	215,66
Varenga	7,98	0,5	3,99	5,30	0,410	29,83
Cuaderna	9,00	0,36	3,24	5,30	0,406	24,15
Eslora	11,3	0,45	5,085	5,30	0,403	37,81
Bao	12	0,45	5,40	2,10	0,403	15,91
Total						506,88

Por lo tanto el peso total y centro de gravedad de los refuerzos estructurales del casco es:

REFUERZOS	Peso total (kg)	LCG (m)	Mto LCG (kg*m)	VCG (m)	Mto VCG (Kg*m)
Longitudinal de fondo	183,52	4,577	839,97	0,38	70,65
Longitudinal de costado	215,66	5,49	1184,85	1,73	373,13
Varenga	29,83	4,79	143,09	0,11	3,28
Cuaderna	24,15	5,05	122,12	1,51	36,49
Eslora	37,81	5,65	213,62	2,03	76,94
Bao	15,91	4,80	76,36	2,25	35,82
Total	506,88	5,09		1,17	

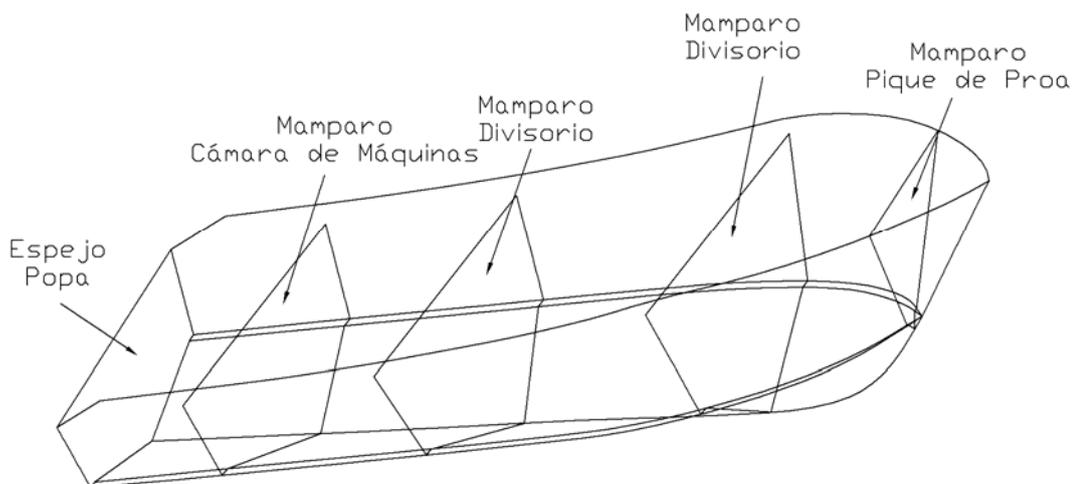
PESO DE REFUERZOS ESTRUCTURALES = 506,88 Kg

LCG = 5,09 m

VCG = 1,17 m

4.- Peso de los mamparos transversales.

En el siguiente dibujo se pueden apreciar los diferentes mamparos que van a ser estudiados a continuación, para calcular el peso y posición del centro de gravedad de cada uno de ellos.



MAMPAROS	Superficie (m ²)	LCG (m)	VCG (m)
Pique de proa	0,962	10,40	2,353
Divisorio proa	4,267	8	1,626
Divisorio popa	4,022	5	1,584
Cámara de Máquinas	3,500	2,5	1,445
Espejo de popa	2,439	0	1,160
TOTAL	15,192	4,806	1,544

Según lo que se estipula en el Capítulo 7: Escantillonado, los mamparos se fabricarán con un laminado tipo “sándwich”, de 20 milímetros de espesor para el núcleo de PVC (Densidad: 96 Kg/m³) y 2,5 milímetros para las capas monolíticas.

Con lo cual, el peso de estos mamparos se reflejan en la siguiente tabla:

PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES											
MAMPAR O	Superfici e (m ²)	Espeso r PVC (m)	Densida d PVC (Kg/ m ³)	Peso PVC (Kg)	Peso laminado (Kg/ m ²)	Gc	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	VCG (m)	Mto VCG
Pique de	0,962	0,02	96	1,848	1,900	0,403	3,024	10,4	10,01416	2,353	7,115
Divisorio proa	4,267	0,02	96	8,193	1,900	0,403	33,044	8	34,1392	1,626	53,729
Divisorio popa	4,022	0,02	96	7,723	1,900	0,403	29,776	5	20,1125	1,584	47,165
Cámara de Máquinas	3,500	0,02	96	6,720	1,900	0,403	23,366	2,5	8,751	1,445	33,763
Espejo popa	2,439	0,02	96	4,683	6,300	0,41	12,823	0	0	1,160	14,874
TOTAL	15,192						102,035	4,806		1,544	

PESO DE MAMPAROS TRANSVERSALES = 102,035 kg

LCG = 4,806 m

KCG = 1,544 m

5.- Resultados finales obtenidos

PESO TOTAL= 1581,447 kg

LCG= 5,517 m

VCG=1,262 m

Nota: LCG y VCG referidos a la intersección entre espejo de popa y punto más bajo del fondo.

A continuación se acompaña el plano estructural. Dicho plano se puede observar con más detalle en el capítulo 15: Planos

8.- CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El objetivo concreto de este capítulo es el cálculo del desplazamiento en rosca de la embarcación y la posición de su centro de gravedad, comprobar si las posibles variaciones sobre las estimaciones iniciales pueden ser toleradas por el diseño realizado hasta el momento, y, en caso de ser necesario, realizar las modificaciones pertinentes.

El desplazamiento calculado en este capítulo servirá de base para el estudio de la estabilidad, añadiendo, en cada caso establecido por las normativas referente a estabilidad, los pesos de tripulación, combustible y agua dulce.

Para ello procederemos a realizar una tabla de los pesos y centros de gravedad de los elementos que se instalarán en la embarcación.

Esta tabla se ha realizado de una forma muy rigurosa de manera que los datos que se han obtenido son los definitivos en la embarcación. Es decir, para los pesos se han tomados los datos de los distintos elementos de distintos catálogos existentes en el mercado y referente a los datos de posición de los centros de gravedad de los distintos elementos que se han ido disponiendo en la embarcación, se han tomado las medidas de su posición exacta en la embarcación en los planos realizados para ello.

8.1.- Rosca

Rosca	Peso (kg)	L G (m)	VG (m)	XG (m)	MTO LG (kg x m)	MTO VG (kg x m)	MTO XG (kg x m)
ELEMENTOS DE SALVAMENTO Y PREVENCIÓN							
Botiquín	3,000	5,273	0,675	1,500	15,818	2,025	4,500
Radio	3,000	5,015	1,100	0,354	15,044	3,300	1,062
Chalecos salvavidas	18,000	3,641	2,568	-0,604	65,536	46,229	-10,872
Aro salvavidas con luz y rabiza (1)	2,500	5,294	0,665	1,754	13,236	1,663	4,384
Extintor tipo 21 B	3,500	7,764	0,606	-1,550	27,175	2,122	-5,426
Extintor tipo 21 B	3,500	3,285	0,586	-1,375	11,498	2,051	-4,811
Bombas de achique eléctrica sumergible	4,000	6,471	0,619	0,824	25,882	2,477	3,296
Balde contraincendios	1,500	5,346	1,250	1,674	8,019	1,875	2,512
Otros (bengalas, prismáticos, etc..)	8,000	5,409	1,300	1,464	43,268	10,400	11,714
Defensas (4)	16,000	5,373	0,811	0,898	85,974	12,974	14,370
PIQUE DE PROA							
Ancla principal	20,000	11,518	2,834	0,000	230,364	56,680	0,000
Cadena y estacha	40,000	11,257	1,705	0,000	450,260	68,200	0,000
Molinete	25,000	10,860	2,975	0,000	271,500	74,375	0,000
CAMAROTE DE PROA							
Cama	40,000	9,442	1,000	0,000	377,680	40,000	0,000
Cofres inferiores cama	10,000	9,300	0,655	0,000	93,000	6,550	0,000
Cajones	9,000	8,251	1,404	1,270	74,259	12,636	11,432
Guanteras laterales	10,000	9,205	1,600	0,000	92,048	16,000	0,000
Armario	50,000	8,169	1,353	-1,245	408,455	67,655	-62,250
Armario ropero	25,000	8,169	1,420	-1,245	204,228	35,500	-31,125
Puerta	7,500	4,500	1,404	-0,273	33,750	10,530	-2,049
Escotilla	7,000	9,689	2,901	0,000	67,823	20,307	0,000
Ventanas laterales	10,000	9,163	2,788	0,000	91,628	27,880	0,000
ASEO DE PROA							
Mamparo transversal	7,000	7,745	1,530	0,277	54,212	10,711	1,938
Mamparo baño puerta	15,000	7,277	1,530	0,470	109,148	22,953	7,055
Mamparo baño popa	25,000	6,957	1,456	1,245	173,928	36,395	31,133
Suelo	8,000	7,354	0,663	1,152	58,831	5,300	9,215

Inodoro	20,000	7,683	1,113	1,113	153,650	22,250	22,252
Lavabo	6,000	7,741	1,349	1,773	46,447	8,092	10,637
Ventana lateral para ventilación	10,000	7,741	0,969	1,773	77,411	9,692	17,728
Ducha con cortina	15,000	7,192	0,986	1,560	107,879	14,793	23,397
COCINA							
Cocina eléctrica	5,000	6,714	1,481	1,028	33,568	7,404	5,142
Encimera y muebles de cocina	60,000	6,720	1,626	1,394	403,218	97,572	83,658
Nevera eléctrica con congelador	30,000	6,710	0,779	1,068	201,291	23,376	32,028
Fregadero	5,000	6,414	1,326	1,604	32,070	6,631	8,018
Portillo de aireación	5,000	6,801	1,726	1,838	34,005	8,631	9,191
SALÓN							
Salón en forma de C	60,000	6,641	1,045	-1,527	398,489	62,688	-91,620
Cofres debajo del sofá	20,000	6,640	1,045	-1,527	132,800	20,896	-30,540
Mesa regulable en altura	30,000	6,640	1,022	-0,841	199,200	30,651	-25,224
Guantera	10,000	5,357	1,546	-1,821	53,568	15,455	-18,206
Escotilla	6,500	6,354	3,101	0,000	41,299	20,157	0,000
Escaleras	20,000	4,810	1,389	0,932	96,198	27,780	18,646
Ventanas laterales	20,000	6,454	1,826	-1,855	129,078	36,524	-37,090
Armario	10,000	5,366	1,068	1,557	53,659	10,682	15,571
MESA DE NAVEGACIÓN							
Asiento	10,000	5,675	0,889	0,377	56,748	8,886	3,765
Mueble mesa-archivador	15,000	5,351	1,083	0,374	80,259	16,251	5,609
Equipo Hi-Fi	3,000	5,000	1,383	0,373	15,000	4,149	1,118
ASEO DE POPA							
Mamparo baño proa	18,000	3,198	1,263	1,561	57,569	22,730	28,103
Mamparo puerta	7,000	2,859	1,285	0,856	20,016	8,994	5,989
Suelo	15,000	2,892	1,251	1,351	43,383	18,771	20,270
Inodoro	20,000	2,717	0,938	1,237	54,348	18,768	24,744
Lavabo	6,000	2,865	1,168	1,685	17,189	7,010	10,110
Puerta	5,500	2,859	1,285	0,856	15,727	7,067	4,705
CAMAROTE DE POPA							
Cama estribor	35,000	4,117	0,850	1,432	144,081	29,750	50,131
Cama babor	35,000	4,117	0,850	-1,432	144,081	29,750	-50,131
Cofres inferiores cama estribor	15,000	4,117	0,559	1,432	61,755	8,391	21,485
Cofres inferiores	15,000	4,117	0,559	-1,432	61,755	8,391	-21,485

cama babor							
Armario	40,000	2,884	1,321	0,258	115,376	52,852	10,320
Puerta	7,500	5,015	1,234	-0,224	37,610	9,253	-1,679
Ventanas laterales	10,000	4,030	1,635	0,000	40,298	16,350	0,000
Armario	20,000	2,859	1,015	0,218	57,188	20,292	4,366
CÁMARA DE MÁQUINAS							
Motor estribor	330,000	1,507	0,953	1,032	497,211	314,543	340,560
Motor babor	330,000	1,507	0,953	-1,032	497,211	314,543	-340,560
Baterías	60,000	2,155	0,386	-0,755	129,294	23,136	-45,312
Tanque combustible motor estribor	50,000	2,156	0,713	-1,580	107,785	35,640	-79,005
Tanque combustible motor babor	50,000	2,873	0,713	-0,316	143,650	35,640	-15,805
Aislamiento mamparo	20,000	2,490	1,234	0,000	49,800	24,674	0,000
Aislamiento costados	15,000	1,500	1,230	0,000	22,500	18,450	0,000
Aislamiento techo cámara de máquinas	20,000	1,500	1,690	0,000	30,000	33,796	0,000
TIMONERA Y PUESTO DE MANDO							
Parabrisas frontal	140,000	5,536	3,434	0,000	775,040	480,746	0,000
Ventanas laterales	25,000	4,290	3,168	0,000	107,240	79,210	0,000
Asiento piloto	15,000	4,951	2,742	0,000	74,271	41,136	0,000
Limpia parabrisas eléctrico	5,000	6,039	3,317	0,000	30,197	16,583	0,000
Conjunto dirección	15,000	5,563	3,174	0,000	83,445	47,613	0,000
Equipamiento instrumental de navegación	20,000	5,385	3,000	0,000	107,698	60,000	0,000
CUBIERTA							
Solárium proa	15,000	7,962	2,944	0,000	119,426	44,156	0,000
Solárium individual	40,000	5,275	2,500	-0,941	210,996	100,000	-37,656
Módulo cocina	30,000	3,604	2,345	1,096	108,120	70,353	32,877
Sofá en forma de U	70,000	3,641	2,345	-0,537	254,863	164,157	-37,597
Mesa	25,000	3,641	2,664	-0,243	91,023	66,608	-6,078
Solárium de popa	30,000	1,509	2,206	-0,276	45,279	66,165	-8,268
Estructura del hard top	80,000	5,514	3,339	0,000	441,120	267,136	0,000
Toldo	30,000	1,650	3,123	0,000	49,503	93,678	0,000
Acceso al interior puesta tipo pesiana	7,000	5,162	2,171	0,942	36,133	15,196	6,592
Escaleras de baño	10,000	0,000	1,546	1,115	0,000	15,462	11,147
Pasamanos	60,000	6,787	2,737	0,000	407,232	164,214	0,000

Plataforma de baño	10,000	-0,440	1,407	0,000	-4,400	14,074	0,000
ELECTRICIDAD E ILUMINACIÓN							
Material eléctrico (cableado, fusibles,..)	5,000	5,094	1,000	0,000	25,471	5,000	0,000
Iluminación interior	15,000	5,500	1,800	0,000	82,500	27,000	0,000
Luces de navegación reglamentarias	8,000	5,528	3,740	0,000	44,226	29,919	0,000
ELEMENTOS DE AMARRE							
Herrajes (Cornamusas, torni- llería,...)	20,000	5,613	2,200	0,000	112,254	44,000	0,000
ESTRUCTURA Y OTROS							
Casco desnudo	2635,919	5,518	1,262	0,000	14544,999	3327,584	0,000
Tanque agua potable popa	15,000	2,279	0,538	1,189	34,181	8,067	17,840
Tanque agua potable proa	30,000	8,188	0,281	1,047	245,652	8,430	31,413
Tanque aguas residuales baño	15,000	2,876	0,824	-0,961	43,140	12,365	-14,411
Tanque aguas residuales aseo	25,000	2,876	0,924	-1,417	71,900	23,108	-35,430
Aumento 20% pesos bajos	855,100	5,554	0,600	0,000	4749,054	513,060	0,000
Aumento 8% pesos altos	67,160	5,550	1,200	0,000	372,738	80,592	0,000
ROSCA	6174,17 9	5,031	1,295	-0,005	31059,52	7993,751	-32,611

8.2.- Plena carga

Pesos a plena carga	Peso (kg)	L G (m)	VG (m)	XG (m)	MTO LG (kg x m)	MTO VG (kg x m)	MTO XG (kg x m)
Tanque combustible motor estribor	170,000	2,156	0,713	-1,580	366,469	121,176	-268,617
Tanque combustible motor babor	170,000	2,873	0,713	-0,316	488,410	121,176	-53,737
Tanque agua potable popa	60,000	2,279	0,538	1,189	136,722	32,268	71,358
Tanque agua potable proa	200,000	8,188	0,281	1,047	1637,680	56,200	209,420

Tanque aguas residuales baño	0,000	2,876	0,824	-0,961	0,000	0,000	0,000
Tanque aguas residuales aseo	0,000	2,876	0,924	-1,417	0,000	0,000	0,000
Tripulación	900,000	5,565	1,780	0,000	5008,860	1602,090	0,000
Pertrechos	300,000	5,565	1,200	0,000	1669,620	360,000	0,000
PLENA CARGA	7974,179	5,062	1,290	-0,009	40367,286	10286,661	-74,19

8.3.- 10% consumos

Pesos 10% consumos	Peso (kg)	LG (m)	VG (m)	XG (m)	MTO LG (kg x m)	MTO VG (kg x m)	MTO XG (kg x m)
Tanque combustible motor estribor	17,000	2,156	0,713	-1,580	36,647	12,118	-26,862
Tanque combustible motor babor	17,000	2,873	0,713	-0,316	48,841	12,118	-5,374
Tanque agua potable proa	20,000	8,188	0,281	1,047	163,768	5,620	20,942
Tanque agua potable popa	6,000	2,279	0,538	1,189	13,672	3,227	7,136
Tanque aguas residuales baño	120,000	2,876	0,824	-0,961	345,120	98,916	-115,284
Tanque aguas residuales aseo	150,000	2,876	0,924	-1,417	431,400	138,645	-212,580
Tripulación	900,000	5,565	1,780	0,000	5008,860	1602,090	0,000
Pertrechos	30,000	5,565	1,200	0,000	166,962	36,000	0,000
10% CONSUMO	7434,179	5,014	1,332	-0,049	37274,795	9902,484	-364,63

8.4.- Tabla resumen

	DESPLAZAMIENTO (Kg)	XG (m)	KG (m)	LG (m)
ROSCA	6174,179	5,031	1,295	-0,005
SALIDA PUERTO PLENA CARGA	7974,179	5,062	1,290	-0,009
LLEGADA PUERTO 10% CONSUMO	7434,179	5,014	1,332	-0,049

CAPÍTULO 9: PREDICCIÓN DE LA POTENCIA

9.- PREDICCIÓN DE LA POTENCIA

Mediante el Método de Stavitsky se va a realizar un estudio de la resistencia al avance de la embarcación, para así poder conocer la potencia necesaria para adquirir la velocidad deseada.

Pues bien, éste método, es el más utilizado. La base del proceso está basada en una serie de experimentos con placas planas y obtuvo una serie de fórmulas empíricas para extrapolar a fondos no-planos (con astilla muerta). Utilizando su sistema se puede pues determinar la superficie mojada dinámica y la posición longitudinal de la fuerza hidrodinámica. Para determinar el ángulo de asiento de equilibrio en planeo se emplea el método de Hadler, según el cuál, se calculan los momentos ocasionados por la fuerza hidrodinámica, la resistencia por fricción y la resistencia de apéndices.

Para calcular dichos momentos es necesario obtener por un lado las fuerzas antes mencionadas y por otro los brazos de palanca (e, f, f_a) de dichas fuerzas con respecto al centro de gravedad de la embarcación.

Para determinar el ángulo de asiento de equilibrio en planeo, se realiza por ensayo y error. Es decir, primero se supone un ángulo de partida y se realizan los cálculos para dicho ángulo. Una vez determinadas las fuerzas: hidrodinámica (N), resistencia por fricción y resistencia de apéndices y calculados los brazos de palanca, se aplican momentos y se obtiene el momento resultante. Dicho momento será, con casi toda seguridad, distinto de cero lo que significa que la embarcación no se encuentra en equilibrio. Si el momento resultante es menor que cero, se repetirán los cálculos con otro ángulo de asiento mayor, hasta que el resultado sea positivo. Una vez conseguido un ángulo con momento negativo y otro con momento positivo se realiza una extrapolación lineal para determinar el ángulo de asiento de equilibrio. Con el cual se calculará la resistencia al avance en planeo.

A continuación se describe detalladamente los pasos que se seguirán en el método de Savitsky computado por Hadler para el cálculo de la resistencia en planeo:

1.- Datos de partida:

M	Masa desplazada en kg
LCG	Distancia longitudinal desde popa al c.d.g en metros
VCG	Distancia vertical desde la línea base al c.d.g (KG)
b	Manga máxima entre pantoques en metros
ε	Inclinación del eje relativa a la línea base
β	Ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y la sección en c.d.g.)
F	Distancia entre el eje y el c.d.g., en metros
V	Velocidad en m/s
φ	1025 kg / m ³

2.- Calcular el Coeficiente de velocidad C_v :

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{(g \cdot b)}}$$

3.- Calcular el Coeficiente de Sustentación utilizando la formula:

$$C_{L\beta} = \frac{m \cdot g}{(0.5 \cdot \varphi \cdot V^2 \cdot b^2)}$$

4.- Computar el Coeficiente de Sustentación para fondos rectos C_{L0} mediante ensayo y error (calcular el valor de C_{L0} para obtener el valor de $C_{L\beta}$ obtenido en el punto 3).

$$C_{L\beta} = C_{L0} - 0.0065 \cdot \beta \cdot C_{L0}^{0.6}$$

5.- Asumir un valor de ángulo de trimado, τ (por ejemplo 4°), llamado τ_1 .

6.- Computar la relación de eslora mojada-manga, λ , utilizando la siguiente fórmula por ensayo y error (calcular λ para obtener el C_{LO} obtenido en el punto 4).

$$C_{Lo} = \tau^{1.1} \cdot \left(0.012 \cdot \lambda^{0.5} + 0.0055 \cdot \frac{\lambda^{2.5}}{Cv^2} \right)$$

7.- Calcular la eslora media mojada, L_m , y obtener el número de Reynolds (Rn) usando L_m .

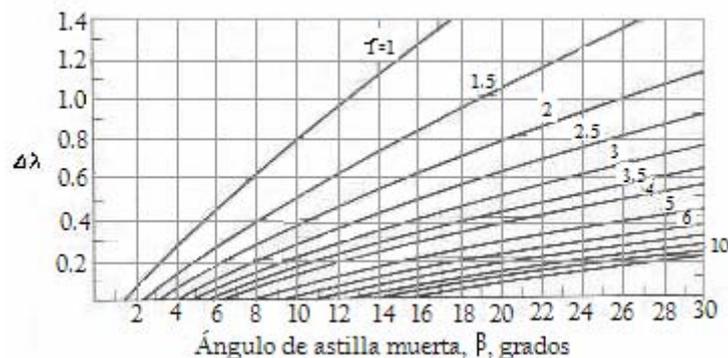
$$\lambda = \frac{L_m}{b}$$

8.- Calcular el coeficiente de fricción según fórmula de ITTC.

$$C_f = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

9.- Hallar el incremento de λ debido al spray, $\Delta\lambda$, usando la gráfica que detallamos a continuación, y obtener la resistencia por fricción R_f .

$$R_f = \frac{C_f \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot (L + \Delta\lambda) \cdot b^2}{\cos \beta}$$



10.- Calcular el brazo de palanca ff para la R_f relativo al centro de gravedad, según la fórmula:

$$ff = VCG - \left(\frac{b}{4} \right) \cdot \tan \beta$$

11.- Calcular la posición longitudinal del centro de presión L_{cp} (distancia medida desde el espejo de popa), utilizando la siguiente fórmula y asumiendo que L_w es igual a L_m para fondos con astilla muerta.

$$\frac{L_{cp}}{L_w} = 0.75 - \frac{1}{\frac{5.21 \cdot C_v^2}{\lambda^2} + 2.39}$$

12. Calcular el brazo de palanca para la fuerza de presión, e , como diferencia entre LCG y L_{cp} .

$$e = LCG - L_{cp}$$

13. Calcular el momento de cabeceo resultante M en newton por metros (Nm), como suma de los momentos M_h (originado por N y el brazo e) y M_f (originado por R_f y el brazo ff), utilizando las siguientes formulas:

$$M_h = g \circ m \circ \left[\frac{e \cdot \cos(\tau + \varepsilon)}{\cos \tau} - f \cdot \frac{\text{sen } \tau}{\cos \varepsilon} \right]$$

$$M_f = R_f \cdot \left(ff - e \cdot \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right)$$

$$M = M_h + M_f$$

14. Dado que el ángulo de trimado se ha elegido de manera aleatoria, lo normal es que el momento resultante sea distinto de cero, con lo que es necesario variarlo para conseguir el equilibrio. Es necesario pues, volver al punto 5 y repetir los cálculos con otro valor de τ , (llamado τ_2), teniendo en cuenta que si el momento resultante es negativo debemos incrementar τ y si es positivo reducirlo.

15. Calcular el trimado de equilibrio τ_0 , como interpolación lineal utilizando la siguiente formula:

$$\tau_0 = \tau_1 - \frac{M_1 \cdot (\tau_2 - \tau_1)}{M_2 - M_1}$$

16. Calcular la resistencia de fricción en el trimado de equilibrio, R_{f0} , mediante interpolación lineal usando la siguiente formula:

$$R_{f0} = R_{f1} + \frac{R_{f2} - R_{f1}}{\tau_2 - \tau_1} \cdot (\tau_0 - \tau_1)$$

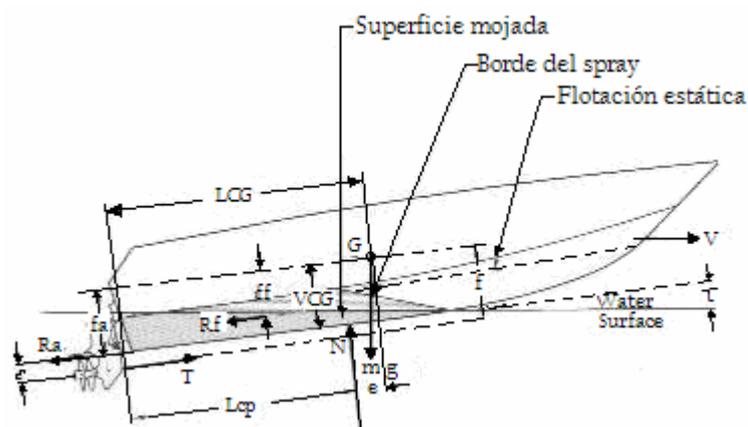
17. Calcular la resistencia total R:

$$R = (g \cdot m \cdot \text{sen } \tau_0 + R_f) \cdot \frac{\cos(\tau_0 + \varepsilon)}{\cos \varepsilon}$$

18. Calcular la Potencia Efectiva:

$$P_E = V \cdot R$$

Croquis de momentos actuantes en la embarcación:



9.1.- Aplicación del método de Savistky computado por Hadler al diseño de la embarcación.

Para aplicar el método el ya descrito método de Savistky al presente caso se ha confeccionado una hoja de cálculo en la cual se reflejan los resultados obtenidos en cada uno de los pasos descritos en el apartado anterior.

* Datos de partida

- Masa desplazada, LCG y VCG:

En el Capítulo 8: Cálculo del desplazamiento y centro de gravedad, se ha realizado una estimación lo más exacta posible del peso de la embarcación en las dos condiciones de carga extremas: condición de salida de puerto a plena carga y condición de llegada a puerto al 10% de consumos. Las cuales se usarán para la realización del cálculo de resistencia y potencia en cada condición.

En la siguiente tabla se refleja los datos obtenidos:

	PESO (Kg)	LCG (m)	VCG (m)
SALIDA PUERTO PLENA CARGA	7974,179	5,062	1,290
LLEGADA PUERTO 10% CONSUMO	7434,179	5,014	1,332

- b: Manga máxima entre pantoques:

La manga entre pantoques es ligeramente menor que la manga total de la embarcación. Según el diseño realizado, la embarcación tendrá una manga entre pantoques o "al codillo" de 3,80 metros.

- ε : Inclinación del eje relativa a la línea base:

Basándose en ejemplos publicados en publicaciones específicas se considera como un valor acertado de la inclinación del eje respecto a la línea base 8 grados.

- β : Ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y en la sección en c.d.g.)

Este es un parámetro que, como ya se ha comentado anteriormente, tiene gran influencia en el comportamiento hidrodinámico de la embarcación. Para navegaciones con mal tiempo resulta interesante un valor mayor de astilla muerta, a costa de sacrificar la velocidad. En este proyecto la navegación se realizara normalmente con buen tiempo, pero en ocasiones podrá realizarse con mal tiempo lo que obliga a tener en cuenta a la hora de establecer el valor de astilla muerta.

Usando el plano de formas, se han tomado medida en el espejo de popa y en la sección de c.d.g, obteniéndose una astilla muerta de 17° , siendo este el valor medio. Los valores que poseen embarcaciones similares que han dado buenos resultados, presentan un valor comprendido entre los 15° - 20° grados.

- f: distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad:

Tomando medidas en los planos y de una forma aproximada se ha establecido una distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad de un metro.

V: velocidad:

A esta embarcación no se le ha exigido una gran velocidad por parte del cliente, ya que para su uso no es necesario. Se ha establecido como objetivo conseguir un buen comportamiento en la navegación en las distintas condiciones de carga a una velocidad de 17 nudos (8,745 m/s).

9.2.- Predicción potencia a plena carga

1. Datos de partida:		
m	masa desplazada	7974,179 kg
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	5,031 m
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,286 m
b	Manga máxima entre pantoques	3,800 m
Ángulo del eje respecto L.B.	Inclinación del eje relativa a la línea base	8,000 grados
Astilla muerta	Media entre popa y la sección en c.d.g.	17,000 grados
f	Distancia entre el eje y el c.d.g.	1,000 m
V	Velocidad	8,745 m/s
Cv		1,432
CLB (formula 1)		0,138
CLB (formula 2)		0,138
CLo		0,177
Clo (formula 3)		0,177
Trimado		4,000 grados
Landa		2,258
Lm		8,580 m
Rn		63643424,936
Cf		0,002
Delta Landa (gráfico)		0,300
Rf		3,371 Kn
ff		1,000 m
Lcp		4,523 m
e		0,508 m
Mh		33,763 Kn*m
Mf		-0,275 Kn*m
M		33,488 Kn*m
Trimado medio		
Rfo		
R		
Pe		
Pd		
Rendimiento transmisión		0,500

	1,432
	0,138
	0,138
	0,177
	0,177
	3,000 grados
	2,730
	10,374 m
	76947099,237
	0,002
	0,450
	4,074 Kn
	1,000 m
	5,068 m
	-0,037 m
	-6,981 Kn*m
	-0,021 Kn*m
	-7,001 Kn*m
	3,17 grados
	3,95 Kn
	8,20 Kn
	71,75 Kw
	143,51 Kw
	195,25 HP

9.3.- Predicción potencia al 10% consumos

1. Datos de partida:			
m	masa desplazada		
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	5,014 m	
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,325 m	
b	Manga máxima entre pantoques	3,800 m	
Ángulo del eje respecto	Inclinación del eje relativa a la línea base	8,000 grados	
Astilla muerta	Media entre popa y la sección en c.d.g.	17,000 grados	
f	Distancia entre el eje y el c.d.g.	1,000 m	
V	Velocidad	8,745 m/s	
Cv		1,432	1,432
CLB (formula 1)		0,129	0,129
CLB (formula 2)		0,129	0,129
CLo		0,167	0,167
Clo (formula 3)		0,167	0,167
Trimado		4,000 grados	3,000 grados
Landa		2,170	2,640
Lm		8,246 m	10,032m
Rn		61163078,880	74410381,679
Cf		0,002	0,002
Delta Landa (gráfico)		0,450	0,450
Rf		3,473 Kn	3,978 Kn
ff		1,042 m	1,042 m
Lcp		4,415 m	4,967 m
e		0,599 m	0,047 m
Mh		38,020 Kn*m	-0,466 Kn*m
Mf		-0,182 Kn*m	0,100 Kn*m
M		37,838 Kn*m	-0,366 Kn*m
Trimado medio			3,01 grados
Rfo			3,97 Kn
R			7,73 Kn
Pe			67,63 Kw
Pd			135,27 Kw
Rendimiento transmisión		0,500	184,04 HP

Los valores de trimado y de potencia requerida son aceptables. Se debe de tener en cuenta que el factor “rendimiento de transmisión empleado” (0,50) es bastante conservador, tratándose de un motor dentro fuera borda, en el cual no existe un gran número de pérdidas derivadas de la transmisión por línea de ejes a diferencia de los motores intra borda. Por lo que los valores de potencia requerida son bastante conservadores.

9.4.- Porpoising

El método de Stavistky se encarga de calcular la resistencia en planeo, y además de calcular la resistencia al avance, nos permite comprobar si el régimen de navegación es estable, o si por el contrario, planea en régimen de “porpoising”.

En el siguiente gráfico, se representan los límites de estabilidad longitudinal en planeo, en función del ángulo de asiento, el ángulo de astilla muerta y el ángulo de trimado.

La gráfica viene en función de $\sqrt{CL\beta}/2$ y el ángulo de trimado.

$\sqrt{CL\beta}/2$: sirve para comprobar si se produce el fenómeno de “porpoising”, evalúa los límites de estabilidad de planeo longitudinal.

Ángulo de asiento: Es el otro valor de entrada en la gráfica.

Potencia requerida: expresa la potencia necesaria, según este método, para alcanzar la velocidad requerida en la condición de carga dada y con los datos de entrada utilizados.

Los datos que se han obtenido son los siguientes:

	Peso (Kg)	$\sqrt{CL\beta}/2$	Ángulo de asiento (grados)	Potencia (HP)
Salida puerto plena carga	7974,1790	0,2627	3,17	195,25
Llegada puerto 10% consumos	7434,1790	0,2540	3,01	184,04

Si se entra con los valores del ángulo de asiento y de $\sqrt{CL\beta}/2$ en la siguiente gráfica, se observa que la embarcación no entra en "porpoising" a la velocidad de diseño (17 nudos), por lo tanto no se realizará ningún cambio en el diseño de la carena.

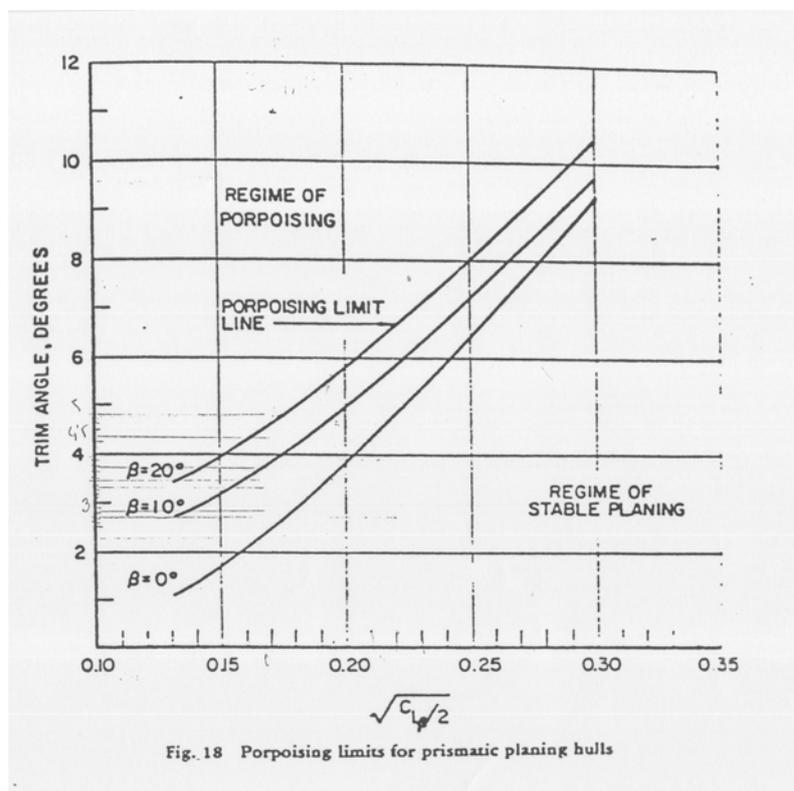
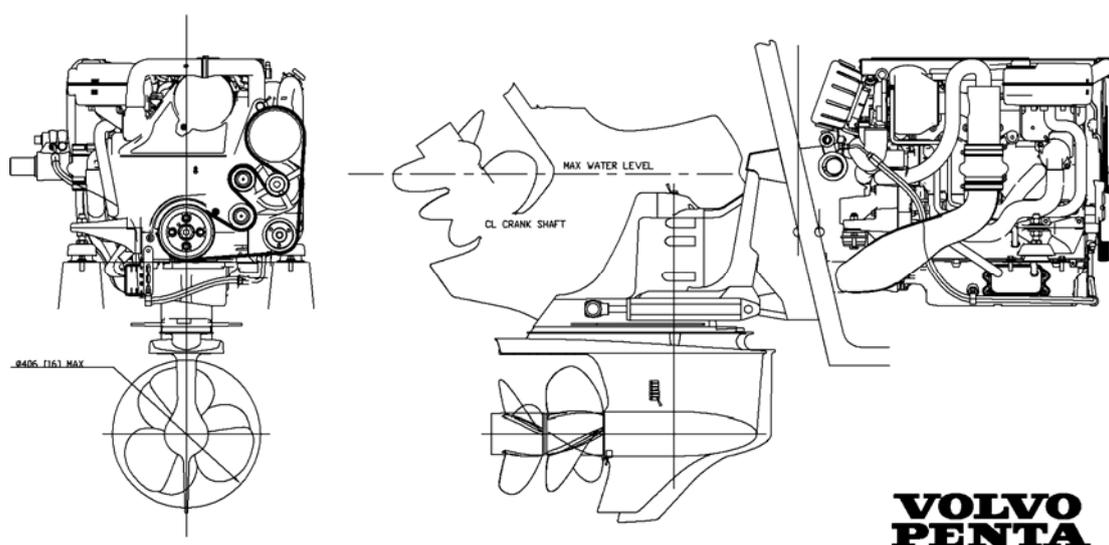


Fig. 18 Porpoising limits for prismatic planing hulls

9.5.- Motor propulsor

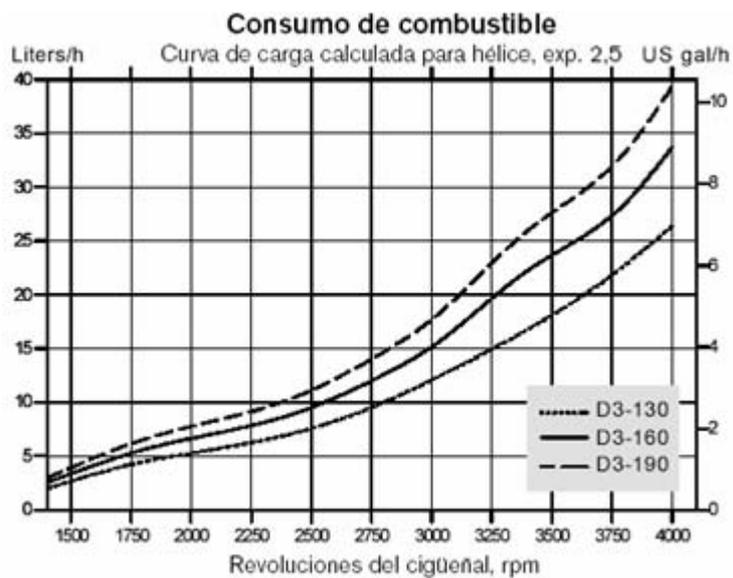
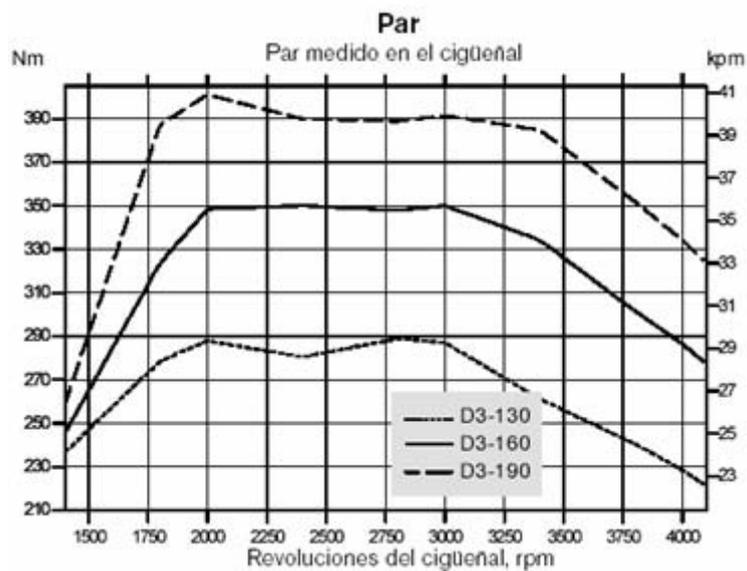
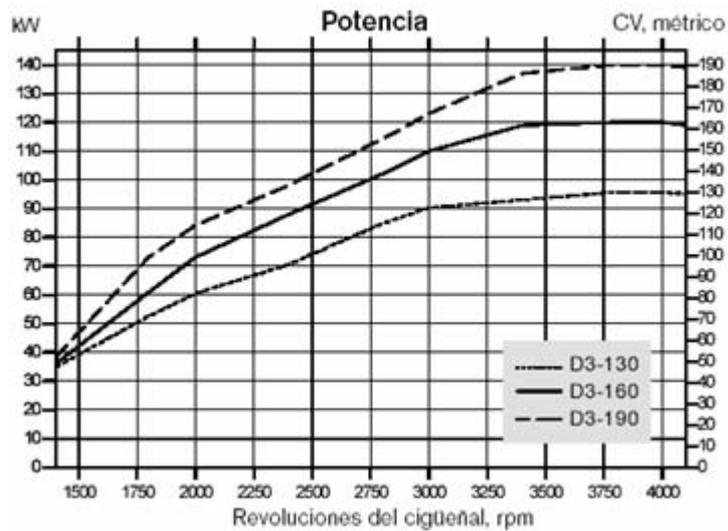
Una vez obtenida la potencia necesaria, esta servirá para tener una idea del tipo de motor propulsor necesario. La elección del motor ha dependido de las comparaciones realizadas con motores de similares características teniendo en cuenta no sólo la potencia requerida sino también el precio, empaque dimensiones y servicio del motor en caso de avería. Al final hemos optado por instalar dos motores D3-130 VOLVO PENTA.



Ahora es necesario saber, aproximadamente, cuanta cantidad de combustible es necesario. Para ello tendremos que fijar cuál será la autonomía de la embarcación.

Pues bien fijaremos como autonomía 18 horas.

Entrando en las gráficas siguientes podemos obtener los siguientes resultados:



Potencia	100 CV
Par	285 Nm
Consumo de combustible	9 l/h
Revoluciones por minuto	2700 rpm

Con lo cuál el consumo total será:

$$\text{Consumo} = 9 \frac{l}{h} \times 2 \text{motores} \times 18h = 324 \text{litros}$$

Como medida de seguridad se incrementarán los litros de combustible en un 20%, con lo que los litros necesarios serían:

$$324 \times 1,20 = 388,8 \text{litros}$$

El peso del combustible será:

$$\text{Peso} = 388,8l \times 0,85 \frac{kg}{l} = 330,48kg$$

A continuación en las páginas siguientes adjuntamos toda la información sobre el motor extraída de los manuales pertenecientes a Volvo Penta. También para observar con más detalle el motor adjuntamos su plano en el capítulo 15.

VOLVO PENTA AQUAMATIC DUOPROP

D3-130, 160, 190/DPS

96-120-140 kW (130-163-190 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

Potencia para disfrutar

El Volvo Penta D3 de 5 cilindros ha sido desarrollado a partir del último diseño en tecnología diesel. Es un motor muy ligero y compacto. Combinando características tales como inyección de combustible common-rail, doble árbol de levas en cabeza, 4 válvulas por cilindro, turbocompresor de geometría variable, aftercooler y el EVC (Electronic Vessel Control) se ha conseguido uno de los más altos rendimientos en combinación con bajas emisiones de escape para motores diesel.



Prestaciones de primera clase

El sistema de inyección common-rail, controlado electrónicamente, en combinación con un gran volumen de barrido y el turbocompresor de geometría variable (VGT), aseguran un par extraordinario durante la aceleración, con prácticamente ningún rastro de humo. Todo ello asociado con el bajo peso del motor brinda unas prestaciones que permiten disfrutar en grande de la vida a bordo.

Bajo peso

En relación a su potencia, el motor tiene un peso extraordinariamente bajo. Esto se ha conseguido gracias a su base de aluminio y a una muy eficiente adaptación a las condiciones marinas. Todo ello contribuye a una relación potencia/peso comparable a la de un motor de gasolina.

Como equipo de serie y para una larga vida de servicio el motor incorpora refrigeración por agua dulce.

Compacto y robusto

Cabe decir que en consideración a su gran volumen de barrido este motor es ultracompacto. Su tamaño compacto es resultado de las camisas integradas en fundición de hierro gris, de la bomba de agua dulce integrada, de una perfecta adaptación al entorno marino y a la perfecta simetría del motor.

El rígido bloque de cilindros y su culata en aluminio con estructura en cuña, el refuerzo en escalera del bloque y la inyección de combustible de alta presión y exactamente controlada proporcionan un excelente confort a bordo con bajos niveles de ruido y vibraciones.

EVC/MC - Conectar y navegar

El EVC (Electronic Vessel Control) es el último desarrollo de Volvo Penta en instrumentos para motores marinos con mando mecánico.

Con el EVC/MC usted puede acoplar la instrumentación de su embarcación a la perfección.

Desde un solo display integrado en el tacómetro EVC, se puede controlar toda la información del motor y la navegación, información que se transmite a un completo tablero con indicadores de serie y al display LCD del sistema EVC. EVC/MC ofrece nuevas funciones tales como el ordenador de viaje y el control electrónico del power trim, que facilita el uso de la embarcación (opcional). El sistema se basa en la última tecnología usada en automoción. Incorpora conectores estancos, por lo que lo único que hay que hacer es conectar y navegar.

El EVC funciona en íntima interacción con el sistema de gestión del motor, ofreciendo una potencia constante independientemente de la temperatura (5°C-55°C) y de la calidad del combustible.

Cola DPS

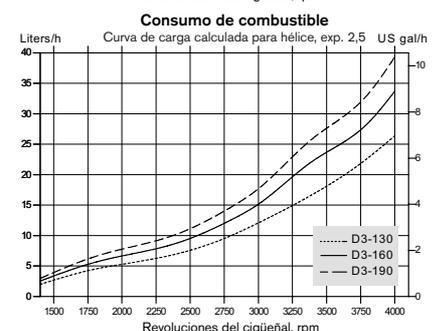
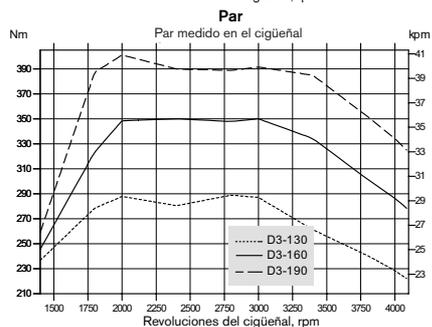
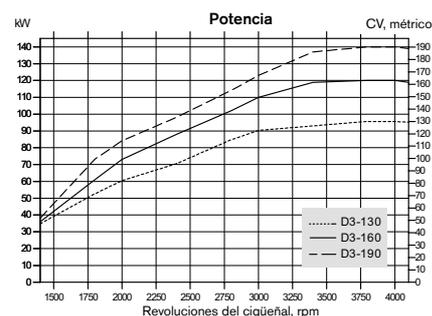
La cola Duoprop con las dos hélices contrarrotantes y las salidas de escape a través del cubo de la hélice y de la placa anti cavitación ofrece un funcionamiento armonioso de características insuperables en cuanto a velocidad, aceleración, maniobras, consumo y menos niveles de vibración y sonoridad.

La cola está dotada de un embrague cónico, que permite un cambio fácil y suave y una unidad hidráulica para regular el asiento de la embarcación, obteniendo así una óptima marcha en diferentes condiciones de carga y oleaje.

El D3/DPS incorpora servodirección como equipo de serie para conseguir máximo confort durante la marcha.

Satisfaciendo nuevos estándares de emisiones de escape

El sistema de inyección common-rail en combinación con la electrónica y un avanzado sistema de combustión introducen nuevos estándares en la minimización de emisiones y partículas nocivas. El motor cumple las amplias exigencias de emisiones de escape que se implantan en Europa en 2006 y Estados Unidos en 2007.



**VOLVO
PENTA**

D3-130,160,190/DPS

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque y culata de aluminio
- Refuerzo en escalera del bloque
- Tecnología de 4 válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Pistones refrigerados por aceite, con dos aros de compresión y uno de aceite
- Camisas integradas en fundición de hierro gris
- Asientos de válvula cambiables
- Cigüeñal de seis apoyos
- Distribución anterior

Suspensión del motor

- Suspensión elástica

Sistema de lubricación

- Filtro de aceite de paso total (cartucho sustituable) fácilmente cambiable
- Enfriador de aceite tipo placa

Sistema de combustible

- Sistema de inyección common-rail
- Unidad de control para procesar la inyección
- Filtro fino con separador de agua

Sistema de admisión y escape

- Filtro de aire con cartucho sustituible
- Ventilación cerrada del cárter con separador de aceite del tipo ciclón
- Codo de escape de acero inoxidable
- Turbocompresor de geometría variable

Sistema de refrigeración

- Refrigeración por agua dulce de regulación termostática
- Intercambiador de calor tubular con un gran depósito de expansión separado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Rodete de bomba de agua fácilmente accesible
- Toma de agua integrada en la cola
- Filtro de agua salada

Sistema eléctrico

- Unipolar, de 12 V
- Alternador de 140 A, que integra compensación del regulador de carga por temperatura
- Mecanismo de paro eléctrico

Instrumentos/mandos (opción)

- Mando mecánico para acelerador y cambio de marcha
- Una completa gama de instrumentos, incluyendo interruptor de llave y alarma de bloqueo
- Indicador de trim digital con lectura digital o analógica
- Conexiones eléctricas del tipo enchufe

Cola

- Disponible con una amplia gama de hélices Duoprop
- Embrague cónico
- Engranajes helicoidales emparejados

- Salida de escape por el cubo de la hélice y de la placa anti cavitación
- Manguito protector de sobrecargas (acoplamiento desprendible)
- Puede bascular 52°
- Puede girar 28° en cada dirección
- Función de basculamiento incorporada para reducir los daños en caso de choque con objetos sumergidos
- Protección Anticorrosión Activa como accesorio
- Sonda de velocidad integrada en el carter de la transmisión
- Anodo protector fácilmente accesible en el lado posterior de la placa anticavitación

Power trim

- Bomba de trim compacta de alta capacidad para una rápida respuesta y fácil instalación
- Indicador del ángulo de ajuste

Accesorios

Una amplia gama de accesorios está disponible. Para más información, consulte el catálogo Accesorios y Piezas de repuesto (www.volvopenta.com).

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.

Datos técnicos

Modelo	D3-130 A	D3-160 A	D3-190 A
Potencia al cigüeñal, kW (CV)	96 (130)	120 (163)	140 (190)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV)	90 (122)	114 (155)	133 (181)
Revoluciones, rpm	4000	4000	4000
Cilindrada, l	2,4	2,4	2,4
Número de cilindros	5	5	5
Diámetro cilindros/carrera, mm	81/93,2	81/93,2	81/93,2
Relación de compresión	17,3:1	17,3:1	17,3:1
Cola Volvo Penta Duoprop	DPS	DPS	DPS
Ratio	2,11:1	2,11:1	1,95:1
Peso en seco con cola DPS, hél. excl., kg	330	330	330

Potencia: R5

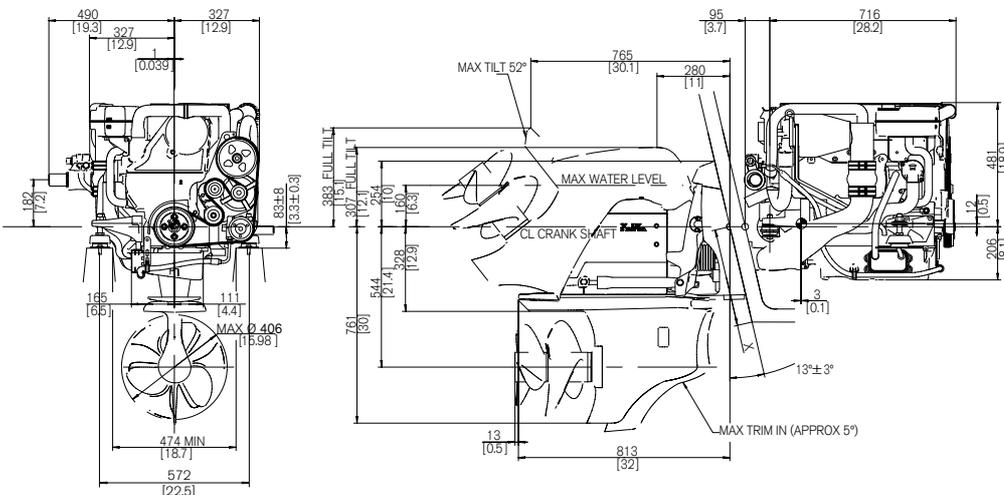
Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C.

Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible.

El motor cumple las amplias exigencias de emisiones de escape que se implantan en Europa en 2006 y Estados Unidos en 2007.

Dimensiones D3-130, 160, 190/DPS

No para instalación



VOLVO PENTA

AB Volvo Penta
SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

CAPÍTULO 10: ESTUDIO DE ESTABILIDAD

10.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD

El objetivo de este capítulo es, obviamente, realizar un estudio sobre la estabilidad de la embarcación que permita comprobar si se cumplen los requisitos mínimos, establecidos por la normativa, al respecto.

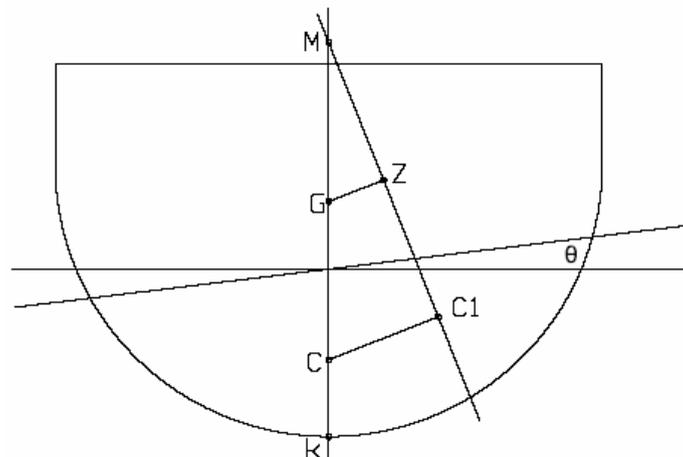
Concretamente se aplicará, en este sentido, la circular 7/95, y la circular 12/90 de la Dirección General de la Marina Mercante, en cuanto a flotabilidad y criterios de estabilidad a cumplir.

10.1.- Estabilidad inicial

Llamamos estabilidad inicial a la estabilidad de la embarcación para pequeñas inclinaciones (hasta 10°). En estos casos, el metacentro se encuentra situado en el plano de crujía, y se considera como un punto fijo para cualquier valor de escora.

Llamamos GM o altura metacéntrica a la distancia entre el centro de gravedad y su metacentro transversal. Observando la figura podemos comprobar que:

$$GM = KC + CM - KG$$



El brazo del par de estabilidad equivale a $Gm * \text{sen}\theta$, por tanto el GM es una medida de la estabilidad inicial de la embarcación.

Por tanto, si GM es positivo (G debajo de M), el barco tendrá equilibrio estable. Si GM es cero (G y M) coinciden en el mismo punto), el equilibrio será indiferente, y si el GM es negativo (G por encima de M), la embarcación no estará en equilibrio en esa posición.

De lo anterior puede sacarse la conclusión de que GM es el factor más importante de la estabilidad, de manera que cuanto mayor sea su valor, más difícil será producir una escora en la embarcación, por ser mayor el par de fuerzas necesario para producirla.

10.2.- Estabilidad a grandes ángulos

Cuando la inclinación de la embarcación excede de la considerada en la estabilidad inicial, el metacentro se sale de su posición inicial y su determinación se hace extremadamente laboriosa. Por lo tanto, hemos de recurrir a otro parámetro para medir la estabilidad a grandes ángulos.

Éste parámetro no es otro que el brazo del par de estabilidad, que es la distancia que separa las líneas de actuación del peso y del empuje.

En la estabilidad inicial GZ se considera cero, ya que para valores pequeños de inclinación la función $\text{sen}\theta$ toma valores muy próximos a cero ($GZ \approx GM * \text{sen}\theta$).

Sin embargo, cuando la inclinación aumenta, la expresión $\text{sen}\theta$ adquiere valores apreciables, con lo que, el brazo GZ para una determinada inclinación puede calcularse como

$$GZ_{\theta} = KN_{\theta} - KG * \text{sen}\theta$$

El brazo KN es la distancia medida desde la quilla hasta la línea de actuación del empuje en la flotación inclinada. Por tanto, el brazo KN es función del desplazamiento y el ángulo de escora, en definitiva, de las formas sumergidas de cualquier embarcación.

Los valores de los brazos KN para cada inclinación se suelen representar en función del desplazamiento, en las llamadas curvas isoclinas o de brazos KN.

Por otra parte, el brazo del par de estabilidad GZ también depende de la posición vertical del centro de gravedad (KG). Por tanto, una vez conocidos el desplazamiento, la posición del centro de gravedad y disponiendo de las curvas KN, es posible determinar los brazos GZ para cada inclinación mediante una tabla.

A partir de dicha se pueden dibujar la llamada curva de estabilidad estática transversal, que indica la estabilidad del buque para grandes ángulos de inclinación. Es decir, se pueden conocer las fuerzas que actuarán sobre la embarcación para una gama de inclinaciones, con lo cual se puede predecir el comportamiento de la misma.

Para obtener la curva de estabilidad estática transversal se representan en el eje de ordenadas los valores de los brazos GZ en metros, y en el de abscisas los ángulos de inclinación en grados.

El origen de la curva representa el punto de equilibrio cuando la embarcación tiene su centro de gravedad en crujía. El barco estará en equilibrio en la posición de adrizado, y el origen de la curva será el punto de abscisas 0° de inclinación.

La tangente en el origen representa el ángulo de salida de la curva GZ, pudiéndose determinar su valor derivando la curva GZ respecto θ y obteniendo su valor para $\theta=0$.

El ángulo de extinción (θ_c) de la estabilidad es el punto de corte de la curva GZ con el eje de abscisas. En este punto, el par de estabilidad es cero.

El ángulo de inundación (θ_i) es el ángulo de inclinación para el cual se produce la entrada de agua en el interior de la embarcación por aberturas no estancas. Este ángulo depende de la situación de las aberturas y de desplazamiento de la embarcación, ya que con el aumento de este, se disminuye el francobordo.

Si el ángulo de inclinación es menor que el ángulo de extinción, la curva GZ se interrumpe en θ_i , ya que la situación de flotación no sería real, pues al entrar agua por las aberturas no estancas variaría la situación del centro de gravedad de la embarcación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se hace necesario establecer, por tanto, unos requisitos mínimos que garanticen la estabilidad de la embarcación y la seguridad del pasaje a bordo.

A continuación se exponen los criterios de flotabilidad y estabilidad establecidos por la circular 7/95 de la Dirección General de la Marina Mercante, y la comprobación de su cumplimiento por parte de la embarcación.

10.3.- Flotabilidad (circular 7/95 DGMM)

* Estabilidad en estado intacto de embarcaciones de eslora menor de 12 m.

1.- La estabilidad de la embarcación en estado intacto y en la condición de desplazamiento en rosca deberá satisfacer lo prescrito en el punto 3 de este apartado con un momento escorante causado por un peso de $20n$ Kg pero no inferior a 40 Kg (siendo n el número de personas autorizadas a bordo), colocado a una distancia de $0,5^*B$ de crujía, y situado al nivel de la borda, en la sección transversal de máxima manga.

2.- Deberá comprobarse la estabilidad al estado intacto en la situación de máxima carga de acuerdo con lo previsto en los puntos 2.1 y 2.2 siguientes cuando se considere que esta prueba será determinante para fijar el número máximo de personas admisibles a bordo.

2.1.- A fin de comprobar que la embarcación no zozobrará ni sufrirá una escora excesiva si las personas que se encuentren a bordo se desplazan hacia el mismo costado, se comprobará que la embarcación cumple con lo previsto en el punto 3 cuando actúe un momento escorante originado por un peso igual al producto en Kg. de 75 y el número de personas admisibles

a bordo dispuesto en el piso de la embarcación tan alejado de crujía como sea posible y en ningún caso a menor de $0,25 * B$ de crujía.

2.2.- El peso escorante en la condición de máximo desplazamiento deberá situarse a la altura del piso de la embarcación y distribuido de proa a popa en las posiciones que ocuparían las personas que hayan de embarcar. Los pesos que se dispongan en sustitución de los que tendría la embarcación con todos sus accesorios y equipo deberán colocarse en las posiciones asignadas a esos accesorios y equipo. Cuando no esté previsto un lugar determinado para los accesorios y el equipo, los pesos se colocarán tan a popa como sea posible.

3.- Al comprobar la estabilidad de la embarcación en estado intacto se considerará que la estabilidad es adecuada si no entra agua en el interior de la embarcación. En las embarcaciones en las que el acceso normal a la bañera y demás alojamientos se realiza a lo largo de la borda, el ángulo de escora no deberá exceder de 15° durante la prueba.

Según lo señalado anteriormente, se comprobará a continuación si se cumplen dichos criterios:

Según lo establecido en el punto 1, ha de aplicarse a la embarcación en la condición de desplazamiento en rosca lo siguiente:

- Un par escorante de: $20 \times 12 \times 2 = 480 \text{ kg} \times \text{m}$

Siendo:

12: numero de personas para el que se desea que la embarcación esté homologada.

2 m: mitad de la manga máxima de la embarcación.

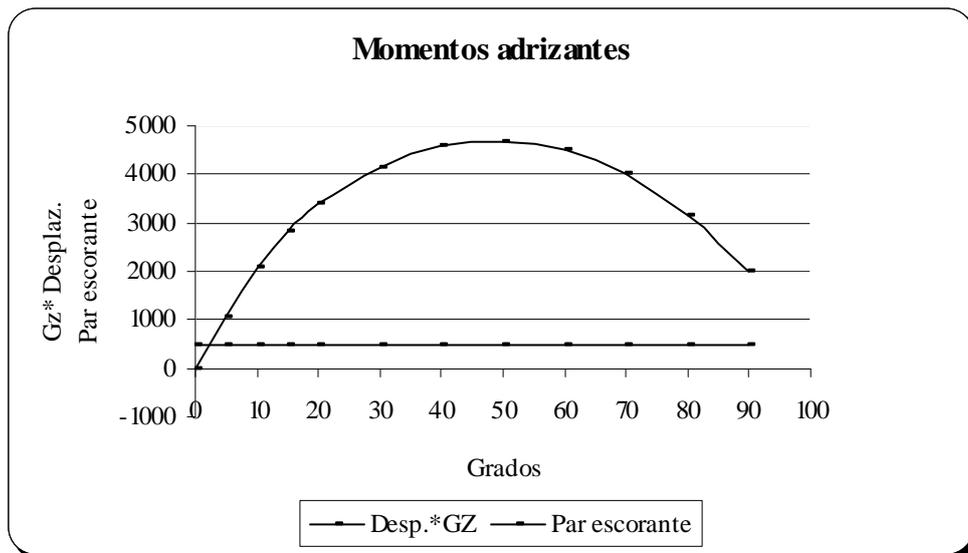
A continuación se muestra la tabla y gráfica donde se comprueba que se cumple lo establecido en esta circular.

Esta tabla y gráfica se ha obtenido por medio de los datos obtenidos del programa informático Hydromax Pro, el cual realiza distintos análisis según la condición de carga determinada.

En este caso la condición de carga que se ha analizado es la de rosca.

Desplazamiento (kg) =	6174,18
Par escorante (kgxm)=	480

Ángulo (°)	GZ (m)	Desp x GZ (kgxm)
0	-0,005	-30,8709
5	0,173	1068,133
10	0,336	2074,524
15	0,456	2815,426
20	0,547	3377,276
30	0,673	4155,223
40	0,74	4568,893
50	0,757	4673,854
60	0,732	4519,499
70	0,65	4013,217
80	0,507	3130,309
90	0,326	2012,782



Como se puede comprobar, la embarcación en esta condición no llega a escorar más de 3°. Por lo tanto cumple satisfactoriamente lo requerido en la circular aplicable.

Según lo establecido en el punto 2.1, ha de aplicarse a la embarcación en la condición de máxima carga, lo siguiente:

- Un par escorante de: $75 \times 12 \times 1,66 = 1494 \text{ kg x m}$

Siendo:

75: peso considerado por persona.

12: número de personas para el que se desea que la embarcación esté homologada.

1,66: semi-manga máxima a la que se van a poder encontrar las personas de abordo.

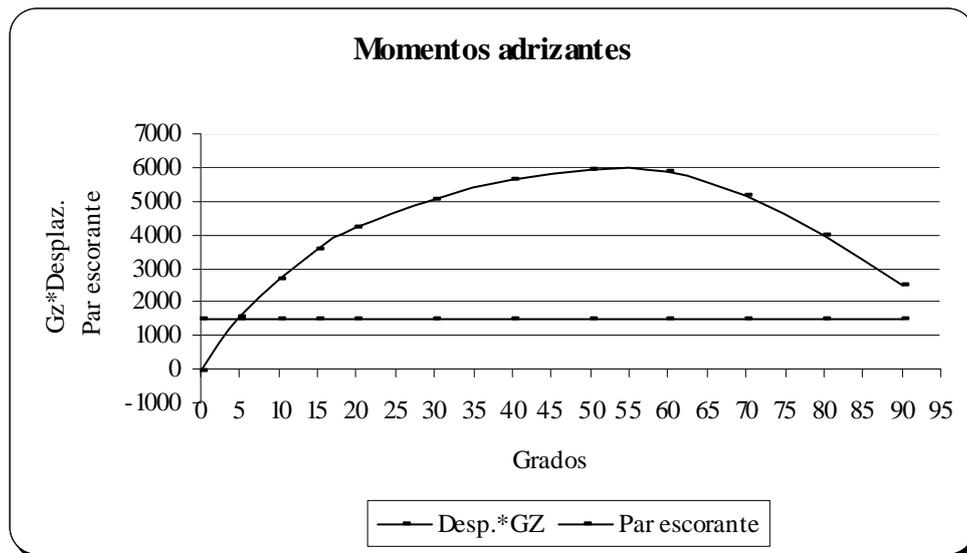
A continuación se muestra la tabla y grafica donde se comprueba que se cumple lo establecido en esta circular.

Esta tabla y gráfica se ha obtenido, al igual que en el caso anterior, por medio de los datos obtenidos del programa informático Hydromax Pro.

En este caso se ha realizado el análisis en condición de desplazamiento en plena carga, tal y como requiere la normativa aplicable.

Desplazamiento (kg) =	7974,18
Par escorante (kg x m) =	1494

Ángulo (°)	GZ (m)	Desp x Gz (kgxm)
0	-0,009	-71,768
5	0,191	1523,068
10	0,339	2703,247
15	0,445	3548,510
20	0,525	4186,445
30	0,636	5071,578
40	0,705	5621,797
50	0,743	5924,816
60	0,739	5892,919
70	0,65	5183,217
80	0,501	3995,064
90	0,315	2511,867



Como se puede comprobar, la embarcación en esta condición no llega a escorar más de 5°. Por lo tanto cumple satisfactoriamente lo requerido en la circular aplicable.

10.4.- Criterios de estabilidad a cumplir según Circular 12/90 de la Dirección General de la Marina Mercante.

* Condiciones de Carga

Según la circular aplicable las condiciones de carga para el análisis de la estabilidad son, en función del tipo de embarcación:

a) Buques de pasaje: (al ser el proyecto una embarcación de recreo, no está previsto que transporte carga distinta a la del pasaje).

1. Salida de puerto, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje (sin carga)
2. Llegada a puerto, con el total de pasajeros con su equipaje, y con el 10% del combustible y provisiones.

Para estas condiciones de carga, la embarcación debe cumplir los criterios expuestos en el siguiente apartado.

* Criterios de estabilidad

Las curvas de estabilidad de las situaciones de carga especificadas en el punto anterior deben cumplir lo siguiente:

a) El área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes no será inferior a 0,055 m x rad hasta el ángulo de escora de 30°, ni inferior a 0,09 m x rad hasta 40° o hasta el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40°.

Además, el área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escoras de 30° y 40° o entre 30° y el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40°, no será inferior a 0,03 m x rad.

b) El brazo adrizante será de 200 mm, como mínimo, para un ángulo de escora igual o superior a 30°.

c) El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25°.

d) La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 150 mm.

Por otra parte también debe cumplir:

e) El ángulo de escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros no debe exceder de 10°.

f) El ángulo de escora por efecto de una virada no debe ser superior a 10° cuando se emplea la siguiente fórmula de cálculo:

$$M = 0,02(V^2/L) \square (KG - d/2)$$

Donde: M = momento escorante en Tm x m.

V = Velocidad de crucero en m/seg.

L = eslora en flotación en mts.

\square = desplazamiento en Tm.

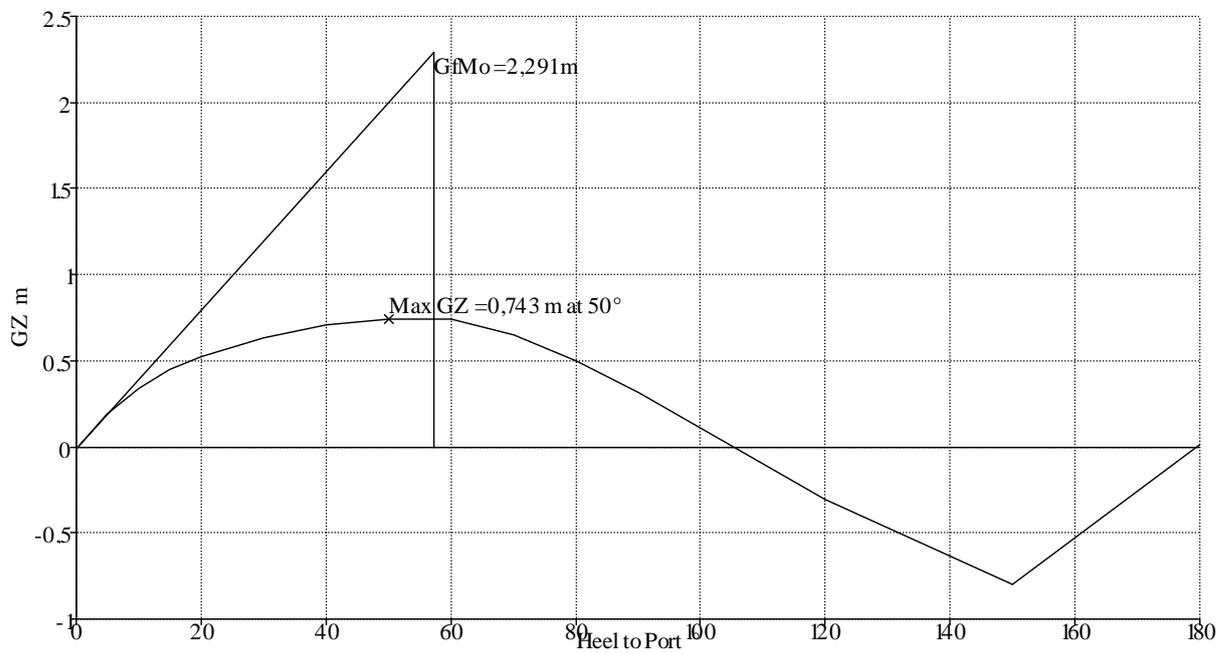
d = calado medio en mts.

KG = ordenada centro gravedad sobre quilla.

A continuación se adjuntan las gráficas obtenidas, para cada condición de carga descritas anteriormente, en el programa informático Hydromax Pro, el cual realiza distintos análisis según la condición de carga determinada.

- * Salida de puerto, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje

Condición de carga	Cantidad	Desplazamiento (kg)	XG (m)	KG (m)	LG (m)
Salida plena carga	1	7974,18	5,062	1,290	-0,009

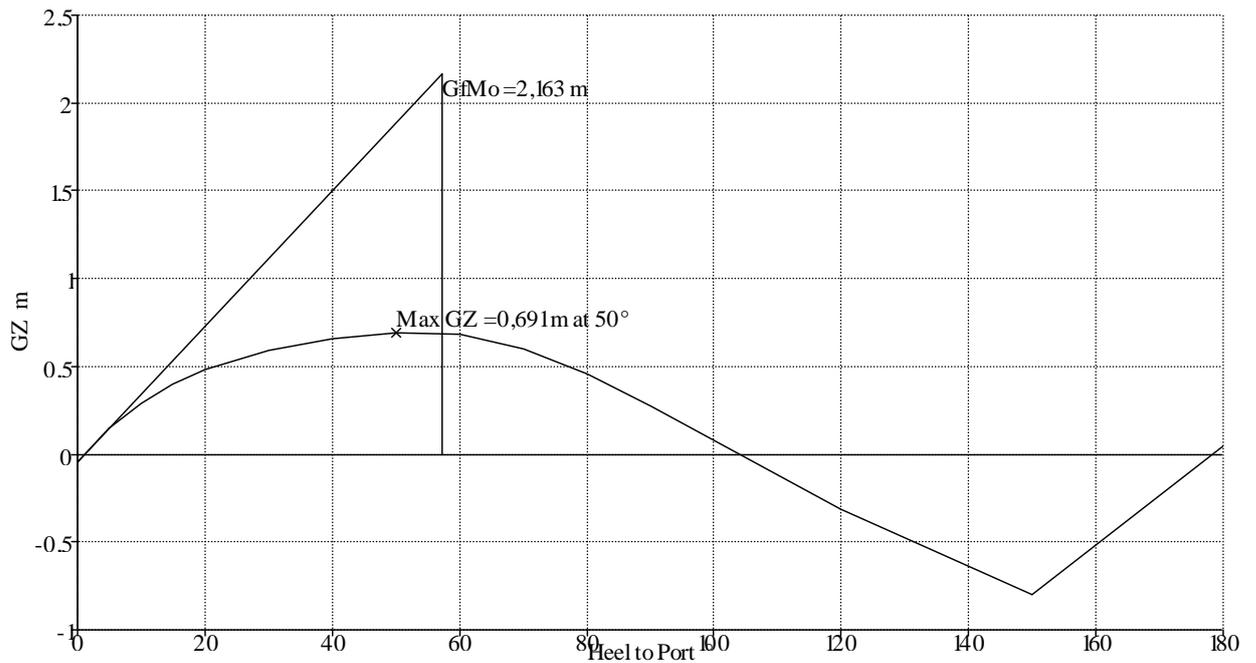


Comprobemos ahora si cumple los requisitos:

Criterio	Unidades	Requerido	Actual	Comprobación
Área de 0 a 30°	m x rad	0,055	0,209	Válido
Área de 0 a 40° o hasta el ángulo de inundación si este es menor que 40°	m x rad	0,09	0,326	Válido
Área entre 30° y 40° o el ángulo de inundación	m x rad	0,03	0,117	Válido
Brazo adrizante para un ángulo de escora mayor o igual a 30°	m	0,2	0,743	Válido
Ángulo de escora para el máximo brazo adrizante	grados	25	50	Válido
GM	m	0,15	2,291	Válido
Ángulo escora por la posición más desfavorable de los pasajeros	grados	máximo 10	5,257	Válido
Ángulo escora por efecto de una virada	grados	máximo 10	3,619	Válido

* Llegada a puerto, con el total de pasajeros con su equipaje, y con el 10% del combustible y provisiones.

Condición de carga	Cantidad	Desplazamiento (kg)	XG (m)	KG (m)	LG (m)
Llegada a puerto	1	7434,18	5,014	1,332	-0,049



Comprobemos ahora si cumple los requisitos:

Criterio	Unidades	Requerido	Actual	Comprobación
Área de 0 a 30°	m x rad	0,055	0,185	Válido
Área de 0 a 40° o hasta el ángulo de inundación si este es menor que 40°	m x rad	0,09	0,295	Válido
Área entre 30° y 40° o el ángulo de inundación	m x rad	0,03	0,109	Válido
Brazo adrizante para un ángulo de escora mayor o igual a 30°	m	0,2	0,691	Válido
Ángulo de escora para el máximo brazo adrizante	grados	25	50	Válido
GM	m	0,15	2,163	Válido
Ángulo escora por la posición más desfavorable de los pasajeros	grados	máximo 10	7,275	Válido
Ángulo escora por efecto de una virada	grados	máximo 10	4,94	Válido

Como reflejan las tablas, la embarcación cumple satisfactoriamente los requisitos de la Circular 12/90 de DGMM respecto a la estabilidad en cada una de las condiciones de carga exigidas.

CAPÍTULO 11: FRANCOBORDO

CAPÍTULO 11: FRANCOBORDO

Para justificar nuestro francobordo haremos uso de la normativa según la circular 7/95 de la normativa de la Dirección General de la Marina Mercante:

El francobordo es la distancia vertical en el costado, desde la cara superior del trancanil, o línea de cubierta, hasta la línea de agua en la condición de desplazamiento máximo.

La fórmula para hallarlo es la siguiente:

$$\text{Francobordo medio} = \frac{F_a + F_m + F_f}{3}$$

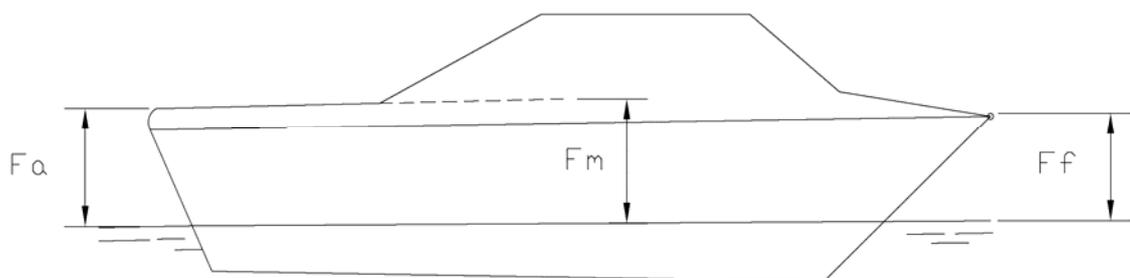
Siendo:

F_a : Francobordo en el extremo de proa.

F_m : Francobordo medido en la mitad de la eslora.

F_f : Francobordo en el extremo de popa.

Si existe un punto por debajo de la línea cubierta por donde pueda producirse inundación progresiva en el interior de la embarcación, se tomará éste, como el límite de la distancia a medir.



Nuestro francobordo medio no será inferior a $0,2*B$ en la condición de máxima carga.

El francobordo medio de nuestra embarcación mide 1,551 m, y como es mayor al requerido, 0,808 metros, es válida nuestra altura de francobordo.

El francobordo mínimo será en todo caso el suficiente para cumplir los requisitos de estabilidad y escantillonado.

Por lo tanto, la embarcación cumple los requisitos establecidos por la circular 7/95 de la Dirección General de la Marina Mercante.

CAPÍTULO 12: ARQUEO

12. - ARQUEO

1.- Las embarcaciones de recreo de eslora (L) menor de 15 metros podrán arquearse por la Regla 2ª.

2.- El Arqueo comprenderá los espacios situados por debajo de la cubierta superior y aquellos situados encima de la cubierta superior no considerados exentos en el punto tercero. Se considerará cubierta superior una cubierta superior equivalente, cerrada, abierta o parcialmente cerrada, extendida de proa a popa.

3.- Se considerarán espacios exentos, las cocinas, aseos y puente de gobierno situados encima de la cubierta superior, o la parte de los mismos situada por encima de la citada cubierta.

4.- El Arqueo bajo cubierta se determinará por la fórmula:

$$A = \frac{K * L \left[\frac{M + C}{2} \right]^2}{2,83}$$

Siendo:

K para PRFV = 0,18

L: La eslora de la cubierta de arqueo medida sobre la cubierta superior desde la parte más saliente de la popa o espejo. Se excluyen las partes integrales del casco como rodas, o codastes, púlpitos y plataformas de baño, así como defensas y otras partes no integrales. En las popas con plataformas de baño integral se tomará el punto más a popa del espejo.

M: La manga de arqueo se medirá de fuera a fuera del forro en la sección transversal de mayor manga.

C: El contorno de la sección maestra, medida desde la parte superior del trancanil en un costado a la parte superior del trancanil del otro costado.

En las embarcaciones con quilla vertical o que tenga orza, se medirá el semicontorno hasta la unión de la aparadura con la orza o quilla vertical, se multiplicará por dos y se le sumará el espesor de la orza o quilla vertical.

En nuestro caso el arqueado vale $A = 26,17$ Tn.

CAPÍTULO 13: PRESUPUESTO

13.- PRESUPUESTO

13.1.- Objetivo

El objetivo principal del cálculo del presupuesto es establecer si la embarcación será competitiva en el mercado, junto a productos de similares características.

Se ha procurado, por tanto, realizar una estimación del presupuesto lo más detallado 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.

Para estimar el presupuesto se han considerado dos apartados diferentes: materiales y mano de obra

A continuación se exponen las estimaciones realizadas en cada caso.

13.2.- Materiales

Los gastos de construcción producidos por los materiales se han resumido englobándolos en diferentes apartados, en función de sus características. En el siguiente cuadro se muestran de forma extendida dicha estimación.

Laminado	Cantidad	Precio +IVA	Total
Mat de fibra de vidrio 300 y 500 (kg)	534	2,8	1495,2
Tejido de fibra de vidrio 450,500 y 800 (kg)	537	2,5	1342,5
Resina (kg)	1874	2,65	4966,1
Gelcoat (kg)	80	7,1	568
Espuma de poliuretano (kg)	115	2,35	270,25
Material diverso rodillos, acetona, etc.	1	500	500
			9.142,05 □

Carpintería	Cantidad	Precio +IVA	Total
Puertas embisagradas	4	150	600
Mesa	1	300	300
Armarios de cocina	3	100	300
Armarios de madera barnizada (roperos)	3	320	960
Armario salón	1	200	200
Mueble-Mesa navegación	1	500	500
Sofá en "C"	1	600	600
Encimera de madera barnizada	1	300	300
Rodapiés y otros	1	550	550
Cama camarote proa	1	600	600
Camas individuales camarote popa	2	400	800
Guanteras	2	100	200
Piso forrado tablero marino	1	2800	2800
			8.710,00 □

Aseos	Cantidad	Precio +IVA	Total
Deposito de aguas fecales	2	175	350
Mangueras,tuberías	2	36,27	72,54
Bombas fecales de achique, filtro anti-olor, etc..	2	104,24	208,48
			631,02 □

Cocina	Cantidad	Precio +IVA	Total
Cocina con dos fuegos	1	200	200
Fregadero inox con desagüe	1	111,15	111,15
Válvula de fondo y pasa casco salida de agua	1	20	20
Manguera hasta deposito de agua	1	200	200
Bomba de presión agua	1	400	400
Nevera	1	139	139
			1.070,15

Camarotes	Cantidad	Precio +IVA	Total
Colchón camarote de proa	1	180	180
Cojines	5	45	225
Colchones camarote popa	2	100	200
			605,00

Instalación eléctrica	Cantidad	Precio +IVA	Total
Baterías de 12 V 70 Ah	3	239	717
Cajas de baterías de polipropileno	3	107,74	323,22
Acopladores de baterías 4 posiciones	2	32	64
Panel de fusibles 6 entradas	1	109,98	109,98
Conector de mechero 12 V en inox	1	17,55	17,55
Luces de techo halógenas	7	10,09	70,63
Luces de navegación (costados y alcance)	1	46	46
Molinete eléctrico 1200 W	1	1219	1219
Cables	1	200	200
Bomba achique 88 l/min.	1	110,41	110,41
Contacto automático para bomba de achique	1	16,24	16,24
Limpiaparabrisas eléctrico	1	228,15	228,15
			3.122,18

Elementos de cubierta	Cantidad	Precio +IVA	Total
Bitas y guiacabos de amarre	1	55,57	55,57
Cojinete de fondeo en acero inox. Con pasador	1	100	100
Cornamusas de amarre	4	10,3	41,2
Boca de llenado de agua de 45 mm con manguera	1	23,5	23,5
Bisagras tambucho pozo del ancla	4	5	20
Barandilla en acero inox	1	2000	2000

Compás de rosa empotrado	1	163	163
Toldo	1	250	250
Parabrisas frontal securit	1	800	800
Hard-top	1	700	700
Material antideslizante en cubierta	1	589,7	589,7
Acceso cámara de motores	1	200	200
			4.942,97 □

Otos equipamientos	Cantidad	Precio +IVA	Total
Ancla de 20 kg	1	226,98	226,98
Cadena del ancla 60 m	1	310	310
GPS lector de cartas Tracker 5500	1	935,32	935,32
VHF fijo A2E Hurricane	1	652,2	652,2
Antena VHF Navman 1730	1	45,75	45,75
Extintores	2	39	78
Botiquín homologado	1	200	200
Aros salvavidas con rabiza y luz	1	31	31
Equipo de cohetes	1	165	165
Chalecos salvavidas	12	16,5	198
			2.842,25 □

Accesorios	Cantidad	Precio +IVA	Total
Escotillas	2	245	490
Portillos practicables laterales	7	229	1603
Escotilla cabina	1	200	200
Plataforma de baño forrada en teka	1	250	250
Escalera de baño en acero inox con 3 peldaños	1	147	147
Solárium popa y proa	2	300	600
Módulo de cocina	1	700	700
Sofá en "U"	1	800	800
Mesa de superficie variable	1	208	208
Asiento del piloto	1	165,69	165,69
			5.163,69 □

Sistema de combustible	Cantidad	Precio +IVA	Total
Depósito combustible	2	150	300
Boca de llenado	2	14	28
Indicador de fuel	1	16	16
Respiradero	2	7,56	15,12
Demás accesorios	2	50	100

459,12 □

Dirección	Cantidad	Precio +IVA	Total
Rueda timón	1	86,58	86,58
Conjunto dirección	1	200	200
			286,58
			□

Tornillería y herrajes	Cantidad	Precio +IVA	Total
Tornillos, tuercas, bisagras...		120	60
Asideros hardtop	4	28	112
Demás accesorios		100	100
			272,00
			□

Sistema de agua dulce	Cantidad	Precio +IVA	Total
Depósito agua dulce 260 l	2	216,45	432,9
W.C. marino taza PVC	2	219	438
Lavabo	2	23,4	46,8
Placa ducha PVC	1	200	200
Fregadero	1	111,15	111,15
Válvula de fondo, toma de agua W.C.	2	70	140
Válvula de fondo, pasa casco salida de aguas sucias W.C.	2	50	100
Material diverso: tuberías, abrazadera, lavabo, etc.	2	20	40
			1.508,85 □

Cámara de máquinas	Cantidad	Precio +IVA	Total
Motor Volvo Penta D3-130	2	18000	36000
Instalación completa con todos los accesorios y escape	1	3800	3800
			39.800,00 □

TOTAL COSTE MATERIALES			78555,86 □
-------------------------------	--	--	-------------------

13.3.- Mano de obra

A la hora de establecer el coste de la mano de obra se ha consultado con constructores de embarcaciones similares para establecer una aproximación de las horas necesarias para la construcción de la embarcación, así como el precio por hora hombre.

A continuación mostramos una tabla en la que refleja el número de horas, de una forma aproximada, de la construcción y montaje de la embarcación.

	Horas/Hombre
Limpieza y cera del molde	35
Pintado de gelcoat	25
Laminado	280
Desmoldeo	30
	370

Construcción cubierta y bañera

	Horas/Hombre
Limpieza y cera del molde	50
Pintado de gelcoat	40
Laminado	280
Desmoldeo	50
	420

Montaje

	Horas/Hombre
Montaje del casco-cubierta	30
Montaje de mobiliario	210
Montaje de equipos	210
	450

Total de número de horas

1240

Precio hora/hombre

18 €/hora

TOTAL COSTE MANO DE OBRA

22320 □

13.4.- Coste total

Realizando la suma de las dos estimaciones calculadas anteriormente obtenemos un coste de fabricación total de:

MATERIALES	78555
MANO DE OBRA	22320
TOTAL	100.875,00 □

Este precio es sin duda el precio de construcción de la embarcación, pero como dijimos en el objetivo de este capítulo, este tiene que ser incrementado con los costes fijos del astillero, así como los gastos de realización del proyecto, los cuales pueden suponer un porcentaje considerable en el precio final de la embarcación, pudiendo suponer un incremento del 30% al 40%.

Si tenemos en cuenta lo anterior, el precio de venta de la embarcación puede estar comprendido entre los siguientes valores, dependiendo este del astillero que la construya, así como de la política de este.

Con un incremento del 30%	131.137,50
	□
Con un incremento del 40%	141.225,00
	□

CAPÍTULO 14: BIBLIOGRAFÍA

14.- BIBLIOGRAFÍA

- * Principles of yacht design

Lars Larsson and Rolf E Eliasson

- * Teoría del buque

Aurelio Guzmán Cabañas y Pedro Gallardo Mateo

- * Cómo diseñar un barco

John Teale

- * Prensa especializada

- Barcos a motor

- Yate

- Náutica

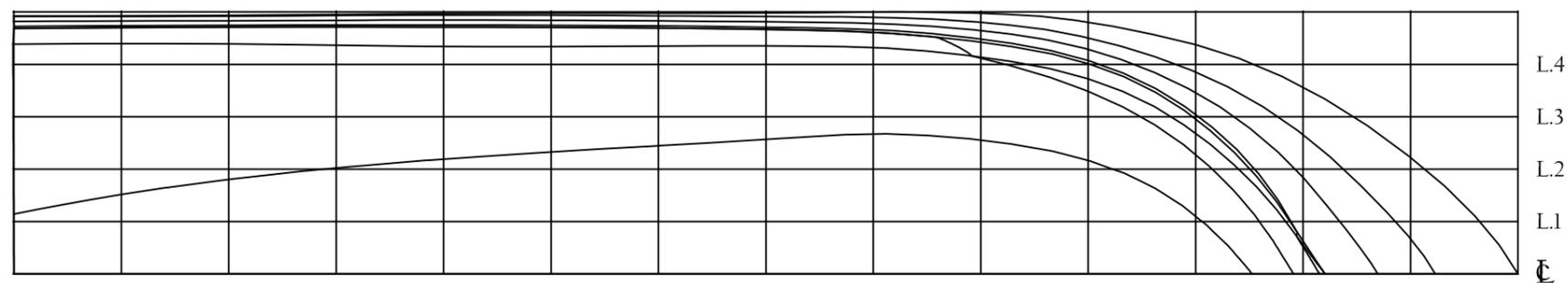
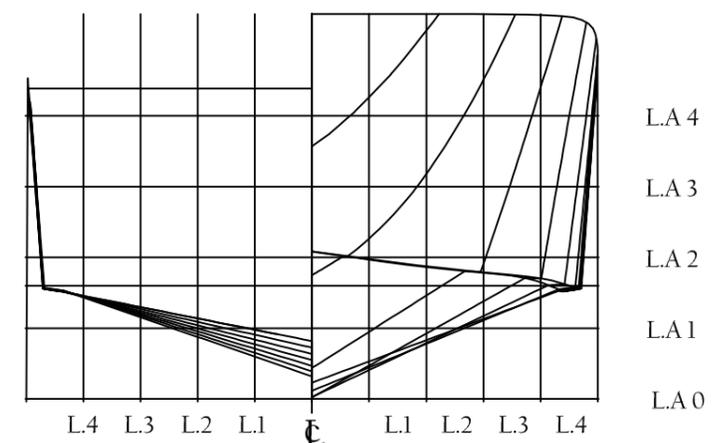
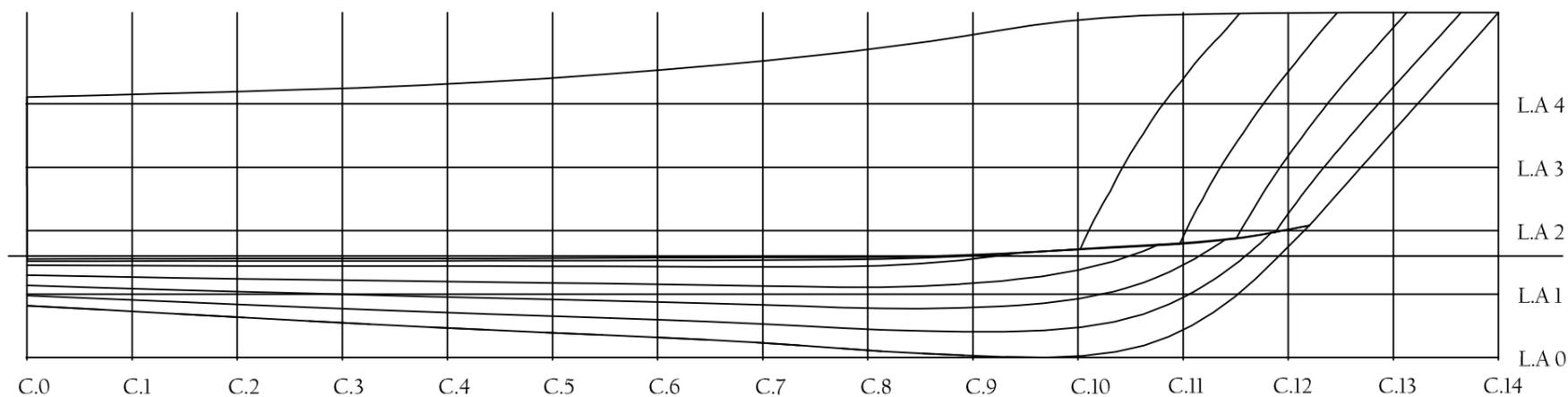
- * Materiales compuestos

Apuntes de clase (Gaspar Penagos García)

- * Construcción de buques de pesca en poliéster reforzado con fibra de vidrio

Jorge Tegedor del Valle

- * Diversas páginas de Internet



Eslora total: 12,50 metros
 Eslora de flotación: 9,90 metros
 Manga máxima: 4,04 metros
 Manga al codillo: 3,80 metros
 Calado: 0,80 metros



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
 E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
 PROYECTO FIN DE CARRERA

CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE
 12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.

ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO

TUTOR: GASPAR PENAGOS GARCÍA

PLANO DE FORMAS

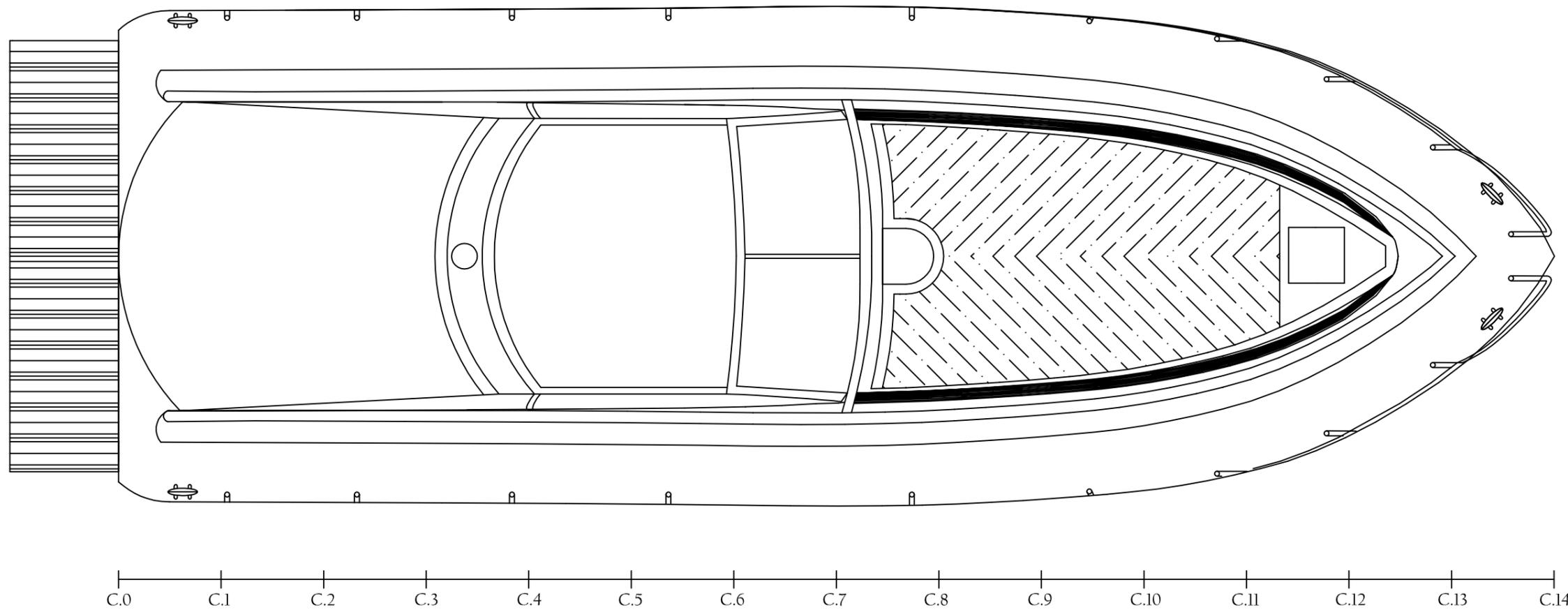
TÍTULO DEL PLANO:

PLANO DE FORMAS

ESCALA 1/50

PLANO:

1



Eslora total: 12,50 metros
 Eslora de flotación: 9,90 metros
 Manga máxima: 4,04 metros
 Manga al codillo: 3,80 metros
 Calado: 0,80 metros
 Astilla muerta: 17 grados
 Capacidad de combustible: 400 litros
 Capacidad de agua dulce: 260 litros
 Potencia: 2x130 hp

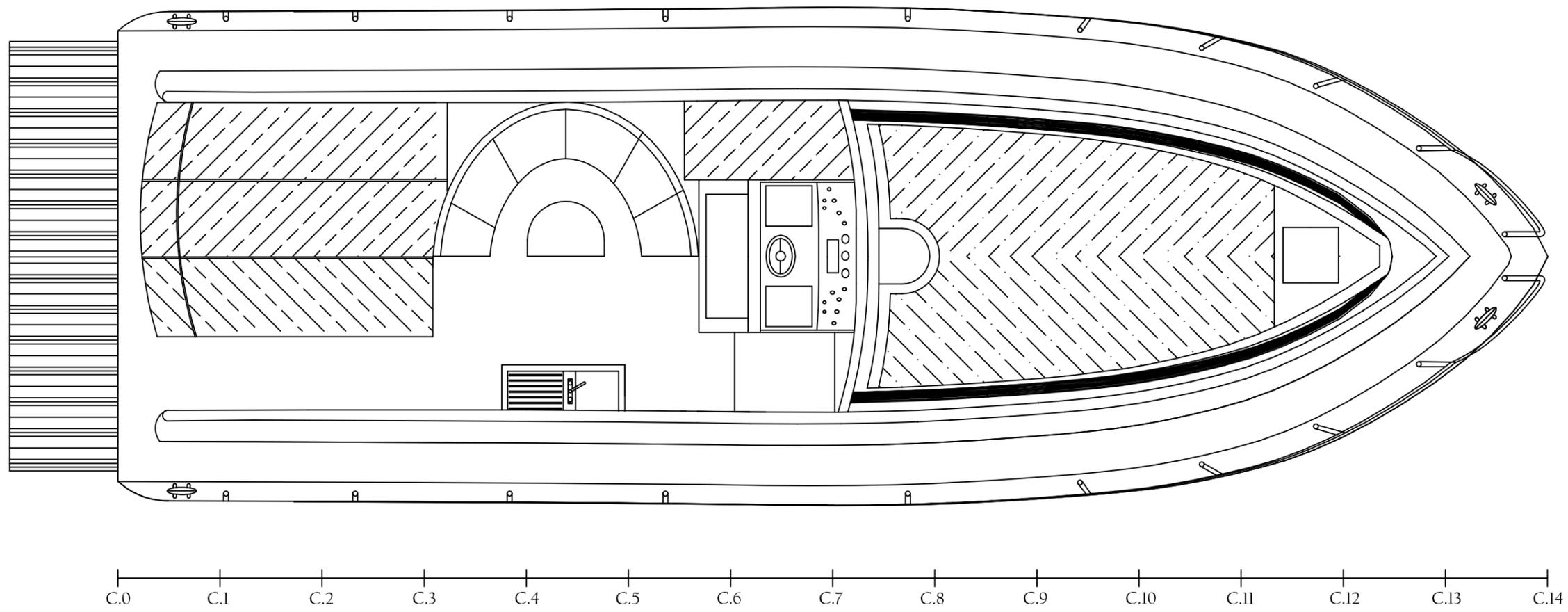


UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
PROYECTO FIN DE CARRERA
 CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE
 12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.
 ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO
 TUTOR: GASPAS PENAGOS GARCÍA

PLANO DISPOSICIÓN GENERAL
 TÍTULO DEL PLANO:
DISPOSICIÓN GENERAL CON TECHO
 ESCALA 1/40

PLANO:
2



Eslora total:	12,50 metros
Eslora de flotación:	9,90 metros
Manga máxima:	4,04 metros
Manga al codillo:	3,80 metros
Calado:	0,80 metros
Astilla muerta:	17 grados
Capacidad de combustible:	400 litros
Capacidad de agua dulce:	260 litros
Potencia:	2x130 hp



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
PROYECTO FIN DE CARRERA

CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE 12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.

ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO

TUTOR: GASPAS PENAGOS GARCÍA

PLANO DISPOSICIÓN GENERAL

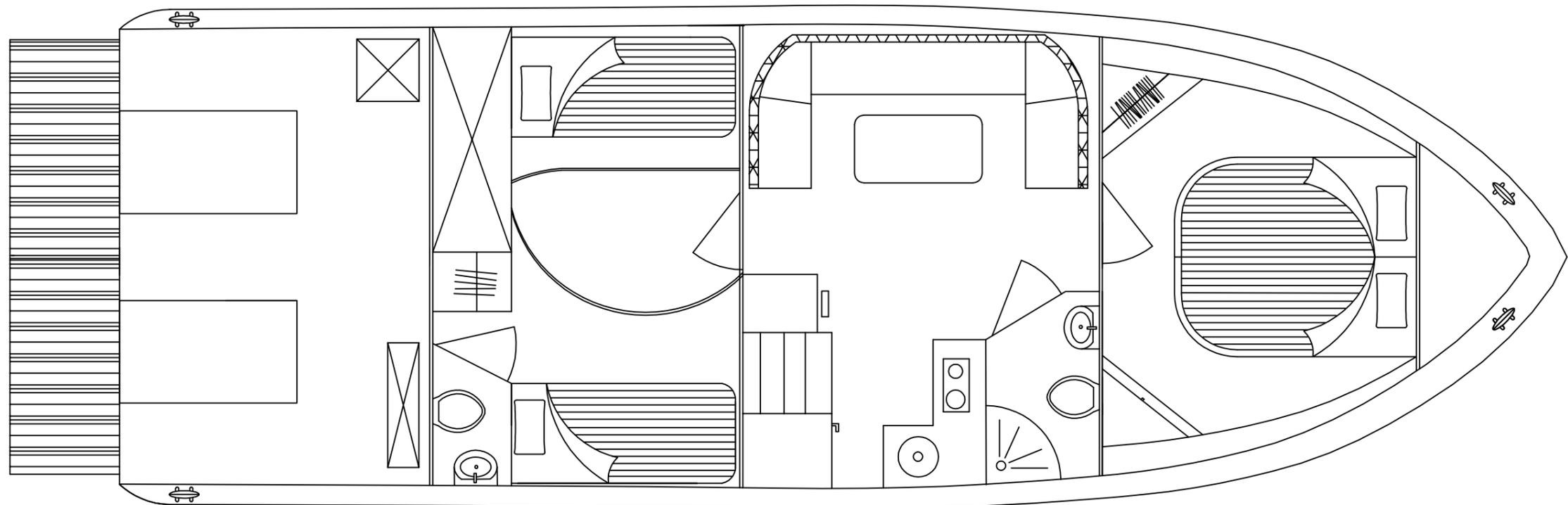
TÍTULO DEL PLANO:

DISPOSICIÓN GENERAL SIN TECHO

ESCALA 1/40

PLANO:

3



C.0 C.1 C.2 C.3 C.4 C.5 C.6 C.7 C.8 C.9 C.10 C.11 C.12 C.13 C.14

Eslora total:	12,50 metros
Eslora de flotación:	9,90 metros
Manga máxima:	4,04 metros
Manga al codillo:	3,80 metros
Calado:	0,80 metros
Astilla muerta:	17 grados
Capacidad de combustible:	400 litros
Capacidad de agua dulce:	260 litros
Potencia:	2x130 hp



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
PROYECTO FIN DE CARRERA

CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE
12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.

ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO

TUTOR: GASPAR PENAGOS GARCÍA

PLANO DISPOSICIÓN GENERAL

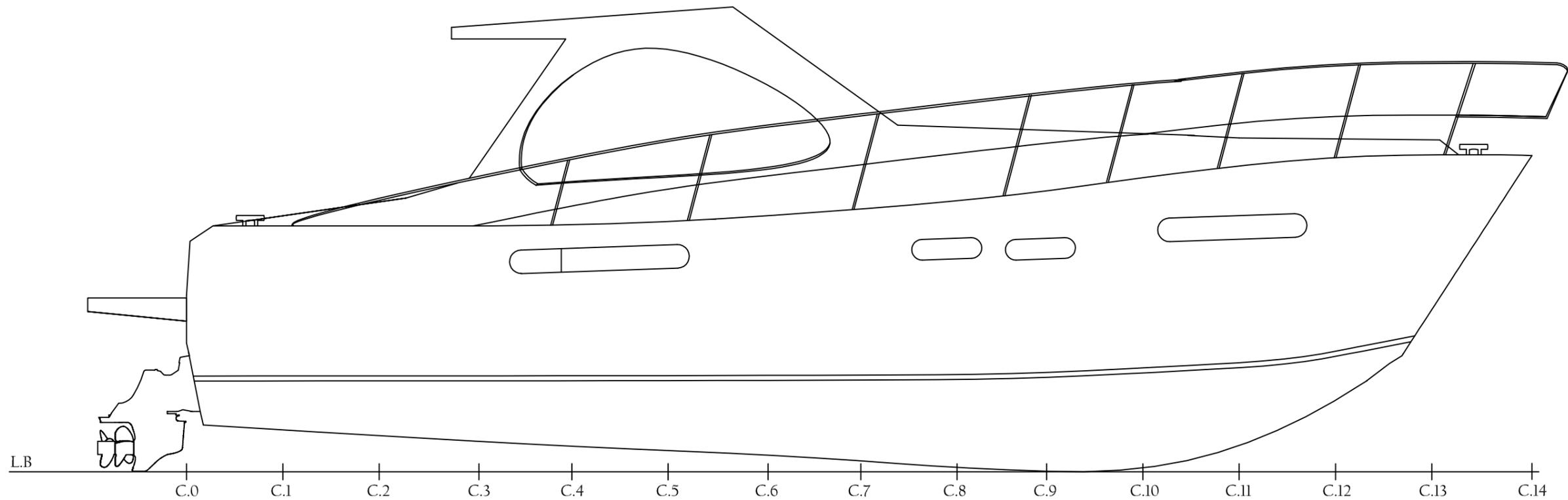
TÍTULO DEL PLANO:

INTERIORES Y TANQUES

ESCALA 1/40

PLANO:

4



Eslora total:	12,50 metros
Eslora de flotación:	9,90 metros
Manga máxima:	4,04 metros
Manga al codillo:	3,80 metros
Calado:	0,80 metros
Astilla muerta:	17 grados
Capacidad de combustible:	400 litros
Capacidad de agua dulce:	260 litros
Potencia:	2x130 hp



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
PROYECTO FIN DE CARRERA

CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE
12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.

ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO

TUTOR: GASPAS PENAGOS GARCÍA

PERFIL LONGITUDINAL

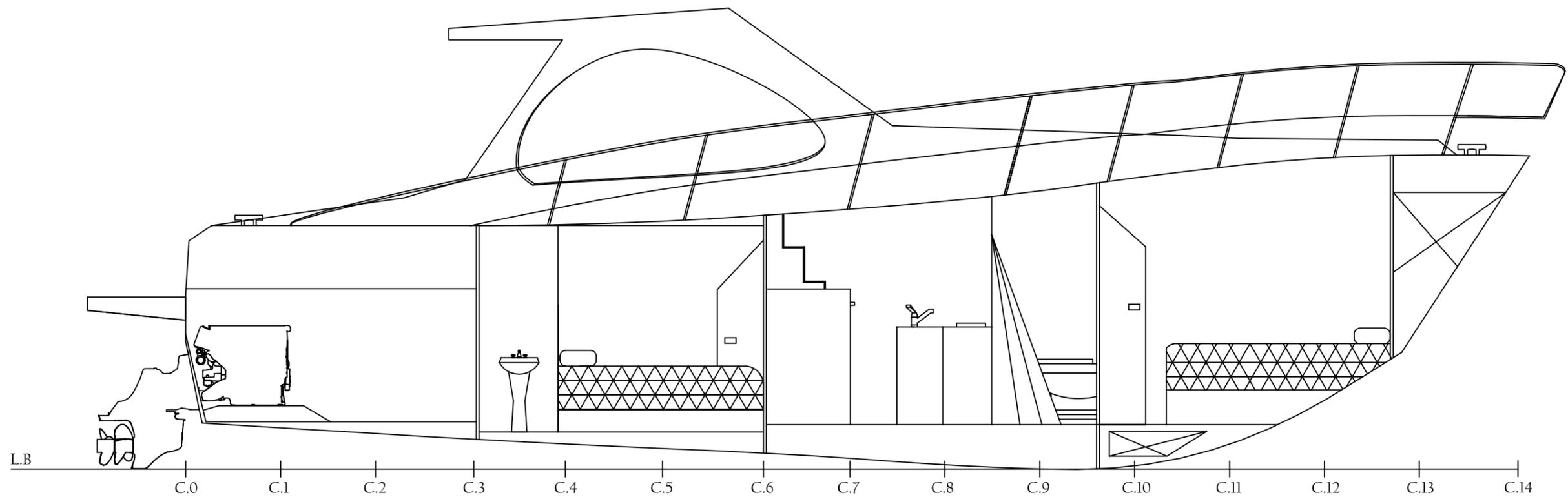
TÍTULO DEL PLANO:

PERFIL LONGITUDINAL EXTERIOR

ESCALA 1/40

PLANO:

5



Eslora total:	12,50 metros
Eslora de flotación:	9,90 metros
Manga máxima:	4,04 metros
Manga al codillo:	3,80 metros
Calado:	0,80 metros
Astilla muerta:	17 grados
Capacidad de combustible:	400 litros
Capacidad de agua dulce:	260 litros
Potencia:	2x130 hp



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
PROYECTO FIN DE CARRERA

CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE
12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.

ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO

TUTOR: GASPAR PENAGOS GARCÍA

PERFIL LONGITUDINAL

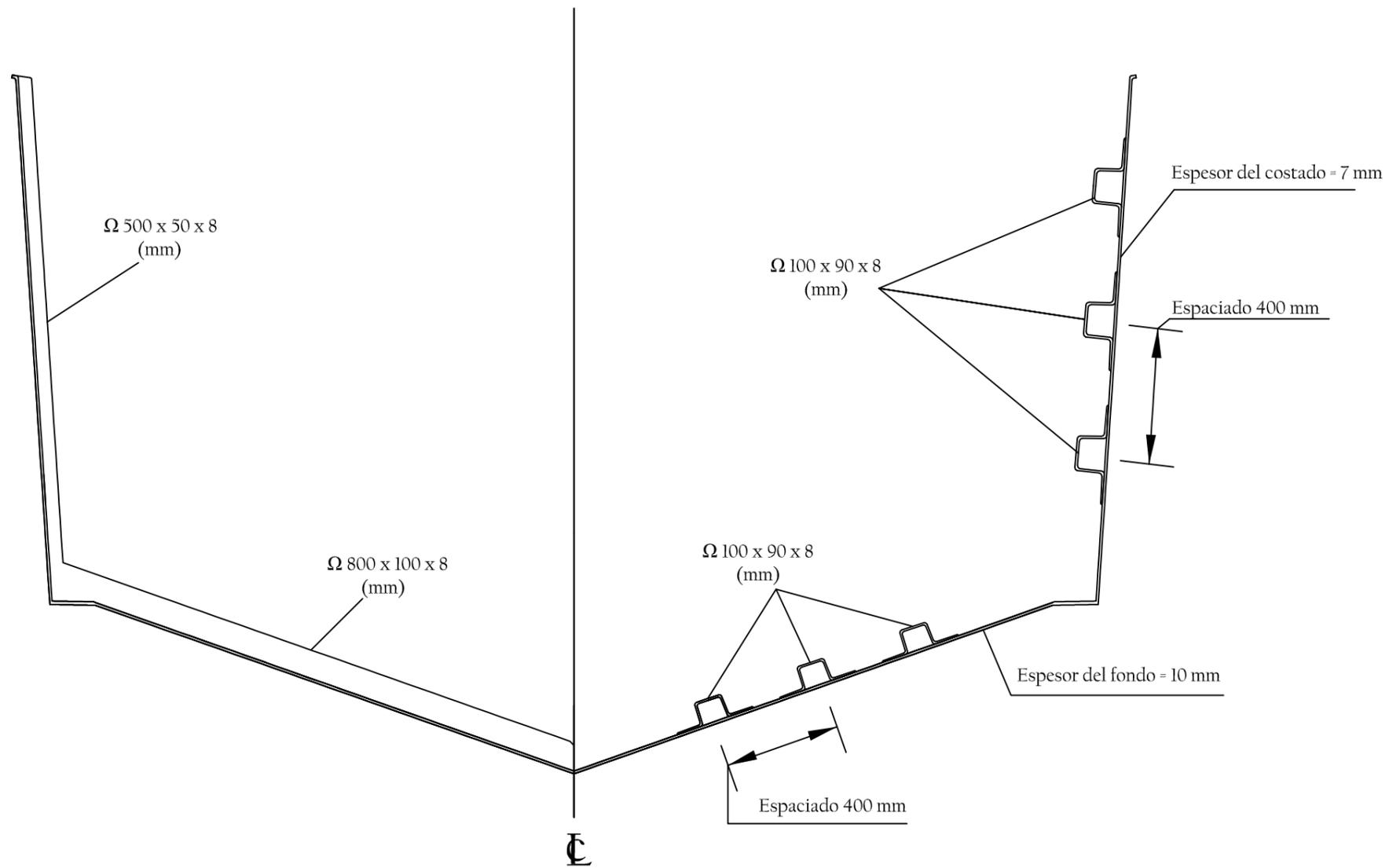
TÍTULO DEL PLANO:

SECCIÓN CRUJÍA.
VISTA BANDA DE ESTRIBOR

ESCALA 1/40

PLANO:

6



Eslora total: 12,50 metros
 Eslora de flotación: 9,90 metros
 Manga máxima: 4,04 metros
 Manga al codillo: 3,80 metros
 Calado: 0,80 metros



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
 E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
 PROYECTO FIN DE CARRERA

CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE
 12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.

ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO

TUTOR: GASPAS PENAGOS GARCÍA

ESCANTILLONADO

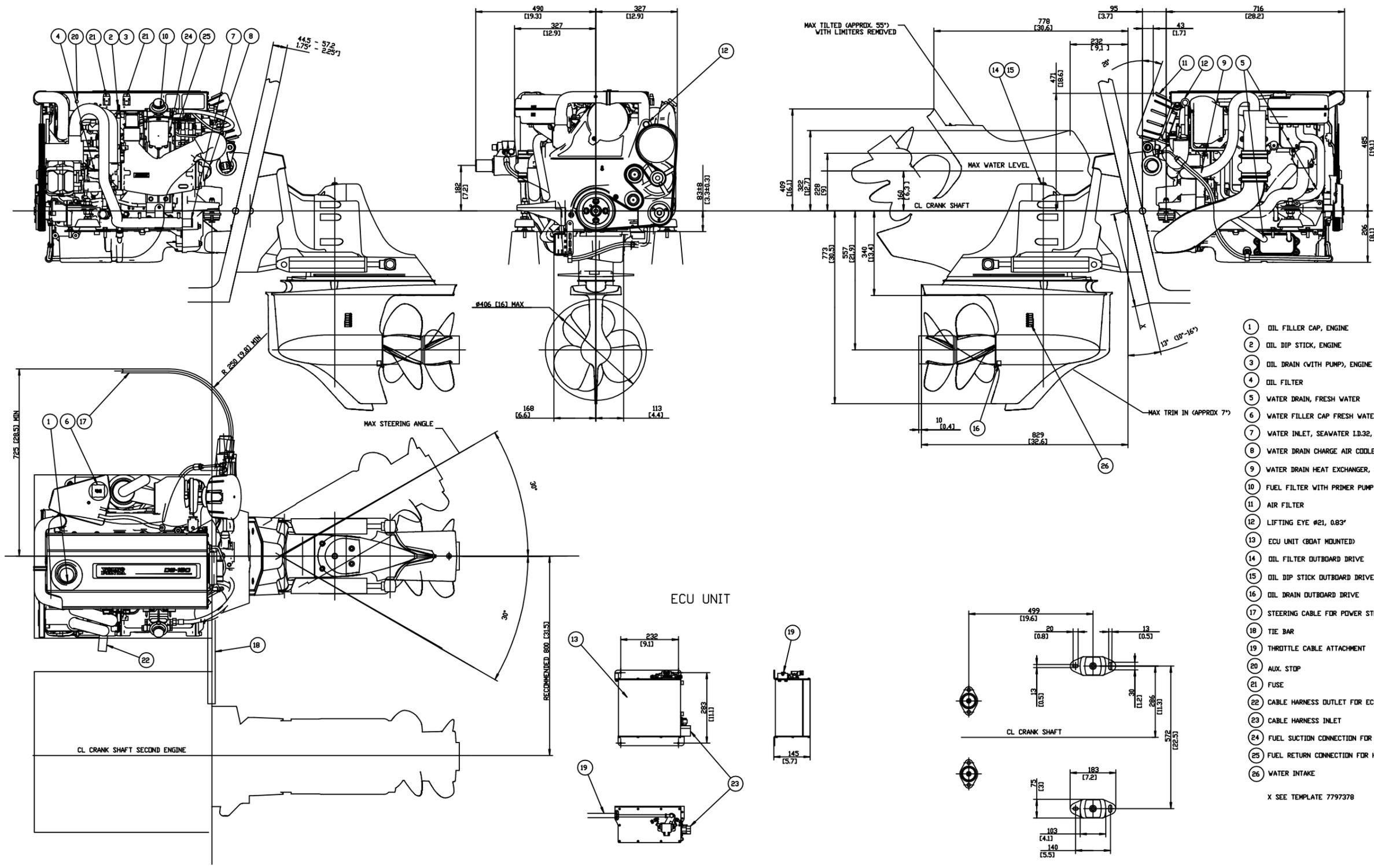
TÍTULO DEL PLANO:

PLANO ESTRUCTURAL.
 CUADERNA MAESTRA

ESCALA 1/20

PLANO:

7



- 1 OIL FILLER CAP, ENGINE
 - 2 OIL DIP STICK, ENGINE
 - 3 OIL DRAIN (WITH PUMP), ENGINE
 - 4 OIL FILTER
 - 5 WATER DRAIN, FRESH WATER
 - 6 WATER FILLER CAP FRESH WATER
 - 7 WATER INLET, SEAWATER I.D.32, 1.25"
 - 8 WATER DRAIN CHARGE AIR COOLER, SEA WATER
 - 9 WATER DRAIN HEAT EXCHANGER, SEAWATER
 - 10 FUEL FILTER WITH PRIMER PUMP
 - 11 AIR FILTER
 - 12 LIFTING EYE Ø21, 0.83"
 - 13 ECU UNIT (BOAT MOUNTED)
 - 14 OIL FILTER OUTBOARD DRIVE
 - 15 OIL DIP STICK OUTBOARD DRIVE
 - 16 OIL DRAIN OUTBOARD DRIVE
 - 17 STEERING CABLE FOR POWER STEERING
 - 18 TIE BAR
 - 19 THROTTLE CABLE ATTACHMENT
 - 20 AUX. STOP
 - 21 FUSE
 - 22 CABLE HARNESS OUTLET FOR ECU L=1,5 M (5 FEET)
 - 23 CABLE HARNESS INLET
 - 24 FUEL SUCTION CONNECTION FOR HOSE I.D. 9,5 (3/8")
 - 25 FUEL RETURN CONNECTION FOR HOSE I.D. 9,5 (3/8")
 - 26 WATER INTAKE
- X SEE TEMPLATE 7797378



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
 E.U. INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL
 PROYECTO FIN DE CARRERA
 CONVOCATORIA : NOVIEMBRE 2007

PROYECTO :EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR FABRICADA EN PRFV DE 12,5 METROS DE ESLORA Y DE 8500 KG APROXIMADAMENTE DE DESPLAZAMIENTO.
 ALUMNA : AURORA CHINCHILLA LOZANO
 TUTOR: GASPAS PENAGOS GARCÍA

MOTOR VOLVO PENTA
 TÍTULO DEL PLANO:
 VOLVO PENTA D3-130
 ESCALA 1/20

PLANO:
 8

