

DISEÑO DE UNA EMBARCACIÓN DE 7 METROS DE LOA

CÁLCULO DE:

[
PONTECIA
ESTABILIDAD
FORMA DEL CASCO
SISTEMA PROPULSIVO
]

PABLO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ

DR. JULIO GARCÍA ESPINOSA

DICIEMBRE 2013



Para Arantxa

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	pág. 1
DIMENSIONAMIENTO	pág. 5
DISEÑO DEL CASCO	pág. 10
Plano de formas	pág. 14
SISTEMA PROPULSIVO	pág. 15
Gráfica Potencia – Velocidad	pág. 18
Estimación potencia	pág. 19
ESCANTILLONADO	pág. 20
Fondo	pág. 26
Costado	pág. 28
Cubierta	pág. 29
Mamparos	pág. 32
Quilla y Pantoque	pág. 34
Materiales	pág. 37
DISEÑO DE EXTERIORES E INTERIORES	pág. 38
Plano diseño de exteriores	pág. 40
EQUIPOS	pág. 41
CÁLCULO DE PESOS	pág. 49
Peso total de la embarcación	pág. 56
CÁLCULOS DE ESTABILIDAD	pág. 57
Gráfica máxima carga	pág. 59
Gráfica mínima carga	pág. 60
RESULTADOS	pág. 65
CONCLUSIONES	pág. 68
BIBLIOGRAFÍA	pág. 70
APÉNDICE 1 PLANEAO	pág. 72
APÉNDICE 2 MATERIALES	pág. 77

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XVIII se experimentó con las lanchas motoras añadiendo una hélice a las embarcaciones propulsadas por motores de vapor. Este tipo de lanchas “motoras” ya no se construyen porque fueron sustituidas por las lanchas motoras con motores de combustión interna, creadas a finales del siglo XIX.

Las lanchas motoras, tal y como se las conoce hoy en día, con motor de combustión interna (ya sea con un motor fueraborda o interno), se empezaron a diseñar a finales del siglo XIX. Por aquella época también se empezaron a construir los primeros coches con este tipo de motor, aprovechando la creación de un motor pequeño, potente y versátil.

La versatilidad del motor de combustión interna se demostró introduciéndolo en el mundo marino, más concretamente, en pequeñas barcas sin remos ni velas, creando así la lancha motora que hoy en día conocemos.

Durante poco más de 100 años, la lancha motora ha evolucionado poco, aunque podemos encontrar de todos los tipos y tamaños, con habitáculo o sin camarotes, etc.

La utilización de las embarcaciones ha cambiado mucho, desde que en el antiguo Egipto, hace más de 3000 años, solo se utilizaran las embarcaciones para pescar, hasta hoy en día que aparte de utilizarlas para el comercio, también se utilizan para disfrutar del mar. Las lanchas motoras han contribuido a expandir el mercado y la demanda de este tipo de embarcaciones que solo son de recreo. Ahora lo más importante de este tipo de embarcaciones de recreo no es el poder transportar grandes cantidades de carga, si no, poder disfrutar del mar, pudiendo ir a altas velocidades por el agua.

- Motivaciones personales:

Siempre me han fascinado los barcos. Desde una edad muy temprana empecé a darme cuenta de que los barcos son unas de las máquinas más complejas que puede construir el hombre. Eso y el placer indescriptible que transmite navegar a bordo de un barco, ya sea una lancha rápida o un transatlántico, fueron los detonantes que me hicieron decidirme por esta carrera y por este proyecto.

Al acabar el curso universitario uno debe ser capaz de poder aplicar todo lo aprendido durante la carrera y aplicarlo para superar el último escalón: el proyecto final de carrera. Por eso y porque me encantan las lanchas rápidas, decidí diseñar una lancha motora.

- Objetivos:

¿En qué consiste el proyecto?

Este proyecto final de carrera consiste en el diseño de una embarcación bowrider de 7 metros de eslora, propulsada de forma motora. El proyecto está dividido en tres grandes partes (puede que las partes no coincidan con el orden de los capítulos).

Pero antes de todo expondremos las especificaciones decididas y el porqué de ellas:

ESPECIFICACIONES	¿POR QUÉ?
Target	Esta lancha motora la queremos diseñar enfocando a un público que como mínimo tiene el título de patrón de navegación básica y no se quiere alejar mucho de la costa
7 m de eslora	Se acerca al límite (7,5m) de eslora que pueden llevar los que disponen el PNB
Categoría de diseño C	Categoría que corresponde a las aguas costeras
Zona de navegación 4,5,6 y 7	Hasta 12 millas de la costa
Usos	El uso principal será el de dar paseos de pocas horas cerca de la costa

El proyecto se desarrollará en las fases que se definen a continuación:

1- La primera parte consiste en:

- Base de datos: en este apartado se recopilarán datos de embarcaciones similares para poder obtener los datos de nuestra embarcación.
- Diseño del casco: diseño y creación del casco con la herramienta Maxsurf.
- Materiales de construcción: amplio resumen de los materiales más adecuados para nuestra lancha y el proceso de laminado, incluyendo procesos de moldeo.

2- La segunda parte consiste en:

- Sistema propulsivo: en este apartado se calculará la resistencia al avance y la potencia para después poder escoger el motor adecuado.
- Escantillonado: cálculo de la estructura interior del casco (refuerzos y mamparos) además de el cálculo del espesor del casco, cumpliendo con la ISO 12215-5.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

- Cálculo de pesos: incluyendo la recopilación de todos los equipos que ha de llevar nuestra embarcación además de dónde irán colocados.

3- La tercera parte consiste en:

- Cálculo de la estabilidad: cálculo de la estabilidad de la embarcación con las situaciones de mínima y máxima carga.
- Diseño de exteriores.

DIMENSIONAMIENTO

2 DIMENSIONAMIENTO

Esta primera parte del proyecto consiste en el dimensionamiento de la embarcación. Para obtener las medidas estimadas de nuestra embarcación, se procederá en primer lugar, a hacer una lista de lanchas con dimensiones similares a las dimensiones que queremos que tenga la embarcación que vamos a diseñar.

Después de haber buscado información sobre una gran cantidad de embarcaciones con características similares, se ha elaborado una tabla de embarcaciones:

EMBARCACIONES	L (m)	B (m)	T (m)	D (kg)	HP
Bayliner 235 Bowrider	6,86	2,59	0,46	2128	190
Bayliner 225 Bowrider	6,73	2,59	0,48	1528	260
Flyer 750 Open	7,00	2,52	0,55	1800	250
Islandia 2200 EFI	6,70	2,60	0,30	1383	240
Launch 22	7,14	2,52	0,50	1823	320
Crownline 240 EX	6,90	2,59	0,53	2179	300
Edgewater 205 Crossover	6,80	2,60	0,43	1271	225
Extreme 220	6,60	2,59	0,37	835	130
Stingray 215 LR	6,69	2,57	0,43	1667	220

Esta base de datos se utilizará para poder estimar los parámetros geométricos más indicados para nuestra embarcación. Después de encontrar todos los datos, se establecen las relaciones entre los diferentes parámetros adimensionales básicos. A continuación se escogen las relaciones que se desean obtener, las relaciones escogidas para este proyecto son:

$$B = f(L) \text{ Relación Manga (B) – Eslora (L)}$$

$$T = f(L) \text{ Relación Calado (T) – Eslora (L)}$$

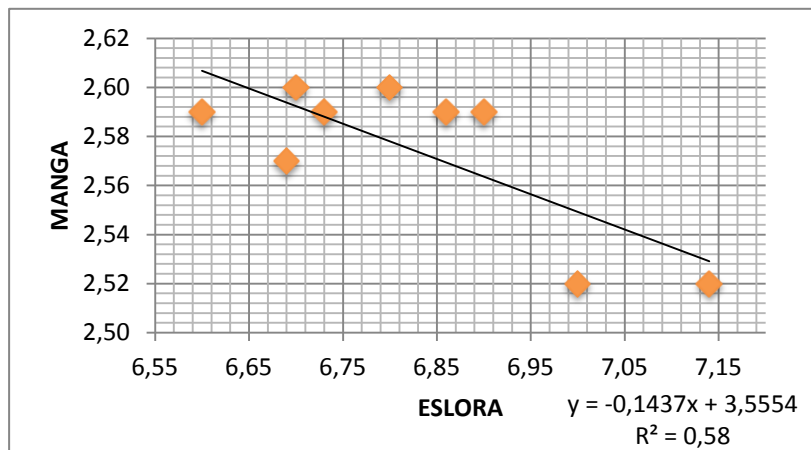
$$D = f(L) \text{ Relación Desplazamiento (D) – Eslora (L)}$$

Además también se realizará la relación con la potencia:

$$P = f(L) \text{ Relación Potencia (P) – Eslora (L)}$$

CAPÍTULO 2 DIMENSIONAMIENTO

Relación Eslora-Manga:

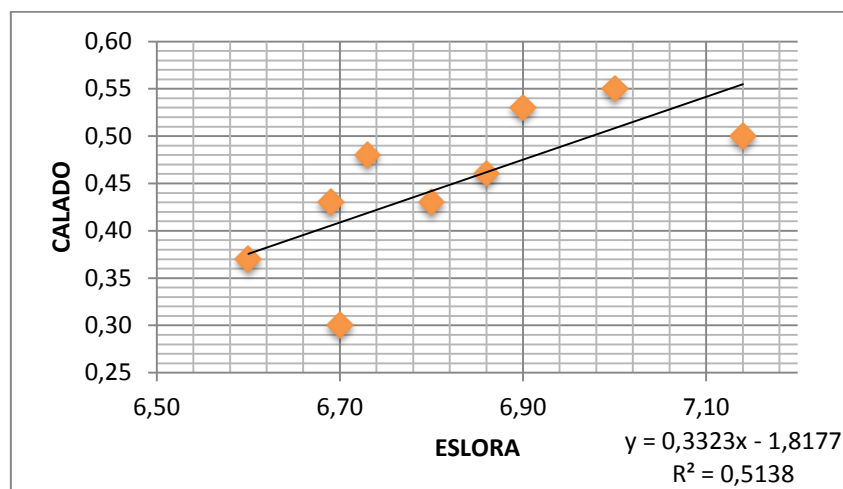


Gracias a la fórmula de la recta de regresión que nos facilita el programa Excel podemos calcular la manga de nuestra lancha substituyendo la eslora escogida anteriormente:

$$Manga = -0,1437 * 7 + 3,5554 = 2,55 \text{ m}$$

$$Manga = 2,55 \text{ m}$$

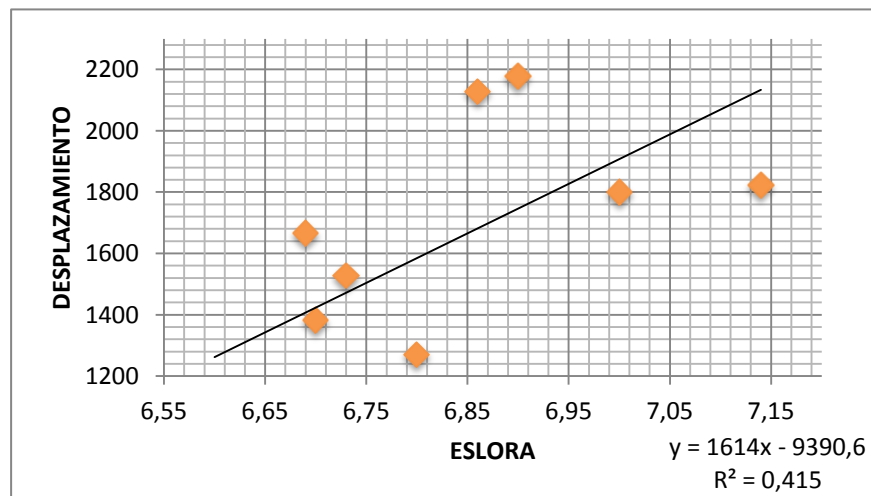
Relación Eslora-Calado:



$$Calado = 0,3323 * 7 - 1,8177 = 0,51 \text{ m}$$

$$Calado = 0,51 \text{ m}$$

Relación Eslora-Desplazamiento:



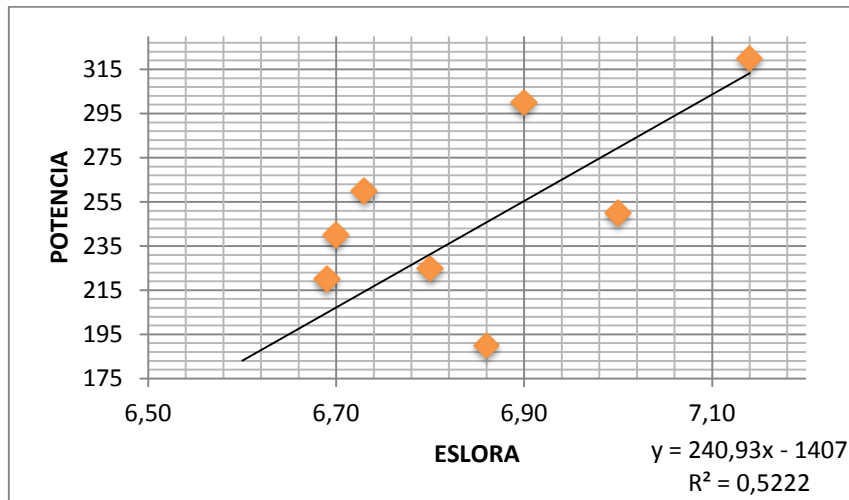
$$\text{Desplazamiento} = 1614 * 7 - 9390,6 = 1907,40 \text{ kg}$$

$$\text{Desplazamiento} = 1907,40 \text{ kg}$$

El coeficiente de correlación de la relación eslora – desplazamiento que es $R^2=0,415$, no es un coeficiente muy bueno. La desviación típica de 0,6442 es resultado de las embarcaciones escogidas para calcular el dimensionamiento.

Como acabamos de decir el coeficiente de correlación es muy bajo por lo tanto la curva de regresión tiene una gran incertidumbre. Eso es debido a la gran diferencia de desplazamientos de las embarcaciones escogidas en la base de datos. La principal causa de que los desplazamientos de las lanchas de la base de datos seguramente sea la omisión o no, de pesos de las embarcaciones como motores, baterías, tanques...etc.

Relación Eslora-Potencia:



$$Potencia = 240,93 * 7 - 1407 = 279,51 \text{ CV}$$

$$Potencia = 279,51 \text{ CV}$$

Resumiendo, las dimensiones principales de nuestra embarcación (estimadas) serán:

DIMENSIONES PRINCIPALES	
ESLORA (m)	7,00
MANGA (m)	2,55
CALADO (m)	0,51
DESPLAZAMIENTO (kg)	1907,40
POTENCIA (CV)	279,51

DISEÑO DEL CASCO

3 DISEÑO DEL CASCO

Este tercer apartado del proyecto consiste en el diseño del casco de la embarcación. Este diseño se creará a partir del programa informático paramétrico Maxsurf.

- Formas del casco:

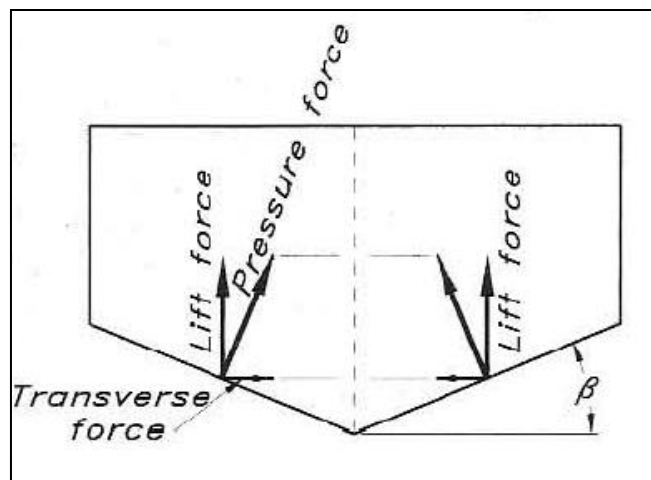
Se ha optado por un casco en forma de V, ya que el casco en V reduce las aceleraciones verticales que produce el oleaje. Si aplicáramos una forma plana en nuestra lancha no sería bueno ni para la integridad del casco ni para la comodidad de los tripulantes, ya que las aceleraciones verticales producidas por las olas serían muy elevadas.

Comparando las diferentes formas de casco que existen, la forma en V, es la que mejor se comporta en cuanto al régimen de planeo se refiere.

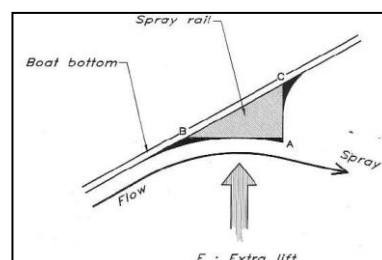
A la forma en V se le pueden aplicar unas pequeñas variaciones, ya sea en la forma del fondo del casco o en la forma en V en sí. Estas variaciones se dividen entre convexa y cóncava.

Para una forma de fondo convexa los efectos producidos en la embarcación son los de tener menos trimado, inestabilidad lateral además de aumentarle la resistencia a la fricción.

Para una forma del casco cóncava los efectos producidos en la embarcación son los de tener más trimado, inestabilidad longitudinal además de aumentarle la resistencia a la presión.



Uno de los complementos de navegación que se le suelen añadir a las embarcaciones planeadoras son los *Spray-Rails*. Este complemento se coloca longitudinalmente a lo largo de



la eslora del buque y sirven para desviar el agua ascendiente que viene empujando hacia arriba. Se consigue una pequeña fuerza adicional que se suma al empuje hidrodinámico total.

A la hora de escoger el *ángulo de astilla muerta* se ha de ir con mucho cuidado. Primero de todo se ha de cumplir la ISO en la cual se esté trabajando, en nuestro caso la ISO 12215-5, y en segundo lugar el empuje de sustentación de la embarcación.

Dependiendo de qué ángulo de astilla muerta β , escogemos puede reducir el levantamiento del casco aumentando la resistencia al agua ya que la superficie mojada habrá aumentado. La fuerza de empuje habrá disminuido al no ser el casco una placa plana donde el agua pueda incidir en el casco a 180° golpeando toda la superficie al mismo tiempo.

Para este tipo de embarcaciones el ángulo de astilla muerta suele variar de entre los 20° y 30° , y este último es el máximo permitido por la ISO 12215-5.

En nuestro caso hemos cogido que el valor del ángulo de astilla muerta al 50% de la eslora en flotación sean 30° .

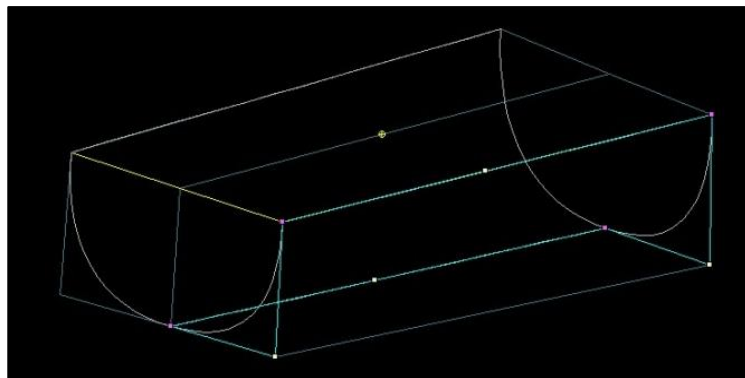
- Maxsurf:

Después de haber calculado las medidas de nuestra embarcación y de saber la forma del casco adecuada para nuestra lancha planeadora (ver apéndice 1), se ha creado un casco a través del programa informático Maxsurf.

El proceso tratará de conseguir unas formas ajustadas a las dimensiones estimadas en el capítulo anterior:

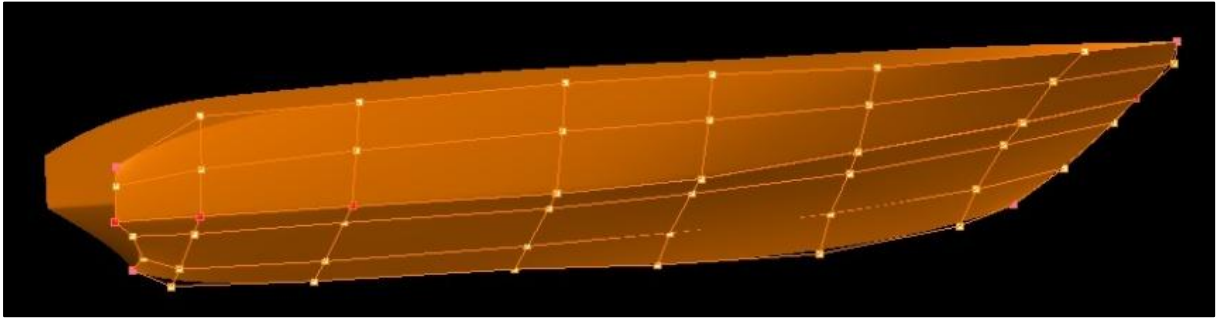
Proceso de creación del casco (simplificado):

- Añadir una superficie por defecto.



- Modificar la superficie por defecto, cambiando las medidas totales por las de nuestra embarcación. A continuación se crean los puntos de control para modificar las formas del casco.

- Crear la forma del casco más adecuada para nuestra forma de navegación. Se consigue crear la forma adecuada modificando la posición de los puntos de control añadidos en el punto anterior.



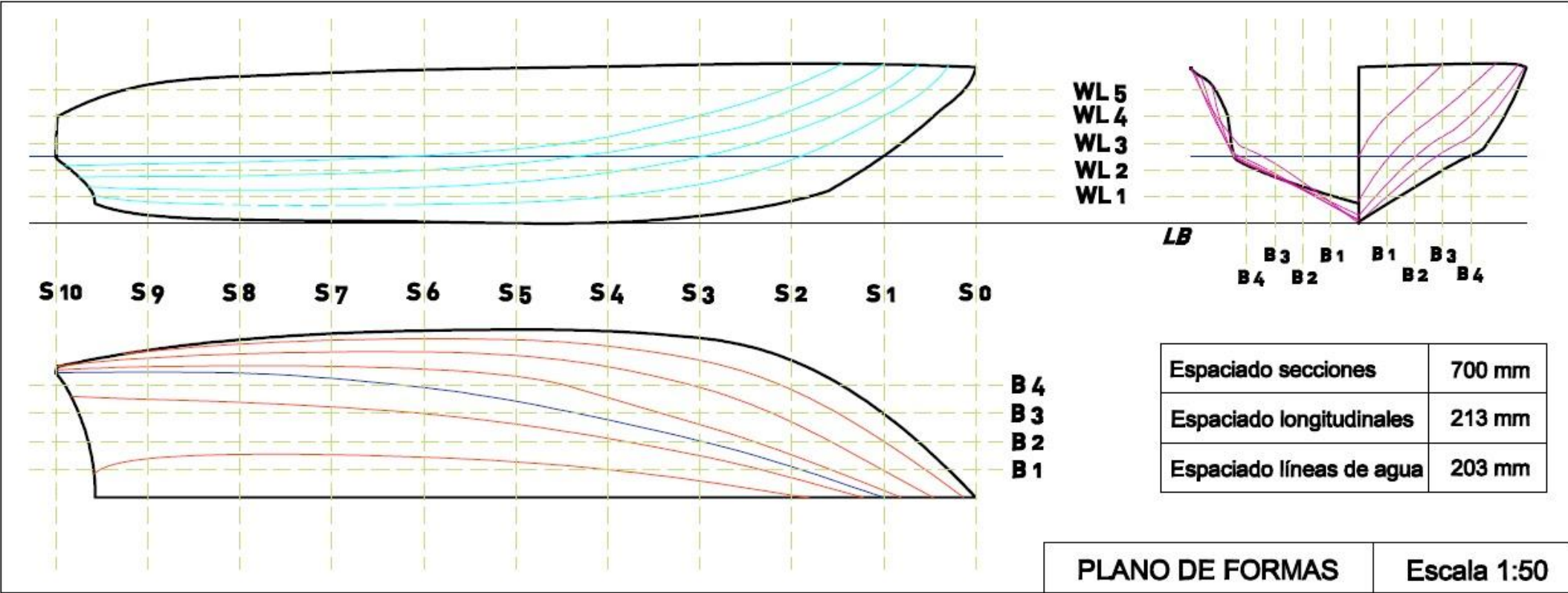
- Se va modificando la forma del casco hasta conseguir las medidas deseadas.

LOA (m)	7,00
Lwl	6,29
B (m)	2,55
BWL (m)	1,90
Desplazamiento (kg)	1907,72
Calado (m)	0,51

Comparando los resultados obtenidos en el capítulo primero con los resultados obtenidos del programa Maxsurf, se puede observar que prácticamente no hay diferencia:

RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO		RESULTADOS DEL MAXSURF	
LOA (m)	7,00	LOA (m)	7,00
-	-	Lwl	6,29
B(m)	2,55	B (m)	2,55
-	-	BWL (m)	1,90
Calado (m)	0,51	Calado (m)	0,51
Desplazamiento (kg)	1907,40	Desplazamiento (kg)	1907,72

A continuación se adjunta un plano con las formas del casco creado con el programa Maxsurf.



SISTEMA PROPULSIVO

4 SISTEMA PROPULSIVO

Uno de los requisitos que nos hemos planteado al empezar este proyecto es que la embarcación diseñada llegue a los 45 nudos de velocidad, pero sin que el motor llegue muy revolucionado a esa velocidad. Se ha decidido por esta velocidad porque cumple con los requisitos de la embarcación, que sea divertida de llevar.

El método que se utiliza para estimar la potencia de la embarcación es el método de D. Savitsky, que ha sido extraído del artículo *Hydrodynamic Design of Planing Hulls* del año 1964.

Este método estima la potencia de embarcaciones planeadoras como la nuestra y se basa en el estudio experimental sistemático con formas prismáticas en régimen de planeo. Como ya hemos podido ver en el tema 3, cuando la embarcación pasa de semi-desplazamiento a planeo, el agua crea una fuerza de sustentación que reduce la resistencia con el mar.

- Hullspeed:

Hemos recurrido al programa informático *Hullspeed* para calcular la potencia necesaria para nuestra lancha. Para el cálculo se han introducido las formas creadas con el programa *Maxsurf*.

El programa calculará la potencia necesaria para superar la resistencia con el agua y nos dará los resultados en Newtons (kN) y caballos de potencia (Hp) en un rango de velocidades de entre 0 y 45 nudos.

Se ha de tener en cuenta que el programa calcula idealmente la potencia, sin tener en cuenta ni rozamientos ni pérdidas.

Datos introducidos en el *Hullspeed*:

	Valor	Unidades	Savitsky Pre-planing
LWL	6,296	m	6,296
Beam	1,907	m	1,907
Draft	0,51	m	--
Displacement	1907,72	kg	1907,72
Wetted area	10,014	m ²	10,014
Prismatic coeff.	0,668		--
Waterplane area coeff.	0,68		--
1/2 angle of entrance	18,29	deg.	18,29
LCG from midships(+ve for'd)	-0,627	m	--
Transom area	0	m ²	0
Transom wl beam	1,9	m	--
Transom draft	0,008	m	--
Max sectional area	0,444	m ²	0,444
Bulb transverse area	0	m ²	--
Bulb height from keel	0	m	--
Draft at FP	0,003	m	--
Deadrise at 50% LWL	30,17	deg.	--
Hard chine or Round bilge	Hard chine		--

CAPÍTULO 4 SISTEMA PROPULSIVO

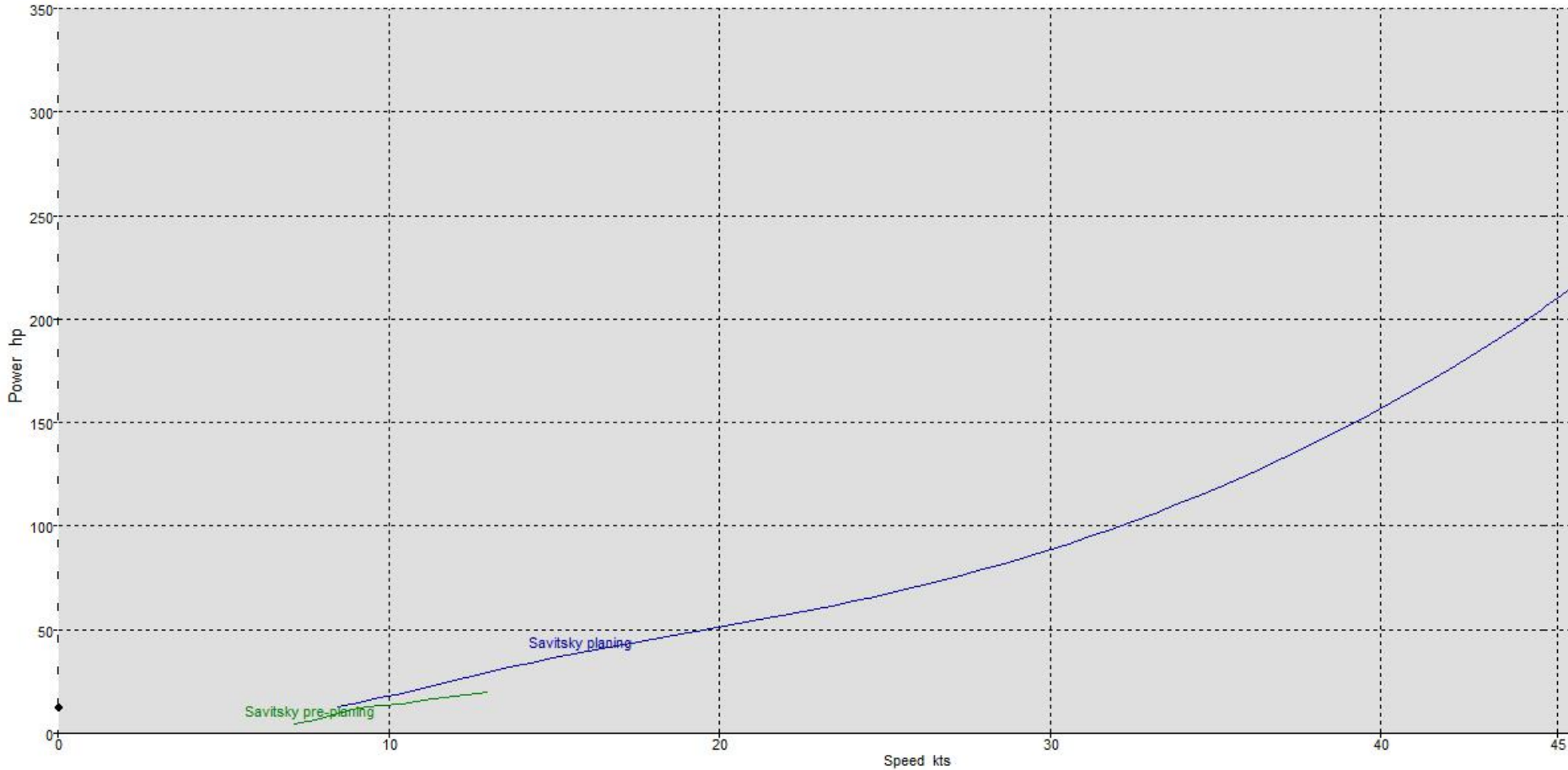
- Tabla de resultados:

VELOCIDAD (nudos)	SEMI-DESPLAZAMIENTO		PLANE0	
	SAVITSKY RESISTENCIA	SAVITSKY POTENCIA	SAVITSKY RESISTENCIA	SAVITSKY POTENCIA
5	--	--	--	--
6,25	--	--	--	--
7,5	1,04	5,37	--	--
8,75	1,86	11,26	2,29	13,8
10	1,97	13,61	2,6	17,94
11,25	2,09	16,2	2,91	22,59
12,5	2,18	18,83	3,18	27,44
13,75	--	--	3,39	32,12
15	--	--	3,52	36,43
16,25	--	--	3,6	40,37
17,5	--	--	3,65	44,04
18,75	--	--	3,68	47,58
20	--	--	3,7	51,11
35	--	--	4,89	118,14
36,25	--	--	5,07	126,88
37,5	--	--	5,27	136,22
38,75	--	--	5,47	146,17
40	--	--	5,68	156,75
41,25	--	--	5,9	167,99
42,5	--	--	6,14	179,9
43,75	--	--	6,38	192,49
45	--	--	6,63	205,78

Nudos	kN	HP
45	6,63	205,78

A continuación está la gráfica que representa los datos expuestos en la tabla anterior:

CAPÍTULO 4 SISTEMA PROPULSIVO



Savitsky planing = 12,911 hp Speed = 0,000 kts

Estimación de la potencia real necesaria:

A la potencia que necesitamos para mover nuestra embarcación por el mar le añadiremos unos porcentajes:

1. Le añadiremos un 15% más para afrontar la resistencia añadida en olas.
2. Le añadiremos un 20% más de potencia para que el motor no sufra a altas velocidades y trabaje en régimen alto.

$$205,78 * 15\% = 30,87 \text{ CV}$$

$$205,78 * 20\% = 41,16 \text{ CV}$$

$$205,78 + 30,87 + 41,16 = 277,81 \text{ CV}$$

Así obtenemos un total de **277,81 CV** de potencia. Muy parecido a lo que obtuvimos en el apartado de dimensionamiento del capítulo 1, que fue **279,51 CV**.

Al no existir motores de esa potencia, se han buscado motores de 300 CV de potencia. El motor escogido es un YAMAHA de 4 tiempos y 6 válvulas F300B.



ESCANTILLONADO

5 CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO

En este capítulo, de acuerdo con la normativa ISO 12215-5.3, se calculará el escantillonado de la embarcación. Esta normativa hace referencia, dentro de la construcción del casco, al diseño de presiones para monocascos, al diseño de tensiones y al cálculo del escantillonado.

Se expondrán los cálculos y tablas que han sido necesarias para calcular el escantillonado, y el capítulo se dividirá en cinco apartados (correspondientes a diferentes partes o estructuras del casco):

1. Fondo
2. Costado
3. Cubierta
4. Mamparos
5. Quilla y pantoque

Antes de proceder al cálculo del escantillonado del casco, se definirán todas las variables que se vayan a utilizar en las operaciones:

SÍMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
PRESIÓN DE FONDO			
P_{bm}	kN/m ²	Presión de fondo	$P_{bm} = P_{bm \text{ base}} \cdot k_{ar} \cdot k_L$
$P_{bm \text{ min}}$	kN/m ²	Presión mínima de fondo	$P_{bm \text{ min}} = 10 \cdot (T_c + \frac{L_H}{17} \cdot f_w)$
$P_{bm \text{ base}}$	kN/m ²	Presión base de fondo	$P_{bm \text{ base}} = \frac{0,1 \cdot m_{LDC}}{L_{WL} \cdot B_C} \cdot (1 + f_w \cdot n_{cg})$
n_{cg}	g's	Factor dinámico de carga	$n_{cg} = 0,32 \cdot \left(\frac{L_{WL}}{10 \cdot B_C} + 0,084 \right) \cdot (50 - \beta) \cdot \frac{V^2 \cdot B_C^2}{m_{LDC}}$
m_{LDC}	kg	Desplazamiento de la embarcación en condiciones de máxima carga	-
L_{WL}	m	Eslora en la línea de flotación	-
V	nudos	Velocidad	-
B_C	m	Manga en el pantoque	-
f_w	-	Factor de categoría de diseño	-
β	º	Ángulo de astilla muerta	-

L_H	m	Eslora de la embarcación	-
T_c	m	Máximo calado en condiciones de máxima carga	-
k_L	-	Factor de distribución longitudinal de la presión	$k_L = 0,13 \cdot \left[\left(0,35 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} \right) + 4,14 \right]$ para $\frac{x}{L_{WL}} \leq 0,25$ $k_L = 1$ para $\frac{x}{L_{WL}} \geq 0,6$
x	m	Distancia desde el centro del panel o refuerzo a la perpendicular de popa	-
k_{ar}	-	Factor de reducción de la presión en el área	$k_{ar} = \left[0,455 - 0,35 \cdot \left(\frac{u^{0,75} - 1,7}{u^{0,75} + 1,7} \right) \right] \cdot 1,35$
u	-	-	$u = 100 \cdot \frac{A_d}{A_r}$
A_d	m ²	Área de diseño	$A_d = (l \cdot b) \cdot 10^{-6}$
b	mm	Dimensión más corta del panel	-
l	mm	Dimensión más larga del panel	-
A_r	m ²	Área de referencia	$A_r = \left(0,6 - \frac{L_H - 3}{70} \right) \cdot L_{WL} \cdot B_C$
PRESIÓN DEL COSTADO			
P_{sm}	kN/m ²	Presión del costado	$P_{sm} = f_w \cdot 10 \cdot h_{sc} \cdot k_v (0,2 \cdot P_{bm \text{ base}} \cdot k_{ar} \cdot k_L)$
$P_{sm \text{ min}}$	kN/m ²	Presión mínima del costado	$P_{sm \text{ min}} = (0,18 \cdot L_{WL} + 2,37) \cdot f_w$
$P_{bm \text{ base}}$	kN/m ²	Presión base de fondo	$P_{bm \text{ base}} = \frac{0,1 \cdot m_{LDC}}{L_{WL} \cdot B_C} \cdot (1 + f_w \cdot n_{cg})$
f_w	-	Factor de categoría de diseño	-
k_{ar}	-	Factor de reducción de la presión en el área	$k_{ar} = \left[0,455 - 0,35 \cdot \left(\frac{u^{0,75} - 1,7}{u^{0,75} + 1,7} \right) \right] \cdot 1,35$
k_L	-	Factor de distribución longitudinal de la presión	$k_L = 0,13 \cdot \left[\left(0,35 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} \right) + 4,14 \right]$ para $\frac{x}{L_{WL}} \leq 0,25$ $k_L = 1$ para $\frac{x}{L_{WL}} \geq 0,6$

k_v	-	Factor de distribución vertical de la presión	$k_v = \frac{z - h}{z}$
h	m	Altura por encima del codo al centro del panel o a la mitad del refuerzo	-
z	m	Altura sobre la línea de flotación hasta el extremo del panel de costado	-
h_{sc}	m	Altura de escantillonado sobre la línea de flotación	$h_{sc} = \frac{L_H}{17}$
PRESIÓN DE CUBIERTA			
P_{dm}	kN/m^2	Presión de cubierta	$P_{dm} = f_w \cdot k_d \cdot (0,3 \cdot L_H + 14,6)$
$P_{dm \min}$	kN/m^2	Presión mínima de cubierta	$P_{dm \min} = 5$
f_w	-	Factor de categoría de diseño	-
L_H	m	Eslora de la embarcación	-
k_d	-	Factor de reducción de la presión de cubierta	$k_d = 1,1 - \frac{0,4 \cdot b}{1000}$
b	mm	Dimensión más corta del panel	-
PRESIÓN DE MAMPAROS			
P_{wb}	kN/m^2	Presión del mamparo	$P_{wb} = 7,2 \cdot h_b$
h_b	m	Altura de carga del agua	$h_b = \frac{2}{3} \cdot h$
h	m	Altura del mamparo	-
ESCANTILLONADO			
t_1	mm	Espesor	$t_1 = b \cdot f_k \cdot \sqrt{\frac{P \cdot k_2}{1000 \cdot \sigma_d}}$
t_2	mm	Espesor	$t_2 = b \cdot f_k \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot k_3}{1000 \cdot k_1 \cdot E_f}}$
b	mm	Dimensión más corta del panel	-
f_k	-	Factor de categoría de diseño	-

- Límites de aplicación de la normativa:

La ISO 12215-5.3 tiene unos límites de aplicación, los cuales son:

Límites	Nuestra embarcación	¿Cumple?
La eslora ha de estar comprendida entre 2,5 y 24 m	7 m	SÍ
La velocidad de la embarcación no puede ser superior a 50 nudos	45 nudos	SÍ
La relación $\frac{L_{WL}}{v^{\frac{1}{3}}}$ debe estar comprendida entre $3,6 + 0,06 \cdot L_{WL}$ y $6,2 + 0,04 \cdot L_{WL}$	3,98 – 5,08 – 6,45	SÍ
Debe cumplirse la siguiente relación: $\frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} > 3,6$	17,93 > 3,6	SÍ

- Principales datos de la embarcación:

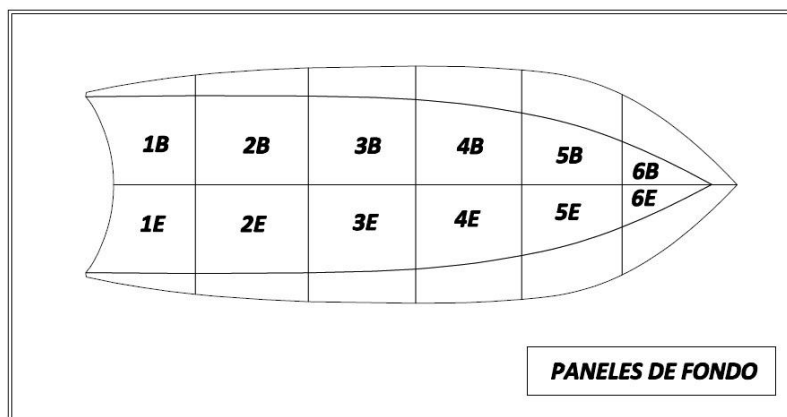
A continuación se muestran los principales datos de la embarcación, los cuales se han utilizado para calcular el escantillonado de la embarcación:

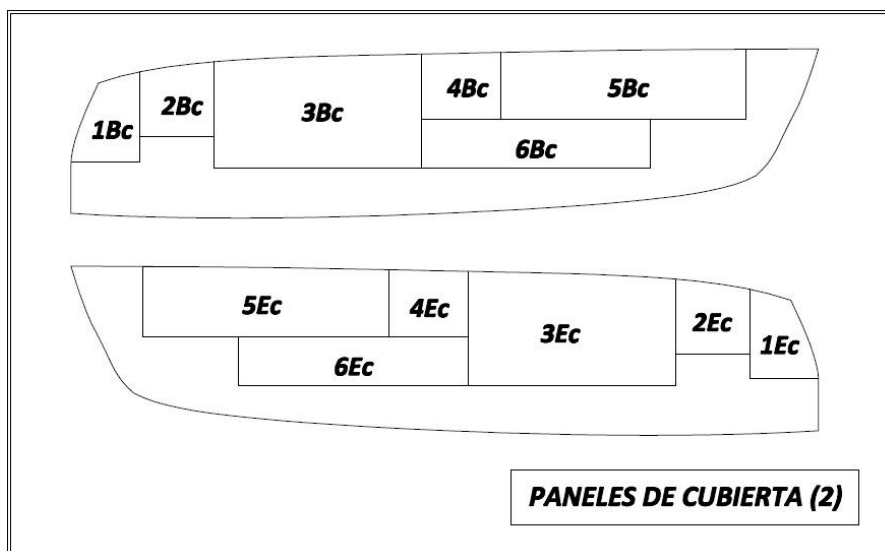
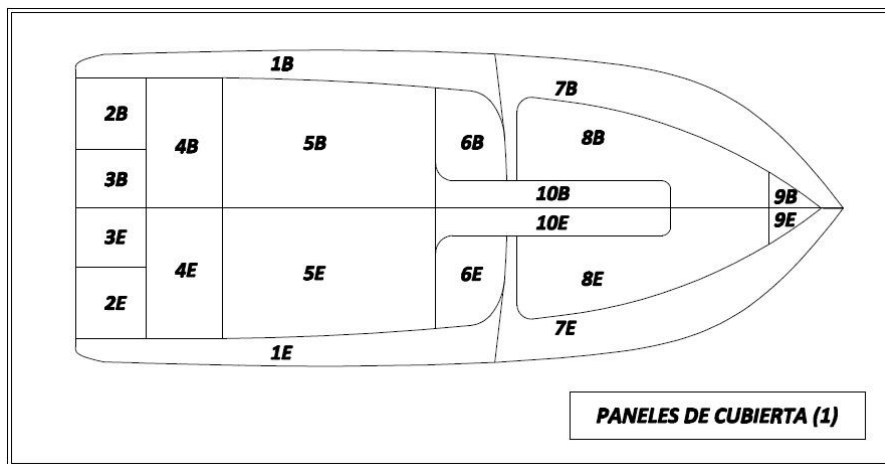
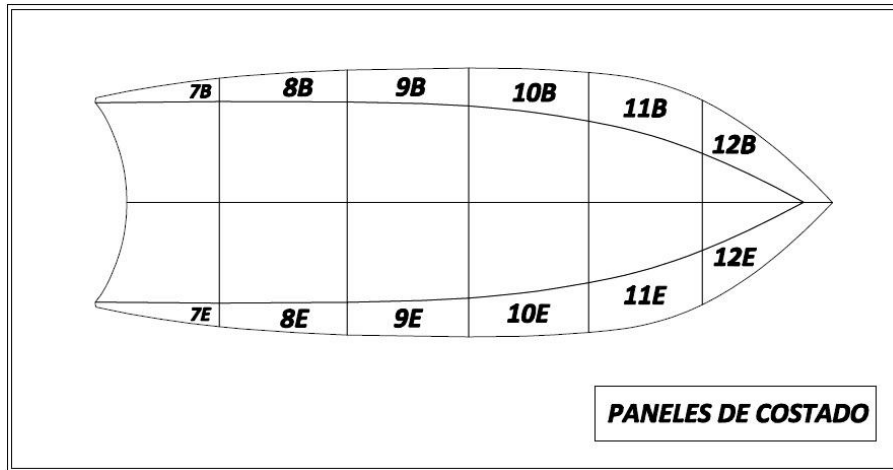
m_{LDC}	L_H	L_{WL}	B	β	v
1907,4 kg	7 m	6,296 m	1,903 m	30°	45 nudos

- Paneles:

El casco se ha de dividir en paneles, una vez tenemos las medidas de los diferentes paneles se calculará la presión que se ejerce en cada uno de ellos para así poder calcular qué grosor necesita el panel para que pueda soportar la presión ejercida en el.

A continuación se muestran los paneles de la embarcación:





1- FONDO

DIMENSIÓN PANELES DE FONDO - mm						
	1	2	3	4	5	6
l	891	1214	1154	1140	1094	1052
b	1076	1094	1094	1101	1024	749

La presión del panel viene dada por la fórmula:

$$P_{bm} = P_{bm \text{ base}} \cdot k_{ar} \cdot k_L \quad (1)$$

donde

$$P_{bm \text{ base}} = \frac{0,1 \cdot m_{LDC}}{L_{WL} \cdot B_C} \cdot (1 + f_w \cdot n_{cg}) \quad (2)$$

- El factor de de carga dinámica n_{cg} tiene en cuenta la aceleración que sufre la embarcación cuando impacta una ola en el casco, y viene dada por la formula:

$$n_{cg} = 0,32 \cdot \left[\frac{L_{WL}}{10 \cdot B_C} + 0,084 \right] \cdot (50 - \beta) \cdot \frac{V^2 \cdot B_C^2}{m_{LDC}} \quad (3)$$

En una hoja de Excel aparte se han calculado las formulas (2) y (3) y se han introducido los resultados en la formula de la presión (1).

Los resultados de la presión de los paneles de fondo son (los paneles son simétricos):

PANELES	P_{bm} (kN/m ²)
1	58,96
2	52,97
3	53,84
4	39,83
5	41,33
6	46,55

- Escantillonado de los paneles de fondo:

Calculo del espesor de los paneles de fondo. El cálculo del espesor se obtiene de las siguientes formulas:

$$t_1 = b \cdot f_k \cdot \sqrt{\frac{P \cdot k_2}{1000 \cdot \sigma_d}} \quad t_2 = b \cdot f_k \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot k_3}{1000 \cdot k_1 \cdot E_f}}$$

CAPÍTULO 5 ESCANTILLONADO

A partir de espesor calculado con las fórmulas anteriores, se procede a hacer la secuencia de laminado. El laminado del panel tendrá como grosor mínimo el máximo grosor de los paneles de fondo. En este caso concreto, los espesores en milímetros de los paneles de fondo son:

	1	2	3	4	5	6
t1	12,71	15,63	15,27	13,05	12,62	11,15
t2	12,66	15,06	14,70	13,23	12,70	10,95

En este caso el espesor mínimo de los paneles de fondo ha de ser:

t _{mín}	15,63 mm
------------------	----------

Secuencia de laminado:

SECUENCIA	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,8	1,03	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,6	0,78	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,8	1,03	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,8	1,03	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,8	1,03	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,8	1,03	0,48
TOTAL	9,2	15,65	

2- COSTADO

DIMENSIÓN PANELES DE COSTADO - mm						
	7	8	9	10	11	12
l	1175	1215	1156	1152	1127	1078
b	314	629	679	681	684	662

La presión del panel viene dada por la:

$$P_{sm} = f_w \cdot (10 \cdot h_{sc})kv + (0,2 \cdot P_{bm base}) \cdot k_{ar} \cdot k_L \quad (1)$$

En una hoja de Excel aparte se ha calculado la formula (1).

Los resultados de la presión de los paneles de costado son (los paneles son simétricos):

PANELES	P _{sm} (kN/m ²)
7	18,60
8	14,11
9	13,96
10	10,80
11	10,74
12	10,92

- Escantillonado de los paneles de costado:

Calculo del espesor de los paneles de costado. El cálculo del espesor se obtiene de las siguientes formulas:

$$t_1 = b \cdot f_k \cdot \sqrt{\frac{P \cdot k_2}{1000 \cdot \sigma_d}} \quad t_2 = b \cdot f_k \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot k_3}{1000 \cdot k_1 \cdot E_f}}$$

A partir de espesor calculado con las fórmulas anteriores, se procede a hacer la secuencia de laminado. El laminado del panel tendrá como grosor mínimo el máximo grosor de los paneles de fondo. En este caso concreto, los espesores en milímetros de los paneles de fondo son:

	7	8	9	10	11	12
t1	3,06	5,49	5,80	5,11	5,09	4,96
t2	3,66	6,57	6,95	6,40	6,38	6,20

CAPÍTULO 5 ESCANTILLONADO

En este caso el espesor mínimo de los paneles de fondo ha de ser:

t_{\min}	6,95 mm
------------	---------

Secuencia de laminado:

SECUENCIA	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,6	0,77	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,6	0,77	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,6	0,77	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,6	0,77	0,48
TOTAL	4,05	6,96	

3- CUBIERTA

DIMENSIÓN PANELES DE CUBIERTA (1) - mm						
	1	2	3	4	5	6
l	250	250	500	1089,6	650	550
b	250	250	500	1089,6	273,1	273,1

DIMENSIÓN PANELES DE CUBIERTA (1) - mm							
	7	8	9	10	11	12	13
l	1200	1338,4	3623,7	977,5	1955,7	1578,5	1894,4
b	652,8	925,9	297,3	436,3	248,7	351	304,5

DIMENSIÓN PANELES DE CUBIERTA (2) - mm										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l	245,6	250	499,2	1200	550	1338,4	977,5	977,5	978,2	1578,5
b	255,7	171	286,8	573,4	356,7	957,2	185,6	787	409,5	466,7

La presión del panel viene dada por la fórmula:

$$P_{dm} = f_w \cdot k_{ds} \cdot (0,3 \cdot L_H + 14,6) \quad (1)$$

Donde f_w es el factor de categoría de diseño definido por:

Categoría de diseño	A	B	C	D
Valor de f_w	1	0,9	0,75	0,5

Nuestra categoría de diseño es la C, por lo tanto el valor de f_w será 0,75.

La fórmula que se ha escogido para calcular el k_{ds} ha sido la referente a los paneles de la superestructura.

Los resultados de la presión de los paneles de cubierta (1) y (2) son (los paneles son simétricos):

PANELES (1)	P_{dm} (kN/m ²)
1	12,53
2	12,53
3	11,27
4	8,32
5	12,41
6	12,41
7	10,51
8	9,14
9	12,29
10	11,59
11	12,53
12	12,02
13	12,25

PANELES (2)	P_{dm} (kN/m ²)
1	12,50
2	12,92
3	12,34
4	10,90
5	11,99
6	8,98
7	12,85
8	9,83
9	11,73
10	11,44

- Escantillonado de los paneles de cubierta (1) y (2):

Calculo del espesor de los paneles de cubierta. El cálculo del espesor se obtiene de las siguientes formulas:

$$t_1 = b \cdot f_k \cdot \sqrt{\frac{P \cdot k_2}{1000 \cdot \sigma_d}} \quad t_2 = b \cdot f_k \cdot \sqrt[3]{\frac{P \cdot k_3}{1000 \cdot k_1 \cdot E_f}}$$

A partir de espesor calculado con las fórmulas anteriores, se procede a hacer la secuencia de laminado. El laminado del panel tendrá como grosor mínimo el máximo grosor de los paneles de fondo. En este caso concreto, los espesores en milímetros de los paneles de fondo son:

CAPÍTULO 5 ESCANTILLONADO

	1	2	3	4	5	6
t1	1,62	1,62	3,08	5,76	2,25	2,24
t2	2,00	2,00	3,86	7,60	2,77	2,75

	7	8	9	10	11	12	13
t1	4,89	6,16	2,03	3,48	1,80	2,69	2,25
t2	6,15	7,93	2,97	4,32	2,52	3,53	3,07

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	0,44	0,46	0,87	1,94	0,99	2,47	0,92	1,83	1,48	1,96
t2	0,85	0,80	1,47	3,19	1,72	4,34	1,41	3,28	2,40	3,08

En este caso el espesor mínimo de los paneles de fondo ha de ser:

(1)	t _{mín}	7,94 mm
(2)		4,34 mm

Secuencia de laminado:

SECUENCIA (1)	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
TOTAL	4,45	7,94	

SECUENCIA (2)	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,6	0,78	0,48
TOTAL	2,55	4,39	

4- MAMPAROS

	PROA	DIMENSIÓN MAMPAROS – mm				POPA
	1	2	3	4	5	
l	1079	1139	1154	1214	879	
b	749	1024	1101	1094	1076	

La presión del mamparo viene dada por la fórmula:

$$P_{wb} = 7,2 \cdot hb \quad (1)$$

Donde hb es la altura de carga de agua.

En una hoja de Excel aparte se han calculado la formula (1) y los resultados obtenidos de la presión de los mamparos son:

MAMPAROS	P _{wb} (kN/m ²)
1	4,81
2	5,60
3	5,66
4	5,46
5	5,15

- Escantillonado de los mamparos:

Calculo del espesor de los mamparos. El cálculo del espesor se obtiene de las siguientes formulas:

$$SM/1\text{cm de ancho} = \frac{b^2 \cdot f_k^2 \cdot P \cdot k_2}{6 \cdot 10^5 \cdot \sigma_d}$$

$$I/1\text{cm de ancho} = \frac{b^3 \cdot f_k^3 \cdot P \cdot k_3}{12 \cdot 10^6 \cdot k_1 \cdot E_{TC}}$$

También se calculará el espesor del mamparo y la masa de fibra que tendrá:

$$d = \frac{v \cdot P \cdot b}{\tau_d \cdot 10^3}$$

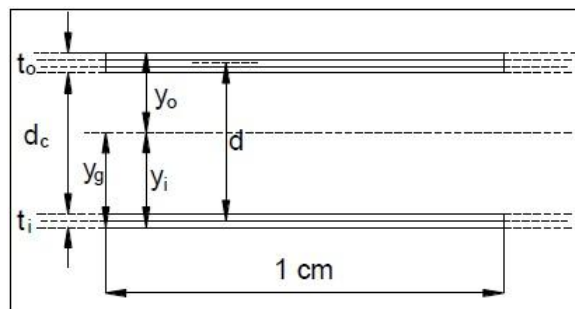
$$w_{os} = f_w \cdot k_4 \cdot k_4 \cdot k_4 \cdot (0,1 \cdot L_{wl} + 0,15)$$

$$w_{is} = 0,7 \cdot w_{os}$$

Los resultados obtenidos son este caso:

	PROA		MAMPAROS		POPA
	1	2	3	4	5
SM	0,0250	0,0544	0,0590	0,0604	0,0262
I	0,0237	0,0508	0,0575	0,0602	0,0294
d	6,5290	9,4949	9,9210	9,8919	8,3967
w_{os}	0,5847	0,5847	0,5847	0,5847	0,5847
w_{is}	0,4093	0,4093	0,4093	0,4093	0,4093

Secuencia de laminado:



Como se indica en la imagen, el espesor total del mamparo es **d**. Las cinco secuencias de laminado serán iguales, lo único que será diferente es el espesor del núcleo de PVC que variará dependiendo del espesor **d** del mamparo obtenido con la fórmula anterior.

SECUENCIA	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,3	0,7005	0,3
Rov	0,45	0,5820	0,48

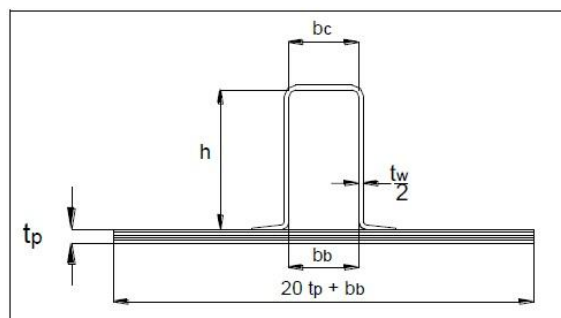
t_n			
Mat	0,3	0,7005	0,3
Rov	0,45	0,5820	0,48
TOTAL	1,5	2,5651	

	PROA	MAMPAROS			POPA
	1	2	3	4	5
t_n - mm	4	7	8	8	6

5- QUILLA Y PANTOQUE

- Quilla:

El refuerzo recorrerá toda la embarcación desde la proa hasta la popa y será del tipo “tall” (alto), los cuales tienen la misma anchura en la parte superior como en la parte inferior. En la siguiente imagen se puede observar la forma del refuerzo:



Este refuerzo no será partido por los mamparos sino que los atravesará de punta a punta de la embarcación. Los parámetros que se han de calcular para el escantillonado de la quilla son:

$$SM = \frac{R_c \cdot K_B \cdot P \cdot s \cdot l_u^2}{\sigma_d} \qquad A_w = \frac{k_{sa} \cdot P \cdot s \cdot l_u}{\tau_d}$$

$$I = \frac{N_B \cdot R_c^{1,5} \cdot P \cdot s \cdot l_u^3}{E_{TC}}$$

Los resultados de las formulas anteriores son:

	SM	Aw	I
QUILLA	58,71	10,19	113,81

CAPÍTULO 5 ESCANTILLONADO

Por lo tanto las dimensiones del refuerzo de la quilla serán:

Dimensiones de la forma			Espesor t_p (mm)	D. base $20 t_p + b_b$ (mm)	Laminado refuerzo (kg/m ²)	Propiedades geométricas		
h (mm)	b_b (mm)	b_c (mm)				SM_{min} (cm ³)	A_w (cm ²)	I_{NA} (cm ⁴)
125	50	50	5	150	2,100	64,7	12,3	532

- **Secuencia de laminado:**

t_{min}	6 mm
-----------	------

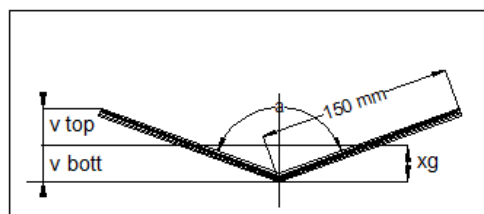
Secuencia de laminado:

SECUENCIA	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,64	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,64	0,48
Mat	0,45	1,05	0,3
Rov	0,5	0,64	0,48
TOTAL	3,45	6,02	

- **Pantoque:**

El refuerzo del pantoque también recorrerá toda la embarcación como lo hace el refuerzo de la quilla. En la embarcación hay dos refuerzos en el pantoque, el del lado de babor y el del lado de estribor.

En la siguiente imagen se puede ver la forma que tendrá el refuerzo del pantoque:



Las formulas necesarias para calcular el escantillonado son las siguientes:

$$SM = \frac{Rc \cdot K_B \cdot P \cdot s \cdot l_u^2}{\sigma_d}$$

$$I = \frac{N_B \cdot R_c^{1,5} \cdot P \cdot s \cdot l_u^3}{E_{TC}}$$

CAPÍTULO 5 ESCANTILLONADO

Los resultados:

	SM	I
PANTOQUE	39,82	70,69

Por lo tanto las dimensiones del refuerzo del pantoque:

Ángulos 150 mm x 150 mm x tp								
t _p (mm)	Ángulo	S (cm ²)	I (cm ⁴)	xg (cm)	V _{top} (cm)	V _{bott} (cm)	V _{max} (cm)	SM (cm ³)
8	120	24,18	194,29	4,01	4,01	4,06	4,06	47,9

- *Secuencia de laminado:*

t _{mín}	8 mm
------------------	-------------

Secuencia de laminado:

SECUENCIA	w (kg/m ²)	t (mm)	ψ
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,5	0,65	0,48
Mat	0,3	0,70	0,3
Rov	0,45	0,58	0,48
TOTAL	4,75	8,02	

- Spray Rails:

Se van a introducir unos spray rails en los costados de la lancha para conseguir un empuje adicional y subir un poco más el centro de gravedad de la embarcación. Los spray rails son unos elementos que se introducen en el diseño del casco a lo largo de la estructura exterior que desvían el agua ascendente.

- Materiales:

A continuación se resumen los diferentes elementos que se han escogido para la construcción de nuestra embarcación:

→ En nuestro caso escogeremos una matriz polimérica, ya que son resistentes a la corrosión y tienen buenas propiedades mecánicas. También pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas. Concretamente una *matriz polimérica termoestable*.

→ Utilizaremos la *resina epoxi*, ya que se obtienen unos laminados de alta calidad y con elevado contenido de fibra. Se le aplicará un recubrimiento de *gelcoat*.

→ Utilizaremos *fibra de vidrio*, más concretamente del tipo E (eléctrico). Escogeremos este tipo de fibra por su bajo coste y su gran resistencia a la humedad.

→ En cuanto a la estructura textil se intercalaran de dos tipos, de *mat* y de *roving*, hasta conseguir el grueso que necesitamos. Utilizaremos *mat* ya que es un material que tiene una alta resistencia mecánica. Utilizaremos *roving* ya que es el que mejor complementa a la estructura textil *mat*.

→ Finalmente los refuerzos en el núcleo serán de PVC y de forma de *sándwich simétrica*. Utilizaremos el PVC ya que es un material rígido y ligero.

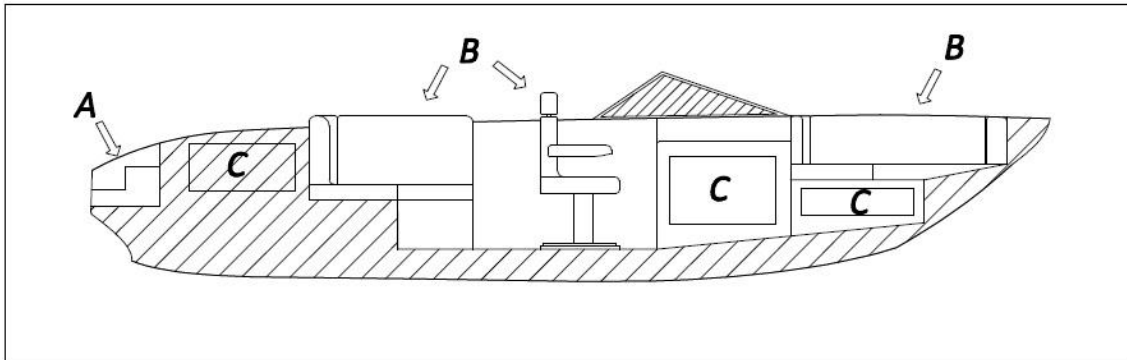
Para un mejor entendimiento del porqué de estas decisiones léase el apéndice 2 de materiales.

DISEÑO DE EXTERIORES E INTERIORES

6 DISEÑO DE EXTERIORES E INTERIORES

En este capítulo del proyecto se explicará el porqué del diseño exterior e interior de la embarcación. A partir de dibujos hechos con el programa informático Autocad, se describirán las diferentes partes de la embarcación.

- Zona interior



En la zona interior de la embarcación podemos encontrar:

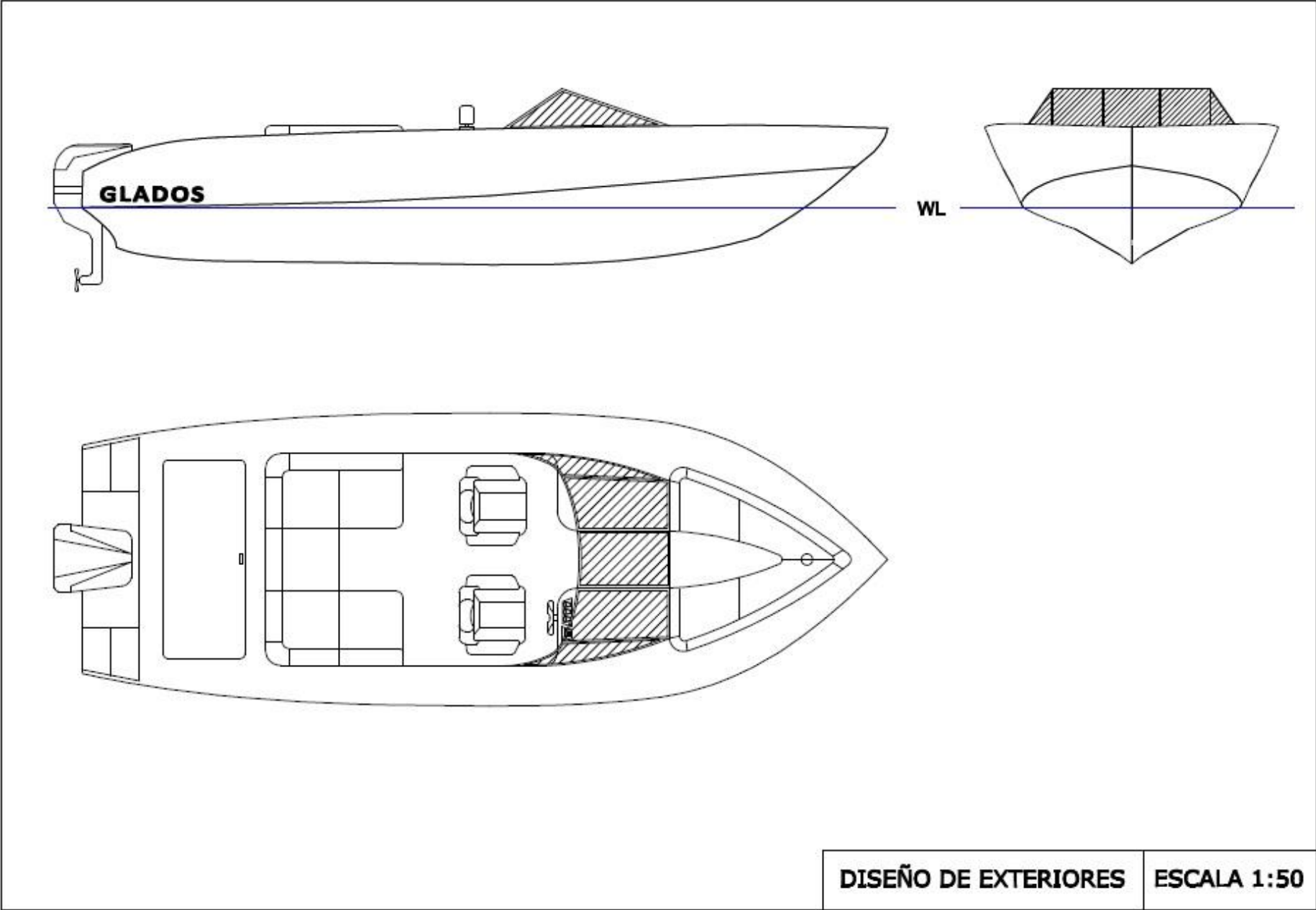
- **A:** Escalones para facilitar la subida a bordo de la embarcación en la parte de popa de la lancha.
- **B:** Asientos en la zona central y en la proa de la embarcación. Sillones para el capitán y el copiloto con reposacabezas.
- **C:** Zonas con sofás donde se guardan los pertrechos de la tripulación, los chalecos y demás objetos de seguridad.

- Zona exterior:

En la zona exterior no hay ningún añadido destacable. En la imagen superior se puede observar que la lancha tiene un parabrisas, el cual se puede abrir por la zona central del mismo, para poder llegar a la proa de la embarcación, donde está la zona de asientos delanteros. En la zona de proa, debajo de los asientos, está el habitáculo de la ancora.

Delante del sillón del capitán está el cuadro de mandos con el volante de dirección. De los sillones hacia popa empieza la principal zona de asientos de la lancha, en la cual pueden ir sentadas hasta 3 personas. En la zona de popa está situado del motor.

A continuación está el plano de formas exteriores de la embarcación:



DISEÑO DE EXTERIORES	ESCALA 1:50
-----------------------------	--------------------

EQUIPOS

7 EQUIPOS

Categoría de diseño asignada:

En este apartado del proyecto se presentarán los equipos necesarios que ha de llevar nuestra embarcación, según la categoría de diseño. La categoría de diseño es asignada por el constructor de la embarcación, y se mide según la estructura del buque.

Hay cuatro categorías distintas:

- i. **A** Oceánicas
- ii. **B** Alta mar
- iii. **C** En aguas costeras
- iv. **D** En aguas protegidas

En la siguiente tabla se relacionan cada una de las categorías con la fuerza del viento, la altura de las olas y la zona de navegación:

Categoría de diseño	Fuerza del viento (Beaufort)	Altura ola (m)	Zonas de navegación
A	>8	>4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
B	<8	<4	2, 3, 4, 5, 6, 7
C	<6	<2	4, 5, 6, 7
D	<6	<0,5	7

En nuestro caso la categoría de diseño de la embarcación es **C En aguas costeras**, donde la fuerza del viento y la altura de la ola, no supera 6 Beaufort y 2 metros respectivamente. Esta categoría de diseño figura en el “Manual del propietario”, en la “Declaración de conformidad” y en la placa de la embarcación.

Al tener la categoría C, las zonas de navegación de la embarcación son: 4, 5, 6 y 7. A continuación se exponen las definiciones para cada zona (el orden es de más restrictivo a menos):

7	Navegación en aguas costeras protegidas, puertos, radas, rías, bahías abrigadas y aguas protegidas en general.
6	Navegación en la cual la embarcación no se aleje más de 2 millas (medidas perpendicularmente a la costa) de un abrigo a playa accesible.
5	Navegación en la cual la embarcación no se aleje más de 5 millas (medidas perpendicularmente a la costa) de un abrigo a playa accesible.
4	Navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 12 millas.
3	Navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 25 millas.
2	Navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas.
1	Navegación ilimitada.

Como se puede observar en la tabla anterior, podrá navegar desde en aguas costeras protegidas, puertos, radas, rías, bahías abrigadas y aguas protegidas en general (7) hasta en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 12 millas (4). Pero exactamente la diseñaremos para zona de navegación 5.

Luces de navegación:

Según la eslora que mida el buque deberá llevar una serie de luces para poder navegar. Seguidamente se expone que tipo de luces que ha de llevar nuestra embarcación:

Eslora	Propulsión mecánica
> 12 metros	Br, Er, Alcance, Tope y Fondeo
< 12 metros	Br, Er y Fondeo
< 7 metros (vel. < 7 nudos)	Fondeo (Br y Er opcionales)

CAPÍTULO 7 EQUIPOS

Hay tres tipos de propulsión: mecánica, a vela o a remos, pero el caso que nos ocupa es propulsión a motor de embarcación menor de 12 metros pero no menor de 7 metros, por lo tanto debe llevar iluminación de babor, estribor y luces de fondeo.

Líneas de fondeo:

Según la eslora que mida el buque también deberá llevar una serie de líneas de fondeo para poder navegar. Seguidamente se expone que tipo de líneas de fondeo que ha de llevar nuestra embarcación:

<i>Eslora (m)</i>	<i>Peso del ancla con alto poder de agarre (kg)</i>	<i>Peso del ancla sin alto poder de agarre (kg)*</i>	<i>Diámetro de la cadena (mm)</i>	<i>Diámetro de la estacha nylon (mm)</i>
3	3,5	4,7	6	10
5	6	8	6	10
7	10	13,3	6	10
9	14	18,7	8	12
12	20	26,6	8	12
15	33	43,9	10	14
18	46	61,2	10	14
21	58	77,1	12	16
24	75	99,8	12	16

* Anclas sin alto poder de agarre: es el pesos de la columna de la izquierda aumentado en 1/3

También se deberá cumplir una serie de normas que se citan a continuación:

- I. La longitud de la línea completa de fondeo será como mínimo cinco veces la eslora de la embarcación.
- II. La longitud del tramo de la cadena será como mínimo igual a la eslora de la embarcación, excepto en embarcaciones de menos de seis metros de eslora, en las que la línea puede estar constituida solo por estacha.
- III. La cadena es de acero galvanizado, medido según EN 24565.
- IV. No se admiten uniones sin grillete.
- V. El peso del ancla podrá dividirse en dos anclas, siendo el peso del ancla principal no menor a 75% del peso total.
- VI. Para valores intermedios de la tabla se interpolará. Para un valor de eslora de 5,457, da un peso del ancla con un alto poder de agarre de 6,914 kg.

Equipos de seguridad:

En éste apartado, se describen todos los equipos de seguridad que la embarcación debe llevar a bordo según la zona de navegación estipulada.

CAPÍTULO 7 EQUIPOS

I. Botiquines:

Se ha de llevar un (1) botiquín de primeros auxilios.

Según la zona de navegación escogida corresponde un tipo de botiquín. La categoría de diseño de nuestra embarcación es la C, por lo tanto le corresponde el botiquín:

Cantidad	Descripción
1 caja	Tiras protectoras adhesivas para heridas (modelo grande)
1 caja	Tiras protectoras adhesivas para heridas (modelo pequeño)
1 tubo	Antiséptico local
1 tubo	Crema contra las quemaduras
1 unidad	Venda de 5 cm de ancho
1 frasco	Colirio antiinflamatorio

II. Material náutico:

En la siguiente tabla se describe el material náutico a llevar a bordo:

Descripción del material exigido	Cantidad	Notas
Bocina de niebla	1	Puede ser: <ul style="list-style-type: none">ManualDe gas con recipiente a presión, con respeto de membrana y botella
Pabellón Nacional	1	
Código de señales	1	Si monta aparatos de radio comunicaciones
Estachas de amarre al muelle	2	
Espejo de señales	1	
Bichero	1	
Remos y dispositivos de boga	1	Sólo para embarcaciones menores de 8 metros de eslora
Inflador y juego de reparación de pinchazos	1	Sólo para embarcaciones neumáticas rígidas y semirrígidas
Caña de timón de emergencia	1	Excepto si el motor es fueraborda o de transmisión Z
Compás de gobierno	1	
Prismáticos	1	
Campana	1	
Linterna estanca	1	Se dispondrá de un juego de pilas y una bombilla de respeto
Reflector RADAR	1	

III. Radiocomunicaciones:

En la siguiente tabla se describen los equipos radioeléctricos obligatorios para esta embarcación:

CAPÍTULO 7 EQUIPOS

Descripción del material exigido	Cantidad	Notas
Transmisor-Receptor de VHF o VHF portátil	1	Homologado

IV. Señales de socorro:

La siguiente tabla describe el tipo y la cantidad de señales de socorro a llevar a bordo:

Descripción del material exigido	Cantidad	Notas
Bengalas de mano	6	Homologadas
Cohetes luz roja y cohetes con paracaídas	6	Homologados
Señal fumígena flotante	1	

V. Salvamento:

En la siguiente tabla se describen los equipos de salvamento a llevar:

Descripción del material exigido	Cantidad	Notas
Chalecos salvavidas	100%	Flotabilidad 150N. (%) Número de personas autorizadas.
Aros Salvavidas con luz y rabiza	1	

Sistema de extinción de conraincendios:

En nuestro caso no será necesario hacer una instalación fija de extinción de incendios, ya que se trata de un motor fueraborda. La instalación estará compuesta por los siguientes equipos de extinción:

I. Número de extintores según eslora:

Al ser una embarcación de menos de 10 metros de eslora y sin una cabina cerrada no se exige que se lleve un extintor a bordo como muestra la siguiente tabla:

Eslora (m)	Cantidad	Tipo
< 10 Sin cabina cerrada	No se exigen	-

CAPÍTULO 7 EQUIPOS

<10 Con cabina cerrada	1	21B
10≤L<15	1	
15≤L<20	2	
20≤L<20	3	

II. Número de extintores según la potencia máxima instalada:

Potencia	Tipo			
	Cantidad	1 motor	Cantidad	2 motores
< 20 kW (27,17 CV) Embarcaciones con motores fueraborda y adscritas en las categorías de navegación 6 y 7.	Según tabla anterior			
≤150 kW (204 CV)	1	21B	1	21B
150<P≤300 kW (407 CV)	1	34B	2	21B
300<P≤450 kW (612 CV)	1	55B	2	34B
>450 kW (612 CV)	1	55B	2	55B*

*En el caso de que la potencia de cada uno sea inferior a 300 kW, pueden instalarse 2 extintores de tipo 34B.

III. Baldes contraincendios:

La embarcación al ser de categoría de navegación de clase C llevará un (1) balde contraincendios con rabiza. Este balde deberá cumplir con:

- La capacidad mínima de los baldes será de 7 litros.
- Los baldes contraincendios podrán usarse también para achique o para otros servicios, pero nunca para trasvasar combustible u otros líquidos inflamables.

Equipos de achique:

La siguiente tabla describe los equipos de achique a llevar:

Zonas de navegación	Descripción del equipo
1	- 1 Bomba accionada por motor principal u otra fuente de energía. - 1 Bomba de accionamiento manual, mínimo 45 emboladas/minuto. En veleros se accionará desde bañera.
2	
3	
4	- 1 Bomba. Si es de accionamiento manual será mínimo de 45 emboladas/minuto. En veleros se accionará desde bañera. - 1 Baldes*.
5	
6	
7	- 1 Bomba manual o eléctrica.

*La embarcación solamente llevará un balde que hará la función de contraincendios y de achique.

I. Capacidad de las bombas según la eslora:

Eslora	Caudal mínimo
≤ 6 metros	10 litros/minuto
> 6 metros	15 litros/minuto
≥12 metros	30 litros/minuto

Descarga de aguas sucias:

La siguiente tabla describe la descarga de aguas sucias:

Zona de navegación	Opción de descarga
Desde 4 a 12 millas	Se permite desmenuzada y desinfectada. (Para descargar el tanque la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos)

CÁLCULO DE PESOS

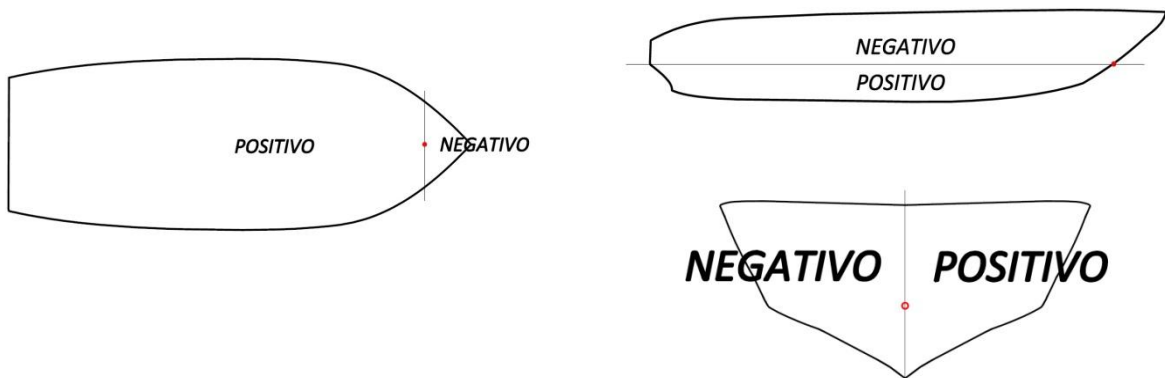
8 CÁLCULO DE PESOS

En este capítulo se calculará el peso total de la embarcación en las dos condiciones exigidas por la normativa de estabilidad, que son el peso total de la embarcación en máxima carga y el peso total de la embarcación en mínima carga. El peso total de la embarcación se divide entre dos pesos:

- **PESO EN ROSCA**

- **PESO MUERTO**

El punto de referencia desde donde se medirán todas las distancias es donde se cruzan la perpendicular de proa y la línea de flotación. En el plano vertical, todo lo que esté hacia popa desde el punto de referencia será positivo y lo que esté hacia proa negativo; en el plano longitudinal, todo lo que esté por debajo de la línea de flotación será positivo y todo lo que esté por encima será negativo; y en el plano transversal, todo lo que esté a estribor será positivo y todo lo que esté a babor será negativo:



A continuación se definen las variables que se calcularán, como también las formulas que se utilizarán para calcular los diferentes pesos:

Variable	Descripción	Unidades
w	Gramaje del refuerzo	kg/m^2
m	Peso del objeto	kg
CG	Centro de gravedad	-
L_{CG}	Posición longitudinal del CG	mm
T_{CG}	Posición transversal del CG	mm
V_{CG}	Posición vertical del CG	mm
Ml	Momento longitudinal	kg·mm
Mt	Momento transversal	kg·mm
Mv	Momento vertical	kg·mm
Σ	Suma	-
u	Unidad	-

CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE PESOS

n	Elemento	-
i	Número de elementos de la unidad	-

Fórmulas:

Posiciones	Momentos
$L_{CG_u} = \frac{\sum_i^n M_{Li}}{\sum_i^n m_i}$	$M_{Li} = L_{CGi} \cdot m_i$
$T_{CG_u} = \frac{\sum_i^n M_{Ti}}{\sum_i^n m_i}$	$M_{Ti} = T_{CGi} \cdot m_i$
$V_{CG_u} = \frac{\sum_i^n M_{Vi}}{\sum_i^n m_i}$	$M_{Vi} = V_{CGi} \cdot m_i$

- PESO EN ROSCA

El peso en rosca está compuesto por el peso de la estructura de la embarcación, el peso de los equipos y el peso de la maquinaria.

- *Peso de la estructura:*

Peso del fondo del casco:

PANELES DE FONDO Y SUS ÁREAS						
	1 (Pp)	2	3	4	5	6(Pr)
Área (m²)	1,025	1,320	1,270	1,230	0,998	0,423

FONDO		
w	m²	m
9,20	12,53	115,31

Peso del costado del casco:

PANELES DE COSTADO Y SUS ÁREAS						
	7 (Pp)	8	9	10	11	12(Pr)
Área (m²)	0,611	0,799	0,789	0,779	0,759	0,680

CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE PESOS

COSTADO		
w	m²	m
4,05	8,83	33,77

Peso de la cubierta del casco:

PANELES DE CUBIERTA Y SUS ÁREAS							
	1	2	3	4	5	6	
Área (m²)	0,107	0,120	0,294	1,254	0,178	0,151	
	7	8	9	10	11	12	13
Área (m²)	0,778	1,237	1,090	0,561	0,418	0,617	0,579

PANELES DE CUBIERTA Y SUS ÁREAS					
	1	2	3	4	5
Área (m²)	0,049	0,033	0,101	0,667	0,196
	6	7	8	9	10
Área (m²)	1,264	0,175	0,722	0,353	0,706

CUBIERTA		
w	m²	m
7	23,3	163,10

Peso de los mamparos de la embarcación:

MAMPAROS Y SUS ÁREAS					
	1(Pp)	2	3	4	5(Pr)
Área (m²)	1,732	0,647	0,428	0,905	0,322

MAMPAROS	Espesor	Área	m	w	Peso del PVC (kg)	PESO TOTAL MAMPARO
-----------------	----------------	-------------	----------	----------	--------------------------	---------------------------

CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE PESOS

1	0,007	1,732	0,543	1,5	2,598	3,140
2	0,009	0,647	0,295	1,5	0,970	1,265
3	0,010	0,428	0,204	1,5	0,643	0,847
4	0,010	0,905	0,430	1,5	1,358	1,787
5	0,008	0,322	0,130	1,5	0,484	0,613
TOTAL						7,653

Peso de la quilla y el pantoque:

	<i>Espesor</i>	<i>Área</i>	<i>m</i>	<i>w</i>	<i>PESO DEL PVC (kg)</i>	<i>PESO TOTAL QUILLA</i>
QUILLA	6,02	2,34	14,086	3,45	8,073	22,159

PANTOQUE		
<i>w</i>	<i>m²</i>	<i>m</i>
4,75	1,96	9,31

Peso total de la estructura:

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS MAMPAROS							
MAMPAROS	<i>m</i>	<i>VCG (m)</i>	<i>LCG (m)</i>	<i>TCG (m)</i>	<i>Mv (kg·m)</i>	<i>MI (kg·m)</i>	<i>Mt (kg·m)</i>
1	3,140	5,122	-0,190	0,000	16,085	-0,597	0
2	1,265	3,907	-0,087	0,000	4,943	-0,110	0
3	0,847	2,753	-0,162	0,000	2,331	-0,137	0
4	1,787	1,615	-0,284	0,000	2,887	-0,508	0
5	0,613	0,536	-0,335	0,000	0,329	-0,205	0
TOTAL	7,653	3,472	-0,448	0,000	26,574	-1,557	0

CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA							
ELEMENTOS	<i>m</i>	<i>VCG (m)</i>	<i>LCG (m)</i>	<i>TCG (m)</i>	<i>Mv (kg·m)</i>	<i>MI (kg·m)</i>	<i>Mt (kg·m)</i>
Fondo	115,314	3,160	0,160	0,000	364,392	18,450	0,000
Costado	35,767	2,753	-0,337	0,000	98,467	-12,054	0,000
Cubierta	163,100	2,559	-0,178	0,000	417,373	-29,032	0,000
Mamparos	7,653	3,472	-0,448	0,000	26,574	-3,432	0,000
Pantoque	9,310	3,578	0,026	0,000	33,311	0,242	0,000
Quilla	22,160	3,578	0,255	0,000	79,288	5,651	0,000

CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE PESOS

	<i>m (kg)</i>	<i>VCG (m)</i>	<i>LCG (m)</i>	<i>TCG (m)</i>	<i>Mv (kg·mm)</i>	<i>MI (kg·mm)</i>	<i>Mt (kg·mm)</i>
TOTAL FINAL	353,304	2885,349	-6991,853	0,000	1019404,913	-20173,934	0,000

- Peso de los equipos:

	EQUIPOS						
	<i>m</i>	<i>VCG</i>	<i>LCG</i>	<i>TCG</i>	<i>Mv</i>	<i>MI</i>	<i>Mt</i>
Botiquín (1 und.)	3,0	1725,500	-152,200	-725,300	5176,500	-456,600	-2175,9
Material náutico	10,0	5237,800	-287,600	0,000	78567,000	-4314,000	0
Transmisor-Receptor	2,5	1725,500	-152,200	725,300	4313,750	-380,500	1813,25
Señales de socorro	7,0	5237,800	-287,600	0,000	36664,600	-2013,200	0
Extintor	6,0	1725,500	-152,200	-725,300	10353,000	-913,200	-4351,8
Chalecos salvavidas (5 und.)	7,5	5237,800	-287,600	0,000	39283,500	-2157,000	0
Aro salvavidas (1 und.)	1,5	5237,800	-287,600	0,000	7856,700	-431,400	0
Balde (1 und.)	0,5	860,700	0,000	452,000	430,350	0,000	226
Bomba manual	2,5	860,700	0,000	452,000	2151,750	0,000	1130
Sofá babor proa	4,0	589,700	-419,100	-579,200	2358,800	-1676,400	-2316,8
Sofá estribor proa	4,0	589,700	-419,100	579,200	2358,800	-1676,400	2316,8
Sillón piloto	35,0	2643,200	-253,300	535,000	92512,000	-8865,500	18725
Sillón copiloto	35,0	2643,200	-253,300	-535,000	92512,000	-8865,500	-18725
Sofá babor popa	4,0	4059,600	-363,100	-677,200	16238,400	-1452,400	-2708,8
Sofá central popa	2,5	4324,700	-342,400	0,000	10811,750	-856,000	0
Sofá estribor popa	4,0	4059,600	-363,100	677,200	16238,400	-1452,400	2708,8
Defensas (4 und.)	8,0	860,700	0,000	-452,000	6885,600	0,000	-3616
Parabrisas	65,0	1615,500	-815,900	0,000	105007,500	-53033,500	0
TOTALES	207,0	2559,036	-427,749	-33,693	529720,400	-88544,000	-6974,450

- Peso de la maquinaria:

	MAQUINARIA						
	<i>m (kg)</i>	<i>VCG (mm)</i>	<i>LCG (mm)</i>	<i>TCG (mm)</i>	<i>Mv (kg·mm)</i>	<i>MI (kg·mm)</i>	<i>Mt (kg·mm)</i>
MOTOR	259	6299,000	-213,800	0	1631441,000	-55374,200	0

CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE PESOS

- Peso en rosca:

El peso en rosca es el resultado de la suma del peso de la estructura, el peso de los equipos y el peso de la maquinaria:

PESO EN ROSCA							
	m	VCG	LCG	TCG	Mv	MI	Mt
Estructura	353,304	2885,349	-6991,853	0,000	1019404,913	-20173,934	0,000
Maquinaria	259,000	6299,000	-213,800	0,000	1631441,000	-55374,200	0,000
Equipos	207,000	2559,036	-427,749	-33,693	529720,400	-88544,000	-6974,450
TOTAL	819,304	3882,035	-200,282	-8,513	3180566,313	-164092,134	-6974,450

- PESO MUERTO:

El peso muerto está compuesto por el peso de la tripulación y sus pertrechos, y se calculará en dos condiciones, en la condición de máxima carga y en la condición de mínima carga.

- Peso muerto a máxima carga:

PESO MUERTO A MÁXIMA CARGA							
	m	VCG	LCG	TCG	Mv	MI	Mt
Combustible	208	5122,5	-41,0	0,00	1065480,0	-8528,0	0,0
Persona 1	75	2643,2	-253,3	535,00	198240,0	-18997,5	40125,0
Persona 2	75	2643,2	-253,3	-535,00	198240,0	-18997,5	-40125,0
Persona 3	75	4059,6	-363,1	-677,20	304470,0	-27232,5	-50790,0
Persona 4	75	4324,7	-342,4	0,00	324352,5	-25680,0	0,0
Persona 5	75	4059,6	-363,1	677,20	304470,0	-27232,5	50790,0
Pertrechos 1	20	860,7	0,0	-452,00	17214,0	0,0	-9040,0
Pertrechos 2	20	860,7	0,0	-452,00	17214,0	0,0	-9040,0
Pertrechos 3	20	860,7	0,0	452,00	17214,0	0,0	9040,0
Pertrechos 4	20	860,7	0,0	452,00	17214,0	0,0	9040,0
Pertrechos 5	20	860,7	0,0	452,00	17214,0	0,0	9040,0
TOTAL	683	3632,98	-185,46	13,24	2481322,50	-126668,00	9040,00

- Peso muerto a mínima carga:

PESO MUERTO A MÍNIMA CARGA							
	m	VCG	LCG	TCG	Mv	MI	Mt
Combustible	208	5122,5	-41,0	0,00	1065480,0	-8528,0	0,0
Persona 1	75	2643,200	-253,300	535,000	198240,000	-18997,500	40125,000
Pertrecho 1	20	860,700	0,000	-452,000	17214,000	0,000	-9040,000
TOTAL	303	4227,505	-90,843	102,591	1280934,000	-27525,500	31085,000

- PESO TOTAL DE LA EMBARCACIÓN:

El peso total de la embarcación en condición de máxima carga:

PESO TOTAL DE LA EMBARCACIÓN – MÁXIMA CARGA							
	<i>m</i>	<i>VCG</i>	<i>LCG</i>	<i>TCG</i>	<i>Mv</i>	<i>MI</i>	<i>Mt</i>
Rosca + 10%	901,234	3882,035	-200,282	-8,513	3180566,313	-164092,134	-6974,450
Muerto + 10%	751,300	3632,976	-185,458	13,236	2481322,500	-126668,000	9040,000
TOTAL	1652,534	3426,185	-175,948	1,250	5661888,813	-290760,134	2065,550

El peso total de la embarcación en condición de mínima carga:

PESO TOTAL DE LA EMBARCACIÓN – MÍNIMA CARGA							
	<i>m</i>	<i>VCG</i>	<i>LCG</i>	<i>TCG</i>	<i>Mv</i>	<i>MI</i>	<i>Mt</i>
Rosca + 10%	901,234	3882,035	-200,282	-8,513	3180566,313	-164092,134	-6974,450
Muerto + 10%	333,300	4227,505	-90,843	102,591	1280934,000	-27525,500	31085,000
TOTAL	1234,534	3613,914	-155,215	19,530	4461500,313	-191617,634	24110,550

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

9 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Gracias al programa informático Hydromax, podemos calcular las curvas de estabilidad de la embarcación. A continuación se expondrán las dos situaciones que se aplicarán en la embarcación de las cuales se calcularán las curvas:

1) A MÁXIMA CARGA - Datos introducidos en el Hydromax:

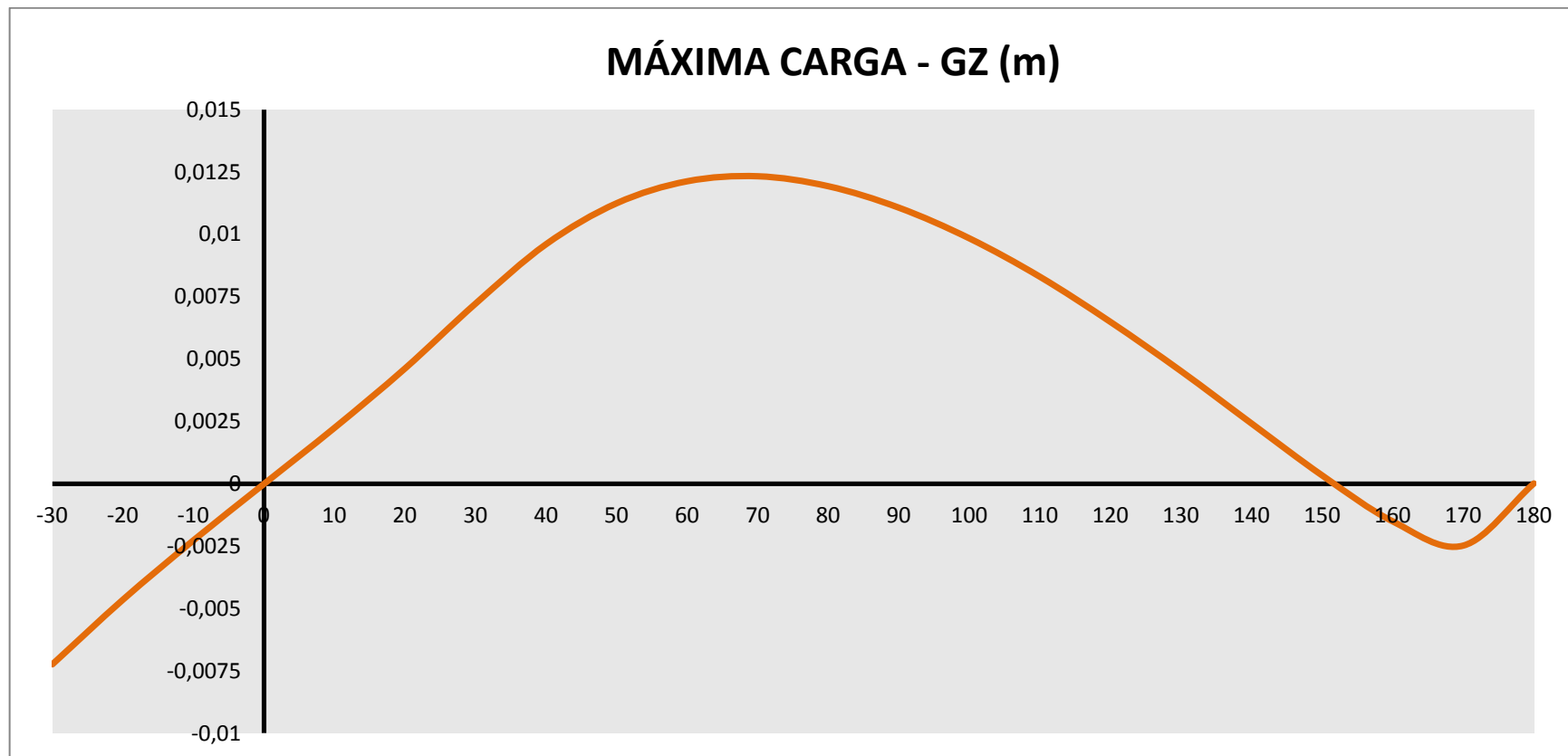
	<i>m (kg)</i>	<i>VCG (m)</i>	<i>LCG (m)</i>	<i>TCG (m)</i>	<i>Mv (m·kg)</i>	<i>MI (m·kg)</i>	<i>Mt (m·kg)</i>
Rosca +10%	901,2	3,882	-0,200	-0,008	3180,566	-164,092	-6,974
Muerto + 10%	751,3	3,632	-0,185	0,013	2481,322	-126,668	9,041
TOTAL	1652,5	3,426	-0,175	0,001	5661,888	-290,760	2,065

2) A MÍNIMA CARGA

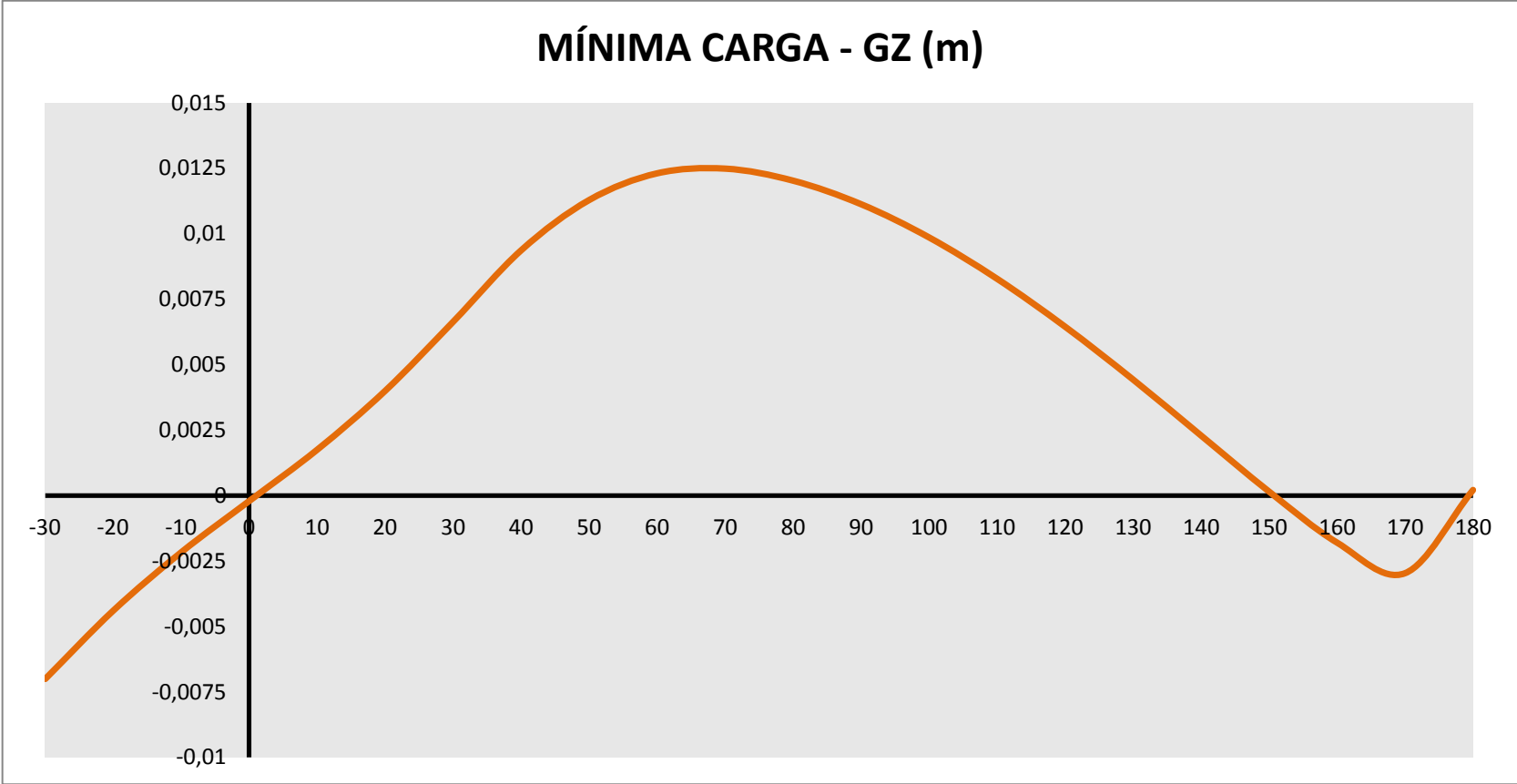
	<i>m (kg)</i>	<i>VCG (m)</i>	<i>LCG (m)</i>	<i>TCG (m)</i>	<i>Mv (m·kg)</i>	<i>MI (m·kg)</i>	<i>Mt (m·kg)</i>
Rosca + 10%	901,2	3,882	-0,200	-0,009	3180,566	-164,092	-6,974
Muerto + 10%	333,3	4,228	-0,091	0,103	1280,934	-27,526	31,085
TOTAL	1234,5	3,614	-0,155	0,020	4461,500	-191,618	24,111

A continuación se exponen las gráficas y las tablas obtenidas respecto del GZ:

°	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
GZ m	-0,724	-0,465	-0,227	-0,001	0,224	0,462	0,722	0,96	1,124	1,212	1,232	1,192	1,106	0,983	0,829	0,648	0,451	0,241	0,033	-0,151	-0,248



°	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
GZ	-0,701	-0,44	-0,217	-0,021	0,175	0,4	0,664	0,937	1,129	1,231	1,249	1,203	1,113	0,986	0,828	0,645	0,443	0,229	0,015	-0,18	-0,297	0,021



CAPÍTULO 9 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Aplicación de la norma ISO 12217-1, que especifica métodos para la evaluación de la estabilidad y flotabilidad de pequeñas embarcaciones de 6 metros de eslora o más. La parte de la norma que utilizaremos, es la primera de las tres que consta la norma ISO 12217. La primera parte de esta normativa va dirigida a embarcaciones que no son de vela y a embarcaciones las cuales su eslora mínima es de 6 metros.

La siguiente tabla indica las evaluaciones que se han de llevar a cabo dependiendo de la clase de embarcación a la que se quiera aplicar la norma ISO 12217-1.

OPCIÓN	1	2	3	4	5	6
CATEGORIAS	A y B	C y D	B	C y D	C y D	C y D
<i>Zonas cubiertas</i>	Totalmente cubierto	Totalmente cubierto	Cualquier cantidad	Cualquier cantidad	Parcialmente cubierto	Cualquier cantidad
<i>Evaluación de altura de hundimiento</i>	✓	✓	✓	✓ ^a	✓	✓
<i>Ángulo de inundación</i>	✓	✓	✓	✓	✓	
<i>Ensayo de compensación de pesos</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Resistencia a olas+viento</i>	✓		✓			
<i>Escora debida al viento</i>		✓ ^b		✓ ^b	✓ ^b	✓ ^b
<i>Evaluación de flotabilidad</i>			✓	✓		
<i>Material de flotabilidad</i>			✓	✓		
NOTA a Esta evaluación no se requiere para embarcaciones evaluadas usando la opción 4, si durante la evaluación de inundación por carga del Anexo E, la embarcación demuestra que puede aguantar un peso equivalente a un peso en seco de un tercio de la máxima carga.						
NOTA b La aplicación de la evaluación 6.4 solo es requerida para embarcaciones que cumplan $A_{LV} \geq L_H B_H$.						

CAPÍTULO 9 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Como puede observarse en la tabla anterior tenemos que aplicar la opción 5 para nuestra embarcación. La opción 5 consta de:

- Ensayo de la altura de hundimiento.
- Ángulo de hundimiento.
- Ensayo de compensación de pesos.
- Escora debida al viento.

- Ensayo de la altura de inundación:

La norma dice que la altura que ha de haber para que en la condición de carga de desplazamiento haya suficiente francobordo y no entre agua en el interior de la embarcación debe ser superior a $L_h/17$. Donde L_h es la eslora de la embarcación:

$$\frac{L_h}{17} = \frac{7}{17} = 0,4117 \text{ m}$$

La altura hasta la cubierta en nuestra embarcación es 0,6560 m. Por lo tanto **cumple el requisito**.

- Ángulo de inundación:

Este requisito sirve para saber si la embarcación tiene un margen suficiente del ángulo de escora, antes de que en la embarcación entre una gran cantidad de agua. En la siguiente tabla se pueden observar los requisitos:

Categoría de diseño	Ángulo mínimo de inundación (°)	
	Utilícese es que sea más grande	
C	$\Phi_0 + 5$	20

Para calcular el ángulo mínimo de inundación se puede hacer por dos métodos:

Calculándolo con una fórmula:

$$\phi_{O(R)} = 10 + \frac{(20 - L_H)^3}{600}$$

CAPÍTULO 9 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

O extrayéndolo de una tabla:

$L_H (m)$	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0
$\Phi_{OR} (^\circ)$	19,7	18,2	16,8	15,6	14,6	12,9	11,2	10,4	10,0	10,0

Aplicando la fórmula anterior hemos obtenido un ángulo mínimo de inundación de:

$$\phi_o = 18,19 + 5 = 23,18^\circ$$

El ángulo de nuestra embarcación ha sido obtenido del autocad, desde la línea de flotación hasta la altura de la cubierta de la bañera, y es de 26° , por lo tanto **cumple el requisito**.

- Ensayo de compensación de pesos:

El objetivo de este método es determinar el ángulo de escora que se genera cuando el máximo número de personas se posicionan en la zona de máxima manga.

El ángulo no debe ser mayor al ángulo calculado en el apartado anterior:

$$\phi_{O(R)} = 18,19^\circ$$

Los 5 tripulantes, que son la tripulación límite, se situarán en la zona más extrema de la manga, que son 1,275 metros.

Calcularemos el momento que generan y lo introduciremos en las gráficas obtenidas al principio de este capítulo:

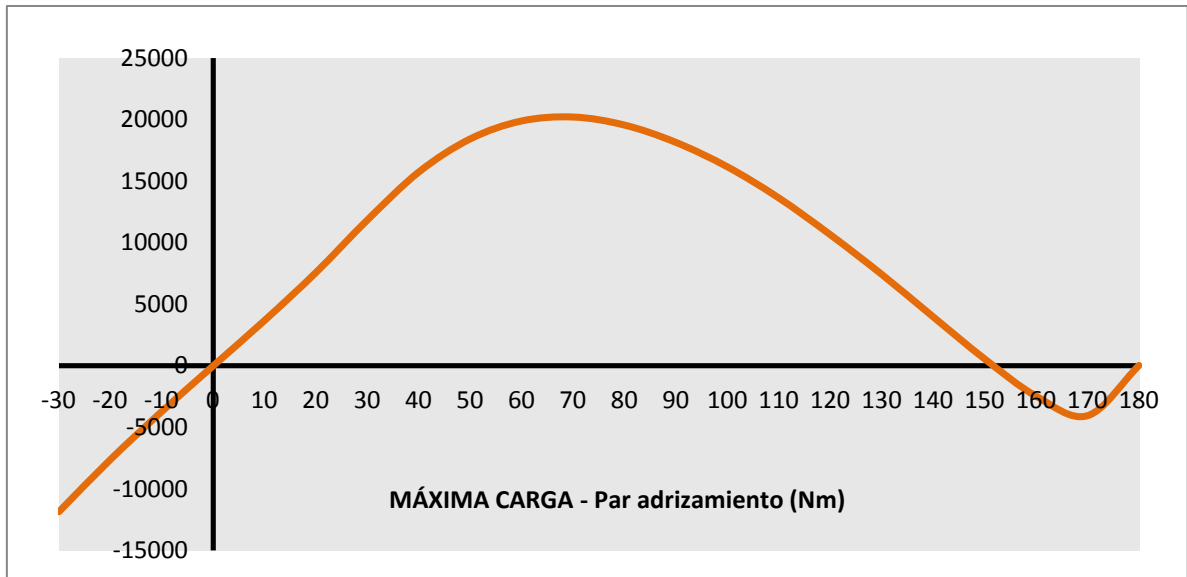
$$M_C = B_C \cdot CL \cdot 75 \cdot g$$

Donde **M_C** es el momento obtenido, **B_C** es la distancia transversal donde estará situada la tripulación, **CL** la tripulación máxima (5 tripulantes), **75** es el peso en kilogramos de cada tripulante y la **g** es la fuerza de la gravedad.

Obtenemos:

$$M_C = 4389,18 Nm$$

Entrando en la siguiente gráfica podemos obtener a que ángulo de escora pertenece este par de adrizamiento:



El ángulo obtenido es de $\alpha = 11,82^\circ$. Como se puede ver, el ángulo obtenido es menor que el ángulo de escora máxima, por lo tanto, **cumple el requisito**.

- Escora debida al viento:

Nuestra embarcación está exenta de hacer este análisis debido a que no cumple con la siguiente fórmula:

$$A_{LV} > L_H \cdot B_H$$

REQUISITOS		
A_{LV}	Área donde golpea el viento	11,39 m ²
L_H	Longitud del casco	7 m
B_H	Manga del casco	2,55 m

$$11,39 > 7 \cdot 2,55$$

$$11,39 \nlessgtr 17,85$$

Como vemos, la fórmula no cumple, por lo tanto no procedemos a hacer el análisis.

RESULTADOS

10 RESULTADOS

En este capítulo procederemos a resumir en una tabla los resultados más destacados del proyecto:

Hidrostáticas:

MÁXIMA CARGA			MÍNIMA CARGA	
Desplazamiento	1671 kg		Desplazamiento	1234 kg
Calado	0,543 m		Calado	0,501 m
L _{WL}	6,513 m		L _{WL}	6,361 m
B _{WL}	1,589 m		B _{WL}	1,356 m
C _p	0,588		C _p	0,55
C _b	0,249		C _b	0,239
Escora	0 °		Escora	0 °

También expondremos la nueva curva de resistencia, calculada a máxima carga:

VELOCIDAD (nudos)	SEMI-DESPLAZAMIENTO		PLANE0	
	SAVITSKY RESISTENCIA	SAVITSKY POTENCIA	SAVITSKY RESISTENCIA	SAVITSKY POTENCIA
5	--	--		--
6,25	--	--		--
7,5	0,97	5,03	--	--
8,75	1,59	9,59	--	11,29
10	1,69	11,63	--	14,75
11,25	1,81	14,04	1,87	18,63
12,5	1,9	16,36	2,14	22,71
13,75	--	--	2,4	26,71
15	--	--	2,63	30,48
16,25	--	--	2,82	34,02
17,5	--	--	2,95	37,42
18,75	--	--	3,03	40,78
20	--	--	3,1	44,21
40	--	--	5,46	150,53
41,25	--	--	5,69	161,82
42,5	--	--	5,93	173,77
43,75	--	--	6,18	186,4
45	--	--	6,43	199,74

CAPÍTULO 10 RESULTADOS

Comparación:

	Nudos	kN	HP
Anterior	45	6,63	205,78
Nuevo	45	6,43	199,74

Como se puede ver, son muy parecidas las potencias necesitadas. Por lo tanto no haría falta cambiar el motor.

Mención aparte merece el tema del desplazamiento, que como podemos ver es bastante diferente al desplazamiento dimensionado en el capítulo 2. Como allí ya hemos comentado, al tener un coeficiente de regresión bajo, la curva de regresión tiene una gran incertidumbre, dotando al dato del desplazamiento de poco orientativo.

Una vez obtenido el dato del desplazamiento a máxima carga podemos observar la diferencia no es tanta como para cambiar aspectos del proyecto que ya habíamos calculado como la resistencia. Así que lo damos por bueno.

CONCLUSIONES

11 CONCLUSIONES

Llegados a este punto ya solo queda mirar atrás y ver hasta dónde hemos llegado en este proyecto. Se ha intentado crear una embarcación de recreo de 7 metros de eslora desde cero, y capítulo a capítulo se han ido:

- Decidiendo las dimensiones principales de la embarcación.
- Diseñando las formas del casco.
- Decidiendo el tipo de material que se utilizará para su construcción.
- Decidiendo el sistema propulsivo del cual estaría provista la lancha.
- Diseñando el exterior de la embarcación.
- Calculando los pesos de los equipos.
- Calculando la estabilidad de la lancha motora.

Como se puede ver se han cumplido todos los puntos que se exponían en el capítulo de introducción como objetivos para este proyecto.

Durante la creación de este trabajo han surgido dificultades, como en todo trabajo, pero se han podido solucionar investigando y documentándose mejor. Por eso mismo creo que ha sido una experiencia gratificante y enriquecedora para mí.

BIBLIOGRAFÍA

12 BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- LARSSON L.; E. ELIASSON R. *Principles of yacht design*, 2nd Edition, Londres 2000.
- BESEDNJAK A., *Materiales compuestos. Procesos de fabricación de embarcaciones*, Ediciones UPC, Barcelona 2005.
- SAVITSKY D., *Hydrodynamic design of planning hulls*, Marine Technology vol.1, 1964.

Páginas web:

- www.plasticmaterials.net
- www.fondear.org
- www.chriscraft.com
- www.yamahaoutboards.com

Apuntes:

- CASTELLS, MARCEL-LA. *Hidroestática y estabilidad*, Facultad de Náutica de Barcelona.
- GARCÍA, JULIO. *Proyectos*, Facultad de Náutica de Barcelona.
- PRADA, ADRIÁN; SAENZ, VICENTE. *Fundamentos de la construcción naval y propulsores*, Facultad de Náutica de Barcelona.

ISOs:

- ISO 12217-1:2002, *Stability and buoyancy assessment and categorization*.
- ISO 12215-5.3, *Hull construction – Scantlings*.

APÉNDICE 1

13 APÉNDICE 1 PLANEO

- Introducción al planeo:

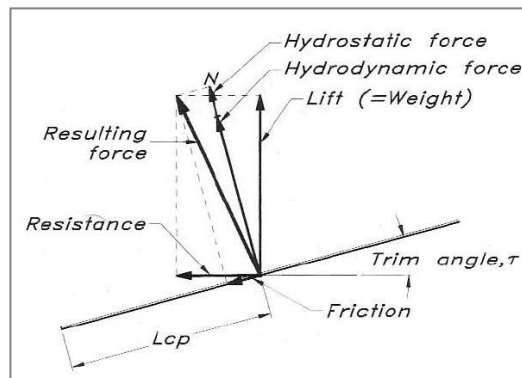
El planeo

Tal y como afirma Arquímedes, todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido, con velocidad cero, experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado. En esta situación, es decir, de velocidad cero y que el objeto esté parcialmente sumergido, sólo aparecen dos fuerzas:

- La fuerza del peso del objeto que está en el fluido.
- La fuerza hidrostática igual al peso pero de sentido contrario.

No obstante, tan pronto el cuerpo empieza a moverse, aparece una nueva fuerza en juego, la fuerza hidrodinámica.

La fuerza hidrodinámica, es perpendicular a la cara del objeto que está en contacto con el agua.

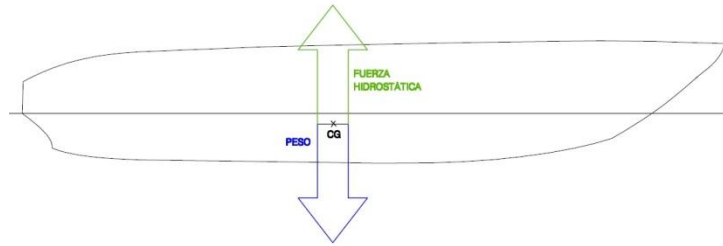


Como el cuerpo ejerce una fuerza sobre las partículas de agua, éste las pone en movimiento. La misma fuerza pero en sentido contrario es la fuerza que ejerce el líquido sobre el casco. Esta fuerza, por unidad de área, es una de las componentes de la llamada presión hidrodinámica, que está compuesta también, aparte de otras, por el peso del cuerpo.

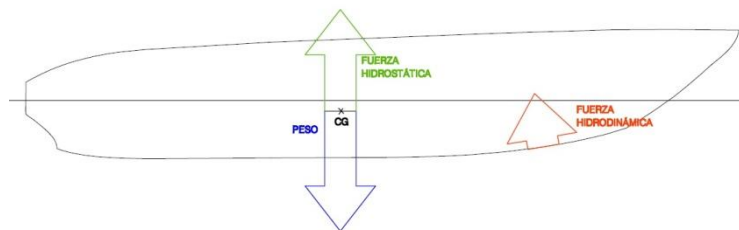
La presión hidrodinámica en su componente vertical impide que el barco se hunda, y a altas velocidades, esta componente de la presión hidrodinámica puede ser mucho mayor que la flotabilidad levantando el casco, más o menos, completamente fuera del agua, a eso se le considera *el planeo*.

A continuación se exponen como a diferentes velocidades, existen diferentes tipos de navegación:

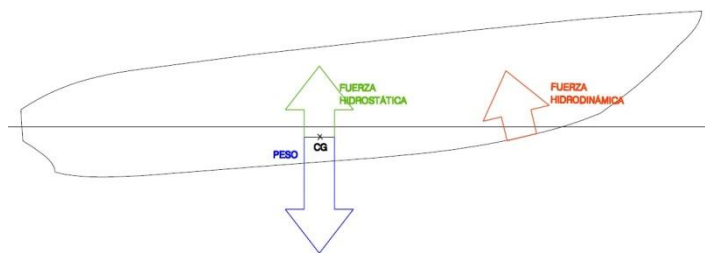
- A velocidad igual a cero o a bajas velocidades ($F_n \approx 0$), no aparece la fuerza hidrodinámica, sino sólo las fuerzas estáticas.



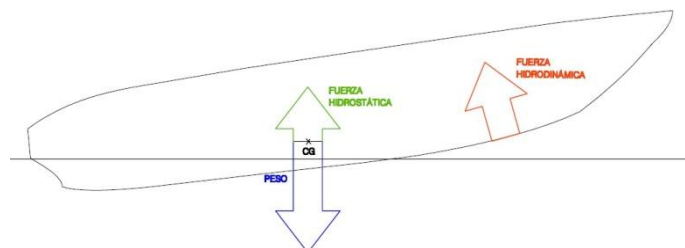
- Cuando la velocidad llega al número de Froude de 0,5 entra en régimen de desplazamiento. Aparecen las fuerzas hidrodinámicas, pero no son suficientes para elevar el casco por encima del fluido.



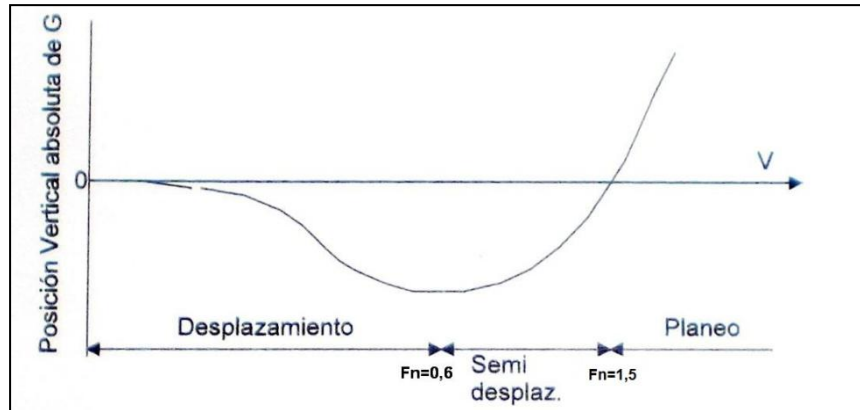
- A valores de velocidad de entre 0,5 y 1,5 la embarcación ya entra en la fase de semi-desplazamiento. La fuerza hidrodinámica no es suficientemente elevada para poder levantar el centro de gravedad de la embarcación por encima de la superficie.



- A velocidades con un número de Froude por encima del 1,5 ya entran en régimen de planeo. La fuerza hidrodinámica ya es suficientemente elevada como para levantar la embarcación, haciendo que el centro de gravedad de esta sobresalga del nivel del mar.



Como hemos visto, para cada número de Froude se puede determinar el régimen de desplazamiento de la embarcación. A continuación se puede observar una gráfica con los diferentes regímenes de desplazamiento.



- Desplazamiento
- Semi-desplazamiento
- Planeo

El número de Froude es un número adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido. Depende de la velocidad y eslora de la embarcación:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}}$$

A continuación se expondrá que forma de casco es la más adecuada para nuestra embarcación:

APÉNDICE 2

14 APÉNDICE 2 MATERIALES

- **CONCEPTOS GENERALES:**

En este capítulo queremos hacer un inciso en los diferentes materiales que existen para la creación de los materiales compuestos. Los materiales compuestos, son una novedad en el campo de la construcción de embarcaciones, aunque los estos materiales en sí, ya existieran desde hace mucho.

Lo que se quiere conseguir con este material compuesto son propiedades que con un solo material sería imposible obtener.

Definición de material compuesto extraída del libro *Materiales compuestos*, del autor Alejandro Besednjak Dietrich:

<Se define como material compuesto todo sistema o combinación de materiales constituido a partir de una unión de dos o más componentes, que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo, estas nuevas propiedades, ninguna de las anteriores.>

El material compuesto se compone por dos elementos, por una parte, la matriz y por otra el refuerzo.

A continuación se explicarán los diferentes tipos de matriz que existen y cual se utilizará en la construcción de nuestra embarcación.

Tipos de material compuestos:

- **Materiales compuestos de matriz metálica:** este tipo de materiales poseen alta resistencia y muy bajo peso. Han sido desarrollados para componentes aeroespaciales principalmente.

- **Materiales compuestos de matriz cerámica:** este tipo de materiales son más recientes y mejoran las propiedades mecánicas como la tenacidad y la resistencia de los materiales cerámicos tradicionales.

- **Materiales compuestos de matriz polimérica:** este es el tipo de materiales que más se adecúa a nuestras necesidades, es el que se utiliza para la construcción de embarcaciones. Tienen buenas propiedades mecánicas, resistentes a la corrosión y a los agentes químicos. Este tipo de materiales también pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas.

A continuación se explicarán con más detalle los diferentes tipos de matriz polimérica.

- LOS POLÍMEROS (MATRIZ)

La matriz es el aglutinante de las fibras de los refuerzos y es comúnmente llamada resina.

Este tipo de matriz, la polimérica, es la más ampliamente utilizada en la industria en general y especialmente en la construcción naval.

Los polímeros, como matriz de un material compuesto, abarcan una gran cantidad de diferentes materiales y se pueden clasificar de diferentes formas, ya sea según su origen: en los que se divide entre polímeros naturales o polímeros sintéticos; o según su comportamiento térmico que se dividen en:

- a. Termoplásticos:** son polímeros moldeables al calentarse a determinadas temperaturas, se convierten en fluidos permitiendo una fácil extensión sobre la pieza. La forma que se le dé una vez caliente quedará preservada al enfriarse.

La arquitectura molecular puede ser de dos tipos: lineal o ramificada, facilitando la fluidez del polímero cuando se le aporta calor.

- b. Elastómeros:** son polímeros que poseen cadenas con mucha libertad de movimiento molecular. El estado gomoso elástico a temperatura ambiente que presentan se lo deben a los dobles enlaces que tienen a lo largo de la cadena.

- c. Termoestables:** son polímeros que no pueden fluir por efecto de la temperatura para ser remodelados. A temperatura ambiente son duros y frágiles. Se pueden mejorar sus características mecánicas aplicándoles diferentes tipos de materiales de refuerzo.

Su estructura molecular es entrecruzada tendiendo a ser resinas de mucha rigidez. Más adelante ampliaremos la información de las matrices termoestables ya que es el tipo de matriz utilizada en nuestro caso.

Finalmente, las matrices son una parte indispensable y básica para los materiales compuestos, y algunas de sus funciones son:

- Transmiten los esfuerzos a las fibras de refuerzo a través de la interfaz.
- Protegen a las fibras de los esfuerzos de compresión.
- Unen las diferentes fibras de refuerzo por medio de fuerzas adhesivas.
- Aseguran a las fibras de refuerzo de acuerdo con el orden preestablecido.
- Resguardan a las fibras de los ataques externos como humedad, ataque químico, etc.

- MATRICES TERMOESTABLES

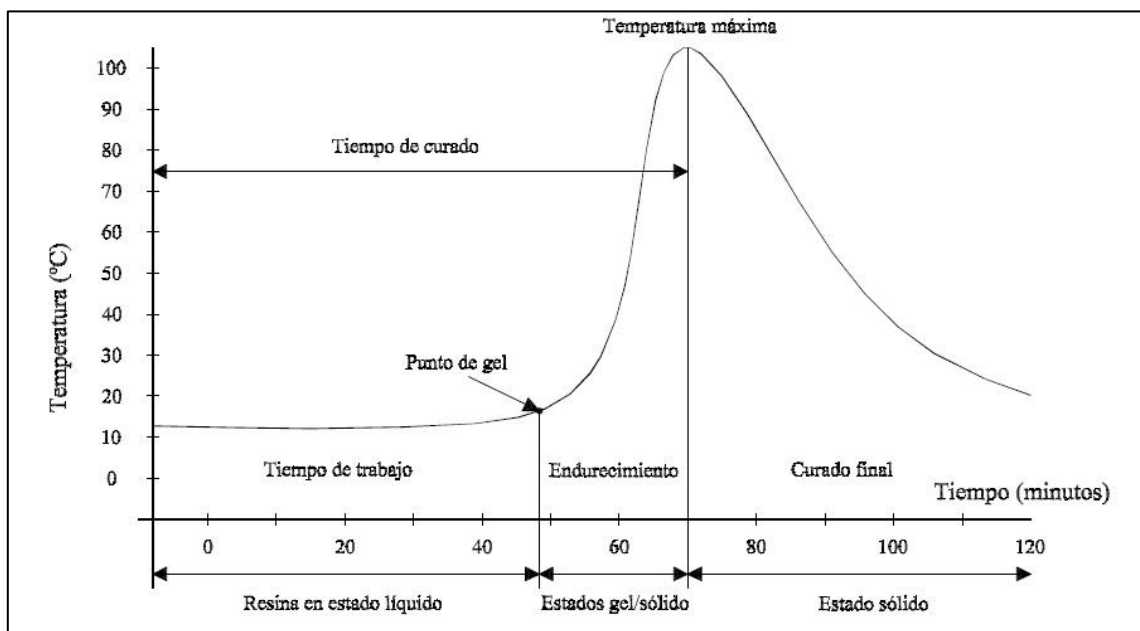
En estado inicial, las matrices termoestables, son un líquido viscoso que pasa por un estado de gel y finalmente se endurece. Las principales ventajas que tienen en común las matrices termoestables son:

- a) Alta rigidez.
- b) Bajo peso.
- c) Alta estabilidad dimensional.
- d) Alta estabilidad térmica.
- e) Resistencia a la fluencia y a la deformación bajo carga.
- f) Buenas propiedades como aislante térmico y eléctrico.

- Proceso de curado:

El proceso de curado es un proceso que se aplica a la resina para que se transforme de su estado líquido a un estado sólido. Para conseguir esta transformación hace falta aplicarle a la resina una serie de diferentes sustancias, como el acelerador y el catalizador.

En la siguiente figura se puede observar claramente las diferentes fases que hay en un proceso de curado:



Como se observa en la figura anterior, el *punto de gel*, es donde comienza la fase del endurecimiento de la resina. Este punto depende tanto del grueso del laminado como del catalizador aplicado. También puede verse afectado por la temperatura ambiente.

El pico de temperatura que muestra la figura es debido a la reacción exotérmica que se produce al entrecruzarse las moléculas, generando calor. Una vez alcanzada la temperatura máxima, baja lentamente hasta la temperatura ambiente, y la reacción química disminuye, llamándose esta parte final, *curado final*. El curado puede realizarse a temperatura ambiente,

llamado maduración del laminado, que durará más o menos, según las propiedades de la resina utilizada. Aproximadamente una resina poliéster necesita entre 24 y 48 horas a 20°C para alcanzar un 90% del curado total. Sin embargo el curado total se produciría al cabo de varias semanas o meses.

Los factores que intervienen durante el curado son: el tipo de resina, la temperatura ambiente, el catalizador y el acelerador, espesor del laminado, el proceso de curado o postcurado, la humedad relativa del ambiente, de la luz solar y de la presencia o no, de cargas.

A continuación se expondrán las tres resinas más utilizadas:

- Resinas de poliéster:

Las resinas de poliéster son las resinas más utilizadas en el mundo y dentro de las matrices termoestables son las más utilizadas.

Son de coste reducido por lo tanto muy buenas para la construcción de embarcaciones en serie, y por eso una firme candidata para la construcción de nuestra embarcación, al final del capítulo se detallará qué materiales son los escogidos para nuestra embarcación.

Hay una gran variedad de resinas de poliéster, por eso es difícil decir las propiedades exactas que tienen, algunas incluso son formuladas para situaciones específicas, pero generalmente su resistencia y rigidez no son muy elevadas y durante el endurecimiento tienden a contraerse (6-10%).

Como se ha comentado en el párrafo anterior, hay diferentes tipos de resinas de poliéster, a continuación se exponen las más utilizadas:

Ortoftálicas	Las de menor coste. De utilización general.
Isoftálicas	Mejores propiedades que las ortoftálicas y mejor resistencia en ambientes marinos.
Isoftálica NPG	Mejora la resistencia química de la anterior.
Bisfenólicas	Mejores propiedades mecánicas y químicas que las anteriores, aunque tienen un coste elevado. Las ideales para medios corrosivos.

La temperatura de trabajo de las resinas de poliéster debe ser de entre 17° y 22° C, y nunca laminar por debajo de los 10° C o por encima de los 30° C.

Su utilización en la industria naval es en la construcción de cascos, cubiertas, superestructuras, estructuras internas, etc.

- Resinas de viniléster:

Las resinas de viniléster se encuentran entre las resinas de poliéster y las resinas epoxi en cuanto a propiedades físico-químicas se refiere. Su buena resistencia a los ataques químicos se debe a los pocos grupos de éster que contiene su cadena comparado con otras resinas.

Las principales ventajas de las resinas de viniléster son que poseen mejores propiedades mecánicas, químicas y térmicas que las resinas de poliéster. También poseen buena resistencia a la fatiga, y no se contraen tanto como las resinas de poliéster en el proceso de curado (de alrededor del 1%).

Su principal desventaja es el precio, que es de 1,5 a 2 veces el precio de las resinas de poliéster.

Como las resinas de poliéster, las de viniléster también se utilizan para la construcción de cascos. También se utilizan para piezas que estén constantemente sumergidas en el agua. Otro de sus usos es combinarlo con las resinas de poliéster en las primeras capas del laminado para evitar la osmosis.

- Resinas epoxi:

Las resinas epoxi son las más utilizadas en los materiales compuestos de alta calidad, son las que mejores propiedades físicas y mecánicas poseen. Sumado a que tienen una gran capacidad de adhesión sobre diferentes tipos de materiales de refuerzos, se obtienen unos laminados de alta calidad y con elevado contenido de fibra.

Las resinas epoxi son una compleja mezcla de resinas, agentes de curado, aceleradores, catalizadores, modificadores termoplásticos y otros aditivos.

Para que las resinas epoxi curen completamente es necesario aplicarles calor externo, ya sea en el proceso de curado o de postcurado.

Tienen las mejores propiedades mecánicas, una mayor resistencia térmica y una buena resistencia a la abrasión. Su contracción durante el curado es muy baja (0-1%) y poseen buenas propiedades eléctricas y térmicas, y buena resistencia al ataque de agentes químicos.

Su principal desventaja es su precio que es elevado.

Su aplicación suele ser en estructuras que requieran máxima resistencia con el mínimo peso, cascos de alta velocidad, aplicaciones de defensa, aplicaciones aeroespaciales, etc.

- Otras resinas:

- Resinas fenólicas.
- Resinas bismaleimidas.
- Resinas poliimidas.
- Resinas esteres cianato.
- Resinas polieteramidas.

- CARGAS Y ADITIVOS:

Las cargas y los aditivos son una serie de productos que se le añaden a las resinas para conseguir características particulares. Principales aportaciones:

- Reducir costes de la materia prima
- Disminuir el peso de la pieza
- Reducir la contracción de la matriz
- Aumentar la rigidez
- Mejorar el acabado superficial, dejando superficies más lisas

- RECUBRIMIENTOS:

- Gelcoat:

El gelcoat es una capa de resina que protege al laminado del ataque químico y medioambiental. Es la capa que estará en el exterior, y lo primero que se pone en el molde. El tiempo de duración vendrá ligado a la calidad del gelcoat aplicado a la mezcla.

Es un recubrimiento protector, protegiendo las fibras de refuerzo de los ataques externos. También proporciona propiedades estéticas, como color y brillo.

El gelcoat más adecuado en nuestro caso es el *gelcoat isoftálico*, ya que son muy resistentes al medio ambiente, a la humedad y al agua del mar. También poseen excelente flexibilidad y brillo.

- Topcoat:

El topcoat se aplica para conseguir curar la resina de la última capa que haya quedado expuesta a la humedad del aire, ya que esta actúa como inhibidor. El topcoat es similar al gelcoat pero en este caso el topcoat contiene una pequeña cantidad de parafina.

- MATERIALES DE REFUERZO (REFUERZO):

Los materiales de refuerzo son aquellos que aportan un buen comportamiento mecánico y resistencia. Las fibras se dividen en: inorgánicas y sintéticas.

- Fibras inorgánicas:

- Fibra de vidrio:

Constituidas fundamentalmente por sílice combinada con diferentes óxidos, como alúmina, alcalinos y alcalinotérreos. La alta resistencia que tienen las fibras de vidrio es debida a los enlaces covalentes entre el silicio y los radicales de oxígeno.

Existen diferentes tipos de fibra de vidrio pero la que se aplica en el mundo naval es la fibra de vidrio E (eléctrico), que posee una buena resistencia a la humedad.

Las principales propiedades de la fibra de vidrio:

- a) Excelente resistencia mecánica específica.
- b) Resistencia a la humedad.
- c) Resistencia al ataque de agentes químicos.
- d) Buenas propiedades como aislante eléctrico.
- e) Débil conductividad térmica.
- f) Buena estabilidad dimensional.
- g) Bajo alargamiento.
- h) Propiedades isotropas.
- i) Excelente adherencia a la matriz.
- j) Incombustibilidad e imputrescibilidad.

Tipo	Vidrio E	Vidrio R/S	Vidrio C
Resistencia a la tracción (GPa)	3,4 – 3,5	3,4 – 4,6	3,1
Módulo elástico (GPa)	72 -73	85 - 87	71
Densidad (Kg/m ³)	2600	2500 - 2530	2450
Alargamiento a la rotura (%)	3,3 – 4,8	4,2 – 5,4	3,5
Resistencia específica (GPa * cm ³ /g)	1,3 – 1,35	1,7 – 1,85	1,3
Módulo E específico (GPa * cm ³ /g)	27,7 – 28,2	34 – 34,9	29
Chef. Transmisión térmica (10 ⁻⁶ /°K)	5	4 – 5,1	7,2
Diámetro del filamento (µm)	8 -20	10	20

- Fibra de carbono:

La fibra de carbono combinada con matrices epoxies crea una mezcla donde las propiedades que tienen son las de alta resistencia y un elevado módulo de elasticidad, a la vez que son un material muy ligero. El componente principal de la fibra de carbono es el poliacrilonitrilo (PAN), combinado con otros materiales (metil acrilato, metil metacrilato, vinil acetato, etc.).

Las principales propiedades de la fibra de carbono:

- a) Elevada resistencia y rigidez.
- b) Alta resistencia a la vibración.
- c) Buen comportamiento a la fatiga.
- d) Buena conductividad térmica.
- e) Buena conductividad eléctrica.
- f) Bajo coeficiente de dilatación térmica.
- g) Resistencia a altas temperaturas.
- h) Elevada resistencia química a ácidos, disolventes y alcalis.
- i) No se ven afectadas por el contacto con agua de mar.

La desventaja principal es su elevado coste, por lo que se suele combinar con otros materiales.

<i>Tipo</i>	<i>Carbono HT</i>	<i>Carbono HM</i>	<i>Carbono IM</i>
<i>Resistencia a la tracción (GPa)</i>	2,6 – 5	2,0 – 3,2	3,4 – 5,9
<i>Módulo elástico (GPa)</i>	228 - 238	350 - 490	280 - 400
<i>Densidad (Kg/m³)</i>	1740 - 1830	1790 - 1910	1730 - 1800
<i>Alargamiento a la rotura (%)</i>	1,2 – 2	0,4 – 0,8	1,1 – 1,9
<i>Resistencia específica (GPa * cm³/g)</i>	1,5 - 2	1,1 – 1,7	2,0 – 3,1
<i>Módulo E específico (GPa * cm³/g)</i>	127 - 134	190 - 260	160 - 200
<i>Chef. Transmisión térmica (10⁻⁶/°K)</i>	-0,1 a -0,7	-0,5 a -1,3	--
<i>Diámetro del filamento (µm)</i>	7 - 8	6,5 - 8	5 - 7

- Fibras sintéticas:

- Fibras aramídicas:

El nombre comercial otorgado a las fibras aramídicas es el *kevlar*, y su uso se centra en la industria aeronáutica, espacial y balística.

También se aplica, pero en menor medida, en la industria naval (concretamente el *kevlar 49*), y por ello no lo expondremos en profundidad.

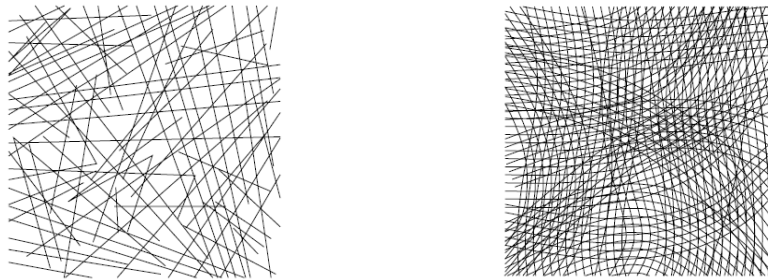
- ESTRUCTURAS TEXTILES:

La calidad del material compuesto dependerá de la cantidad de material de refuerzo tenga la composición final del material. Se consideran materiales intermedios y se pueden diferenciar en: (solo explicaremos los dos primeros)

- Fieltros
- Sistemas no mallados
- Sistemas mallados

- Fieltros:

Comúnmente llamados *mats*, no tienen una resistencia y rigidez muy elevadas. No presentan una orientación definida como puede observarse en la siguiente figura:

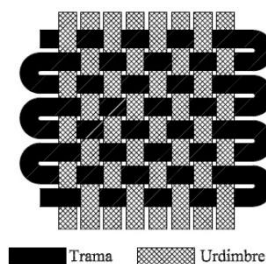


Suelen ser fibras continuas o fibras cortadas, y por lo general suelen ser de entre 40 y 50 mm de grosor. Se les aplica algún tipo de substancia para que se queden enganchadas, y esta substancia depende del tipo de matriz que se vaya a utilizar después, ya sea epoxi, poliéster u otras.

- Sistemas no mallados:

- Tejidos:

Este tipo de estructura textil tiene una serie de fibras cruzadas. Las fibras que se cruzan perpendicularmente se llaman trama y urdimbre.



CAPÍTULO 14 APÉNDICE 2

Este tipo de estructura textil es muy utilizada en la construcción naval ya que las direcciones resistentes se encuentran orientadas en las direcciones de trama y urdimbre (0° y 90°).

Existen diferentes tipos de tejidos dentro de los sistemas no mallados:

- a. Tela o tafetán
- b. Sarga
- c. Satén
- d. Raso

- Ensamblados:

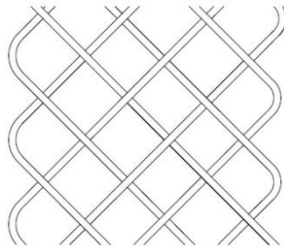
Este tipo de sistema no mallado la trama y el urdimbre no se entrecruzan formando ligamentos, si no que las fibras paralelas son superpuestas unas a otras con diferentes orientaciones. Presentan mejores propiedades que los fieltros y los tejidos ya que el hilo trabaja completamente alienado con el sentido del esfuerzo.

Pueden existir diferentes ensamblados:

- a. Unidireccionales
- b. Biaxiales
- c. Triaxiales
- d. Cuatriaxiales
- e. Multiaxiales

- Trenzados:

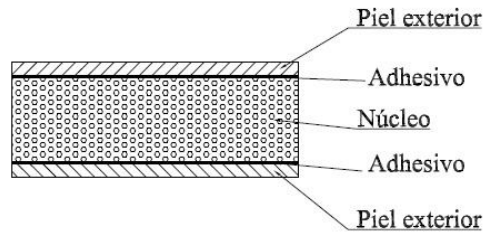
Los trenzados a diferencia de los anteriores presentan un ángulo respecto del mismo:



- MATERIALES DE NÚCLEO: ESTRUCTURA SANDWICH PARA REFUERZOS:

- Estructura sándwich:

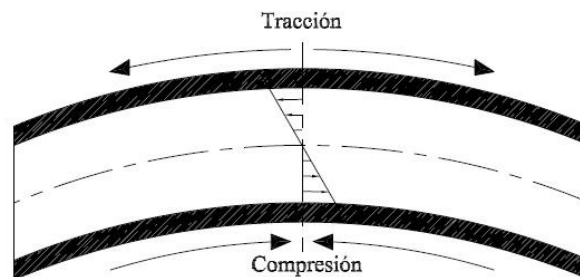
Está compuesta por tres elementos fundamentales: piel exterior, núcleo e interfase de unión entre el núcleo y la piel.



Piel exterior: son los elementos que hacen resistentes al conjunto, y han de ser las capas que resistan la flexión.

Núcleo: Transmitir los esfuerzos de una capa a la otra y mantener separadas las capas interior y exterior. También ha de ser resistente para aguantar las fuerzas a compresión.

Interfase: mantiene todo unido mediante un adhesivo.



- Tipos de núcleo:

El tipo de núcleo más utilizado en la construcción naval son las espumas de cloruro de polivinilo (PVC) o las espumas de poliuretano (PU). También hay otro tipo de núcleos como las espumas sintéticas, las maderas naturales, el nido de abeja o el Fire Coremat.

Las propiedades del PVC son:

<i>Estructura / densidad (Kg./m³)</i>		<i>Lineal 80</i>	<i>Entrelazado 75</i>	<i>Entrelazado 80</i>	<i>Entrelazado 96</i>
<i>Resistencia al corte</i>	<i>(MPa)</i>	1,17	--	1,00	1,5
<i>Módulo de corte</i>	<i>(MPa)</i>	20	11	30	45
<i>Resistencia a la tracción</i>	<i>(MPa)</i>	1,38	1,21	1,79	2,48
<i>Resistencia a la compresión</i>	<i>(MPa)</i>	0,86	1,1	1,17	1,79

- PROCESOS DE MOLDEO (TÉCNICAS):

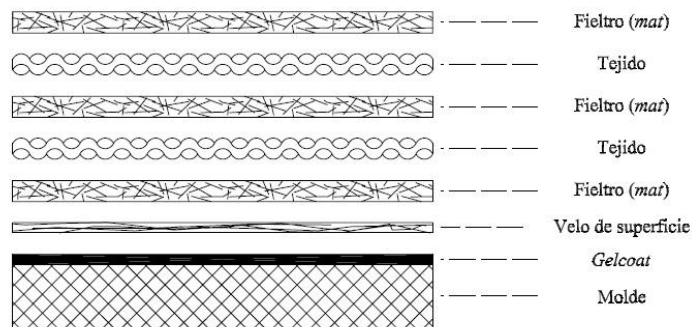
- Técnicas de moldeo por contacto:

Esta técnica es la más sencilla y económica que hay. Se utiliza una herramienta en forma de rueda para eliminar el exceso de resina y también para eliminar las posibles burbujas que hayan podido quedarse en la mezcla.

Existen tres tipos de técnicas de moldeo por contacto:

- Laminado manual
- Proyección simultánea
- Moldeo con impregnadores

En la siguiente imagen se puede observar un tipo de secuencia de laminado:



- Técnicas de moldeo asistidas por vacío:

Esta técnica consigue una mejor compactación de los elementos que la técnica anterior. Se crea el vacío mediante una bomba y se extrae la resina que sobre, extrayendo también el aire.

Existen tres tipos de técnicas de moldeo asistidas por vacío:

- Preimpregnados
- Preimpregnados parciales
- Moldeo por vacío – laminado manual

- Técnicas de moldeo por vía líquida:

Parecido a la técnica de moldeo asistida por vacío, esta técnica de moldeo se caracteriza por mezclar la matriz y el refuerzo en un molde cerrado.

Existen tres tipos de técnicas de moldeo por vía líquida:

- RTM
- Por infusión

