

Universidad de **Cádiz**

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

**DISEÑO DE EMBARCACIÓN PESCA-PASEO  
DE 6 METROS DE ESLORA**

**Raúl CANDÓN FORJÁN**



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Abril 2010**





**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

Que se presenta para la obtención del título de

**INGENIERO TÉCNICO NAVAL,**

Especialidad en Estructuras Marinas

**DISEÑO DE EMBARCACIÓN PESCA-PASEO DE 6 METROS DE ESLORA**

**AUTOR: CANDÓN FORJÁN, RAÚL**

**TUTOR: DE QUEROL SAHAGÚN, ANTONIO**

**FECHA: ABRIL 2010**

**ÍNDICE**

1. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA .....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Definición inicial de parámetros.....	8
1.3 Cuadro resumen.....	11
2. REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS .....	13
2.1 Reglamentaciones.....	13
2.2 Normativas .....	14
3. ESTUDIO ESTADÍSTICO .....	18
3.1 Objetivo .....	18
3.2 Relación eslora-casco .....	20
3.3 Relación desplazamiento-eslora.....	22
3.4 Relación eslora-manga.....	23
3.5 Relación eslora-calado .....	25
3.6 Relación manga-calado .....	26
3.7 Relación desplazamiento-potencia .....	27
3.8 Astilla muerta .....	29
3.9 Resumen estudio estadístico.....	30
3.10 Anexo estudio estadístico .....	30
4. DISEÑO DE LA CARENA .....	33
4.1 Objetivo .....	34
4.2 Estudio hidrodinámico del planeo.....	35
4.3 Desplazamiento de diseño .....	36
4.4 Definición de formas .....	38

4.5 Perfil longitudinal.....	38
4.6 Secciones transversales.....	39
4.7 Líneas de agua .....	41
4.8 Diseño por ordenador .....	41
5. DISEÑO CUBIERTA E INTERIORES .....	43
5.1 Objetivo .....	44
5.2 Diseño de interiores.....	44
5.2.1 Acceso a interiores .....	45
5.2.2 Distribución espacio interior .....	46
5.2.3 Zonas de estiba .....	47
5.2.4 Accesorios.....	48
5.3 Diseño de cubierta .....	48
5.3.1 Medios de embarque y desembarque.....	48
5.3.2 Zonas de ocio, pesca y baño .....	51
5.3.3 Zona de gobierno .....	54
5.3.4 Zonas de estiba .....	56
5.3.5 Acceso a proa .....	58
5.3.6 Equipos de amarre .....	58
5.3.7 Resumen equipamiento.....	59
6. RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN .....	61
6.1 Objetivo .....	62
6.2 Cálculo de resistencia de planeo .....	62
6.3 Aplicación del método Savitsky computado por Hadler .....	68
6.4 Datos obtenidos de la aplicación del método Savitsky computado por Hadler.....	73
7. DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE ESCANTILLONADO.....	83
7.1 Objetivo .....	84
7.2 Elección del material de construcción .....	84
7.3 Método de construcción .....	89
7.4 Cálculo de escantillones .....	91
7.5 Aplicación de las reglas del Lloyds Register of Shipping .....	92

7.5.1 Requerimientos de la normativa .....	92
7.5.2 Laminado del casco .....	93
7.5.3 Laminado de la cubierta .....	97
7.5.4 Laminado de la caseta de habilitación.....	99
7.5.5 Cálculo y disposición de refuerzos.....	100
<b>7.6 Cálculo del peso y posición del centro de gravedad .....</b>	<b>102</b>
<b>7.7 Plano estructural escantillonado.....</b>	<b>106</b>
<b>8. SISTEMAS DE A BORDO .....</b>	<b>108</b>
8.1 Objetivo .....	108
8.2 Sistema eléctrico.....	108
8.3 Sistema de navegación y gobierno .....	109
8.4 Sistema de agua dulce.....	109
8.5 Sistema de achique .....	110
8.6 Sistema de combustible .....	110
<b>9. ESTIMACIÓN DEL PESO Y CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD .....</b>	<b>113</b>
9.1 Objetivo .....	113
9.2 Condiciones de carga .....	113
9.3 Comprobación diseño de carena .....	118
9.4 Corrección estabilidad longitudinal en planeo .....	119
<b>10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD.....</b>	<b>123</b>
10.1 Objetivo .....	123
10.2 Estabilidad y equilibrio longitudinal .....	123
10.3 Estabilidad inicial .....	124
10.4 Estabilidad a grandes ángulos .....	126
10.5 Francobordo.....	128
10.6 Flotabilidad .....	128
10.7 Estabilidad .....	130

11. EQUIPAMIENTOS.....	140
11.1 Requisitos mínimos según norma vigente .....	140
11.2 Equipo de salvamento.....	140
11.3 Equipo de navegación .....	141
11.4 Armamento diverso .....	141
11.5 Achique y contra incendios .....	141
11.6 Prevención de vertidos de aguas sucias.....	142
12. PRESUPUESTO ESTIMADO.....	144
12.1 Objetivo .....	144
12.2 Materiales.....	144
12.3 Mano de obra .....	149
12.4 Coste total.....	149
12.5 Breve estudio comercial.....	149
13. CONCLUSIONES GENERALES.....	152
14. BIBLIOGRAFÍA.....	154
PLANOS.....	155

# **CAPÍTULO I**

## **ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**



## **1. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

El propósito inicial y principal de la embarcación proyectada es aumentar la oferta comercial de un pequeño astillero, dedicado a la construcción y reparación de embarcaciones de recreo en fibra de vidrio. El perfil del cliente al cual estará dirigida esta embarcación es el de una persona de poder adquisitivo medio-alto, aficionado a la pesca, pero también interesado en disfrutar de un día de recreo en familia. Este perfil de cliente obliga a tener en cuenta los siguientes aspectos sobre el diseño de la embarcación.

Las características de la embarcación no requerirán una titulación superior a la denominada “Patrón de navegación básica”, la cual confiere las siguientes atribuciones: “gobierno de embarcaciones de recreo hasta 6 metros de eslora si son de motor, con la potencia de motor adecuada a la misma, en la cual la embarcación no se aleje más de 4 millas, en cualquier dirección, de un abrigo o playa accesible” (orden FOM/1144/2003).

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.

El hecho de que la embarcación esté destinada a la pesca de recreo nos exige prestar especial atención al comportamiento de la misma en la condición de fondeo, de manera que se consiga una embarcación confortable y que transmita seguridad a sus ocupantes durante las jornadas de pesca.

Los espacios empleados durante las labores de pesca deberán ser de la máxima amplitud posible y libre de obstáculos que puedan hacer incómodas dichas labores.

Se dotará a la embarcación de cofres y tambuchos que proporcionen un gran volumen de estiba.

Se dispondrá un pequeño depósito de agua dulce, de aproximadamente 45 litros. Así como un pequeño grifo-lavabo, con la finalidad de ser útil para labores de aseo.

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

No se usarán moquetas ni tapicería en las zonas de pesca, evitando así malos olores y facilitando las labores de limpieza.

Dispondrá de una timonera que haga más cómoda la navegación.

La embarcación deberá ser transportable por el propietario, sin que le sea necesario recurrir a transportes especiales.

Se pretende, en resumen, conseguir una embarcación económica, segura y con las mayores comodidades tanto para la práctica de la pesca deportiva como para el simple uso como embarcación de paseo, que resulte atractiva para el público y que sea capaz de competir en el mercado de embarcaciones de características normales.

## **1.2 DEFINICIÓN INICIAL DE PARÁMETROS.**

Teniendo en cuenta las características que hemos definido de manera inicial en el apartado anterior, podemos establecer los siguientes parámetros:

- Eslora de casco:

Se establece en 5,99 metros; este valor es el valor límite para que se cumpla la condición de proyecto que se refiere a la titulación de “Patrón de Navegación Básica”, de manera que, al futuro comprador, se le ofrece que posea la embarcación de mayor eslora que le está permitida gobernar estando en posesión de este título, constituyendo esto un atractivo más para el cliente. Para hacer que la oferta aún resulte más interesante, la eslora total será mayor de 6 metros, instalando para ello plataformas de baño desmontables en popa y botalón de proa.

- Manga:

Para cumplir el requisito de que la embarcación sea transportable por el propio cliente, el valor máximo de la manga queda limitado a 2,5 metros. Más adelante se concretará el valor exacto y definitivo de la misma. No obstante, esta limitación no crea un problema puesto que el valor normal de la manga para embarcaciones de este tipo raras veces supera esta magnitud.

- Categoría de diseño:

Se englobará a la embarcación en la categoría de diseño “C”, correspondiente a la navegación en aguas costeras. Esta categoría permite la navegación en las zonas 4, 5, 6 y 7, lo cual establece como distancia máxima a la costa 12 millas (orden FOM/1144/2003). Con esta categoría de diseño se podría considerar que se cubren las necesidades del usuario.

- Número máximo de personas:

El número máximo de personas lo estableceremos en cinco. Para que la embarcación esté autorizada para ello, las 5 personas deberán ir debidamente acomodadas (sentadas). Con este número de personas se permite poder disfrutar de una jornada de recreo en familia; un número mayor sería excesivo dadas las dimensiones de la embarcación.

- Velocidad:

Teniendo en cuenta el uso genérico de la embarcación y los requerimientos de los posibles clientes, así como los valores normales de velocidad para embarcaciones similares, se establece como adecuada una velocidad máxima de 23 nudos y una velocidad de crucero de 18 nudos. Se puede considerar que con estos valores quedan más que satisfechas las exigencias de los futuros usuarios.

- **Autonomía:**

A la hora de definir la autonomía se tendrán en cuenta dos consideraciones básicas. La primera es que los periodos de tiempo en los que el barco no verá puerto rara vez serán de más de un día. La segunda es que debido a la categoría de diseño, la distancia máxima a la costa no deberá exceder en ningún caso de 12 millas. Estableciendo una distancia a la zona de pesca de 30 millas desde puerto (60 millas ida y vuelta), y 20 millas recorridas en las maniobras propias de la pesca, considerando el caso de que estas no se practiquen fondeando, se considera acertado establecer una autonomía de 100 millas a máximo rendimiento del motor propulsor, para lo cual se tendrá que prever una capacidad de almacenamiento suficiente de combustible.

- **Motorización:**

Debido a las dimensiones de la embarcación, en esta fase del proyecto se presenta la duda acerca de la motorización a emplear. Se ha considerado que para este caso es necesario hacer una valoración acerca de qué tipo de motorización sería más adecuada utilizar en esta embarcación.

Los motores fuera-borda ofrecen una serie de ventajas sobre los motores intra-borda que en este caso concreto se consideran de una importancia suficiente para determinar el tipo de motorización. Dichas ventajas son:

- \* Mayor facilidad de varada para labores de mantenimiento.
- \* Mayor facilidad de transporte de la embarcación.
- \* Mayor facilidad constructiva.
- \* Posibilidad de mayor espacio de estiba bajo cubierta.
- \* Mayor amplitud de la bañera, quedando esta libre del obstáculo que supondría el acceso al motor intra-borda.

Por lo tanto, resulta más apropiado para cumplir los objetivos de proyecto diseñar la embarcación para que sea propulsada por un motor fuera-borda. A destacar que hoy en día, con la puesta en mercado de los motores fuera borda de 4 tiempos de gasolina, se

consiguen excelentes resultados con consumos moderados, así como bajos costes de mantenimiento.

### **1.3 CUADRO RESUMEN.**

A modo de resumen, se acompaña un cuadro informativo sobre los parámetros iniciales definidos en la especificación técnica que servirán como base para las futuras fases del proyecto:

<b>Eslora de casco</b>	5,99 metros
<b>Manga máxima</b>	2,5 metros
<b>Categoría de diseño</b>	C
<b>Nº máximo de personas</b>	5
<b>Velocidad máxima</b>	23 nudos
<b>Velocidad crucero</b>	18 nudos
<b>Autonomía</b>	100 millas (a máximo rendimiento del motor)
<b>Motorización</b>	Fueraborda

## **CAPITULO II**

# **REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS**

## **2. REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS.**

A continuación, se adjunta un listado referente a las reglamentaciones aplicables a la embarcación según su especificación técnica.

### **2.1 REGLAMENTACIONES.**

- Orden FOM/1144/2003, de 28 Abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias que deben de llevar a bordo las embarcaciones de recreo.
- Orden PRE/3598/2003, de 18 de Diciembre, por la que se desarrolla el Real Decreto 258/199 de 12 de Febrero, en materia de revisión de los botiquines de los que han de ir provistos los buques.
- Orden PRE/930/2002, de 23 de Abril, por la que se modifica el contenido de los botiquines que han de llevar a bordo los buques según lo establecido por el Real Decreto 258/1999 de 12 de Febrero, por el que se establecen condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia médica de los trabajadores del mar.
- Real Decreto 258/1999, de 12 de Febrero, por el que se establecen las condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia médica de los trabajadores del mar.
- Real Decreto 297/1998, de 27 de Febrero, por el que se regulan los requisitos de seguridad de las embarcaciones de recreo semiacabadas y sus componentes, en aplicación de la directiva 94/25/CE.
- 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 el mar y se determinan las condiciones que deben reunir las entidades colaboradoras de inspección.

- Circular nº 7/95, Dirección General de la Marina Mercante. Asunto: construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo.

## **2.2 NORMATIVAS.**

- UNE-EN ISO 7840:1996: Embarcaciones menores. Mangueras resistentes al fuego para carburantes.
- UNE-EN ISO 8469:1996: Embarcaciones menores. Mangueras no resistentes al fuego para carburantes.
- UNE-EN ISO 8865: 1996: Embarcaciones menores. Motores y sistemas de propulsión marinos. Medición y declaración de potencia.
- UNE-EN ISO 28846: 1994: Embarcaciones menores. Equipos eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.
- UNE-EN ISO 28847: 1992: Embarcaciones menores. Mecanismos de gobierno. Sistemas de cable mecánico y polea.
- UNE-EN ISO 28848: 1992: Embarcaciones menores. Mecanismos de gobierno distancia.
- UNE-EN ISO 28849: 1994: Embarcaciones menores. Bombas de sentina con motor eléctrico.
- UNE-EN ISO 9097: 1996: Embarcaciones menores. Ventiladores eléctricos.
- UNE-EN ISO 10087: 1996: Embarcaciones menores. Identificación de cascos. 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.
- ISO 12215-1: Estructura.
- ISO 6185: Estructura.
- RINA: Estructura.
- ISO 12217-1/2/3: Estabilidad y flotabilidad.
- ISO 9093: Aberturas.
- ISO 12216: Aberturas.
- ISO 11812: Inundación.
- ISO 8849: Inundación.

- ISO 15082: Inundación.
- ISO 9094-1/2: Evacuación en caso de incendio.
- ISO 15084: Fondeo.
- ISO 10133: Sistema eléctrico.

**CAPÍTULO III**  
**ESTUDIO ESTADÍSTICO**

### **3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.**

#### **3.1. OBJETIVO.**

El diseño de un casco que responda a las exigencias de un posible cliente y que, además de ello, proporcione un óptimo rendimiento hidrodinámico durante la navegación, tropieza a menudo con evidentes dificultades, las cuales suelen presentarse a la hora de adjudicar una mayor o menor importancia a los diferentes parámetros que entran en juego en el diseño de la embarcación.

Así pues, será necesario conocer de una manera aproximada las dimensiones y geometría del casco, y tomando éstas como un punto de partida, ir avanzando sobre el proyecto, potenciando las propiedades afines con los objetivos del mismo y disminuyendo la importancia de aquellas que no interesen o no se consideren de gran importancia.

A la hora de establecer unas dimensiones iniciales de manera correcta y fiable, es de gran utilidad recurrir a las características de otras embarcaciones ya existentes diseñadas con el mismo fin y bajos los mismos criterios, o al menos similares a los de la embarcación a proyectar. Los datos sobre los que vamos a basar nuestro estudio han sido obtenidos recurriendo a publicaciones especializadas e incluso, en muchos casos, consultando directamente con el fabricante de las distintas embarcaciones. De esta manera, podemos asegurar la fiabilidad de las fuentes consultadas y que, por tanto, los resultados del estudio también lo serán a la hora de establecer los rangos de movimiento en cada parámetro que se estudie a continuación.



Las embarcaciones elegidas para formar parte de la base de datos sobre la cual se realizará el estudio estadístico, son del mismo estilo, concepto y fin que la embarcación que se pretende diseñar, evitando utilizar datos de embarcaciones con fines distintos a los de este proyecto. De esta forma, se pretende que los resultados obtenidos del estudio sean válidos como una aproximación inicial, prevaleciendo siempre el criterio del proyectista sobre éstos.



Se ha considerado adecuado incluir en la base de datos, además de los parámetros correspondientes a las dimensiones principales, otros datos menos relevantes en el diseño de la carena, como pueden ser capacidad de agua dulce, categoría de diseño, número máximo de personas, etc., de manera que este estudio nos proporcione una idea sobre los servicios y comodidades que ofrecen este tipo de embarcaciones de futura competencia en el mercado. A su vez, destacamos el estudio estadístico previo acerca de las motorizaciones utilizadas.

Sin embargo, lógicamente se ha dado especial énfasis al estudio de los diferentes parámetros de la carena y estabilidad del casco tanto en navegación como en condiciones de fondeo. Estos datos son los siguientes:

- Dimensiones principales: eslora de casco y en la flotación, manga máxima y calado de proyecto.
- Desplazamiento “en vacío”, es decir, sin motor y sin ningún tipo de elemento a bordo que no sean los incorporados por el astillero durante la fabricación (elementos estándar).
- Potencia máxima admitida según recomendaciones del fabricante.

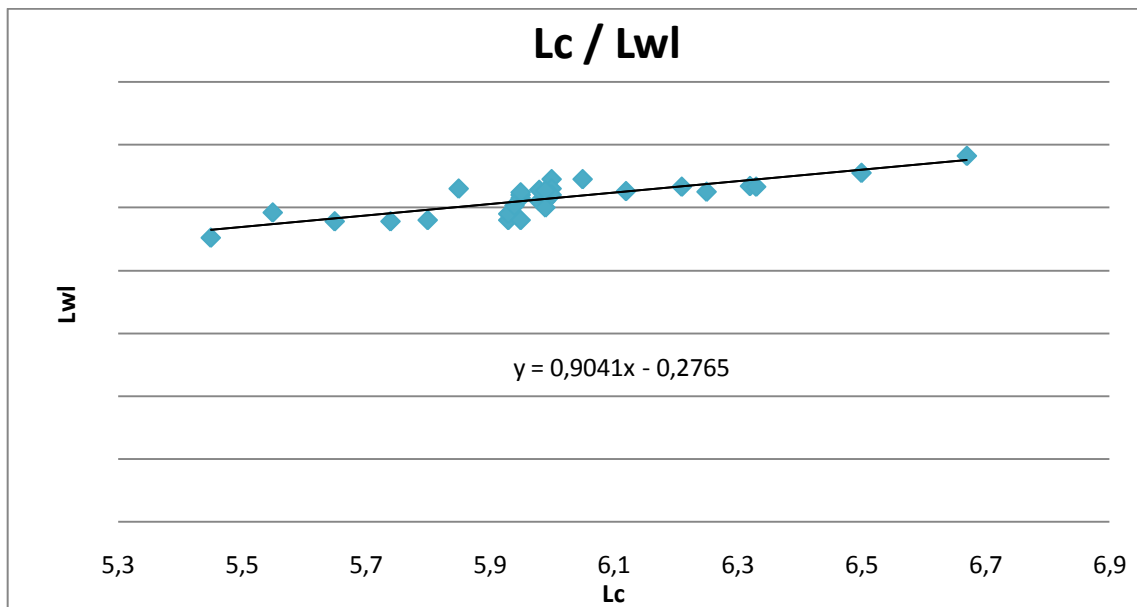
A partir de estos datos, se han elaborado gráficas de dispersión que relacionan unas magnitudes con otras con el fin de observar que valores de cada relación son “normales” para cumplir los objetivos de proyecto y establecer así un valor orientativo de estas relaciones adecuados para el proyecto, teniendo siempre en cuenta el carácter estadístico de estos. Al finalizar este capítulo, incluimos un dossier con todos los datos que hemos utilizado para realizar el estudio estadístico.

### **3.2 RELACIÓN ESLORA DE CASCO – ESLORA DE FLOTACIÓN.**

Mediante esta relación, obtendremos un valor inicial fiable de la eslora en la flotación; estos valores hacen referencia a la eslora de flotación en situación estática, no en navegación.

Este valor determina, en cierta forma, la estética de la zona de proa además de, lógicamente, el comportamiento de la embarcación durante la navegación. Altos valores de este coeficiente indican una proa lanzada propia de embarcaciones de altas velocidades. Un valor más bajo supone, en cambio, un perfil de proa más vertical, propia de embarcaciones más lentas. En nuestro caso, es básico conseguir un lanzamiento de proa adecuado que permita que la embarcación “abra” el mar correctamente.

A continuación, y mediante los datos estadísticos de otras embarcaciones (ver anexo al final del capítulo), obtenemos el siguiente gráfico de dispersión indicativo de la tendencia que sigue la eslora en la flotación respecto a la eslora de casco:



Lógicamente, podemos observar como la eslora en la flotación aumenta progresivamente respecto a la eslora de casco.

La línea de tendencia del gráfico de dispersión obtenido es la siguiente:

$y = 0,9041 x - 0,2765$ , siendo  $x = Lc$ ,  $y = Lwl$ ; por tanto:

$$Lwl = 0,9041 Lc - 0,2765 \rightarrow Lwl = 5,139 \text{ mts.}$$

Obteniendo de esta forma el valor de la eslora de flotación, que corresponde al 85,7 % del valor de la eslora de casco.

A su vez:

$$\text{Mayor valor de } Lc / Lwl = 1,2395 \rightarrow Lwl \text{ mínima} = 4,832 \text{ mts}$$

$$\text{Menor valor de } Lc / Lwl = 1,1 \rightarrow Lwl \text{ máxima} = 5,445 \text{ mts}$$

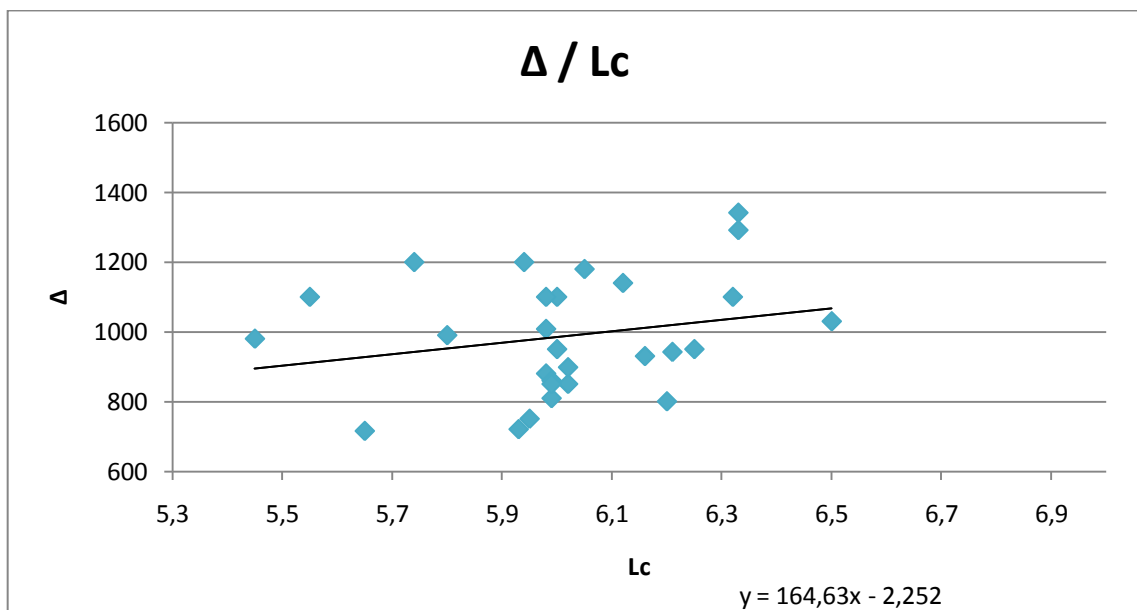
Los cuales son nuestros valores iniciales en cuanto a eslora de flotación mínima y máxima.

### 3.3 RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – ESLORA DE CASCO.

Unos valores altos de la relación entre estas dos magnitudes son indicativos de barcos pesados y lentos, siendo necesario, con el fin de contrarrestar estos grandes pesos, altos valores de volumen de carena que proporcionen el empuje necesario. Como resultado obtendremos barcos con grandes calados y formas muy llenas, favoreciendo la estabilidad por pesos.

En cambio, si esta relación disminuye, conseguiremos barcos más ligeros con un volumen de carena menor y calados más reducidos, características propias que favorecen el planeo.

Con los datos obtenidos a través de estudio estadístico, obtenemos el siguiente gráfico de dispersión:



La primera conclusión clara que podemos sacar de la línea de tendencia obtenida, es el aumento lógico del desplazamiento en función del aumento de la eslora de casco, aunque es destacable también la existencia de embarcaciones de menor eslora que otras pero mayor desplazamiento.



En el caso que nos ocupa, es importante obtener una embarcación con una relación desplazamiento-eslora de casco no demasiado alta para que la embarcación no resulte muy pesada.

La línea de tendencia del gráfico, nos indica que:

$$y = 164,63 x - 2,252, \text{ siendo } y = \Delta, x = Lc.$$

Luego:

$$\Delta = 164,63 Lc - 2,252 \rightarrow \Delta = \mathbf{984 \text{ Kg}}$$

De esta forma, tomamos este valor de desplazamiento como una primera aproximación adecuada necesaria para establecer un primer valor de desplazamiento para posteriores cálculos.

Reseñar también los valores de desplazamiento máximos y mínimos:

$$\text{Valor máximo } \Delta / Lc = 212,006 \text{ Kg} / m \rightarrow \Delta \text{ máximo} = \mathbf{1272 \text{ Kg}}$$

$$\text{Valor mínimo } \Delta / Lc = 121,416 \text{ Kg} / m \rightarrow \Delta \text{ mínimo} = \mathbf{728, 5 \text{ Kg}}$$

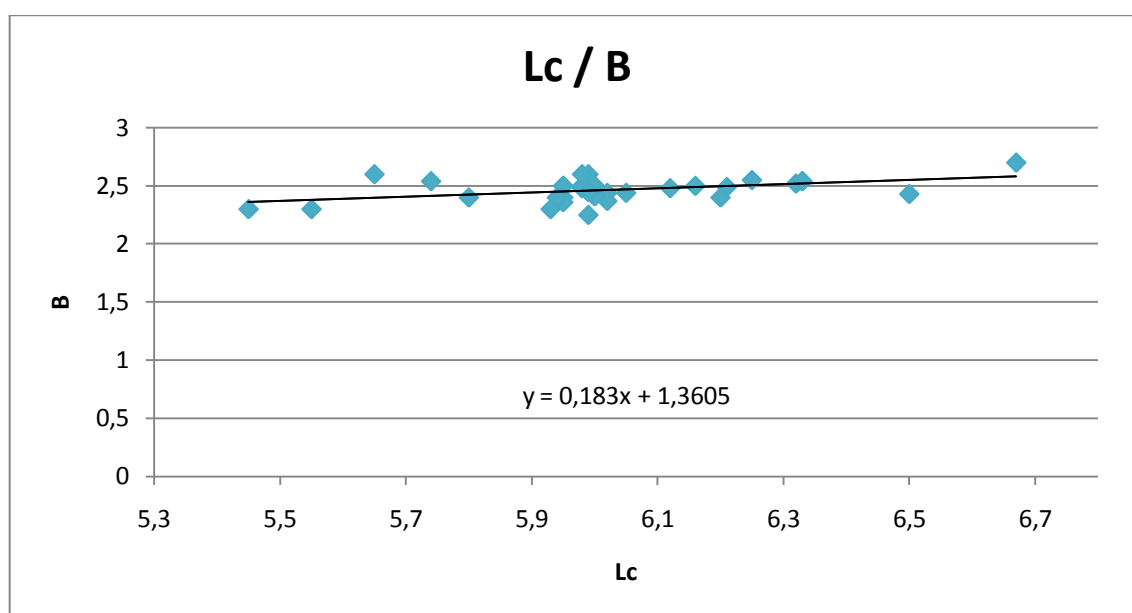
### **3.4 RELACIÓN ESLORA DE CASCO - MANGA.**

El valor de esta relación es indicativo de la esbeltez del casco. La necesidad de diseñar un barco con mayor o menor esbeltez depende mucho de la intención con la que es diseñado el casco y de los objetivos principales que se persiguen (velocidad, maniobrabilidad, estabilidad...).

Un valor alto de esta relación supone un barco esbelto, es decir, más largo y estrecho en cuanto al casco se refiere. Esto, es beneficioso en cuanto a la resistencia al avance, es decir, para valores altos de esta relación disminuye la resistencia al avance (menor potencia necesaria para obtener la velocidad necesaria). Por el contrario, un valor bajo de esta relación supone un barco más corto y ancho, aumentando la estabilidad de formas pero al mismo tiempo, aumentando la resistencia al avance (mayor potencia necesaria para obtener la velocidad requerida).

Estas consideraciones obligan a buscar un equilibrio que garantice el buen comportamiento de la embarcación en todas las condiciones de navegación previstas y una obtención de la velocidad requerida sin la necesidad de excesiva motorización.

A continuación, observaremos el gráfico de dispersión que obtenemos teniendo en cuenta los datos del estudio estadístico realizado:



La línea de tendencia del gráfico viene definida por la ecuación:

$Y = 0,183 x + 1,3605$ , donde  $y = B$ ,  $x = Lc$ , luego:

$$B = 0,183 Lc + 1,3605 \rightarrow B = 2,456 \text{ mts.}$$

En cuanto a valores de manga máxima y mínima, tenemos:

$$\text{Valor máximo } Lc / B = 2,6748 \rightarrow B \text{ mínima} = 2,239 \text{ mts}$$

$$\text{Valor mínimo } Lc / B = 2,173 \rightarrow B \text{ máxima} = 2,756 \text{ mts}$$

Todos estos cálculos, nos hacen ver que el valor de B inicialmente propuesto en la especificación técnica es totalmente lógico y valido, luego mantendremos un valor de **B = 2,5 metros**.

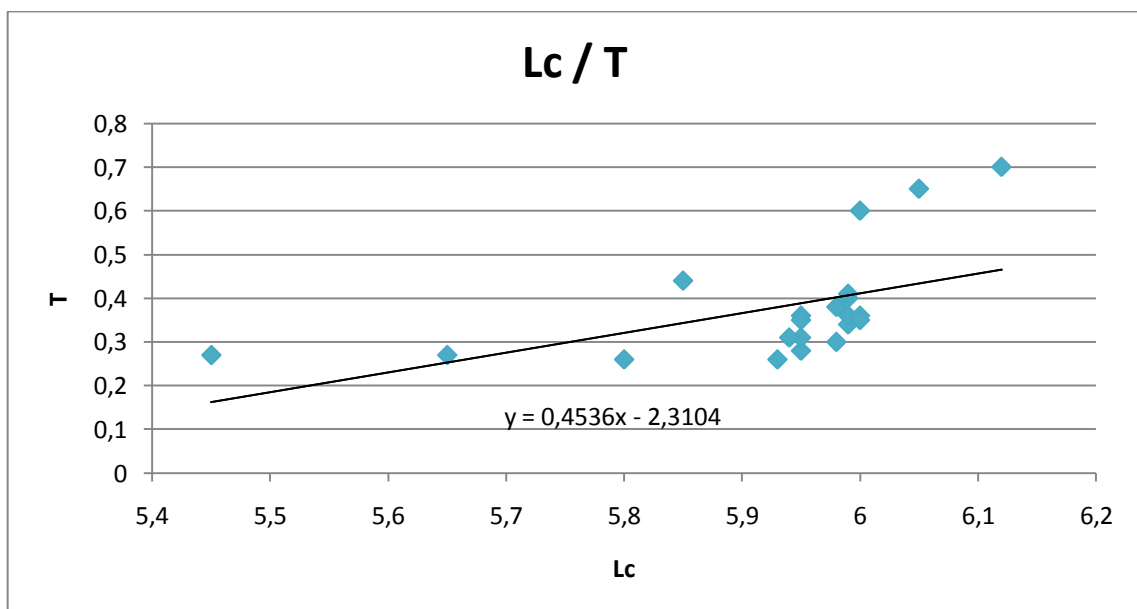
### 3.5 RELACIÓN ESLORA DE CASCO - CALADO.

Las embarcaciones del tipo de la proyectada, poseen calados muy reducidos, por lo que este valor no es excesivamente relevante siempre que nos mantengamos dentro de los rangos normales.

Antes de comentar los resultados obtenidos mediante el estudio estadístico realizado, hay que reseñar que se han excluido los datos estadísticos de embarcaciones con motorización intraborda, ya que este tipo de embarcaciones disponen de un apéndice o “quillote” destinado a dar salida al eje hacia la hélice, con lo cual, el valor del calado aumenta considerablemente aunque no lo haga (o despreciablemente) el volumen de la carena.

A su vez, se debe tener en cuenta que en cualquier condición de carga la embarcación posea el suficiente calado para asegurar la inmersión de los codillos en condición de reposo, ya que de lo contrario la manga en la flotación se reduce drásticamente, y con ella, la estabilidad. Además, es un aspecto al que se presta especial atención, el conseguir un buen comportamiento de la embarcación en condición de fondeo.

A continuación, observamos el gráfico obtenido:



La línea de tendencia del gráfico se define con la siguiente ecuación:

$y = 0,4536 x - 2,3104$ , siendo  $y = T$ ,  $x = Lc$ , por tanto:

$$T = 0,4536 Lc - 2,3104 \rightarrow T = 0,406 \text{ mts}$$

Además:

$$\text{Valor mínimo } Lc / T = 8,742 \rightarrow T \text{ máximo} = 0,685 \text{ mts}$$

$$\text{Valor máximo } Lc / T = 22,807 \rightarrow T \text{ mínimo} = 0,25 \text{ mts}$$

Por lo que un calado fiable debe estar comprendido entre este rango de valores.

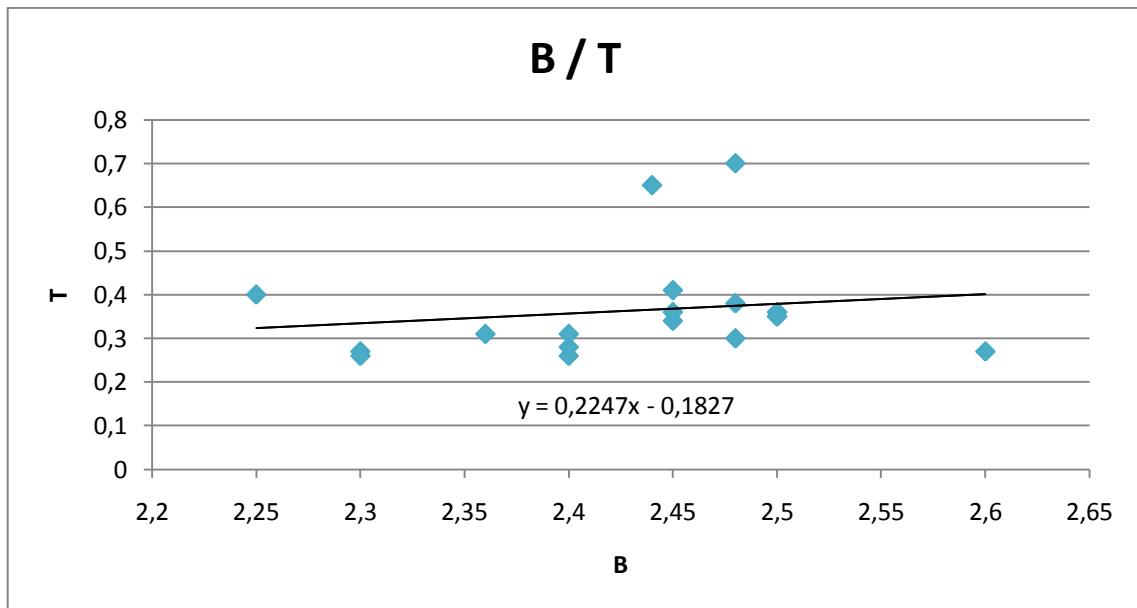
### 3.6 RELACIÓN MANGA - CALADO.

Esta relación tiene influencia en la estabilidad inicial y en la resistencia al avance; cuanto mayor sea su valor, mayor estabilidad inicial obtendremos en lo que respecta al casco.

Para embarcaciones de planeo como la que estudiamos, es importante estudiar si varía el valor de esta relación a lo largo de la eslora. Es interesante que en la zona de popa la relación alcance valores altos y se favorezca así la situación de planeo. Este valor de la relación B/T debe ir decreciendo de forma paulatina a medida que nos aproximamos a la zona de proa, mediante una reducción progresiva de la manga. De esta manera se consiguen mejores resultados durante el planeo, ya que en los movimientos de cabeceo, cuando la proa se mete en el agua, no lo hace introduciendo un gran volumen de forma repentina, evitando así que la embarcación sufra una brusca reducción de velocidad.

Si la relación B/T fuese excesivamente baja, obtendríamos una menor manga y mayor calado para obtener el mismo volumen de carena que nos proporcione el empuje necesario. Esta solución no es aconsejable ya que, en este caso, interesa la obtención de una bañera amplia con una manga generosa.

A continuación, observamos el gráfico de dispersión referente al estudio estadístico realizado:



Para obtener un valor adecuado para el calado, utilizaremos una vez más la línea de dispersión del gráfico obtenido; siendo  $y = T$ ,  $x = B$  tenemos:

$$T = 0,2247 B - 0,1827 \rightarrow T = 0,379 \text{ mts.}$$

A su vez:

$$\text{Valor mínimo } B / T = 3,542 \rightarrow T \text{ máximo} = 0,705 \text{ mts.}$$

$$\text{Valor máximo } B / T = 9,629 \rightarrow T \text{ máximo} = 0,255 \text{ mts.}$$

Los valores que obtenemos de calado máximo y mínimo son muy similares a los que hemos obtenido estudiando la relación eslora de casco – calado, por lo que en un principio el calado de la embarcación deberá estar comprendido entre 0,25 y 0,7 metros.

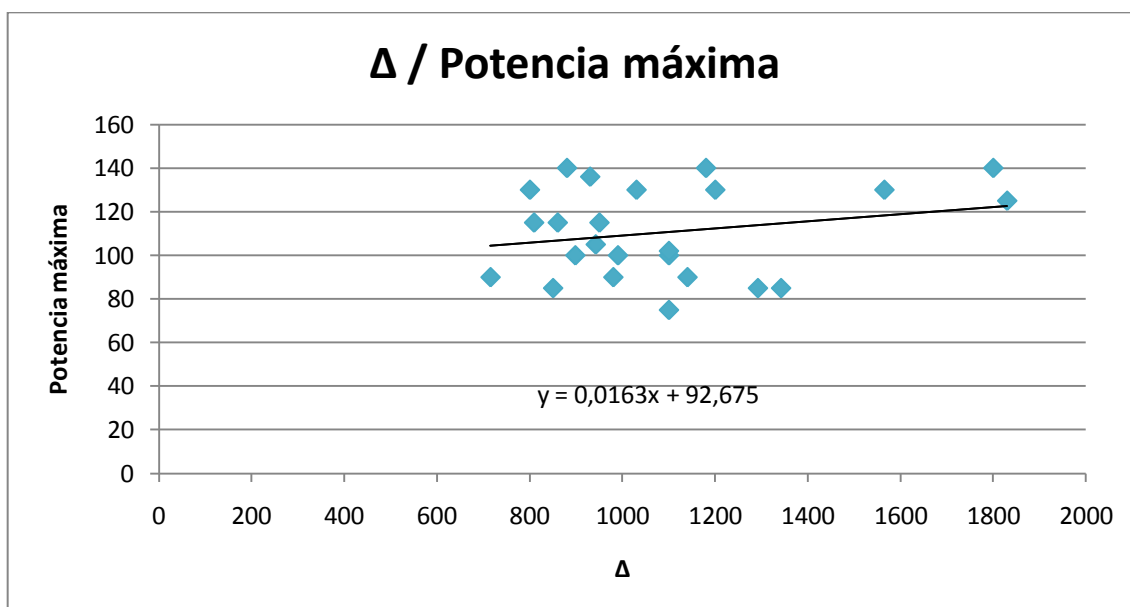
### 3.7 RELACIÓN DESPLAZAMIENTO - POTENCIA.

Tener una referencia acerca de la potencia máxima admisible o aconsejable para la embarcación resulta importante en esta fase de proyecto, a fin de poder calcular el peso del

motor (porcentaje respecto del peso final). Este valor de la potencia máxima depende en gran medida de las velocidades que se pretenden alcanzar.

Para alcanzar la velocidad que se pretende, será necesario instalar una determinada potencia. Esto depende en cierta medida del desplazamiento de la embarcación. Este hecho hace que resulte interesante conocer los valores normales de potencia máxima aconsejada por los fabricantes según el desplazamiento en este tipo concreto de embarcaciones.

Observemos el gráfico obtenido a través de los datos del estudio estadístico realizado:



En un principio vemos que, conforme aumenta el desplazamiento, mayor es la potencia máxima instalada, algo en principio bastante lógico.

Para la línea de tendencia obtenida en el gráfico, tenemos que:

$$\text{Potencia máxima} = 0,0163 \Delta + 92,675 \rightarrow \text{Potencia máxima} = 108,7 \text{ HP.}$$

$$\text{Valor mínimo } \Delta / \text{Potencia (max)} = 6,153 \rightarrow \text{Valor máximo Potencia máxima} = 160,16 \text{ HP}$$

$$\text{Valor mínimo } \Delta / \text{Potencia (max)} = 15,788 \rightarrow \text{Valor mínimo Potencia máxima} = 62,42 \text{ HP}$$

Hay que recordar que estos datos son siempre relativos, ya que estamos hablando de la potencia máxima recomendada por cada fabricante, y los criterios que se han podido considerar en cada caso para establecer esta potencia máxima admisible en cada embarcación han podido ser muy diferentes. El valor de la potencia a instalar en nuestra embarcación atenderá a los objetivos de velocidad que se han establecido en la especificación técnica, los cuales serán definidos teniendo en cuenta también el estudio estadístico en cuanto a velocidad.

### 3.8 ASTILLA MUERTA.

La astilla muerta es un parámetro de vital importancia en el diseño de la carena. Es por eso que procedemos a continuación a realizar un breve estudio estadístico referente a este parámetro.

Son pocos los valores previos que disponemos de la astilla muerta de otras embarcaciones, ya que es un parámetro que no se suele incluir en prensa especializada o catálogos comerciales. No obstante, tenemos datos suficientes para hacernos una idea preliminar acerca de este parámetro:

Lc (metros)	$\beta$ espejo de popa (grados)	$\beta$ maestra (grados)	$\beta$ valor medio (grados)
5,8	17	20	18,5
5,9	13	18,5	15,75
5,99	10,5	17	13,75
5,99	14	18,5	16,25
6	13,75	21	17,37
6,1	14	21	17,5
6,1	13	15	14
6,2	13	18	15,5
6,71	10,5	15	12,75

Por lo tanto, deducimos que:

- En el espejo de popa el ángulo de la astilla muerta varía desde 10,5° a 17°
- En la sección media, la variación comprende los valores de 15° a 22°
- Como valor medio, nos moveremos en un rango comprendido entre 13,75° y 18,5°

### 3.9 RESUMEN ESTUDIO ESTADÍSTICO.

A continuación, un resumen con los valores obtenidos en el estudio estadístico, así como el resumen con el total de los datos del mismo.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor mínimo</b>
Eslora flotación	5,139 mts	5,445 mts	4,832 mts
Desplazamiento	984 Kg	1272 Kg	728,5 Kg
Manga	2,5 mts	2,756 mts	2,239 mts
Calado	0,392 mts	0,705 mts	0.25 mts
Potencia máxima	108,7 HP	160,16 HP	62,42 HP
Astilla muerta (espejo popa)	13,75°	17°	10,5°
Astilla muerta (maestra)	18,5°	22°	15°

### 3.10 ANEXO: ESTUDIO ESTADÍSTICO.

A continuación, vemos los datos del estudio estadístico realizado sobre un muestreo de 50 embarcaciones:



Lt	Lc	Lf	B	T	H	Δ	Potencia (max)	Cat. Diseño	Agua dulce	Vel (max)	Vel (crucero)	Motorización
5,75	5,45	4,52	2,3	0,27	1,1	980	90					FB
5,93	5,8	4,8	2,4	0,26	1,15	990	100		60	27	20	FB
5,93	5,93	4,8										FB
5,93			2,3					C6				FB
5,93	5,93	4,9	2,3	0,26		720		C6		27		FB
5,95	5,95	4,8	2,4	0,28				C6		27		FB
5,95		5,1	2,34			760						FB
5,95			2,4									FB
5,95	5,65	4,78	2,6	0,27		715	90	C6				FB
5,95	5,95	5,15	2,36	0,31			140			31	22	FB
5,95	5,55	4,92	2,3		1,2	1100	100	C6		30	22	FB
5,98	5,98		2,48	0,3		880	140	C6			18	FB
5,99	5,99	5,2	2,45	0,34	1,2			C6				FB
5,99	5,99	5,1	2,45	0,36		860	115	C6	80	32	23	FB
6		5,2										FB
6	6	5,45	2,5	0,36		1100		C6				FB
6	6	5,3	2,5	0,35				C6		32	24	FB
6		5,2				810						FB
6	5,95	5,2	2,5	0,36	1,2			C6			22	FB
6	5,95	5,24	2,5	0,35		750		C6				FB
6,06	5,98	5,1	2,48	0,38	1,32	1100	75	C6		32	22	FB
6,15												FB
6,15	5,85	5,3		0,44				C7				FB
6,2	6	5,2		0,6		950						FB
6,2			2,4					C6				FB
6,2		5,4		0,55				C7		32	23	FB
6,2			2,45							32	23	FB
6,2	6,05	5,45	2,44	0,65	1,66	1180	140	C7	20			FB
6,22	6,02		2,44			850	85	C7				IB
6,25	6,21	5,33	2,49	0,66	1,67	942	105	C6				IB
6,25	5,74	4,78	2,54	0,75	1,71	1200	85	C6				IB
6,3	6,02		2,37			898	90	C6				IB
6,3	6,16		2,5			930	115	C6				FB
6,34	6		2,41			1800	140	B7				FB
6,37	6,32	5,34	2,52	0,65	1,78	1100	102	C6				IB
6,37	5,98	5,28	2,5			1008	230	C7				IB
6,4	6,25	5,25	2,55	0,4	1,41	950	115	C6				IB
6,4	5,99		2,25	0,4		809	115	C7				FB
6,5	6,2		2,4		0,88	800	130	C6		35	21	FB
6,5	6,5	5,55	2,43	0,3	1,2	1030	130	C6				IB
6,6	5,94	5,03	2,4	0,31	0,96	1200	300	B7	60	35	23	FB
6,6	5,99	5,27	2,45	0,41	1,31	850	240	B6				FB
6,66	6,12	5,26	2,48	0,7	1,68	1140	90	C6	65	26	18	FB
6,7	5,99	5	2,6	0,55	1,63	1830	125	C6				IB

6,8	5,99		2,45	0,42	1,24		240	B6				IB
6,8	5,98		2,6				100	B6	65			FB
6,85	6,33	5,33	2,54	0,75	1,71	1292	85	C6				IB
6,92	6,33		2,54	0,75		1342	85	C6				IB
7,31	6,67	5,82	2,7	0,86	1,8	1565	130	C6				IB
Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Metros	Kg	HP	Cat. Diseño	Litros	Nudos	Nudos	

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO DE LA CARENA**

#### 4.1 OBJETIVO.

El objetivo primordial de este capítulo es el diseño de una carena acorde a los objetivos marcados al inicio del proyecto. Para ello, se definirán los parámetros principales de la misma en función de datos técnico-científicos y de las conclusiones obtenidas del estudio estadístico previamente realizado. En resumen, se trata de establecer la geometría de la embarcación en cuanto al casco se refiere, el cual definirá el comportamiento de la embarcación durante la navegación.

El resultado final del diseño de la carena es la representación de sus formas trazadas a escala, lo que se denomina *plano de formas*.

Para la representación del plano de formas, tomamos en consideración un sistema de referencia tridimensional ortogonal (tres ejes perpendiculares entre sí) asociado al flotador. Los ejes considerados son:

- Eje OX : eje longitudinal (dirección proa-popa)
- Eje OY : eje transversal (dirección estribor-babor)
- Eje OZ : eje vertical (dirección quilla-cubierta)

El punto de origen O será el punto intersección de los 3 ejes anteriormente citados. A efectos de consideración de proyecto, tomaremos el punto de origen O en el extremo de popa y sobre la línea base.

Normalmente, el plano de formas consta de tres proyecciones ortogonales, obtenidas de cortar la embarcación por un sistema de planos paralelos a los tres ejes de referencia. Estas proyecciones son las siguientes:

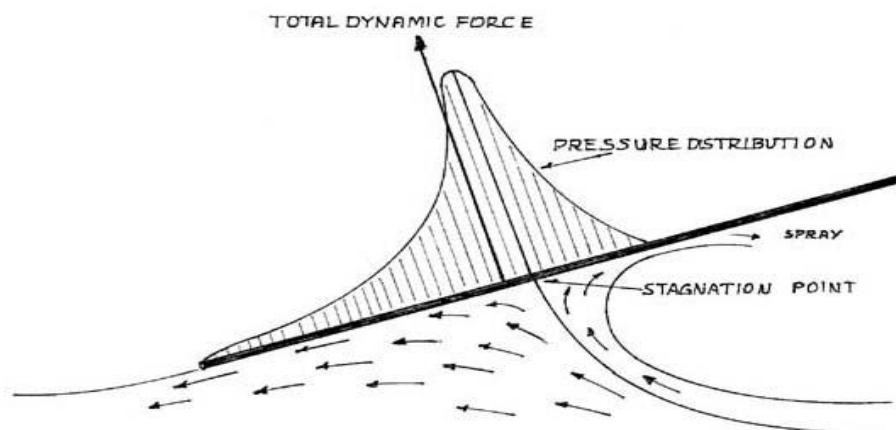
- *Caja de cuadernas*: Son las intersecciones del casco con planos transversales al mismo (secciones). Contiene a los ejes OY-OZ.
- *Líneas de agua*: Intersecciones del casco con planos paralelos horizontales. Contienen a los ejes OX-OY.

- *Perfiles longitudinales*: Intersecciones del casco con planos longitudinales perpendiculares a la línea base. Contienen a los ejes OX y OZ.

#### 4.2 ESTUDIO HIDRODINÁMICO DEL PLANEO.

Un aspecto de estudio fundamental para el diseño de la carena de este tipo de embarcaciones deportivas es el *planeo*.

A continuación, y a modo de explicación teórica, observemos la siguiente figura que representa a una plancha desplazada a una determinada velocidad sobre una superficie líquida:



Cuando navegamos a determinadas velocidades, la componente vertical de la presión hidrodinámica es bastante mayor que la propia flotación o empuje hidrostático, provocando la elevación del casco; en ese momento consideraremos que la embarcación está navegando en régimen de planeo.

En un punto determinado de la plancha, el fluido golpea a la plancha en ángulo recto, produciéndose una división del fluido en dos sentidos: hacia delante y hacia atrás. En este punto es donde la plancha recibe una mayor fuerza hidrodinámica debido a la transformación de toda la fuerza cinemática en presión; es decir, la velocidad relativa del fluido con respecto a la plancha es cero y la presión máxima. Dicho punto es conocido como "*Stagnation Point*".

A partir de este punto, la presión se reduce a cero en función del reparto y velocidad del fluido en los dos sentidos antes mencionados.

La fuerza vertical que actúa a 90° con respecto a la plancha, se descompone en una fuerza vertical que es equilibrada por el peso de la plancha y una fuerza horizontal o resistencia por presión. A dicha resistencia hay que añadirle la propia resistencia por fricción, la cual actúa paralela a la plancha. La componente vertical depende, entre otras cosas, del ángulo de ataque o lo que es lo mismo, del ángulo de asiento.

En conclusión, tendremos que prestar especial atención al realizar el diseño de las formas del casco (principalmente del fondo del mismo) al efecto planeo para conseguir las mejores condiciones de navegación posibles en cualquier situación.

#### **4.3 DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO.**

Para este tipo de embarcaciones con un desplazamiento tan bajo, es conveniente definir el mismo para las condiciones de desplazamiento extremas: en máxima y mínima carga. La diferencia en porcentaje entre estos dos desplazamientos extremos es muy elevada para este tipo de embarcaciones.

- Desplazamiento en máxima carga: tomaremos como acertado el obtenido del cálculo estadístico (984 Kg). A su vez, añadiremos los pesos que detallamos a continuación:
  - Motor (175 kg)
  - Combustible (100 kg)
  - 5 personas/tripulación (375 kg)
  - Pertrechos (90 kg)
  - Agua dulce (45 kg)
  - Varios (80 kg)

Hemos considerado un motor fuera borda de 4 tiempos de 100 HP según catálogo. El peso por persona es de 75 kg, por lo que en condición de máxima carga (5 personas) el peso total en cuanto a tripulación es de 375 kg. A su vez, hemos tenido en cuenta otras consideraciones generales como 90 kg en concepto de pertrechos, 45 kg de un depósito de agua dulce y 80 kg en concepto de objetos de carácter vario; recordemos que estamos tratando de considerar una condición extrema para obtener un amplio margen de error.

Si sumamos todos estos puntos, obtenemos un *desplazamiento en máxima carga* de **1849 kg**.

- Desplazamiento en mínima carga: para estudiar el desplazamiento en condición de mínima carga, consideraremos los siguientes pesos distintos a la condición en máxima carga:
  - Depósito de combustible al 5 % (5 Kg)
  - 1 tripulante (75 Kg)
  - Depósito de agua dulce vacío (0 Kg)
  - Navegación sin pertrechos, ni objetos de carácter vario (0 Kg)

Por lo tanto, el desplazamiento en *mínima carga* es de **1239 kg**.

Podemos comprobar que la reducción de desplazamiento entre las dos condiciones de carga es de 685 kg, lo que supone una reducción en porcentaje del 37 por ciento del desplazamiento en máxima carga.

#### 4.4 DEFINICIÓN DE FORMAS.

El proceso para la definición de formas va a llevarse a cabo mediante el análisis y la definición de los distintos parámetros que influyen y determinan la forma de cada una de las tres proyecciones ortogonales que conforman el *plano de formas* (ver capítulo 4.1).

La definición de estos parámetros no se puede realizar de forma independiente, ya que están relacionados entre sí, y es el conjunto de todos ellos los que darán la forma apropiada a la carena.

#### 4.5 PERFIL LONGITUDINAL.

Los tres aspectos básicos en cuanto a la definición del perfil longitudinal de la carena de nuestro barco son: eslora de flotación, francobordo y acomodación del espejo de popa para el propulsor.

- *Eslora de flotación*: este parámetro marca claramente la estética del perfil de la embarcación y su comportamiento dinámico. Principalmente, tendremos que cumplir con los parámetros marcados en nuestro *estudio estadístico* (ver capítulo 3), el cual nos indicaba unos rangos que variaban entre **4,832 y 5,445 mts.**
- *Francobordo*: tendremos que tener en cuenta la normativa vigente, por lo que nos remitiremos a la circular 7/95 de la Dirección General de la Marina Mercante, la cual, establece en el apartado 10.4.1 lo siguiente:

*“el francobordo medio será superior al mayor de los valores: 0,2B (metros) - 0,30 (metros)”. A su vez, “en embarcaciones abiertas con motor fueraborda, el francobordo a popa no será menor de 100 mm. Con el motor y tanque en su posición real y un peso de 75 kg a popa”.*

- *Espejo de popa*: para embarcaciones propulsadas por motores fueraborda, como ocurre en nuestra embarcación de proyecto, es recomendable (según fabricantes) que el espejo de popa presente una inclinación hacia popa de entre 12° y 15° respecto a la



vertical, hecho que tendremos que tener en cuenta a la hora de realizar el diseño del espejo de popa mediante el programa que utilizaremos con este fin (*Maxsurf V14*).

#### 4.6 SECCIONES TRANSVERSALES.

Por lo general, las secciones que mayor importancia tienen en cuanto al diseño de la carena son las secciones transversales. No obstante, y como comprobaremos más adelante mediante la utilización del programa de diseño *Maxsurf*, estas secciones transversales deben estar en perfecta armonía y relación con las secciones longitudinales y líneas de agua de nuestra carena de diseño.

Los parámetros a prestar especial atención en cuanto a las secciones transversales son los siguientes:

- Astilla muerta: según nuestro estudio estadístico previamente realizado, los rangos válidos para una embarcación de nuestras dimensiones eran los siguientes:

Descripción	Valor mínimo	Valor máximo	Valor medio
Astilla muerta espejo de popa	10,5°	17°	13,75°
Astilla muerta sección media	15°	22°	18,5°

Evidentemente, a la hora de realizar el diseño del fondo de la embarcación, nos basaremos en estos parámetros, dejando lugar a una posible modificación en función de la mejora oportuna de alguna característica importante.

Hay que prestar especial atención a la variación de la astilla muerta a lo largo de la eslora, la cual influye en la posición longitudinal del centro de carena. El objetivo es alcanzar un equilibrio entre conseguir unas formas lo más finas posibles en proa y una posición adecuada del centro de carena.

- *Manga máxima entre pantoques:* influye sobre el valor final de la manga de flotación, y en consecuencia, sobre la estabilidad transversal. Por otro lado, cuanto mayor sea su valor, mayor será la resistencia al avance y, por lo tanto, mayor será la potencia requerida para satisfacer los objetivos de velocidad.

Debido a la importancia de este parámetro, hemos considerado necesario realizar un estudio acerca del valor adecuado para embarcaciones con nuestras características, resultado del cual (especificaciones de fabricantes, catálogos y publicaciones especializadas) hemos sacado como conclusión y punto de partida un valor óptimo de 2,1 metros. Obviamente, será susceptible de ser modificado en una fase más avanzada de proyecto si lo consideramos oportuno.

- *Distribución de la manga a lo largo de la eslora:* junto al aumento de la astilla muerta a lo largo de la eslora, representan la influencia mayor sobre la posición longitudinal del centro de carena y obtención de unas formas más finas o llenas en proa. Al igual que en el caso de la astilla muerta, se pretenderá encontrar un equilibrio entre una posición adecuada del centro de carena y unas formas de proa lo suficientemente llenas.
- *Codillo y spray:* la función principal de estos dos elementos es proporcionar sustentación a la embarcación, favoreciendo de esta forma el planeo. A su vez, mejora la estabilidad dinámica ante situaciones de guiñada y balance. También desarrolla la función estética de impedir que la embarcación “levante” mucha agua durante la navegación.

Según el diseñador naval *Renato Levi* y su publicación “*Planing craft design and performance*”, para este tipo de embarcación recomienda las siguientes características para estos dos elementos:

- El codillo y spray tendrán un ángulo de astilla muerta de  $0^\circ$ , produciéndose de esta manera la máxima sustentación.
- Deben ser lo más paralelo posible a la línea de flotación estática.
- La manga total, es decir, entre codillo y spray de ambas bandas, será del alrededor del 20 % de la manga de flotación.

Para nuestro caso, dispondremos un spray de manga generosa, ya que al estar este en el pantoque (más alejado de crujía que el spray) contribuye de una manera más eficaz a proporcionar estabilidad dinámica, y completar con un spray (a cada banda) hasta conseguir el 20 % de la manga de flotación que se recomienda.

#### 4.7 LÍNEAS DE AGUA.

Las líneas de agua estarán claramente influenciadas por los parámetros de la carena ya descritos anteriormente, tanto en función de las secciones transversales como en función de los perfiles longitudinales.

Debemos prestar especial atención a dos aspectos fundamentales como son el calado y la manga de la flotación. Si analizamos detalladamente las líneas de agua que obtengamos una vez realizado el diseño de la carena, se puede observar a la perfección la manga de flotación correspondiente a los distintos calados. Debemos considerar que, para las distintas condiciones de carga, se consiga una manga adecuada, lo cual es de vital importancia en cuanto a estabilidad se refiere.

En cuanto al calado, además de asegurar que sea el suficiente para asegurar la inmersión de los codillos, no deberá sobrepasar los límites establecidos en el cálculo estadístico; estos límites variaban entre un calado mínimo de **0,25 metros** y un calado máximo de **0,705 metros**.

#### 4.8. DISEÑO POR ORDENADOR.

Como hemos comentado anteriormente, para el diseño de la carena, utilizaremos el programa informático de diseño naval *Maxsurf* en su versión *v14*. Este programa ofrece herramientas altamente especializadas para modelar cascos, apéndices y superestructuras. También incluye herramientas de gran utilidad para el análisis instantáneo de cálculos hidrostáticos y evaluación de curvaturas.

El método de diseño que vamos a utilizar se basa en un proceso de ensayo y error, de modo que a la vez que estamos inmersos en el proceso de diseño de la embarcación, podremos

continuamente comprobar la validez y fiabilidad del modelo, modificándolo según nuestras necesidades de proyecto.

Al final de este proyecto, podemos ver las formas finales del casco obtenidas según las características previamente consideradas; estas formas serán definitivas en el caso de que en futuras etapas del proyecto no se considere apropiado modificarlas.

# **CAPÍTULO V**

## **DISEÑO CUBIERTA E INTERIORES**

## **5.1 OBJETIVO.**

En este capítulo, vamos a realizar una descripción detallada de los espacios tanto interiores como exteriores de nuestra embarcación de proyecto.

En cuanto al diseño de la cubierta exterior de la embarcación, realizaremos una descripción de la misma, incluyendo los medios de embarque y desembarque, zonas de ocio, pesca y baño, zona de gobierno, espacios de estiba y zona de tránsito de proa a popa.



En cuanto al diseño de interiores, explicaremos el reparto del espacio interior, justificando dimensiones y soluciones adoptadas.

Como objetivos principales de diseño, nos marcaremos los siguientes:

1. Conseguir una amplia bañera que haga de la pesca una actividad cómoda y segura.
2. Poder albergar un inodoro y una litera de dimensiones aceptables.
3. Poder alojar a 5 personas (sentadas) cómodamente.
4. Disponer de un espacio resguardado de la intemperie y aislado de las zonas “sucias” del barco.

## **5.2 DISEÑO DE INTERIORES.**

Para el *diseño de interiores*, como tendencia general, optaremos por un diseño que no aisle la timonera del resto de la cubierta, pero si estableceremos la cabina como una zona interior e independiente. A través de este diseño, a pesar de que restaremos, en parte, amplitud y

luminosidad a la cabina, conseguiremos una serie de ventajas que hemos considerado decisivas a la hora de decantarnos por el mismo:

- Aislar completamente la cabina de las labores de pesca, las cuales pueden suponer un foco de suciedad. De esta forma conseguimos un espacio limpio donde poder estibar elementos que no interesen que estén expuestos a la suciedad derivada de la pesca. Además, hay que tener en cuenta que en la cabina se encontrarán el wc y las literas, consiguiendo de esta manera una mayor intimidad dentro de cabina.
- El tránsito entre puente de gobierno y la bañera será más cómodo. Esto supone una gran ventaja, ya que es bastante normal que durante la pesca se esté pendiente de indicaciones que puedan mostrar elementos instalados en la zona de gobierno.

En resumen, podemos asegurar que esta tendencia de diseño es la que mejor satisface las necesidades derivadas del uso normal de este tipo de embarcaciones, además de cumplir con los objetivos principales de proyecto en cuanto al diseño de la estructura.

### **5.2.1 ACCESO A INTERIORES.**

El acceso a la cabina se realizará a través de una puerta situada en el frontal de proa de la timonera (ver plano de disposición general de interiores). Las dimensiones de este acceso serán bastante generosas (hasta 60 cm de ancho). A su vez, la bandeja horizontal abatible situada sobre la puerta de la cabina tendrá una longitud en el sentido de la eslora de 50 centímetros. De esta forma, dotaremos a la cabina de una mayor comodidad de acceso y una mejor iluminación natural de interior.

Con el fin de conseguir que la cabina conforme un espacio totalmente aislado de exteriores, dispondremos de una puerta de madera, lo suficientemente rígida y segura, que además de aislar el interior eficazmente, permita que la cabina sea una zona segura para guardar objetos mientras la tripulación de la embarcación no se encuentre a bordo. Además, la puerta tendrá un pequeño peralte de 10 centímetros sobre el suelo de la timonera para evitar la entrada de fluidos al interior de la cabina. A destacar también la disposición de un escalón intermedio

para salvar la altura entre el piso de la timonera y el de la cabina, de 32 centímetros, quedando dividido en dos alturas de 16 centímetros cada una.

### **5.2.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIO INTERIOR.**

Como primer paso, debemos conocer las dimensiones disponibles de diseño. La situación en la eslora de la embarcación de la cabina está condicionada por las dimensiones de la bañera y la timonera. Una vez conocida este dato, ya podremos establecer los límites dimensionales que imponen tanto las formas del casco como las de cubierta. Se deben tomar unos márgenes sobre estos límites para la disposición de elementos estructurales derivados del futuro cálculo de escantillonado y el posible paso de material del sistema eléctrico y de achique.

Para conocer las tendencias actuales de diseño que nos presenta el mercado de este tipo de embarcaciones, hemos realizado un breve estudio basándonos en información técnica procedente de catálogos y publicaciones, llegando a la conclusión de que la distribución más utilizada consiste en una cabina totalmente simétrica, con una litera a cada banda, sacrificando una de las literas en el caso de que se instale un wc que suele ser opcional. En nuestro caso, instalaremos el wc, y dispondremos de una sola litera, ya que priorizamos la instalación de este accesorio a la posibilidad de disponer de una segunda litera, que consideramos menos necesaria para este tipo de embarcaciones, en las cuales las jornadas de navegación no suelen sobrepasar el día.

Para nuestro diseño, consideramos este tipo de distribución como el más apropiado para conseguir cumplir con los objetivos de la especificación inicial.

El proceso de distribución de espacio se ha realizado con el siguiente orden: establecimiento de las dimensiones de la litera mayor, búsqueda de equilibrio entre las dimensiones del suelo y el wc químico.

En cuanto a la distribución de espacio en la eslora, esta se ha prolongado lo máximo posible hacia proa, pero sin sacrificar en exceso el volumen del pozo de fondeo, situado a proa de la cabina.



En cuanto a la eslora del suelo de la cabina, ha sido diseñado de manera que permita la ubicación de una pequeña mesa desmontable.

Por último, la distribución de la altura de la cabina se ha realizado de manera que los asientos sean cómodos, y que la altura restante hasta el techo sea lo suficiente para no dar sensación de agobio a los ocupantes.

### **5.2.3 ZONAS DE ESTIBA.**

Al principio de proyecto, uno de los objetivos que nos marcamos fue el conseguir una gran capacidad de espacios de estiba. En este tipo de embarcaciones de pequeñas dimensiones estamos obligados a aprovechar al máximo todos los espacios “muertos” que podamos encontrar con el fin de lograr una buena capacidad de estiba. En la cabina encontraremos un buen número de estos espacios disponibles para esta función.

Las principales zonas de estiba que dispondremos en la cabina son:

- Cofre bajo litera dispuesto en una banda. Las dimensiones del mismo estará limitada a las formas de la carena, así como a las dimensiones propias de la litera. Serán extraíbles con el fin de facilitar su limpieza y hacer posible una inspección visual del casco con tan solo extraerlos.
- Posibilidad de destinar el hueco del inodoro químico (opcional) para este fin en caso de que el cliente no lo requiera.
- Estantes laterales situados a lo largo de la eslora de la cabina, uno a cada banda.
- Disposición de registro de acceso a baterías, con el fin de poder manipularlas sin problemas. El espacio destinado a estas se ha ubicado aprovechando el espacio que se produce como consecuencia de la diferencia de altura entre el suelo de la timonera y el de la cabina, en el frontal de popa de esta, bajo la puerta.

#### **5.2.4 ACCESORIOS.**

Para hacer del habitáculo interior un espacio útil y aprovechable, además de todo lo mencionado anteriormente, hemos añadido varios accesorios complementarios, son los siguientes:

- Inodoro químico: ofertaremos como opcional este accesorio; su disposición ya ha quedado descrita. El hecho de optar por este tipo de wc responde a la necesidad de cumplir la normativa aplicable sobre vertidos de aguas sucias de una manera sencilla y económica, ya que este tipo de inodoros son totalmente autónomos y no requieren de ningún tipo de instalación adicional.
- Plafón: para proporcionar iluminación artificial en caso de que, por cualquier circunstancia, no dispongamos de iluminación natural.
- Escotilla: está dispuesta en el techo de la cabina. Su misión es proporcionar iluminación natural, sensación de amplitud, ventilación de cabina y un segundo acceso a la cabina desde proa.
- Mesa central: desmontable y regulable en altura. Puede constituir un aumento de la dimensión de la litera si su altura se ajusta a la misma. Este elemento, al igual que el inodoro, es opcional para el futuro cliente.
- Panel desmontable: dispuesto a popa de la banda de estribor. Permitirá acceso a los elementos de navegación y otros elementos instalados en el puesto de mando.

#### **5.3 DISEÑO DE CUBIERTA.**

##### **5.3.1 MEDIOS DE EMBARQUE Y DESEMBARQUE.**

Debido a las reducidas dimensiones de la embarcación, no disponemos de medios de embarque y desembarque propiamente dichos. Sin embargo, hemos tenido en cuenta este aspecto a la hora de diseñar la embarcación.

Normalmente, estas embarcaciones atracan en puerto dando un costado al muelle o pantalán, no obstante, el diseño adecuado para facilitar el embarque y desembarque se ha realizado teniendo en cuenta las otras dos formas posibles de atraque en puerto, es decir, para el atraque de proa y de popa.

1. *Atraque por una banda*: para facilitararlo, hemos tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- *Regala*: suficientemente ancha con el fin de crear un apoyo que proporcione seguridad. Se evita disponer en la misma, púlpitos o barandillas que generen cualquier tipo de obstáculo que dificulte el embarque o desembarque.
- *Escalón intermedio*: dispondremos de un escalón intermedio que salve el francobordo interior de la bañera. Este mismo escalón se utilizará para acceder a los pasillos laterales de acceso a proa. Se encuentra a una altura inferior a la regala, disponiendo por tanto de tres niveles de apoyo para salvar el francobordo interior de la bañera.
- *Agarradera*: se dispone de un asa o agarradera en la parte trasera de la timonera, es decir, donde comienza el pasillo de acceso a proa, con lo que esta agarradera sirve como tal tanto para acceder a proa como para embarcar o desembarcar la embarcación.
- *Superficies antideslizantes*: el acabado de superficies de apoyo será de Gelcoat con cierta rugosidad, a fin de obtener una superficie antideslizante que proporcione mayor seguridad.

2. *Atraque de proa*: hemos tenido en cuenta las siguientes soluciones constructivas:

- Púlpitos: se prolongan hasta el botalón, a fin de servir de agarre para facilitar las maniobras de embarque por esta zona. La altura de los púlpitos sobre el piso del botalón de proa es la adecuada para que el agarre sea cómodo y seguro. A su vez, proyectamos una apertura de los púlpitos en sus extremos de proa para conseguir que el embarque a través del botalón de proa esté libre de obstáculos. Así pues, los púlpitos de cada banda no llegan a cerrarse por proa, sino que forman un pasillo de 30 centímetros de altura.
- Botalón de proa: será el adecuado para que se pueda acceder a través del mismo a la embarcación. Con una longitud de 30 centímetros sobre el punto más a proa del casco.
- Superficies antideslizantes: al igual que para la anterior condición de atraque, la zona del botalón de proa que sirve de apoyo será antideslizante.

3. *Atraque por popa*: en embarcaciones con motorización fueraborda como en nuestro caso, no es práctico ni usual atracar por popa; sin embargo, y en vistas de contemplar todas las posibilidades posibles de atraque durante el uso de la embarcación, se preverá en el diseño de la zona de popa la disposición de elementos y formas que faciliten el embarque y/o desembarque por esta zona:

- Plataformas de baño: constituye un elemento que facilita el embarque y desembarque además de su función lógica y principal.
- Superficies planas: se dispondrán dos superficies planas a cada lado del motor, adecuada para el apoyo y tránsito de personas.
- Superficies antideslizantes

### **5.3.2 ZONAS DE OCIO, PESCA Y BAÑO.**

Tal como definimos a principio de proyecto en la especificación técnica, la finalidad de la embarcación es la de pesca-paseo, con lo cual, deberán existir zonas destinadas a la pesca y otras destinadas al ocio. En este caso, las zonas de ocio y pesca son compartidas, entendiéndose además, que la actividad de pesca no dejará de ser una actividad de ocio.

No obstante, aunque las zonas de pesca y ocio sean las mismas, se han diseñado de manera que se puedan realizar transformaciones de forma sencilla por el propio usuario en distintos elementos de estas zonas, a fin de poder adecuarlas más a la actividad a realizar en un momento dado.

A continuación, describiremos detalladamente estas zonas, diferenciándolas según la actividad a desarrollar y especificando, en cada caso, las transformaciones que se han previsto para la adaptación de estas zonas a la finalidad de uso.

1. Zonas de ocio: entenderemos como zonas de ocio las que se utilizarán para el disfrute de la embarcación mediante actividades distintas de la pesca (paseo en familia, navegación deportiva, etc.)

Para estas actividades, la embarcación estará preparada para llevar a bordo al número máximo de personas para las que está diseñada (cinco) de una manera cómoda y confortable, ofreciendo espacios y complementos suficientes para un buen disfrute de la embarcación. Dispondremos para ello de los siguientes medios:

- Asientos en popa: dispondremos de dos asientos en popa a cada lado del motor, inmediatamente a proa de las superficies planas dispuestas para facilitar el embarque por popa. Estos asientos serán fácilmente desmontables por el usuario, acolchados y equipados con un pequeño respaldo almohadillado que garantice su comodidad.
- Bañera: será de amplitud suficiente para albergar varias personas en su interior si se diera el caso. Sus dimensiones serán de 200 centímetros de largo y 215 centímetros de ancho.

- Asiento zona de proa: dispondremos de un asiento sobre el techo de la cabina centrado en su manga, haciendo un pequeño rebaje sobre el mismo. Está diseñado para el uso de una sola persona.
  - Lavabo: dispondremos un lavabo de reducidas dimensiones en la parte posterior y de babor de la timonera con el fin de abastecer de agua dulce de consumo humano a las personas que se encuentren a bordo, ya sea como agua potable o para labores de aseo. Este lavabo estará abastecido por un depósito de agua de 45 litros más que suficientes para su función.
2. Zonas de pesca: son las mismas que las descritas anteriormente como zonas de ocio. Para su uso como zonas de pesca, hemos dispuesto del siguiente equipamiento:
- Porta cañas: la regala está equipada, en su parte correspondiente a la bañera, con un porta cañas a cada banda. Además, en el diseño de la regala, se ha previsto la futura colocación por parte del usuario de soportes para carretes eléctricos, dejando el espacio libre suficiente para esta misión.
  - Bañera: es de una amplitud adecuada y suficiente para facilitar las labores propias de la pesca, prestando especial atención a cualquier elemento que pueda suponer un obstáculo en la bañera.
  - Lavabo: de funciones y características iguales a las descritas anteriormente.
  - Tablero de pesca plegable: se ha previsto la posibilidad de transformas la parte más a popa de la bañera, desmontando los asientos descritos anteriormente y montando una superficie plana óptima y práctica para las labores de pesca. Este tablero deberá permitir una correcta sujeción una vez montado, la estiba en el cofre central de la bañera y la facilidad de montaje y desmontaje.
  - Diseño zona de proa: en las labores de pesca se incluyen las actividades necesarias a realizar por los tripulantes para el fondeo de la embarcación en el

lugar deseado. Para ello, se ha prestado especial atención a que el diseño de la zona de proa en la que se realizan estas maniobras sea el adecuado, tomando las siguientes soluciones constructivas:



- Diseño apropiado de los púlpitos de proa, de manera que proporcionen seguridad suficiente a las labores desarrolladas en esta zona.
  - Diseño del botalón de proa adecuado para proporcionar una correcta salida a la línea de fondeo, incorporando para ello una roldana en su extremo de proa, cuidando que ésta no suponga un obstáculo en el embarque por proa.
  - Ubicación correcta de cornamusas para el amarre y fondeo.
3. Zona de baño: con el fin de adaptar la embarcación para que sea apropiada para el baño, proporcionaremos plataformas de baño en el espejo de popa, tanto a babor como estribor del motor propulsor. Estas plataformas serán desmontables con el fin de cumplir la normativa aplicable al respecto, no aumentando de esta forma el valor límite de eslora permitida para barcos gobernados con la titulación “patrón de navegación básica”. A su vez, la plataforma de babor estará equipada con unas escaleras de baño adecuadas.

Para facilitar el embarque en la embarcación después del baño, las consideraciones adoptadas son las desarrolladas anteriormente en el apartado 5.3.1 (“Medios de embarque y desembarque”).

### **5.3.3 ZONA DE GOBIERNO.**

En cuanto a la subdivisión de espacios en la zona de gobierno, tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Timonera: la zona de gobierno estará cubierta por una timonera, que proporciona un espacio para el gobierno con mayor grado de protección ante el mal tiempo, sol, etc. Dispondremos una timonera con las siguientes características:

- Dimensiones suficientes para proporcionar un espacio resguardado de la intemperie, con el fin de ubicar bajo ella los distintos elementos (no solo de gobierno) previstos.

La eslora se ha definido a partir de establecer las dimensiones de la bañera, utilizando como eslora de timonera la necesaria para la ubicación de los elementos pertinentes. En cuanto a la manga, se ha repartido la disponible de la embarcación buscando un equilibrio entre conseguir unos pasillos de acceso a proa confortables y unas dimensiones de timonera aceptables.

La altura media de la timonera es de, aproximadamente, 2.10 metros, dimensiones suficientes para la comodidad de los tripulantes.

- Las ventanas laterales de la timonera son correderas y están construidas en metacrilato. Hemos elegido este material principalmente por dos razones: en primer lugar el coste económico, ya que el coste del cristal en metacrilato es bastante más bajo que el coste en cristal securit, y en segundo lugar, estaremos ahorrando bastante peso en una zona considerablemente alta. A pesar de que el metacrilato se deteriora con más facilidad que el securit con prolongadas exposiciones a la intemperie, en el caso de las ventanas laterales la visibilidad no es tan importante con en el parabrisas frontal.



- Parabrisas frontal: en esta ocasión si utilizaremos cristal securit, ya que priorizaremos las condiciones de visibilidad en esta zona de la cristalera respecto a las desventajas antes mencionadas (coste, peso, etc.).
  - Asas de agarre: dispondremos de dos asas de agarre en el techo de la timonera, para proporcionar un punto de agarre adecuado.
2. Puesto de piloto: se encuentra situado en la banda de estribor dentro de la timonera. El asiento que instalaremos será giratorio y regulable en altura. Su disposición será la adecuada para permitir el gobierno de una forma cómoda tanto de pie como sentado. Con el fin de conseguir la máxima comodidad del piloto, instalaremos un reposapiés metálico bajo el asiento.
- Tanto el panel de mandos como la rueda de timón se encuentran ubicados a una distancia suficiente del asiento que permita un pilotaje cómodo y confortable. Al mismo tiempo, el diseño del panel de mandos, al estar elevado unos centímetros, permite la correcta visualización de los elementos dispuestos sobre él.
3. Puesto del copiloto: situado a la banda de babor de la timonera. Para proporcionar seguridad al copiloto durante la navegación, dispondremos un asa o agarradera en la banda de babor de la timonera.
4. Superficie horizontal: en el frontal de la timonera existe una superficie plana bastante amplia, propicia para la colocación de los aparatos de navegación que el usuario crea conveniente (sonda, GPS, etc.).

Insistimos de nuevo en que las zonas de ocio y pesca son las mismas, por lo que consideraremos la zona de gobierno como una prolongación del suelo de la bañera.

La bañera y su prolongación bajo la zona de gobierno es auto vaciante, con lo cual, las siguientes consideraciones que se han tenido en cuenta para el correcto funcionamiento de dicho sistema son comunes a estas zonas:

- Altura sobre el fondo de la bañera: la altura del suelo de la bañera respecto a la línea de quilla será la suficiente para permitir que las salidas de los pasa cascós del sistema de auto vaciado queden por encima de la flotación más alta (plena carga).
- Inclinación longitudinal del suelo de la bañera: garantizará que en cualquiera de las situaciones de carga, el agua se dirija hacia los pozos de auto vaciado situados a cada banda.

Tras estudiar las distintas flotaciones de las situaciones de carga estudiadas (lo comprobaremos más adelante), observamos como en todas ellas se produce un asiento de proa, que en el caso más desfavorable alcanza 2° de inclinación.

Por lo tanto, la ubicación del suelo de estas tres zonas se ha diseñado teniendo en cuenta estos aspectos fundamentales (además de otros, como poder albergar tanques bajo él) para el correcto funcionamiento del sistema de auto vaciado.

#### **5.3.4 ZONAS DE ESTIBA.**

A principio de proyecto, nos marcamos como objetivo de nuestra embarcación (ver especificación técnica) conseguir un volumen de estiba suficiente y adecuado. Por lo tanto, intentaremos aprovechar los espacios al máximo. Los distintos espacios destinados a este fin, de proa a popa, son los siguientes:

- Cofres bajo asientos laterales de popa: se han dispuesto dos cofres de estiba bajo cada asiento para aprovechar dicho espacio. A estos espacios, que serán cerrados, se accederá mediante unas puertas con cierre.
- Cofre central de bañera: es el cofre de mayores dimensiones que dispondrá la embarcación. Está situado en la parte central de la bañera, y debido a sus dimensiones

y colocación será capaz de proporcionar un gran volumen de estiba. Para diseñar este cofre hemos tenido las siguientes consideraciones:

- El cierre será lo suficientemente seguro y adecuado para evitar una apertura no deseada, así como evitar las consecuencias de una vibración continua durante la navegación, debido a su junta de goma y cierre a presión.
  - Las dimensiones de la abertura del acceso al cofre serán amplias y cómodas, de forma que una vez abierto el cofre, existirá espacio suficiente para acceder a los pertrechos estibados en el mismo.
  - El volumen de estiba se presentará de manera continua sin subdivisiones internas, de forma que el propio cliente, a posteriori, pueda subdividir a su conveniencia.
- **Guanteras laterales de la bañera:** dispondremos de dos guanteras a cada banda de los costados verticales de la bañera. El espacio disponible de las mismas estará limitado por la altura de la regla respecto al suelo de la bañera, por la eslora de la bañera y la profundidad disponible al costado de la bañera.  
En este espacio se alojarán también las partes inferiores de los porta cañas instalados en la regala.  
La regala ubicada sobre estas guanteras será de madera de iroko, para proporcionar una estética más atractiva.
  - **Guanteras laterales en timonera:** al igual que en la bañera, en los laterales de la timonera dispondremos dos guanteras.  
La ubicación de las mismas será tal que aprovechará el hueco que quedaría debajo de los pasillos de acceso a proa (walk around), con lo cual, su altura está limitada a la altura de estos pasillos respecto al piso de la timonera.

- Pozo de ancla: estará ubicado en la zona de proa. Su función será la de proporcionar un espacio para la estiba de la línea de fondeo. Este pozo será auto vaciante. Procuraremos proporcionarle a este espacio las dimensiones suficientes para que permita la correcta y cómoda utilización de la línea de fondeo.

### **5.3.5 ACCESO A PROA.**

Entre la mayoría de usuarios de este tipo de embarcaciones, la comodidad del acceso a proa es un aspecto de crucial importancia. Por ello, prestaremos especial atención en que los accesos a proa sean cómodos y amplios.

En primer lugar, el acceso a los pasillos que conducen a proa será cómodo. Para ello, se ha provisto un escalón intermedio de dimensiones adecuadas entre el piso de la bañera y el walk around. A su vez, dispondremos de asas verticales en la parte trasera de la timonera.

La anchura del walk around será de 23 centímetros, anchura suficiente para que el tránsito a través del mismo sea cómodo.

Por último, tendremos en cuenta la seguridad del paso hacia proa, prestando especial atención a la altura de las barandillas que rodean a los pasillos laterales. Esta altura será de 65 centímetros aproximadamente, altura suficiente para proporcionar un tránsito seguro en estos pasillos.

### **5.3.6 EQUIPO DE AMARRE.**

Dispondremos de cornamusas de amarre de 200 milímetros para el amarre de la embarcación, bien ya sea atraque en puerto o fondeo en mar abierto.

Estas cornamusas estarán ubicadas de manera que su acceso a ellas sea lo más cómodo posible. Dos estarán situadas a popa, una a cada banda, y las otras dos en proa.

Por último, dispondremos dos cáncamos de remolque en popa y un cáncamo de remolque en proa, los cuales podremos ver en los distintos planos de disposición general.

**5.3.7 RESUMEN EQUIPAMIENTO.**

En el cuadro siguiente podemos ver los distintos elementos que hemos tenido en consideración para el equipamiento de la embarcación, tanto en la cubierta como en la cabina.

<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Cantidad</b>
Colchoneta sobre litera	Cabina	1
Cofre bajo litera	Cabina	1
Estantería lateral	Cabina	2
Mesa central desmontable	Cabina	1
Escotilla practicable en techo	Cabina	1
Techo de cabina tapizado	Cabina	1
Asiento sobre techo cabina	Cabina	1
Inodoro químico	Cabina	1
Botalón de proa	Cubierta	1
Púlpito de proa	Cubierta	1
Roldana de proa inox	Cubierta	1
Cáncamo de proa	Cubierta	1
Cáncamo de popa	Cubierta	2
Cornamusa amarre	Cubierta	4
Pozo de ancla auto vaciante con tapa	Cubierta	1
Pasillo walk around	Cubierta	2
Regala de madera iroko	Cubierta	2
Guanteras en bañera	Cubierta	2
Cañeros	Cubierta	2
Asientos desmontables popa	Cubierta	2
Cofre estiba popa	Cubierta	2
Bañera auto vaciante	Cubierta	1
Cofre de estiba en piso de bañera	Cubierta	1
Plataforma de baño con escalera (opcional)	Cubierta	2
Parabrisas cristal securit	Timonera	1
Limpiaparabrisas eléctrico	Timonera	2

Ventana lateral corredera metacrilato	Timonera	2
Puerta camarote madera	Timonera	1
Asiento de piloto y copiloto giratorio	Timonera	2
Volante	Timonera	1
Cuadro de instrumentos	Timonera	1
Reposapiés piloto	Timonera	1
Asa sujeción acompañante	Timonera	1
Asas verticales	Timonera	2
Asas sobre techo	Timonera	2

Al final de este proyecto, se incluye un anexo con los planos de disposición general de la embarcación proyectada.

## **CAPÍTULO VI**

# **RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN**

## 6.1 OBJETIVO.

A continuación, y como objetivo siguiente de proyecto, es necesario conocer la resistencia al avance de la embarcación diseñada, para conocer de esta manera la potencia necesaria para alcanzar la velocidad de proyecto establecida en la especificación técnica.

El método para calcular estos parámetros será el de *Savitsky computado por Hadler*. Mediante la utilización de este método, se podrá conocer también el comportamiento de la embarcación durante la navegación, dependiendo este, en cuanto a geometría de la carena se refiere, del valor de la astilla muerta.

## 6.2 CÁLCULO DE RESISTENCIA DE PLANEEO.

La fuerza hidrodinámica provocará en la embarcación dos efectos principales: una sustentación de la embarcación con el consiguiente cambio de la superficie mojada y un trimado o asiento como consecuencia del equilibrio longitudinal de fuerzas, y una resistencia como suma de dos componentes:

- La resistencia por fricción, que depende fundamentalmente de la superficie mojada dinámica, es decir, en planeo.
- La resistencia hidrodinámica, resultante horizontal de la fuerza hidrodinámica que depende fundamentalmente de la magnitud de dicha fuerza y del ángulo de asiento. Al aumentar dicho asiento, aumenta también la componente horizontal.

Para poder determinar la resistencia en planeo es necesario conocer la condición de equilibrio de la embarcación, su ángulo de trimado y la superficie mojada dinámica. Dicho equilibrio de fuerzas dependerá fundamentalmente de:

- Capacidad de generación de empuje hidrodinámico, conocido como Coeficiente de Sustentación.
- Posición longitudinal del centro de presión dinámica o  $L_{cp}$ .



- Posición longitudinal del centro de gravedad o LCG.
- Altura del centro de gravedad.

Si se estudia con más detenimiento el primer apartado (capacidad de generación de empuje hidrodinámico) se puede comprobar que depende fundamentalmente de las formas de la carena, y más concretamente del ángulo de astilla muerta  $\beta$ . En función de este ángulo, la fuerza hidrodinámica se descompone en dos componentes, una vertical y otra transversal. Cuanto mayor sea el ángulo de astilla muerta menor será la componente vertical de la fuerza hidrodinámica. Este efecto es fundamental a la hora de determinar una carena apta para la navegación con mal tiempo, ya que cuanto más plana sea la embarcación (menor  $\beta$ ) mayores serán los efectos dinámicos. La solución suele pasar por una variación de ángulo de astilla muerta, reduciéndose desde proa hasta popa. A la hora de calcular la reducción de empuje dinámico ocasionado por el ángulo de astilla muerta se utiliza el valor medio entre el ángulo del espejo de popa y el ángulo en la maestra. El ángulo de astilla muerta tiene otro efecto añadido sobre la embarcación: el incremento de superficie mojada debida al spray. Este efecto será mayor cuanto mayor sea el ángulo  $\beta$ .

Por tanto, para poder calcular la resistencia en planeo, es necesario calcular:

- Ángulo de asiento (equilibrio de la embarcación)
- Superficie mojada dinámica

El método más comúnmente utilizado es el método de Savitsky, el cual realizó una serie de experimentos con placas planas y obtuvo una serie de formulas empíricas para extrapolar a fondos no planos (con astilla muerta). Utilizando su método se puede 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 cual se calculan los momentos ocasionados por la fuerza hidrodinámica y la resistencia por fricción.

Para calcular dichos momentos, es necesario obtener las fuerzas antes mencionadas, así como los brazos de palanca de dichas fuerzas respecto al centro de gravedad de la embarcación.

La determinación del ángulo de asiento de equilibrio en planeo se realiza a través de un sistema de 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 hidrodinámicas, resistencia por fricción y resistencia de apéndices, y calculados a su vez los brazos de palanca, se aplican momentos obteniéndose el momento resultante. Este 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 en equilibrio, calculándose de esta forma la resistencia al avance en planeo.

A continuación, detallamos los pasos esquematizados que seguiremos para el cálculo de la resistencia en planeo por el método de Savitsky computado por Hadler:

***1- Datos de partida:***

m: masa desplazada, kg.

LCG: distancia longitudinal de popa al centro de gravedad (metros).

VCG: distancia vertical desde la línea base al centro de gravedad (KG) en metros.

b: manga máxima entre pantoques (metros).

$\beta$ : ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y sección en centro de gravedad) en metros.

$\varepsilon$ : inclinación del eje relativo a la línea base (grados).

f: distancia entre el eje y el centro de gravedad (metros).

V: velocidad, metros/segundos.

2- *Cálculo del coeficiente de velocidad  $C_v$ :*

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{g * b}}$$

3- *Cálculo del coeficiente de sustentación  $c_{L\beta}$ :*

$$c_{L\beta} = \frac{m * g}{0,5 * \rho * V^2 * b^2}$$

4- *Computación del 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):*

$$c_{L\beta} = C_{L0} - 0,0065 * \beta * C_{L0}^{0,6}$$

5- *Asumir un valor de ángulo de trimado  $\tau$ .*

6- *Computación de la relación de la eslora mojada-manga  $\lambda$ , utilizando mediante un sistema de ensayo-error la siguiente fórmula:*

$$C_{L0} = \tau^{1,1} * [0,012 * \lambda^{0,5} + 0,0055 * \frac{\lambda^{2,5}}{C_v^2}]$$

7- *Cálculo de la eslora media mojada  $L_m$  y obtención del número de Reynolds ( $Rn$ ) mediante  $L_m$ :*

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

$$Rn = V * L / \text{viscosidad} \quad (L=Lwl \text{ y viscosidad del agua marina a } 20^\circ = 1 \times 10^{-6} \text{ m /seg}^2)$$

8- Cálculo del coeficiente de fricción según la fórmula de ITTC:

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

9- Cálculo de la resistencia por fricción:

$$R_f = \frac{0,5 * \varphi * V^2 * C_f * (\lambda + \Delta\lambda) * b^2}{\cos \beta}$$

10- Cálculo del brazo de palanca ff para la  $R_f$  relativa al centro de gravedad:

$$ff = VCG - \left[ \frac{b}{4} \right] * \tan \beta$$

11- Cálculo de la posición longitudinal del centro de presión Lcp (distancia medida desde el espejo de popa), asumiendo que  $L_w$  es igual a  $L_m$  para fondos con astilla muerta.

$$\frac{Lcp}{Lw} = 0,75 - \frac{1}{\frac{5,21 * Cv^2}{\lambda^2} + 2,39}$$

12- Cálculo del brazo de palanca para la fuerza de presión e, como diferencia entre LCG y Lcp.

$$e = LCG - Lcp$$

13- Cálculo del momento de cabeceo resultante M, como suma de los momentos Mh (originado por N y el brazo e) y Mf (originado por Rf y el brazo ff):

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

$$M_f = R_f * \left[ f f - e * \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right]$$

$$M = M_h + M_f \text{ (Nm)}$$

**14- Dado que el ángulo de trimado se elige de forma aleatoria, lo normal es que el momento resultante sea distinto de cero, con lo cual será necesario variarlo para conseguir el equilibrio. Será necesario en ese supuesto caso volver a comenzar los cálculos en el punto 5 con otro valor de  $\tau$ , teniendo en cuenta que si el momento resultante es negativo debemos incrementar  $\tau$  y si es positivo reducirlo.**

**15- Cálculo del trimado en equilibrio  $\tau_0$  como interpolación lineal:**

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

**16- Cálculo de la resistencia de fricción en el trimado de equilibrio,  $R_{f0}$ , mediante interpolación lineal:**

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

**17- Cálculo de la resistencia total R:**

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

**18- Cálculo de la potencia efectiva:**

$$P_e = V \cdot R$$

### **6.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO SAVITSKY COMPUTADO POR HADLER.**

A modo de esclarecer los engorrosos cálculos que la aplicación práctica del método de Savitsky supone, confeccionaremos una hoja de cálculo en la cual se reflejen los resultados obtenidos en cada uno de los pasos antes descritos.

#### **6.3.1 DATOS DE ENTRADA.**

- Masa desplazada en kg: como comentamos anteriormente, en este tipo de embarcaciones con un desplazamiento tan bajo, la diferencia de desplazamiento entre las condiciones de máxima carga y mínima carga es muy notable, por lo que, para el estudio de este dato, tendremos en cuenta las dos condiciones de carga comentadas.
  - a) Condición de plena carga: 1849 kg (podemos comprobar su cálculo en el punto 4.3)
  - b) Condición de mínima carga: 1239 kg (podemos comprobar su cálculo en el punto 4.3)
  
- LCG: Posición longitudinal del centro de gravedad: el cálculo exacto de este dato se realizará en una etapa de proyecto más avanzada, sin embargo, debemos realizar un cálculo aproximado necesario actualmente para poder estimar la resistencia al avance y motorización de la embarcación de proyecto. El cálculo de LCG deberemos realizarlo para las dos condiciones de carga comentadas. Para ello, consideraremos la posición aproximada de cada peso en la embarcación.
  - a) Condición de plena carga: para estimar la posición longitudinal del centro de gravedad tomaremos momentos respecto al eje de popa de cada peso, calculando posteriormente la posición de XG para todo el conjunto completo. En la tabla adjunta, observamos un desglose por peso y su XG particular:

Descripción	Peso (kg)	XG (mts)	P·XG (kg·mts)
Casco	984	3	2952
Motor	175	-0,15	-26,25
2 personas popa	150	0,50	75
2 personas cabina	150	2,70	405
1 persona techo cabina	75	4	300
Combustible	100	0,9	90
Pertrechos	90	3	270
Agua dulce	45	2	90
Varios	80	3	240
<b>TOTAL</b>	<b>1849</b>		<b>4395,75</b>

El XG del casco lo hemos considerado inicialmente en la mitad de la eslora, ya que las formas de la embarcación así nos lo hace suponer ya que, a pesar de que la manga en popa es mayor a la manga de proa, el puntal es mayor en proa y el centro de gravedad de la timonera está a proa de la maestra.

El XG de los pesos englobados en el concepto de “varios” y “pertrechos” lo hemos supuesto de la misma manera en la mitad de la eslora, ya que consideramos que estarán repartidos entre los cofres de estiba en la cabina y los de la bañera.

Con estos datos, obtenemos el siguiente XG en la condición de máxima carga:

$$\mathbf{XG} = \frac{\sum P \cdot XG}{P} = \frac{4395,75}{1849} = \mathbf{2,37 \text{ mts.}}$$

- b) Condición de mínima carga: para estimarlo, utilizaremos el mismo procedimiento que hemos explicado anteriormente para el caso de plena carga.

Descripción	Peso (kg)	XG (mts)	P·XG (kg·mts)
Casco	984	3	2952
Motor	175	-0,15	-26,25
1 persona cabina	75	2,7	202,5
Combustible	5	0,9	4,5
<b>TOTAL</b>	<b>1239</b>		<b>3132,75</b>

$$\mathbf{XG} = \frac{\sum P \cdot XG}{P} = \frac{3132,75}{1239} = \mathbf{2,53 \text{ mts.}}$$

Como podemos comprobar, la diferencia de desplazamientos es muy elevada para las dos condiciones de carga ya comentadas, por lo que consideramos necesario tomar unos márgenes amplios de desplazamiento longitudinal del centro de gravedad (referidos siempre al extremo de popa), siendo necesario calcular el método de Savitsky para las situaciones extremas contempladas en los márgenes tomados.

Para el caso de plena carga, tomaremos como margen un desplazamiento del 10 % de la eslora de casco, tanto a popa como a proa. Por lo tanto, los valores que utilizaremos en esta condición de carga para calcular el método de Savitsky serán los siguientes:

- $XG_1 = 2,37 - 0,599 = 1,771 \text{ metros}$
- $XG_2 = 2,37 \text{ metros}$
- $XG_3 = 2,37 + 0,599 = 2,969 \text{ metros}$

Análogamente, para el caso de mínima carga, tomaremos como margen un desplazamiento del 5 % de la eslora del casco (ya que, en esta condición el error es menor al ser menores los pesos sobre la embarcación):

- $XG_1 = 2,53 - 0,2995 = 2,23 \text{ metros}$
- $XG_2 = 2,53 \text{ metros}$
- $XG_3 = 2,53 + 0,2995 = 2,8295 \text{ metros}$



- VCG: para estimar el valor de la altura desde la línea base al centro de gravedad (KG), consideramos como situación más desfavorable un KG a la mitad del puntal. El puntal en la maestra es de 1,2 metros, por lo que el KG que consideraremos será de 0,6 metros, valor que consideramos en un principio adecuado ya que, el laminado del casco es de mayor espesor en el fondo, y los tambuchos y tanques de consumo se encuentran en zonas bajas.
- b: para estimar un valor de la manga máxima entre pantoques, debemos tener en cuenta una serie de factores importantes. Una manga de flotación excesiva aumentará la resistencia al avance, mientras que una manga excesivamente baja, en su defecto, disminuirá la estabilidad transversal a la vez que reduciría la disponibilidad de espacio que nos permita obtener una bañera amplia. Por lo tanto, tratamos de buscar un equilibrio entre los factores que hemos mencionado.  
Teniendo en cuenta datos bastante fiables de otras embarcaciones similares a la de proyecto, a la vez que la búsqueda de un equilibrio entre lo anteriormente expuesto, consideramos que la manga máxima entre pantoques es de 2,1 metros, como reflejamos a la hora de realizar el diseño de la carena mediante el programa informático Maxsurf.
- $\varepsilon$ : para estimar la inclinación del eje relativa a la línea base, nos hemos basado de nuevo en publicaciones especializadas, considerando como un valor adecuado 4 grados.
- $\beta$ : el valor del ángulo de la astilla muerta (el valor medio entre popa y sección media) tiene una gran importancia en cuanto al comportamiento hidrodinámico de la embarcación. Un ángulo elevado de astilla muerta hace que la navegación con mal tiempo sea más cómoda y segura, aumentando, por otro lado, la resistencia al avance.

Al respecto, y con el fin de conseguir cumplir los requisitos de la especificación técnica inicial y las mejores condiciones de navegación de nuestra embarcación, el

criterio a seguir será la búsqueda de un equilibrio entre los aspectos antes mencionados. Es decir, la embarcación deberá tener un buen comportamiento ante una situación imprevista de mal tiempo, pero también se ha de tener en cuenta que la embarcación navegará normalmente con buen tiempo debido al fin con el que ha sido diseñada (pesca-paseo), y solo lo hará con mal tiempo en situaciones imprevistas.

El método que hemos llevado a cabo para el cálculo de este parámetro, ha sido un largo proceso de ensayo y error con diferentes valores razonables dentro de los que conocemos de nuestro ensayo estadístico preliminar. A pesar de la dificultad de conocer este valor en las embarcaciones previamente estudiadas, fue posible conseguir este dato para varias embarcaciones. Teniendo en cuenta estos valores conocidos mediante el estudio estadístico, y tras calcular y analizar los valores obtenidos mediante el método de Savitsky para diferentes valores de astilla muerta, establecimos a la hora de realizar el diseño de la carena un valor de  $15,25^\circ$ .

- *f*: teniendo en cuenta que se ha establecido el centro de gravedad a una altura sobre la línea base de 0,6 metros, para obtener el valor de la distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad (*f*), deberemos sumarle a este valor de 0,6 metros la distancia entre la línea base y el eje de la hélice. Si suponemos esta distancia de 0,1 metros, el valor de *f* obtenido es de 0,7 metros.
- *V*: para el cálculo de la velocidad de la embarcación, tendremos en cuenta una vez más el estudio estadístico previamente realizado. A su vez, y como reseñamos en la especificación técnica, hemos tenido en cuenta el perfil de cliente al que va destinada la embarcación, entendiendo que este tipo de embarcaciones no requieren de una gran velocidad, por lo que mantendremos como un valor más que suficiente en las distintas condiciones de carga los 23 nudos (11,8312 m/s a efectos de cálculos por el método de Savitsky) que consideramos de manera inicial.

#### 6.4 DATOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SAVITSKY COMPUTADO POR HADLER AL PRESENTE CASO.

El cálculo de la resistencia al avance por el método de Savitsky no solo permite conocer la resistencia al avance, sino que también permite comprobar si el régimen de “planeo” es estable o si, por el contrario, la embarcación planea en régimen de “porpoising”, a través de la utilización del siguiente gráfico, el cual, representa los límites de estabilidad longitudinal en planeo, en función del ángulo de asiento, el ángulo de astilla muerta y el coeficiente de empuje dinámico en casos no planos ( $Cl\beta$ ).

Los resultados a valorar son los siguientes:

- a)  $\sqrt{Cl\beta/2}$  = este parámetro se utiliza para valorar el régimen de planeo de la embarcación, y comprobar, si se produce o no, el fenómeno de “porpoising”, ya que es un parámetro de entrada en el gráfico antes mencionado, que evalúa los límites de estabilidad de planeo longitudinal.
- b) Ángulo de asiento: representa el otro parámetro de entrada en el gráfico.
- c) 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.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante el método Savitsky para los datos de entrada especificados:

## PLENA CARGA XG1

<b>m</b>	Masa desplazada	1849	kg
<b>LCG</b>	Distancia longitudinal de popa al cdg	1,771	mt
<b>VCG</b>	Distancia vertical de LB a cdg	0,6	mt
<b>b</b>	Manga máxima entre pantoques	2,1	mt
<b><math>\beta</math></b>	Ángulo de astilla muerta	15,25	grados
<b><math>\varepsilon</math></b>	Inclinación del eje relativa a la LB	4	grados
<b>f</b>	Distancia entre el eje y el cdg	0,7	mt
<b><math>\varphi</math></b>	Densidad	1025	Kg / m <sup>3</sup>
<b>V</b>	Velocidad	11,8312	m/seg

<b>Cv</b>		2,948296151			
<b>CLB Método1</b>		0,044817017			
<b>CLB Método 2</b>		0,044817017			
<b>Clo</b>		0,064			
<b>Trimado</b>		3	grados	4	grados
<b><math>\lambda</math></b>		1,83		1,19	
<b>Lm</b>		3,843		2,499	
<b>Rn</b>		51400125		33424125	
<b>Cf</b>		0,0022995		0,0024577	
<b><math>\Delta\lambda</math></b>	Gráfico	0,38		0,28	
<b>Rf</b>		2,290736	kn	1,4607175	kn
<b>ff</b>		0,858780183	m	0,858780183	m
<b>Lcp</b>		2,64075	m	1,801542419	m
<b>e</b>		-0,86975	m	-0,030542419	m
<b>Mh</b>		-20,937	kn*m	14,82427	kn*m
<b>Mf</b>		6,727239238	kn*m	2,114392111	kn*m
<b>M</b>		-14,20976076	kn*m	16,93866211	kn*m
<b>Trimado de equilibrio</b>		3,482390038	grados		
<b>Rfo</b>		1,890343344	kn*m		
<b>Pe</b>		30,245	kw		
<b>Rendimiento transmision</b>		0,5			
<b>Pd</b>		60,49	kw	81,12	hp

## PLENA CARGA XG2

m	Masa desplazada	1849	kg
LCG	Distancia longitudinal de popa al cdg	2,37	mt
VCG	Distancia vertical de LB a cdg	0,6	mt
b	Manga máxima entre pantoques	2,1	mt
$\beta$	Ángulo de astilla muerta	15,25	grados
$\varepsilon$	Inclinación del eje relativa a la LB	4	grados
f	Distancia entre el eje y el cdg	0,7	mt
$\varphi$	Densidad	1025	Kg / m <sup>3</sup>
V	Velocidad	11,8312	m/seg

Cv		2,948296151			
CLB Método1		0,044817017			
CLB Método 2		0,044817017			
Clo		0,064			
Trimado		3	grados	4	grados
$\lambda$		1,83		1,19	
Lm		3,843		2,499	
Rn		51400125		33424125	
Cf		0,0022995		0,0024577	
$\Delta\lambda$	Gráfico	0,38		0,28	
Rf		2,290736		1,4607175	
ff		0,858780183	m	0,858780183	m
Lcp		2,64075		1,801542419	
e		-0,27075		0,568457581	
Mh		-8,405596239		12,40572379	
Mf		5,138533765		1,857342995	
M		-3,267062473		14,26306678	
Trimado de equilibrio		3,186368419	grados		
Rfo		2,136046764	kn*m		
Pe		30,795	kw		
Rendimiento transmision		0,5			
Pd		61,59	kw	82,59	hp

## PLENA CARGA XG3

m	Masa desplazada	1849	kg
LCG	Distancia longitudinal de popa al cdg	2,969	mt
VCG	Distancia vertical de LB a cdg	0,6	mt
b	Manga máxima entre pantoques	2,1	mt
$\beta$	Ángulo de astilla muerta	15,25	grados
$\epsilon$	Inclinación del eje relativa a la LB	4	grados
f	Distancia entre el eje y el cdg	0,7	mt
$\rho$	Densidad	1025	Kg / m <sup>3</sup>
V	Velocidad	11,8312	m/seg

Cv		2,948296151			
CLB Método 1		0,044817017			
CLB Método 2		0,044817017			
Clo		0,064			
Trimado		3	grados	2,5	grados
$\lambda$		1,83		2,31	
Lm		3,843		4,851	
Rn		51400125		64882125	
Cf		0,0022995		0,002220196	
$\Delta\lambda$	Gráfico	0,38		0,48	
Rf		2,290736		2,792190383	
ff		0,858780183	m	0,858780183	m
Lcp		2,64075		3,192264475	
e		0,32825		-0,223264475	
Mh		4,126010448		-17,67592175	
Mf		3,549828292		6,109870868	
M		7,67583874		-11,56605088	
Trimado de equilibrio		2,800543521	grados		
Rfo		2,490772651	kn*m		
Pe		32,71	kw		
Rendimiento transmision		0,5			
Pd		65,42	kw	87,73	hp

m	Masa desplazada	1239	kg
LCG	Distancia longitudinal de popa al cdg	2,23	mt
VCG	Distancia vertical de LB a cdg	0,6	mt
b	Manga máxima entre pantoques	2,1	mt
$\beta$	Ángulo de astilla muerta	15,25	grados
$\epsilon$	Inclinación del eje relativa a la LB	4	grados
f	Distancia entre el eje y el cdg	0,7	mt
$\varphi$	Densidad	1025	Kg / m3
V	Velocidad	11,8312	m/seg

Cv		2,948296151			
CLB Método1		0,030031522			
CLB Método 2		0,030031522			
Clo		0,045			
Trimado		2	grados	3	grados
$\lambda$		2,06		1,11	
Lm		4,326		2,331	
Rn		57860250		31177125	
Cf		0,002258694		0,002484905	
$\Delta\lambda$	Gráfico	0,58		0,38	
Rf		2,68788835	kn	1,668958747	kn
ff		0,858780183	m	0,858780183	m
Lcp		2,913310088	m	1,688704424	m
e		-0,683310088	m	0,541295576	m
Mh		-24,03611048	kn*m	5,751473721	kn*m
Mf		7,313343994	kn*m	2,174614194	kn*m
M		-16,72276648	kn*m	7,926087915	kn*m
Trimado de equilibrio		2,678439907	grados		
Rfo		1,996605842	kn*m		
Pe		22,415	kw		
Rendimiento transmision		0,5			
Pd		44,83	kw	60,12	hp

## MÍNIMA CARGA XG2

m	Masa desplazada	1239	kg
LCG	Distancia longitudinal de popa al cdg	2,53	mt
VCG	Distancia vertical de LB a cdg	0,6	mt
b	Manga máxima entre pantoques	2,1	mt
$\beta$	Ángulo de astilla muerta	15,25	grados
$\varepsilon$	Inclinación del eje relativa a la LB	4	grados
f	Distancia entre el eje y el cdg	0,7	mt
$\varphi$	Densidad	1025	Kg / m <sup>3</sup>
V	Velocidad	11,8312	m/seg

Cv		2,948296151			
CLB Método1		0,030031522			
CLB Método 2		0,030031522			
Clo		0,045			
Trimado		2	grados	3	grados
$\lambda$		2,06		1,11	
Lm		4,326		2,331	
Rn		57860250		31177125	
Cf		0,002258694		0,002484905	
$\Delta\lambda$	Gráfico	0,58		0,38	
Rf		2,68788835	kn	1,668958747	kn
ff		0,858780183	m	0,858780183	m
Lcp		2,913310088	m	1,688704424	m
e		-0,383310088	m	0,841295576	m
Mh		-18,67976225	kn*m	9,957147505	kn*m
Mf		6,379715687	kn*m	1,594907407	kn*m
M		-12,30004656	kn*m	11,55205491	kn*m
Trimado de equilibrio		2,515679785	grados		
Rfo		2,162446951	kn*m		
Pe		23,95	kw		
Rendimiento transmision		0,5			
Pd		47,9	kw	62,24	hp



## MÍNIMA CARGA XG3

m	Masa desplazada	1239	kg
LCG	Distancia longitudinal de popa al cdg	2,83	mt
VCG	Distancia vertical de LB a cdg	0,6	mt
b	Manga máxima entre pantoques	2,1	mt
$\beta$	Ángulo de astilla muerta	15,25	grados
$\varepsilon$	Inclinación del eje relativa a la LB	4	grados
f	Distancia entre el eje y el cdg	0,7	mt
$\varphi$	Densidad	1025	Kg / m <sup>3</sup>
V	Velocidad	11,8312	m/seg

Cv		2,948296151			
CLB Método1		0,030031522			
CLB Método 2		0,030031522			
Clo		0,045			
Trimado		2	grados	3	grados
$\lambda$		2,06		1,11	
Lm		4,326		2,331	
Rn		57860250		31177125	
Cf		0,002258694		0,002484905	
$\Delta\lambda$	Gráfico	0,58		0,38	
Rf		2,68788835	kn	1,668958747	kn
ff		0,858780183	m	0,858780183	m
Lcp		2,913310088	m	1,688704424	m
e		-0,083310088	m	1,141295576	m
Mh		-13,32341402	kn*m	14,16282129	kn*m
Mf		5,446087386	kn*m	1,01520062	kn*m
M		-7,877326637	kn*m	15,17802191	kn*m
Trimado de equilibrio		2,341670247	grados		
Rfo		2,339750421	kn*m		
Pe		25,68	kw		
Rendimiento transmision		0,5			
Pd		51,36	kw	68,88	hp

El valor más alto de potencia requerida ha sido de 87,73 hp, lo cual nos indica claramente que el diseño de la carena realizado es correcto en lo referente a la motorización necesaria.

A continuación, nos centraremos en el estudio de la estabilidad en planeo utilizando también los resultados obtenidos por el método Savitsky.

En condición de plena carga:

- $XG = 1,771$  mts.
- $\sqrt{Cl\beta/2} = 0,1496$
- Ángulo de asiento = 3,48

- $XG = 2,37$  mts.
- $\sqrt{Cl\beta/2} = 0,1496$
- Ángulo de asiento = 3,18

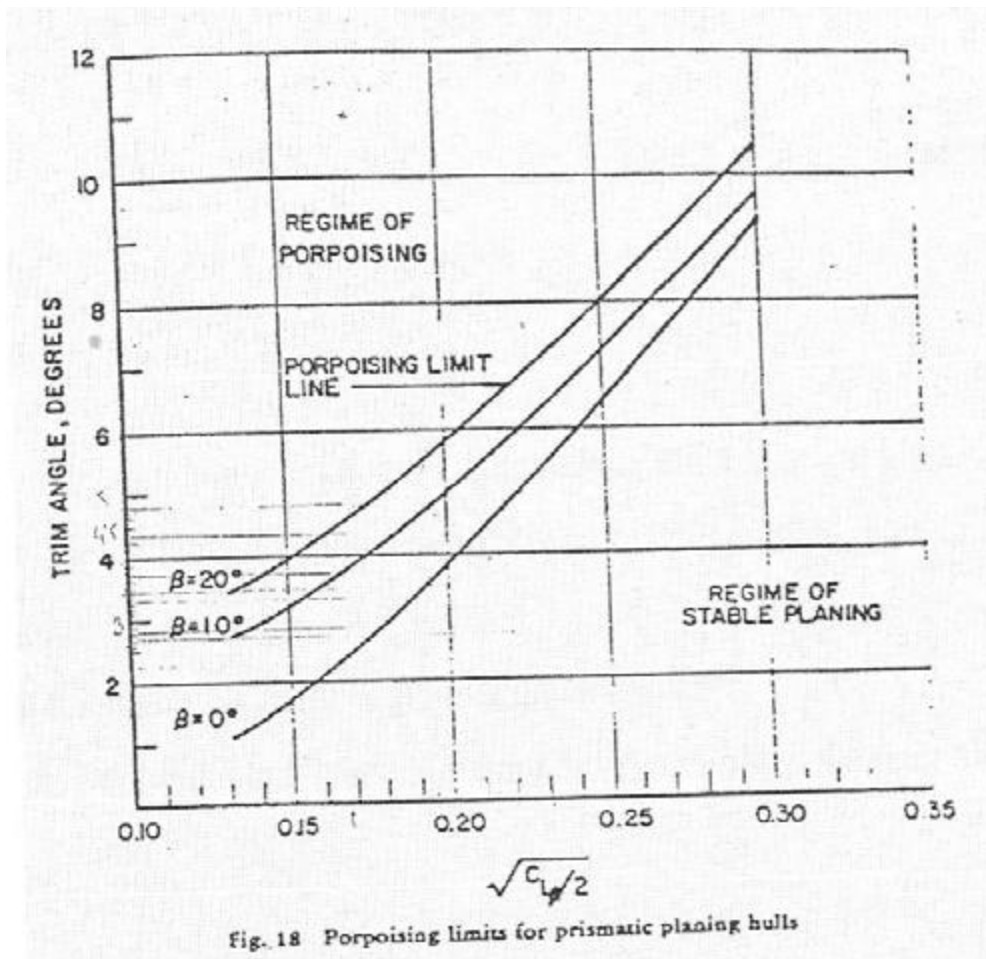
- $XG = 2,969$  mts.
- $\sqrt{Cl\beta/2} = 0,1496$
- Ángulo de asiento = 2,8

- $XG = 2,23$  mts.
- $\sqrt{Cl\beta/2} = 0,1225$
- Ángulo de asiento = 2,67

- $XG = 2,53$  mts.
- $\sqrt{Cl\beta/2} = 0,1225$
- Ángulo de asiento = 2,51

- $XG = 2,83$  mts.
- $\sqrt{Cl\beta/2} = 0,1225$
- Ángulo de asiento = 2,34

Con estos datos, y entrando en el siguiente gráfico del límite de estabilidad en planeo:



Comprobamos como la embarcación se encuentra en el límite de estabilidad longitudinal en planeo, con lo cual no se producirá el fenómeno de “porpoising”.

En resumen, podemos concluir:

- Condición de mínima carga: se garantizan buenos resultados con posiciones del centro de gravedad comprendidos entre 2,23 metros y 2,83 metros, referidos al espejo de popa. Para esta condición, se podría concluir incluso que el margen es mayor, ya que para estas posiciones de XG nos encontramos aún lejos de los límites de estabilidad longitudinal en planeo.

- Condición de plena carga: el margen de movimiento de la posición longitudinal del centro de gravedad para esta condición, sin sobrepasar el límite de estabilidad longitudinal en planeo, está comprendido entre 1,771 metros y 2,969 metros.
- Los límites son los que se han considerado apropiados calcular, respondiendo a las situaciones extremas que se podrían dar, y respondiendo al movimiento “normal” que el centro de gravedad puede tener durante la navegación.
- En cuanto al margen superior (mayor XG), se debe mencionar que para valores mayores no existen problemas de inestabilidad longitudinal en el planeo. Pero es cierto que, valores mayores no responderían a situaciones reales que se pudieran dar, además de que provocan un aumento en la resistencia al avance.
- Los valores de trimado y potencia requerida son aceptables. Se debe tener en cuenta que el factor “rendimiento de transmisión” empleado (0,5) es bastante conservador, tratándose de un motor fueraborda, en el cual no existen pérdidas derivadas de la transmisión por línea de ejes existentes en los motores intraborda.

**CAPÍTULO VII**

**DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE**

**ESCANTILLONADO**

### **7.1 OBJETIVO.**

Una vez desarrollado el proyecto hasta este punto, se hace necesario realizar el diseño estructural y un cálculo de escantillones.

En el 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 acudirá a una norma apropiada, que 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.

### **7.2 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 (P.R.F.V.) 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 reforzada con fibra de vidrio.

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

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

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

*a) 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.

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:

- 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.
- Excelente estabilidad dimensional.
- Excelente resistencia a ambientes químicos agresivos.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Excelentes propiedades eléctricas.

b) *Fibra de vidrio.*

Las resinas de poliéster, cuando se usan solas, tienen gran resistencia a la compresión y a las temperaturas altas, 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. De ellas, la más económica es la fibra de vidrio.

El refuerzo más utilizado es la fibra de vidrio debido a su 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 destacadas son las de dar cohesión entre los filamentos, eliminar la electricidad estática 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).

c) *Catalizadores y acelerantes.*

Para producir un objeto laminado o moldeado, una resina de poliéster tiene que fraguar, que es el proceso de gelificación o coagulación y endurecimiento. Esto se consigue mediante el uso de un catalizador y aplicación de 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 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 necesidad de aplicación de 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 tienen como base una amina terciaria, como el dimetilanilina y la dietilanilida.

*d) Gelcoat.*

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

El gelcoat tiene 3 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 desmoldante).

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 milímetros. Resultados más gruesos resultan ser muy quebradizos, pudiendo aparecer grietas superficiales. 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”, caracterizado 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 debe emplear (como ya hemos mencionado anteriormente) 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, podemos distinguir los que son 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 el gelcoat son:

- Estabilidad térmica.
- Solidez a la intemperie (UV)
- Baja influencia en el tiempo de gel en la 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.

Finalmente, 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.

### **7.3 MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN.**

La construcción de esta embarcación se producirá en serie, es decir, se pretende la construcción de un gran número de unidades.

Para ello es necesaria la construcción 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.

- a) El modelo: es el elemento primario para la realización de las piezas de plástico reforzado que componen la embarcación.

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

En este caso se realizará en madera, utilizándose 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.

- b) 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 reforzada.

El más apropiado para este caso es el molde de resina reforzada, que presenta unas condiciones de durabilidad bastante aceptables, lo cual se valora positivamente para el tipo de construcción de este barco, del cual se podrán llegar a construir un número muy elevado de unidades por año.

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 es la cera.

- c) El moldeo: los principales métodos de moldeo son:

- Por contacto.
- Preformado.
- Enrollamiento.
- Vacío.
- Matrices metálicas.
- Laminados continuos.
- Pre impregnados.

Para este caso, se empleará el molde por contacto, y más concretamente, por contacto por laminación natural. 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 natural comienza aplicando una capa de gelcoat 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 milímetros con el fin de que no haya discontinuidades.

#### **7.4 CÁLCULO DE ESCANTILLONES.**

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

En particular, esta normativa (en el punto 4.2) establece las características mecánicas del material conseguido tras la laminación y sobre la base de las cuales se han elaborado el conjunto de reglas que la forman.

Propiedades	N/mm <sup>2</sup>	KGf/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo máximo de tensión	85	8,66
Módulo de tensión	6350	647
Esfuerzo máximo de flexión	152	15,5
Módulo de flexión	5206	531
Esfuerzo máximo de compresión	117,2	11,9
Módulo de compresión	6000	312
Esfuerzo cortante máximo	62	6,32
Módulo de esfuerzo cortante	2750	280
Esfuerzo cortante interlaminar	17,25	1,76
Espesor nominal de la placa	0,7 mm por cada 300 gr/m <sup>2</sup>	

La propia geometría del casco, compuesto por formas rectas, que forman sencillos codos a 90°, ya constituye por sí solos refuerzos longitudinales del casco. Por lo tanto, las formas en V de la proa, los spray rails y los codillos constituyen un casco reforzado (longitudinalmente).

Por lo tanto podemos decir que cuando hemos diseñado la carena y hemos decidido colocar los elementos que favorezcan la sustentación dinámica, también hemos aportado rigidez a la estructura.

No obstante, debemos de analizar las zonas de la embarcación sometidas a esfuerzos críticos, como puede ser el espejo de popa, los sprays y en la cubierta, las zonas de elementos de amarre y remolque, por ejemplo.

Aunque la normativa establece claramente los pasos a seguir para el cálculo, tanto de espesores que componen el forro del casco, cubierta y los refuerzos de los mismos, la decisión en cuanto al tipo de estructura a disponer queda a disposición del proyectista.

## **7.5 APLICACIÓN DE LAS REGLAS DEL LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING.**

### **7.5.1 REQUERIMIENTOS DE LA NORMATIVA.**

Según la norma, la embarcación ha de cumplir los siguientes 4 requerimientos:

- a) La velocidad no exceda de 35 nudos.

Para nuestra embarcación, la velocidad de proyecto es de 23 nudos, por lo tanto se cumple este primer condicionante.

b) El coeficiente  $\frac{V}{Lwl^{1/2}} < 10,8$ .

En nuestro caso, el valor de este cociente es de 10,69. Cumple esta condición.

c) El desplazamiento de la embarcación con un  $\frac{V}{Lwl^{1/2}}$  de 3,6 o mayor no exceda de  $0,094(L^2 - 15,8)$  toneladas, siendo  $L = (LOA+Lwl) / 2$

Al respecto del cociente  $\frac{V}{Lwl^{1/2}}$ , ya comprobamos anteriormente que es mayor a 3,6. A continuación, calculamos la eslora de escantillonado:

$$L = 5,5145 \text{ mts.}$$

Por lo que el desplazamiento no puede exceder de 1,373 toneladas; por lo que también se cumple este tercer condicionante.

d) La eslora no exceda de 30 metros.

Obviamente, también se cumple.

### 7.5.2 LAMINADO DEL CASCO.

En el cálculo del laminado del casco, se distinguen tres partes principales que se van a diferenciar por su espesor. Como es lógico, estos espesores o laminados irán aumentando desde las zonas altas del casco a la quilla, por lo que se diferencian en:

a) Costado: comprende la superficie delimitada por la línea de unión costado-cubierta y por una línea paralela a la flotación trazada a 150 milímetros sobre la misma.

b) Quilla: se extiende en mayor o menor magnitud a ambos lados de la línea de crujía sobre el fondo de la embarcación.

c) Fondo: es la superficie comprendida entre las dos anteriores.

A efectos prácticos, se deberá dar un laminado base para todo el casco y a continuación dar una secuencia de laminado extra en el fondo y en la quilla, es decir, primero vamos a obtener el laminado base o mínimo que coincide con el laminado del costado y luego vamos a ver en cuanto hay que aumentar el laminado en el fondo y en la quilla.

Antes de proceder al cálculo de los espesores del casco vamos a ver consideraciones y cálculos a tener en cuenta en la normativa, como son:

- Peso del laminado (w): mediante la tabla 2.5.1 de la normativa, obtenemos el peso del fondo y del costado. Entrando con nuestro valores de  $\frac{V}{Lwl^{1/2}}$  y una eslora de 6 metros, obtenemos:
  - Peso del fondo = 3900 gr/m<sup>2</sup>
  - Peso del costado = 2600 gr/m<sup>2</sup>
- Absorción de resina por la fibra (Gc): del punto 4.2.2 de la normativa obtenemos los contenidos de resina que absorben cada una de las diferentes fibras de vidrio obtenidas. En nuestra embarcación, utilizaremos únicamente mat y tejido en diferentes engranajes.

TIPO DE FIBRA	Gc gramos de resina por cada 100 gr de fibra
MAT	0,34
TEJIDO	0,50

- Espesor del laminado (t): aplicando lo establecido en el punto 4.2.3, tenemos que el espesor de una determinada capa de laminado depende de la cantidad de resina que absorbe la fibra empleada, por lo que el espesor de una capa de fibra viene determinada por:



$t = (w / 3072) [(2,56 / Gc) - 1,36]$ , siendo w el peso en gr/m<sup>2</sup> de la fibra empleada.

Tipo de fibra de vidrio –gr/m <sup>2</sup>	Espesor en mm
MAT 300	0,602
MAT 450	0,903
TEJIDO 500	0,612
TEJIDO 800	0,979

- Factor de corrección (kw): el peso mínimo del laminado que obtuvimos previamente mediante la utilización de la tabla 2.5.1 de la normativa del Lloyd Register of Shipping hay que corregirlo mediante el factor de corrección kw (punto 4.3.4 sección b), que viene definido por:

$$kw = 2,8Gc + 0,16$$

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

Al corregir dichos valores debemos de tener un peso total de la secuencia del laminado igual o por encima del valor obtenido.

#### 1- *Laminado del fondo.*

El peso mínimo de esta zona, como vimos antes, es de 3900 gr/m<sup>2</sup>, lo cual podríamos conseguir con el siguiente estratificado:

Peso mínimo fondo	3900 gr/m <sup>2</sup>
Gc	0,423
kw	1,346
Pm*kw	5249,4

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,602
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	TEJIDO	800	0,5	0,979

6	MAT	450	0,34	0,903
7	TEJIDO	500	0,5	0,612
8	MAT	450	0,34	0,903
9	TEJIDO	500	0,5	0,612
10	MAT	450	0,34	0,903
11	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>5300</b>		<b>8,835</b>

## 2- Laminado del costado.

El peso mínimo del costado de la embarcación ha de ser de 2600 gr/m<sup>2</sup>. El laminado será el siguiente:

Peso mínimo costado	2600 gr/m <sup>2</sup>
Gc	0,412
Kw	1,313
Pm*k <sub>w</sub>	3413,8

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,602
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	TEJIDO	500	0,5	0,612
6	MAT	450	0,34	0,903
7	TEJIDO	800	0,5	0,979
8	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>3900</b>		<b>6,417</b>

## 3- Laminado de la zona de la 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 aumentando un 50 % el peso correspondiente a la zona del fondo para una embarcación cuyo  $\frac{V}{L_{wl}^{1/2}}$  sea igual o menor de 10.8 (tabla 2.5.1 del reglamento).

También especifica el ancho de la zona de la quilla, que viene expresado por la siguiente fórmula  $25L + 300$  (mm), siendo L la eslora de escantillonado. Por lo tanto:

Peso mínimo de la zona de la quilla =  $5300 * 1,5 = 7950$  gr/m<sup>2</sup>

Ancho de la zona de la quilla =  $25 * 5,5145 + 300 = 437,8625$  mm

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,602
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	TEJIDO	500	0,5	0,612
6	MAT	450	0,34	0,903
7	TEJIDO	500	0,5	0,612
8	MAT	450	0,34	0,903
9	TEJIDO	800	0,5	0,979
10	MAT	450	0,34	0,903
11	MAT	450	0,34	0,903
12	TEJIDO	500	0,5	0,612
13	MAT	450	0,34	0,903
14	TEJIDO	800	0,5	0,979
15	MAT	450	0,34	0,903
16	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>7950</b>		<b>13,135</b>

### 7.5.3 LAMINADO DE LA CUBIERTA.

La tabla 2.7.1 establece el peso del laminado de la cubierta superior para embarcaciones a motor, veleros y auxiliares.

Tomando como eslora de escantillonado un valor de 6 metros, el peso mínimo requerido es de 1850 gr/m<sup>2</sup>. Al igual que en el caso del laminado del casco, al ser la eslora de escantillonado menor de 6 metros, los escantillones obtenidos conllevan un cierto margen de seguridad, que

ayuda a suplir el no cumplimiento de una de las restricciones de la norma. El esquema de laminación será el siguiente:

Peso mínimo	1850 gr/m <sup>2</sup>
Gc	0,399
Kw	1,277
Pm*k <sub>w</sub>	2362,45

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,603
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	TEJIDO	500	0,5	0,612
6	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>2650</b>		<b>4,536</b>

Consideramos adecuado fabricar la cubierta en sándwich, por lo que deberíamos realizar el escantillonado del Lloyd's referido a esta construcción, pero teniendo en cuenta el valor del espesor monolítico tan bajo que es requerido, no merece la pena ajustar el peso, ya que por otro lado el reglamento nos marcaría un espesor mínimo de piel exterior por el desgaste.

Por lo tanto, entre las capas 5 y 6, incluiremos un núcleo de espuma de PVC de 15 milímetros y densidad 80 kg/m<sup>3</sup>.

La secuencia de laminado final quedará determinada finalmente por el siguiente esquema:

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,603
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	PVC H80	80		15
6	TEJIDO	500	0,5	0,612
7	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>2730</b>		<b>19,536</b>

**7.5.4 LAMINADO DE LA CASETA DE HABILITACIÓN.**

Consideramos la caseta de habitación dividida en dos zonas, incluida cada una de ellas en dos moldes distintos.

La primera, que incluye la zona baja de la superestructura, estará incluida en el molde de la cubierta, al salir de una pieza. Como el peso mínimo requerido es el mismo que para la cubierta, podremos realizar el mismo esquema de laminación.

Por otra parte, tenemos en la parte alta, el techo que estará compuesto por dos piezas, una exterior siendo el techo propiamente dicho y el interior con un contramolde.

Por lo tanto, los espesores y secuencias de laminados quedarían de la siguiente manera:

- Laminado cubierta:

Peso mínimo	1850 gr/m <sup>2</sup>
Gc	0,399
Kw	1,277
Pm*k <sub>w</sub>	2362,45

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,603
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	PVC H80	80		15
6	TEJIDO	500	0,5	0,612
7	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>2730</b>		<b>19,536</b>

- Laminado del techo:

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,603
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612

4	MAT	450	0,34	0,903
5	TEJIDO	500	0,5	0,612
6	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>2650</b>		<b>4,536</b>

- Laminado de contramolde de techo

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m2)	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,603
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>1700</b>		<b>3,021</b>

### 7.5.5 CÁLCULO Y DISPOSICIÓN DE REFUERZOS.

Según el apartado 6.1.3 de la normativa, donde la eslora L de la embarcación no exceda de 9 metros, el armazón puede ser omitido cuando el armamento interno suministre un refuerzo adecuado.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la propia geometría de la embarcación, compuesta de formas rectas, que forman codillos a ambos lados de crujía, ya constituye un refuerzo.

Todo esto quiere decir, que según la normativa, no es necesaria la disposición de un armazón de refuerzos.

A pesar de ello, y recordando que no se cumplen todos los requisitos para la aplicación de esta normativa, se ha optado por incluir una serie de refuerzos, tanto longitudinales como transversales, que garanticen la solidez de la estructura.

a) Refuerzos del casco.

Si, tal y como dice la normativa, se omitiese el reforzado del casco, aún no estando en peligro la estructura, se producirían una serie de inconvenientes.

Teniendo en cuenta que la embarcación navega en régimen de planeo, durante dicha navegación se producen una serie de golpes de mar sobre el fondo del casco. Estos golpes, en

ausencia de reforzado, provocarían vibraciones, que aunque no supongan un peligro de colapso para la estructura, si proporcionan una mala imagen de la embarcación de cara al cliente. Para evitar este tipo de efectos no deseados, procederemos a proporcionar al casco una serie de refuerzos.

El reforzado longitudinal consiste en rellenar las “esquinas” producidas por los codillos y spray con un núcleo de espuma de poliuretano, y posteriormente, laminar sobre dicho núcleo, aplicando el solape adecuado.

En cuanto al reforzado transversal, se ha optado por incorporar dos mamparos transversales de madera de okume de 18 mm de espesor, con su correspondiente laminado para “pegarlos al casco”.

#### b) Espejo de popa.

El espejo de popa está sometido a grandes esfuerzos, ya que es el encargado de soportar todo el empuje que suministra el motor fueraborda a la embarcación. Por lo tanto, tenemos que realizar un reforzado extra en esta zona.

La normativa del escantillonado del Lloyd’s Register of Shipping no determina dicho reforzado, por lo que vamos a recurrir a procedimientos puestos en práctica por los astilleros de embarcaciones similares.

Tomando como “t” el laminado nominal del fondo, realizaremos el siguiente laminado tipo sándwich:

Capa nº	Tipo de fibra	Peso (gr/m <sup>2</sup> )	Gc (%)	Espesor (mm)
1	MAT	300	0,34	0,602
2	MAT	450	0,34	0,903
3	TEJIDO	500	0,5	0,612
4	MAT	450	0,34	0,903
5	TEJIDO	800	0,5	0,979
6	MAT	450	0,34	0,903
7	TEJIDO	500	0,5	0,612
8	MAT	450	0,34	0,903
9	TEJIDO	500	0,5	0,612
10	MAT	450	0,34	0,903

11	MAT	450	0,34	0,903
12	PVC 30 mm H80			30
13	MAT	300	0,34	0,602
14	MAT	450	0,34	0,903
15	TEJIDO	500	0,5	0,612
16	MAT	450	0,34	0,903
17	TEJIDO	800	0,5	0,979
18	MAT	450	0,34	0,903
19	TEJIDO	500	0,5	0,612
20	MAT	450	0,34	0,903
21	TEJIDO	500	0,5	0,612
22	MAT	450	0,34	0,903
23	MAT	450	0,34	0,903
<b>TOTAL</b>		<b>10600</b>		<b>47,67</b>

Siendo el  $G_c = 0,4$ .

## 7.6 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 escantillonado realizados hasta ahora.

a) Peso del casco.

Se ha de tener en cuenta que el casco se ha dividido en tres zonas diferentes con distintos espesores:

- Laminado del costado: 3900 gr/m<sup>2</sup>
- Laminado del fondo: 5300 gr/m<sup>2</sup>
- Laminado de la quilla: 7950 gr/m<sup>2</sup>



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\*peso por unidad de superficie

Además, se 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 los siguientes objetivos:

- Fijando el nivel de la flotación a la altura que interese, se puede conocer el valor de la superficie mojada, y por tanto el peso del casco. Así, por ejemplo, hundiendo totalmente el casco, se conoce la superficie total del casco. Fijando la flotación 15 mm por encima de la flotación real se puede conocer la superficie de la zona fondo-quilla, y también sus respectivos pesos.
- Puesto que el laminado se supone continuo y uniforme, el centro de carena de la superficie considerada coincide con el centro de gravedad del laminado en cada caso.

b) Peso de cubierta y caseta de habitación.

Al igual que ocurre con el casco, para el cálculo del peso de la cubierta y de la caseta de habitación, 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.

## c) Peso del reforzado.

El proceso seguido para el cálculo del peso del reforzado es similar al utilizado en los dos casos anteriores.

Conociendo los pesos específicos de los materiales empleados, así como calculando aproximadamente el volumen utilizado de cada uno de ellos, se podrá calcular el peso total de los refuerzos.

## d) Resultados finales obtenidos.

A continuación, analizamos y estudiamos los cálculos detallados de cada uno de los pesos descritos.

<b>PESO DEL LAMINADO</b>									
	<i>Laminado</i>	<i>Superficie</i>	<i>Peso fibra</i>	<i>Gc</i>	<i>Peso total</i>	<i>LCG</i>	<i>Mto LCG</i>	<i>VCG</i>	<i>Mto VCG</i>
	<i>kg/m2</i>	<i>m2</i>	<i>kg</i>		<i>kg</i>	<i>m</i>		<i>m</i>	
Costados	3,9	7,08	27,612	0,412	38,988	3,421	133,377948	0,74	28,85112
Fondo	5,3	8,717	46,2001	0,423	65,742	2,3	151,2066	0,3	19,7226
Quilla	7,95	2,8	22,26	0,399	31,164	2,3	71,6772	0,15	4,6746
Cubierta	2,73	13,6	37,128	0,399	51,9792	2,434	126,5173728	1,03	53,538576
Espejo de popa	10,6	1,4	14,84	0,399	20,776	-0,085	-1,76596	0,42	8,72592
Superestructura	2,73	4,2	11,466	0,399	16,0524	3,7	59,39388	1,5	24,0786
Techo	2,65	2,5	6,625	0,399	9,275	2,7	25,0425	2,2	20,405
TOTAL		40,297	166,13		<b>233,98</b>	<b>2,42</b>	565,45	<b>0,68</b>	159,99

<b>PESO DE LOS REFUERZOS</b>									
	<i>Laminado</i>	<i>Superficie</i>	<i>Peso fibra</i>	<i>Gc</i>	<i>Peso total</i>	<i>LCG</i>	<i>Mto LCG</i>	<i>VCG</i>	<i>Mto VCG</i>
	<i>kg/m2</i>	<i>m2</i>	<i>kg</i>		<i>kg</i>	<i>m</i>		<i>m</i>	
<b>LAMINADO SOBRE ESPUMA</b>									
Codillo	2,7	3,651	9,8577	0,4196	14	2,2	30,78	0,4	5,6
Spray	2,7	3,12	8,424	0,4196	11,96	2,2	26,31	0,3	3,59
Quilla	2,7	3,01	8,127	0,4196	11,54	2,22	25,61	0,25	2,88
TOTAL		9,78	26,41		37,49	2,21	82,7	0,32	12,07
<b>ESPUMA POLIURETANO</b>									
Peso esp	250								
Volumen total	0,125								
Peso total	31,25								

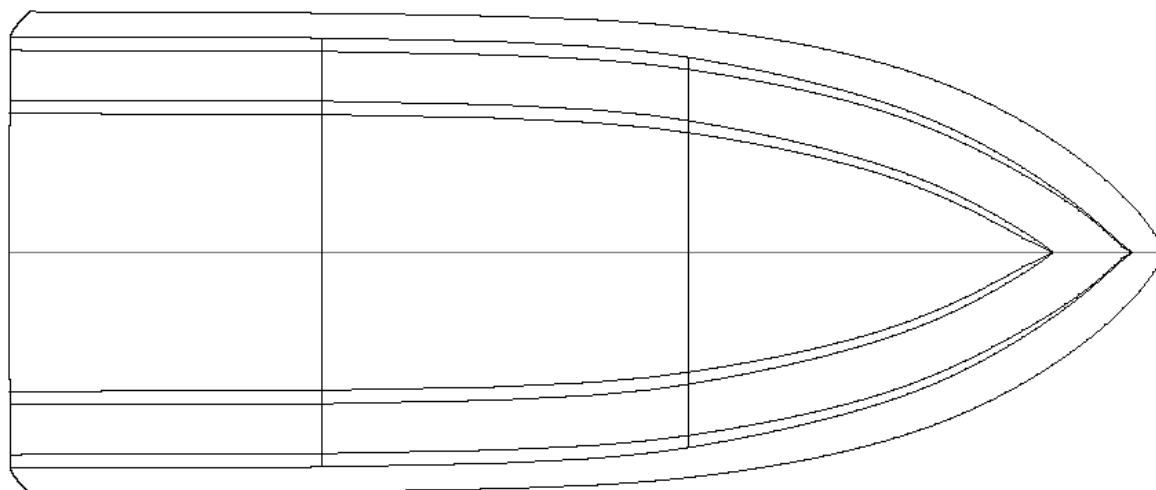
<b>MAMPAROS TRANSVERSALES</b>										
	Peso	XG	Mto a XG	KG	Mto a KG					
1	7	1,77	12,39	0,275	1,925					
2	4,84	4	19,36	0,28	1,35					
Laminado	6	2,77	16,62	0,28	1,68					
	17,84	2,71	48,37	0,28	4,96					
<b>TOTAL REFUERZOS CASCO</b>										
	Peso	LCG	Mto LCG	VCG	Mto VCG					
Laminado	37,49	2,21	82,7	0,32	12,07					
Espuma	31,25	2,21	69,06	0,28	8,75					
Mamparos transversales	17,84	2,71	48,37	0,28	4,96					
<b>TOTAL</b>	<b>86,58</b>	<b>2,31</b>	<b>200,13</b>	<b>0,29</b>	<b>25,78</b>					

**PESOS TOTALES DE LOS ESCANTILLONES**

	PESO	XG	Mto a XG	KG	Mto a KG
LAMINADO	233,98	2,42	565,45	0,68	159,99
REFUERZOS	86,58	2,31	200,13	0,29	25,78
	<b>320,56</b>	<b>2,39</b>	<b>765,58</b>	<b>0,58</b>	<b>185,77</b>

**7.7. PLANO ESTRUCTURAL DE ESCANTILLONADO.**

A continuación, observamos el plano estructural de escantillonado, en el que podemos ver la disposición de los mamparos transversales, etc.



**CAPÍTULO VIII**  
**SISTEMAS DE A BORDO**

## **8.1 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.

Es, por tanto, el objetivo de este capítulo explicar brevemente el funcionamiento de estos sistemas y las soluciones adoptadas en cada caso.

## **8.2 SISTEMA ELÉCTRICO.**

Su misión, evidentemente, 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 o 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
- Arranque del motor
- Sistema de combustible
- Iluminación
- Luces de navegación

- Motor limpiaparabrisas
- Radio
- Instrumentos de navegación

A la hora de establecer la capacidad de las baterías, así como el número de ellas, se tendrán 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 simultaneo de 130 W durante 8 horas continuados, y sin recibir carga la batería ese tiempo, obtendríamos un consumo total de 1040 W/h. Si la tensión de la batería es de 12 V, el consumo medio es de:  $1040 / 12 = 86,67$  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  $86,67 / 0,8 = 108$  Amp / h.

Se ha optado por la instalación de una batería de 110 Amp / h. De esta manera queda cubierto el supuesto consumo máximo.

### **8.3 SISTEMAS DE NAVEGACIÓN Y GOBIERNO.**

Los equipos de navegación de este tipo de embarcaciones suelen ser bastante reducidos, por no decir nulos.

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

Como sistema de gobierno, podemos mencionar que se dispone de una dirección mecánica para un máximo de 235 CV, accionada por una rueda de timón o volante situado en el puesto de gobierno.

### **8.4 SISTEMA DE AGUA DULCE.**

Con el sistema de agua dulce de una embarcación de estas características tan solo 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 45 litros de capacidad
- Lavabo – fregadero de pequeñas dimensiones construido en PVC, acompañado de su correspondiente grifo
- Bomba de pie, que proporciona un caudal de 11 litros por minuto

### **8.5 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 3030 litros/hora.

Además de esta bomba eléctrica exigida por la normativa, la embarcación está dotada de un sistema de auto vaciado de agua embarcada.

Este sistema consiste en diseñar la cubierta de manera que todo el agua que pudiera embarcarse es conducida hacia los pozos de auto vaciado, dispuestos en este caso en la parte de popa de la bañera, así como en el extremo de popa de cada walk around. Estos pozos están conectados con el exterior a través de los denominados pasa cascós.

El diseño de la cubierta es el adecuado para asegurar que los pasa cascós queden siempre situados por encima de la flotación más alta considerada en el proyecto.

El diámetro de los mencionados pasa cascós está establecido por la normativa en función del volumen del espacio que desemboca agua hacia cada pozo. Para este caso, se ha optado por instalar pasa cascós de 40 mm de diámetro interior, garantizándonos así el cumplimiento de la normativa.

### **8.6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.**

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

- Tanque: de 136 litros de capacidad y construido en plástico (polietileno)



- Aforador y reloj de combustible: componen el sistema que hace posible la indicación de 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 del 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 el motor en condiciones adecuadas.

Un aspecto fundamental en cuanto al sistema de combustible es la ventilación de la zona del depósito de combustible, mediante al menos dos rejillas, que garanticen la continua circulación del aire.

Los diámetros interiores de la goma de llenado deberían estar comprendidos entre 38 y 50 mm. Para el caso de la goma de respiradero deberá ser de 16 mm, interior.

## **CAPÍTULO IX**

# **ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DE CENTRO DE GRAVEDAD**

## **9.1 OBJETIVO.**

Aunque ya se han realizado varios cálculos utilizando datos relativos al peso de la embarcación y a su posición del centro de gravedad, todos ellos no eran más que meras aproximaciones para poder seguir avanzando en el proyecto.

Una vez realizado el cálculo estadístico, y conocidos los sistemas de a bordo de la embarcación, este es el momento de realizar el cálculo exacto del peso total y de la posición de su centro de gravedad.

El objetivo concreto de 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 referentes a estabilidad, los pesos de la tripulación, combustible y agua dulce.

Ya que es bastante probable que los datos obtenidos difieran de los utilizados hasta ahora, es necesario mencionar, que ha de procederse a la corrección de los cálculos afectados por esta modificación, sobre todo, la estabilidad dinámica en planeo y la resistencia al avance.

## **9.2 CONDICIONES DE CARGA.**

En el caso de embarcaciones de tan pequeñas dimensiones, el desplazamiento puede variar considerablemente en función del equipamiento instalado a bordo. Por ejemplo, al ser la embarcación propulsada por un motor fuera borda, el peso del propulsor que se ha de incluir en los cálculos puede variar considerablemente en función de la elección del usuario. Así mismo, existen elementos opcionales, que pueden ser incluidos en la embarcación o no.

Debido a estas razones, se ha considerado oportuno realizar el cálculo del desplazamiento considerando estas posibles variaciones. Para ello, se ha establecido lo siguiente:

- Como motor más pesado, se considera un fuera borda de cuatro tiempos de 115 HP (194 kilogramos), y como motor más ligero, un motor de dos tiempos de 90 HP (136 kilogramos). Ambos suficientes ya vistas las necesidades en cuanto al equipo propulsor calculadas anteriormente.
- Se incorpora como elemento opcional el WC químico.

Una vez tenidas en cuenta estas consideraciones, se procede al cálculo de dichos desplazamientos:

1- Desplazamiento en rosca máximo:

ELEMENTO	PESO	XG	Mto. XG	KG	Mto. KG	LG	Mto. LG
	Kilogramos					crujía	
<b>Elementos de salvamento y prevención</b>							
Botiquín	3	3,45	10,35	1,1	3,3	-0,9	-2,7
Radio	3	3,27	9,81	1,31	3,93	0,31	0,93
Chalecos salvavidas (6)	12	4,9	58,8	0,93	11,16	0	0
Aro salvavidas con luz y rabiza (1)	3,5	2,85	9,975	2,63	9,205	0	0
Extintor tipo 21B	3,5	3,45	12,075	1,13	3,955	-0,58	-2,03
Balde contra incendios	1,5	3,8	5,7	0,52	0,78	-0,61	-0,915
Otros (bengalas, prismáticos, etc)	12	3,6	43,2	0,65	7,8	0	0
Bomba de achique eléctrica sumergible	7	3,1	21,7	0,23	1,61	0	0
Púlpitos	18	4,39	79,02	1,82	32,76	0	0
Pack línea de fondeo	31	5,75	178,25	1,2	37,2	0	0
	<b>94,5</b>		<b>428,88</b>		<b>111,7</b>		<b>-4,715</b>
<b>Timonera y puesto de mando</b>							
Parabrisas frontal	62	3,75	232,5	2,05	127,1	0	0
Ventanas laterales	33	3,02	99,66	2	66	0	0
Asiento piloto	8	2,58	20,64	1,01	8,08	-0,5	-4
Asiento copiloto	8	2,74	21,92	1,02	8,16	0,48	3,84

Limpia parabrisas eléctrico	4,5	3,51	15,795	2,38	10,71	0,38	1,71
Lavabo - fregadero	5	2,31	11,55	1,61	8,05	-0,7	-3,5
Bomba de pie	3	2,31	6,93	0,56	1,68	-0,78	-2,34
Conjunto dirección	8	1,8	14,4	0,6	4,8	0,75	6
Equipamiento instrumental de navegación	8	3,4	27,2	1,68	13,44	0,48	3,84
	<b>139,5</b>		<b>450,595</b>		<b>248,02</b>		<b>5,55</b>
<b><i>Cabina</i></b>							
Puerta	11	3,4	37,4	1,16	12,76	-0,2	-2,2
Cofres	20	4,13	82,6	0,5	10	-0,1	-2
Colchonetas	10	4,5	45	0,69	6,9	0,06	0,6
Escotilla	11	4,53	49,83	1,67	18,37	0	0
WC químico	20	3,57	71,4	0,37	7,4	0,35	7
Estantes laterales	6	4,35	26,1	0,9	5,4	0	0
	<b>78</b>		<b>312,33</b>		<b>60,83</b>		<b>3,4</b>
<b><i>Exteriores, otros</i></b>							
Juego Iroko	3	1,16	3,48	1,23	3,69	0	0
Asientos traseros	12	0,34	4,08	0,87	10,44	0	0
Herrajes (cornamusas, cáncamos, tornillería. Etc)	30	2,7	81	0,6	18	0	0
Pozo de fondeo	9	5,45	49,05	1	9	0	0
Portacañas	6	0,7	4,2	1,11	6,66	0	0
Plataformas de baño	15	- 0,22	-3,3	0,4	6	0	0
Escalera de baño	5	- 0,22	-1,1	0,4	2	-0,81	-4,05
Complementos (ganteras laterales, estantes, etc)	15	2,2	33	0,51	7,65	0	0
Utensilios unión casco - cubierta	25	3	75	1	25	0	0
	<b>120</b>		<b>245,41</b>		<b>88,44</b>		<b>-4,05</b>
<b><i>Electricidad e iluminación</i></b>							
Batería	34	3,35	113,9	0,37	12,58	0	0
Material eléctrico (cableado, fusibles, etc)	6	2,5	15	0,55	3,3	0,1	0,6
Iluminación exterior (plafones)	5	2,8	14	1,77	8,85	-0,15	-0,75

Luces de navegación	8	2,6	20,8	1,35	10,8	0	0
	<b>53</b>		<b>163,7</b>		<b>35,53</b>		<b>-0,15</b>
<b>Tanques y fontanería</b>							
Tanque combustible	10	2	20	0,24	2,4	0	0
Resto equipo combustible	5	1	5	0,24	1,2	0	0
Tanque agua dulce	5	2,69	13,45	0,22	1,1	0	0
Combustible		2	0		0	0	0
Agua dulce		2,69	0		0	0	0
Fontanería	13	2,4	31,2	0,4	5,2	-0,15	-1,95
	<b>33</b>		<b>69,65</b>		<b>9,9</b>		<b>-1,95</b>
<b>Motor</b>	<b>194</b>	<b>-0,2</b>	<b>-38,8</b>	<b>0,56</b>	<b>108,64</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Embarcación</b>	<b>320,56</b>	<b>2,39</b>	<b>766,1384</b>	<b>0,58</b>	<b>185,9248</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTALES</b>	<b>1032,56</b>	<b>2,32</b>	<b>2395,53</b>	<b>0,82</b>	<b>846,7</b>	<b>0,00</b>	<b>-1,92</b>

## 2- Desplazamiento en rosca mínimo

ELEMENTO	PESO	XG	Mto. XG	KG	Mto. KG	LG	Mto. LG
	Kilogramos					crujía	
<b>Elementos de salvamento y prevención</b>							
Botiquín	3	3,45	10,35	1,1	3,3	-0,9	-2,7
Radio	3	3,27	9,81	1,31	3,93	0,31	0,93
Chalecos salvavidas (6)	12	4,9	58,8	0,93	11,16	0	0
Aro salvavidas con luz y rabiza (1)	3,5	2,85	9,975	2,63	9,205	0	0
Extintor tipo 21B	3,5	3,45	12,075	1,13	3,955	-0,58	-2,03
Balde contra incendios	1,5	3,8	5,7	0,52	0,78	-0,61	-0,915
Otros (bengalas, prismáticos, etc)	12	3,6	43,2	0,65	7,8	0	0
Bomba de achique eléctrica sumergible	7	3,1	21,7	0,23	1,61	0	0
Púlpitos	18	4,39	79,02	1,82	32,76	0	0
Pack línea de fondeo	31	5,75	178,25	1,2	37,2	0	0
	<b>94,5</b>		<b>428,88</b>		<b>111,7</b>		<b>-</b>

							4,715
<b>Timonera y puesto de mando</b>							
Parabrisas frontal	62	3,75	232,5	2,05	127,1	0	0
Ventanas laterales	33	3,02	99,66	2	66	0	0
Asiento piloto	8	2,58	20,64	1,01	8,08	-0,5	-4
Asiento copiloto	8	2,74	21,92	1,02	8,16	0,48	3,84
Limpia parabrisas eléctrico	4,5	3,51	15,795	2,38	10,71	0,38	1,71
Lavabo - fregadero	5	2,31	11,55	1,61	8,05	-0,7	-3,5
Bomba de pie	3	2,31	6,93	0,56	1,68	-0,78	-2,34
Conjunto dirección	8	1,8	14,4	0,6	4,8	0,75	6
Equipamiento instrumental de navegación	8	3,4	27,2	1,68	13,44	0,48	3,84
	<b>139,5</b>		<b>450,595</b>		<b>248,02</b>		<b>5,55</b>
<b>Cabina</b>							
Puerta	11	3,4	37,4	1,16	12,76	-0,2	-2,2
Cofres	20	4,13	82,6	0,5	10	-0,1	-2
Colchonetas	10	4,5	45	0,69	6,9	0,06	0,6
Escotilla	11	4,53	49,83	1,67	18,37	0	0
Estantes laterales	6	4,35	26,1	0,9	5,4	0	0
	<b>58</b>		<b>240,93</b>		<b>53,43</b>		<b>-3,6</b>
<b>Exteriores, otros</b>							
Juego Iroko	3	1,16	3,48	1,23	3,69	0	0
Asientos traseros	12	0,34	4,08	0,87	10,44	0	0
Herrajes (cornamusas, cáncamos, tornillería. Etc)	30	2,7	81	0,6	18	0	0
Pozo de fondeo	9	5,45	49,05	1	9	0	0
Portacañas	6	0,7	4,2	1,11	6,66	0	0
Plataformas de baño	15	- 0,22	-3,3	0,4	6	0	0
Escalera de baño	5	- 0,22	-1,1	0,4	2	-0,81	-4,05
Complementos (guanteras laterales, estantes, etc)	15	2,2	33	0,51	7,65	0	0
Utensilios unión casco - cubierta	25	3	75	1	25	0	0

	120		245,41		88,44		-4,05
<b>Electricidad e iluminación</b>							
Batería	34	3,35	113,9	0,37	12,58	0	0
Material eléctrico (cableado, fusibles, etc)	6	2,5	15	0,55	3,3	0,1	0,6
Iluminación exterior (plafones)	5	2,8	14	1,77	8,85	-0,15	-0,75
Luces de navegación	8	2,6	20,8	1,35	10,8	0	0
	<b>53</b>		<b>163,7</b>		<b>35,53</b>		<b>-0,15</b>
<b>Tanques y fontanería</b>							
Tanque combustible	10	2	20	0,24	2,4	0	0
Resto equipo combustible	5	1	5	0,24	1,2	0	0
Tanque agua dulce	5	2,69	13,45	0,22	1,1	0	0
Combustible		2	0		0	0	0
Agua dulce		2,69	0		0	0	0
Fontanería	13	2,4	31,2	0,4	5,2	-0,15	-1,95
	<b>33</b>		<b>69,65</b>		<b>9,9</b>		<b>-1,95</b>
<b>Motor</b>	<b>136</b>	<b>-0,2</b>	<b>-27,2</b>	<b>0,56</b>	<b>76,16</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Embarcacion</b>	<b>320,56</b>	<b>2,39</b>	<b>766,1384</b>	<b>0,58</b>	<b>185,9248</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOTALES</b>	<b>954,56</b>	<b>2,43</b>	<b>2319,58</b>	<b>0,85</b>	<b>811,37</b>	<b>-0,01</b>	<b>-8,92</b>

### 9.3 COMPROBACIÓN DISEÑO DE LA CARENA.

Al diferir los desplazamientos calculados con las estimaciones realizadas en etapas anteriores de proyecto, y que se han utilizado para el diseño de la carena, es preciso comprobar si estas diferencias provocan trastornos importantes en el diseño.

En cuanto a la carena se refiere, se prestará especial atención a que se consiga la inmersión de los codillos en cualquier condición de carga.

Utilizando Maxsurf, podemos comprobar gráficamente que (mediante los dibujos esquemáticos de las flotaciones en las distintas situaciones calculadas), en todas las situaciones de carga se consigue la inmersión de los codillos.



Se deduce de estas comprobaciones, por lo tanto, que no será necesario realizar ninguna modificación en las formas de la embarcación.

#### 9.4 CORRECCIÓN DE ESTABILIDAD LONGITUDINAL EN PLANEIO Y RESISTENCIA AL AVANCE.

En capítulos anteriores, se procedió al cálculo de la resistencia al avance y estabilidad en planeo mediante el método de Savitsky, con el fin de poder establecer varios parámetros que permitiesen avanzar en el proyecto. Para ello, fue necesario estimar, entre otros cálculos, el desplazamiento y la posición longitudinal del centro de gravedad.

Una vez calculados con mayor exactitud dichos parámetros, es preciso realizar nuevamente los cálculos necesarios incorporando las modificaciones obtenidas.

Para ello se establecen las condiciones de carga máxima y mínima para las cuales se realizan los cálculos:

##### 1- Plena carga

ELEMENTO	PESOS	XG	Mto. a XG	KG	Mto. a KG
Rosca	1032,56	2,32	2395,54	0,82	846,7
1 personas	75	4	300	1,1	82,5
2 personas	150	0,35	52,5	1,1	165
1 persona	75	2,6	195	1,1	82,5
1 persona	75	2,75	206,25	1,1	82,5
Equipaje 5 personas	90	3	270	1,1	99
Agua dulce	60	2,7	162	0,45	27
Combustible	102	2	204	0,45	45,9
<b>TOTAL</b>	<b>1659,56</b>	<b>2,28</b>	<b>3785,29</b>	<b>0,87</b>	<b>1431,1</b>

La posición longitudinal del centro de gravedad calculado está referida a la intersección entre la línea de quilla y el espejo de popa. Siendo la distancia entre este punto y el extremo de

popa de 0,158 metros, la distancia del centro de gravedad referida al extremo de popa es de 2,438 metros.

A su vez:

$$\sqrt{Cl\beta/2} = 0,14$$

Ángulo de asiento = 2,95

Potencia = 76,86 Hp

Tras hacer la comprobación pertinente en el gráfico sobre estabilidad dinámica en planeo, se comprueba que la embarcación se encuentra en zona de planeo estable.

## 2- Mínima carga

Considerando una sola persona a bordo, sin equipaje y con el tanque de agua dulce vacío:

ELEMENTO	PESO	XG	Mto. a XG	KG	Mto a KG
Rosca	954,56	2,43	2319,58	0,85	811,38
1 persona	75	2,6	195	1,1	82,5
Combustible (10 %)	10,2	2	20,4	0,45	4,59
<b>TOTAL</b>	<b>1039,76</b>	<b>2,44</b>	<b>2534,98</b>	<b>0,86</b>	<b>898,47</b>

Corrigiendo por el mismo motivo anterior, la posición longitudinal del centro de gravedad referido al extremo de popa es de 2,598 metros.

A su vez:

$$\sqrt{Cl\beta/2} = 0,114$$

Ángulo de asiento = 2,41

Potencia = 55,12 HP

Al igual que ocurre en el caso anterior, entrando con estos valores en el gráfico ya visto anteriormente, comprobamos como también la embarcación se encuentra en zona de planeo estable.

# **CAPÍTULO X**

## **ESTUDIO DE ESTABILIDAD**

### **10.1 OBJETIVO.**

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 de la Dirección General de la Marina Mercante, en cuanto a francobordo, flotabilidad y estabilidad.

En este caso, además, se han establecido dos desplazamientos en rosca diferentes, considerando que el peso del motor puede variar, así como la instalación, o no, de elementos opcionales.

En cuanto a la estabilidad longitudinal, se incluirá una breve introducción teórica mencionando las consideraciones que se han tenido en cuenta durante la realización del proyecto.

### **10.2 ESTABILIDAD Y EQUILIBRIO LONGITUDINAL.**

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la posición longitudinal del centro de gravedad es determinante para calcular el ángulo de asiento en planeo de la embarcación. Se pueden dar dos casos desfavorables, que XG esté situado demasiado a proa o demasiado a popa.

- XG situado demasiado a proa:

Se reduce el ángulo de asiento de equilibrio, lo que en principio puede parecer positivo, ya que la componente horizontal de la fuerza hidrodinámica es menor, reduciéndose en teoría la resistencia; sin embargo, al ser menor el ángulo de asiento, o lo que es lo mismo, el ángulo de ataque de la embarcación con respecto al fluido, se reduce también el empuje hidrostático, produciéndose un hundimiento de la carena para aumentar el empuje hidrostático y compensar la pérdida de empuje hidrodinámico. Esto provoca un aumento de la superficie mojada y, consecuentemente, un aumento de la resistencia total.

- XG situado demasiado a popa:

El ángulo de asiento de equilibrio aumenta, produciéndose un mayor empuje hidrodinámico, y reduciéndose así la superficie mojada; sin embargo, la componente horizontal de la fuerza hidrodinámica provocará que la resultante de la resistencia total sea mayor.

Además, cuando XG se encuentra demasiado a popa puede ocurrir que el centro de presión dinámica se desplace demasiado a popa provocando un aumento del cabeceo. Cuando el asiento se reduce bruscamente, el centro de presión dinámica se vuelve a desplazar a proa hasta que el proceso se repite. Este fenómeno es conocido como “Porpoising”. Dicho efecto provoca que la embarcación no navegue nunca en equilibrio de planeo, aumentando así su resistencia. Toda embarcación tiene, pues, su límite de navegación en planeo, de manera que a partir de una determinada velocidad, el equilibrio longitudinal se rompa.

A la hora de diseñar una carena es fundamental partir de la velocidad máxima de diseño y asegurar que para dicha velocidad la embarcación se encuentra en equilibrio, para lo cual será necesario determinar el XG y el ángulo de astilla muerta óptimo.

En el presente caso, se han llevado a cabo estas comprobaciones a través del método de Savitsky computado por Hadler en capítulos anteriores.

### 10.3 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  $GM \cdot \sin\phi$ , 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 encima de M), la embarcación estará en equilibrio inestable en posición de adrizado.

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, mas difícil será producir una escora en la embarcación por ser mayor el par de fuerzas necesario para producirla.

El programa informático de diseño naval utilizado para el diseño de la carena proporciona los valores correspondientes a la altura metacéntrica transversal y longitudinal (GMt y GMI) para cada condición de carga establecida.

Los datos correspondientes a la estabilidad inicial para los dos desplazamientos en rosca calculados son:

1- Peso en rosca mínimo:

Desplazamiento = 954,56 T

GMt = 2,322 m.

GMI = 13,088 m.

Lwl = 5,102 m.

Bwl = 1,94 m.

XG = 2,435 m.

T = 0,255 m.

2 – Peso en rosca máximo:

Desplazamiento = 1032,56 T

GMt = 2,409 m.

GMI = 12,869 m.

$$Lwl = 5,127 \text{ m.}$$

$$Bwl = 2,016 \text{ m.}$$

$$XG = 2,443 \text{ m.}$$

$$T = 0,265 \text{ m.}$$

#### 10.4 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.

Este 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  $\text{sen}\phi$  toma valores muy próximos a cero ( $Gz \sim GM^* \text{sen}\phi$ ).

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

$$GZ\phi = KN\phi - KG^*\text{sen}\phi$$

El brazo  $KN$  es la distancia medida desde la quilla hasta la línea de actuación del empuje de la flotación inclinada. Por tanto, el brazo  $KN$  es función del desplazamiento y el ángulo de escora, en definitiva, de las formas sumergidas del buque. De ahí la importancia de realizar un cuidadoso diseño 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 isóclinas 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 del yate y disponiendo de las curvas KN, es posible determinar los brazos GZ para cada inclinación mediante una tabla. A partir de esta tabla, se puede 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  $0^\circ$  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  $\varphi$  y obteniendo su valor para  $\varphi = 0$ .

El ángulo de extinción ( $\varphi_e$ ) 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 ( $\varphi_i$ ) 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 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  $\varphi$ , ya que la situación de la 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, exponemos los criterios de francobordo, 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.

### 10.5 FRANCOBORDO (Circular 7/95 DGMM)

Esta circular establece lo siguiente relativo al francobordo:

- *El francobordo medio será superior al mayor de los valores: 0,2B (m) y 0,30 (m)*
- *En embarcaciones abiertas con motor fuera borda, el francobordo a popa no será menor de 100 mm. Con el motor y tanques en su posición real, y un peso de 75 kg a popa.*

Por lo tanto, los francobordos mínimos requeridos son:

- Francobordo medio = 0,5 (m)
- Francobordo en popa = 0,1 (m)

Los francobordos reales de la embarcación son:

- Francobordo medio = 0,788 (m)
- Francobordo en popa = 0,545 (m)

Como se puede comprobar, se satisfacen los requisitos mínimos exigidos.

### 10.6 FLOTABILIDAD (Circular 7/95 DGMM)

En cuanto a la flotabilidad, se establece lo siguiente:

- *Toda embarcación de eslora menor de 6 metros debe tener cámaras de flotabilidad suficientes para mantenerse a flote en condiciones de inundación.*
- *Una embarcación inundada se supone una embarcación que no puede ser llenada con más agua sin rebase.*

El volumen de reservas de flotabilidad tiene que ser el suficiente como para mantener a flote la embarcación inundada y con la tripulación a bordo. Es decir, el peso de la embarcación más el peso del agua embarcada y el de la tripulación debe ser igual al empuje provocado por las

reservas de flotabilidad mas el empuje propio de la embarcación y los tripulantes (60 kg por persona).

Esto quiere decir que el volumen que no puede ser ocupado por agua en caso de inundación debe ser el equivalente al desplazamiento de la embarcación.

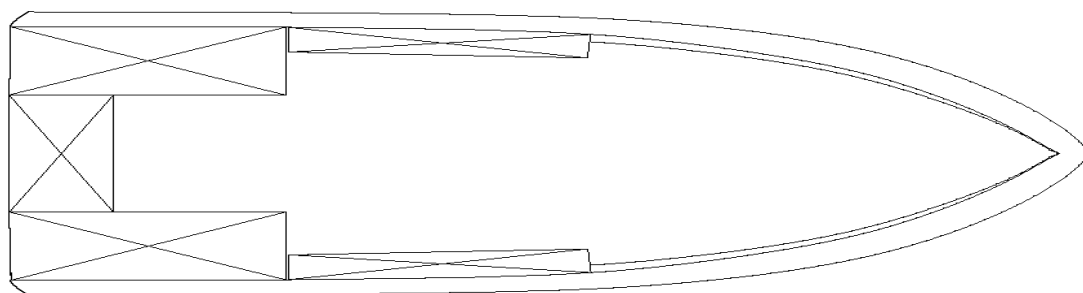
Se hace necesario, por tanto, calcular el desplazamiento de la embarcación para estos cálculos. Para ello, se tomará como base el desplazamiento en rosca máximo, al cual se le añadirá el peso del tanque de combustible lleno y de 60 kg por cada persona autorizada para la embarcación.

El desplazamiento final obtenido es de 1434 kg, por lo que será necesaria una reserva de flotabilidad de 1,434 m<sup>3</sup>.

La propia embarcación constituye un cierto volumen que no podrá ser ocupado en caso de inundación. Será oportuno realizar una estimación de dicho volumen.

Considerando los espesores de escantillones y volumen de refuerzos que se encuentran en la zona “inundada” (hasta la regala en popa), se ha calculado de forma aproximada un volumen de 0,56 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, el volumen restante para conseguir la reserva de flotabilidad requerida será de 0,874 m<sup>3</sup>.

Aprovechando al máximo las formas del casco, y sin interferir en espacios de estiba ya diseñados, se ha considerado oportuna la siguiente distribución de reservas de flotabilidad, consiguiendo a través de ellas un volumen de 0,97 m<sup>3</sup>, con lo que quedarán satisfechas las exigencias de flotabilidad requeridas por la normativa.



Esta distribución, además, es favorable en el sentido de que elimina como espacios inundables los extremos de cada banda, evitando de esta manera que una posible inundación produzca escoras no deseables. Además de esto, la ubicación de otra reserva de flotabilidad en popa favorece aumentar el empuje en caso de inundación en la zona de menor francobordo de la embarcación.

Los volúmenes de estas cámaras de flotabilidad por separado son:

- Cámara de popa: 0,250 m<sup>3</sup>
- Cámara de banda mas a popa:  $0,21 * 2 = 0,42$  m<sup>3</sup>
- Cámara de banda mas a proa:  $0,15 * 2 = 0,30$  m<sup>3</sup>
- Volumen total = 0,97 m<sup>3</sup>

### 10.7 ESTABILIDAD (Circular 7/95 DGMM)

La circular establece en su punto 10.4.3 referente a estabilidad que el ángulo de escora no excederá de 15° en los siguientes casos:

- En la condición de desplazamiento en rosca, sometiendo la embarcación a un momento escorante causado por un peso de 20 n (kg), siendo n el número máximo de personas permitidas a bordo, colocado a una distancia 0,5B de crujía, y situado al nivel de la borda en la sección transversal de máxima manga.
- En la condición de máxima carga, sometiendo la embarcación a un momento escorante provocado por el peso del número admisible de personas a bordo a razón de 75 kg cada una, colocado sobre el piso de la embarcación tan alejado de crujía como sea posible.
- La embarcación inundada no debe zozobrar cuando se cargue con un peso escorante  $p = 10 + 5 n$  (kg), siendo n el número máximo de personas a bordo.

Una vez conocidas las exigencias de la normativa, se procederá a la comprobación de su cumplimiento por parte de la embarcación. Teniendo en cuenta que se ha considerado en el proyecto dos desplazamientos en rosca diferentes, se calculará la estabilidad, para cada caso que contempla la norma, a partir de cada uno de los mencionados desplazamientos en rosca.

Por tanto, se deberán realizar los cálculos pertinentes para cuatro condiciones de carga diferentes:

- Rosca mínimo
- Máxima carga, partiendo del rosca mínimo
- Rosca máximo
- Máxima carga, partiendo del rosca máximo

Para comprobar el cumplimiento de la norma, se representará la curva de momentos adrizantes (Desp\*GZ), junto con la línea de momento escorante, y se comprobará que su intersección se produce antes de los 15°.

A continuación, adjuntamos los valores obtenidos de GZ y GZ\*desplazamiento para las distintas condiciones de carga a estudiar:

Rosca mínimo			Máxima carga rosca mínimo			Rosca máximo			Máxima carga rosca máximo		
grados (y)	gz (x)	Gz*Desp.	grados (y)	gz (x)	Gz*Desp	grados (y)	gz (x)	Gz*Desp	grados (y)	gz (x)	Gz*Desp
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,214729	0,008524	8,131896	0,214718	0,008587	13,576047	0,214724	0,008636	8,912352	0,214723	0,008448	14,015232
0,657441	0,025939	24,745806	0,657424	0,025629	40,519449	0,657434	0,026122	26,957904	0,657431	0,025308	41,985972
1,298433	0,050948	48,604392	1,298412	0,049876	78,853956	1,298424	0,051159	52,796088	1,29842	0,049336	81,848424
2,108002	0,082251	78,467454	2,107979	0,080075	126,598575	2,107992	0,082451	85,089432	2,107988	0,079289	131,540451
3,056442	0,118551	113,097654	3,05642	0,114976	181,777056	3,056432	0,118698	122,496336	3,056429	0,113923	188,998257
4,114052	0,15855	151,2567	4,114031	0,153327	242,409987	4,114043	0,158605	163,68036	4,114039	0,151993	252,156387
5,251126	0,200948	191,704392	5,251109	0,193876	306,517956	5,251119	0,200871	207,298872	5,251116	0,192256	318,952704
6,437962	0,244448	233,203392	6,437949	0,235372	372,123132	6,437956	0,244201	252,015432	6,437954	0,233468	387,323412
7,644855	0,287752	274,515408	7,644847	0,276564	437,247684	7,644852	0,287295	296,48844	7,64485	0,274385	455,204715
8,842102	0,32956	314,40024	8,842099	0,3162	499,9122	8,842101	0,328856	339,379392	8,8421	0,313764	520,534476
10	0,368575	351,62055	10	0,353028	558,137268	10	0,367587	379,349784	10	0,35036	581,24724
11,095122	0,403783	385,208982	11,095125	0,386076	610,386156	11,095123	0,402475	415,3542	11,095123	0,383205	635,737095
12,129152	0,435313	415,288602	12,129157	0,415477	656,869137	12,129154	0,433651	447,527832	12,129155	0,412433	684,226347
13,110052	0,463579	442,254366	13,110058	0,441644	698,239164	13,110055	0,46153	476,29896	13,110056	0,438456	727,398504
14,045785	0,488993	466,499322	14,045791	0,464992	735,152352	14,045787	0,48653	502,09896	14,045788	0,461684	765,933756
14,944311	0,511969	488,418426	14,944317	0,485931	768,256911	14,944313	0,509066	525,356112	14,944314	0,482526	800,510634
15,813593	0,532921	508,406634	15,813598	0,504876	798,208956	15,813595	0,529554	546,499728	15,813596	0,501394	831,812646
16,661592	0,552261	526,856994	16,661596	0,522239	825,659859	16,661594	0,548411	565,960152	16,661595	0,518697	860,518323
17,49627	0,570404	544,165416	17,496274	0,538432	851,260992	17,496272	0,566052	584,165664	17,496273	0,534846	887,309514
18,32559	0,587763	560,725902	18,325592	0,553868	875,665308	18,325591	0,582894	601,546608	18,325591	0,550251	912,866409
19,157513	0,604752	576,933408	19,157514	0,56896	899,52576	19,157513	0,599354	618,533328	19,157513	0,565323	937,870857
20	0,621783	593,180982	20	0,584122	923,496882	20	0,615847	635,554104	20	0,580472	963,003048
20,85933	0,639183	609,780582	20,859329	0,599679	948,092499	20,859329	0,632703	652,949496	20,859329	0,596022	988,800498
21,735042	0,656931	626,712174	21,735041	0,615616	973,288896	21,735042	0,649911	670,708152	21,735041	0,611952	1015,228368

22,624994	0,674918	643,871772	22,624992	0,631832	998,926392	22,624993	0,667374	688,729968	22,624993	0,628155	1042,109145
23,527042	0,693035	661,15539	23,52704	0,648224	1024,842144	23,527041	0,684992	706,911744	23,527041	0,644523	1069,263657
24,439042	0,711175	678,46095	24,43904	0,664692	1050,878052	24,439041	0,70267	725,15544	24,439041	0,66095	1096,51605
25,358851	0,729228	695,683512	25,358849	0,681133	1076,871273	25,35885	0,720309	743,358888	25,35885	0,677328	1123,687152
26,284324	0,747086	712,720044	26,284323	0,697445	1102,660545	26,284324	0,737811	761,420952	26,284324	0,69355	1150,59945
27,21332	0,764641	729,467514	27,213319	0,713528	1128,087768	27,213319	0,75508	779,24256	27,213319	0,709508	1177,073772
28,143693	0,781783	745,820982	28,143693	0,729279	1152,990099	28,143693	0,772016	796,720512	28,143693	0,725096	1202,934264
29,073301	0,798405	761,67837	29,073301	0,744597	1177,207857	29,073301	0,788523	813,755736	29,073301	0,740206	1228,001754
30	0,814398	776,935692	30	0,759381	1200,581361	30	0,804503	830,247096	30	0,754732	1252,100388
30,922105	0,829669	791,504226	30,922106	0,773542	1222,969902	30,922106	0,81987	846,10584	30,922106	0,768582	1275,077538
31,839771	0,844191	805,358214	31,839771	0,787052	1244,329212	31,839771	0,834583	861,289656	31,839771	0,781737	1296,901683
32,753608	0,857953	818,487162	32,753608	0,799897	1264,637157	32,753608	0,848614	875,769648	32,753608	0,794193	1317,566187
33,66423	0,870944	830,880576	33,664231	0,812062	1283,870022	33,66423	0,861934	889,515888	33,66423	0,805948	1337,067732
34,572249	0,883151	842,526054	34,57225	0,823531	1302,002511	34,572249	0,874513	902,497416	34,57225	0,816998	1355,399682
35,478278	0,894565	853,41501	35,478278	0,834291	1319,014071	35,478278	0,886324	914,686368	35,478278	0,827341	1372,558719
36,382929	0,905174	863,535996	36,382929	0,844327	1334,880987	36,382929	0,897336	926,050752	36,382929	0,836973	1388,538207
37,286814	0,914967	872,878518	37,286814	0,853625	1349,581125	37,286814	0,907522	936,562704	37,286814	0,845892	1403,334828
38,190546	0,923931	881,430174	38,190546	0,862169	1363,089189	38,190546	0,916852	946,191264	38,190546	0,854094	1416,941946
39,094737	0,932057	889,182378	39,094737	0,869945	1375,383045	39,094737	0,925298	954,907536	39,094737	0,861575	1429,352925
40	0,939333	896,123682	40	0,876939	1386,440559	40	0,932831	962,681592	40	0,868334	1440,566106
40,906794	0,945755	902,25027	40,906794	0,883143	1396,249083	40,906794	0,939433	969,494856	40,906794	0,874372	1450,583148
41,814966	0,951349	907,586946	41,814966	0,888581	1404,846561	41,814966	0,945136	975,380352	41,814966	0,879706	1459,432254
42,72421	0,956148	912,165192	42,72421	0,893283	1412,280423	42,72421	0,949984	980,383488	42,72421	0,884362	1467,156558
43,63422	0,960186	916,017444	43,634219	0,89728	1418,59968	43,63422	0,954018	984,546576	43,63422	0,888361	1473,790899
44,544688	0,963496	919,175184	44,544688	0,900603	1423,853343	44,544688	0,957283	987,916056	44,544688	0,891727	1479,375093
45,45531	0,966111	921,669894	45,45531	0,903284	1428,092004	45,45531	0,959821	990,535272	45,45531	0,894484	1483,948956
46,365779	0,968065	923,53401	46,365779	0,905351	1431,359931	46,365779	0,961675	992,4486	46,365779	0,896654	1487,548986
47,275789	0,96939	924,79806	47,275789	0,906837	1433,709297	47,275789	0,962889	993,701448	47,275789	0,898261	1490,214999
48,185033	0,970121	925,495434	48,185033	0,907772	1435,187532	48,185033	0,963505	994,33716	48,185033	0,899329	1491,986811
49,093205	0,97029	925,65666	49,093205	0,908187	1435,843647	49,093205	0,963567	994,401144	49,093205	0,89988	1492,90092
50	0,969931	925,314174	50	0,908113	1435,726653	50	0,963117	993,936744	50	0,899938	1492,997142
50,905263	0,969073	924,495642	50,905264	0,907576	1434,877656	50,905263	0,962193	992,983176	50,905264	0,899523	1492,308657
51,809455	0,967725	923,20965	51,809455	0,906586	1433,312466	51,809455	0,960804	991,549728	51,809455	0,898647	1490,855373
52,713188	0,965893	921,461922	52,713188	0,905151	1431,043731	52,713188	0,958953	989,639496	52,713188	0,897316	1488,647244
53,617073	0,963583	919,258182	53,617073	0,903276	1428,079356	53,617073	0,956644	987,256608	53,617073	0,89554	1485,70086
54,521724	0,960801	916,604154	54,521724	0,900968	1424,430408	54,521724	0,953879	984,403128	54,521724	0,893327	1482,029493
55,427753	0,957551	913,503654	55,427753	0,898233	1420,106373	55,427753	0,950663	981,084216	55,427753	0,890684	1477,644756
56,335772	0,95384	909,96336	56,335772	0,895078	1415,118318	56,335772	0,946998	977,301936	56,335772	0,88762	1472,56158
57,246394	0,949673	905,988042	57,246394	0,891508	1409,474148	57,246394	0,942888	973,060416	57,246394	0,884143	1466,793237
58,160231	0,945055	901,58247	58,160231	0,887531	1403,186511	58,160231	0,938336	968,362752	58,160231	0,880261	1460,352999
59,077896	0,939992	896,752368	59,077896	0,883152	1396,263312	59,077896	0,933345	963,21204	59,077896	0,875982	1453,254138
60	0,93449	891,50346	60	0,878378	1388,715618	60	0,927919	957,612408	60	0,871314	1445,509926
60,926697	0,92856	885,84624	60,926697	0,87322	1380,56082	60,926697	0,922067	951,573144	60,926697	0,866269	1437,140271
61,856304	0,922236	879,813144	61,856304	0,867708	1371,846348	61,856304	0,915822	945,128304	61,856304	0,860878	1428,196602
62,786675	0,915557	873,441378	62,786675	0,861878	1362,629118	62,786675	0,909225	938,3202	62,786675	0,855175	1418,735325
63,715669	0,908565	866,77101	63,715669	0,855765	1352,964465	63,715669	0,902315	931,18908	63,715669	0,849194	1408,812846

64,641142	0,901299	859,839246	64,641142	0,849403	1342,906143	64,641142	0,895132	923,776224	64,641142	0,842968	1398,483912
65,56095	0,893798	852,683292	65,56095	0,842829	1332,512649	65,56095	0,887716	916,122912	65,56095	0,836533	1387,808247
66,47295	0,886103	845,342262	66,472949	0,836077	1321,837737	66,47295	0,880107	908,270424	66,472949	0,829923	1376,842257
67,374998	0,878253	837,853362	67,374998	0,829183	1310,938323	67,374998	0,872345	900,26004	67,374998	0,823172	1365,642348
68,264951	0,870289	830,255706	68,264951	0,822182	1299,869742	68,264951	0,86447	892,13304	68,264951	0,816313	1354,263267
69,140667	0,862251	822,587454	69,140666	0,815108	1288,685748	69,140667	0,85652	883,92864	69,140666	0,809382	1342,764738
70	0,854177	814,884858	70	0,807998	1277,444838	70	0,848538	875,691216	70	0,802412	1331,201508
70,842492	0,846083	807,163182	70,842493	0,800862	1266,162822	70,842492	0,840535	867,43212	70,842493	0,795415	1319,593485
71,674421	0,837879	799,336566	71,674421	0,793621	1254,714801	71,674421	0,832424	859,061568	71,674421	0,788311	1307,807949
72,503747	0,829448	791,293392	72,503747	0,78617	1242,93477	72,503747	0,82409	850,46088	72,503747	0,780997	1295,674023
73,338431	0,820675	782,92395	73,338432	0,778405	1230,658305	73,338431	0,815418	841,511376	73,338432	0,773372	1283,024148
74,186435	0,811443	774,116622	74,186436	0,770221	1217,719401	74,186435	0,806293	832,094376	74,186436	0,765332	1269,685788
75,05572	0,801637	764,761698	75,055721	0,761515	1203,955215	75,05572	0,796602	822,093264	75,055721	0,756776	1255,491384
75,954247	0,791141	754,748514	75,954248	0,752182	1189,199742	75,954247	0,786229	811,388328	75,954248	0,7476	1240,2684
76,889977	0,779839	743,966406	76,889978	0,742118	1173,288558	76,889977	0,77506	799,86192	76,889978	0,737703	1223,849277
77,870872	0,767615	732,30471	77,870873	0,731219	1156,057239	77,870872	0,76298	787,39536	77,870873	0,726981	1206,061479
78,904893	0,754354	719,653716	78,904893	0,719381	1137,341361	78,904893	0,749874	773,869968	78,904893	0,715332	1186,735788
80	0,739938	705,900852	80	0,706499	1116,974919	80	0,735629	759,169128	80	0,702655	1165,704645
81,157878	0,724349	691,028946	81,157878	0,692555	1094,929455	81,157878	0,720223	743,270136	81,157878	0,688929	1142,933211
82,355103	0,707947	675,381438	82,355102	0,677874	1071,718794	82,355103	0,704014	726,542448	82,355102	0,674477	1118,957343
83,561974	0,691189	659,394306	83,561972	0,662867	1047,992727	83,561974	0,687453	709,451496	83,561972	0,659702	1094,445618
84,748788	0,674533	643,504482	84,748786	0,647945	1024,401045	84,748788	0,670993	692,464776	84,748785	0,64501	1070,07159
85,885845	0,658435	628,14699	85,885842	0,633518	1001,591958	85,885845	0,655083	676,045656	85,885841	0,630804	1046,503836
86,943443	0,643352	613,757808	86,943439	0,619997	980,215257	86,943442	0,640177	660,662664	86,943439	0,61749	1024,41591
87,89188	0,62974	600,77196	87,891877	0,607793	960,920733	87,89188	0,626725	646,7802	87,891876	0,605472	1004,478048
88,701456	0,618058	589,627332	88,701453	0,597316	944,356596	88,701456	0,61518	634,86576	88,701453	0,595154	987,360486
89,342469	0,608761	580,757994	89,342466	0,588977	931,172637	89,342469	0,605992	625,383744	89,342466	0,586942	973,736778
89,785218	0,602308	574,601832	89,785216	0,583187	922,018647	89,785217	0,599613	618,800616	89,785216	0,581241	964,278819
90	0,599153	571,591962	90	0,580357	917,544417	90	0,596495	615,58284	90	0,578454	959,655186

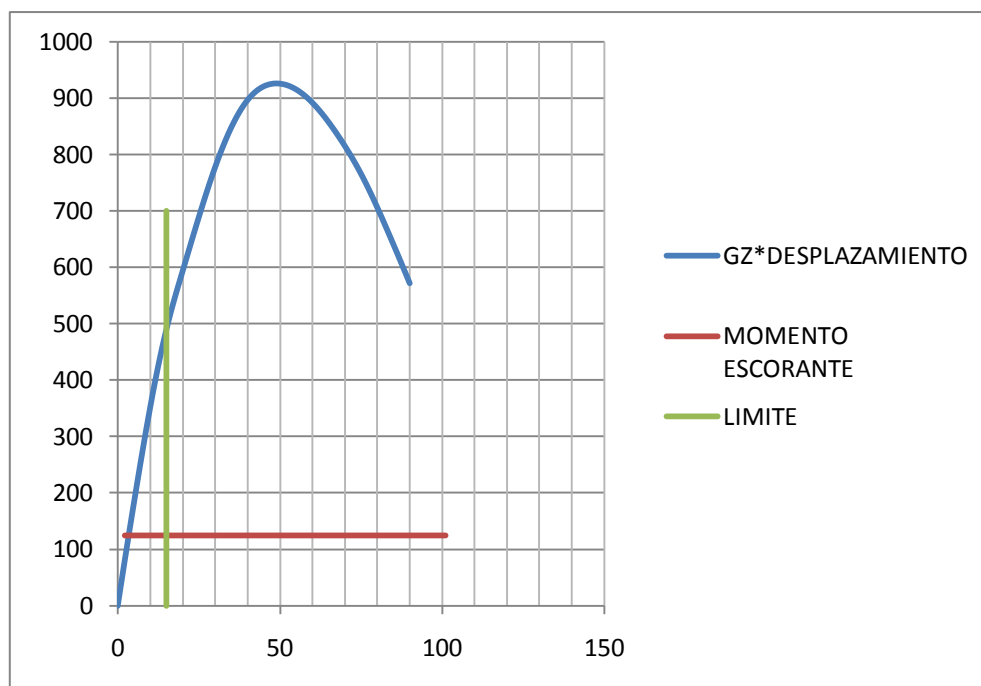
Con los valores obtenidos y reflejados en la anterior tabla, podemos obtener una serie de curvas (curvas de momentos adrizantes) mediante las cuales podremos comprobar el posible cumplimiento o no de la normativa aplicada.

A continuación, analizaremos las curvas obtenidas:

## 1. Rosca mínimo:

**ROSCA MINIMO**

$$\begin{aligned} \text{MOMENTO ESCORANTE} &= 20 \cdot 5 \text{ (} 0,5 \cdot B \text{)} \\ &= 125 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$



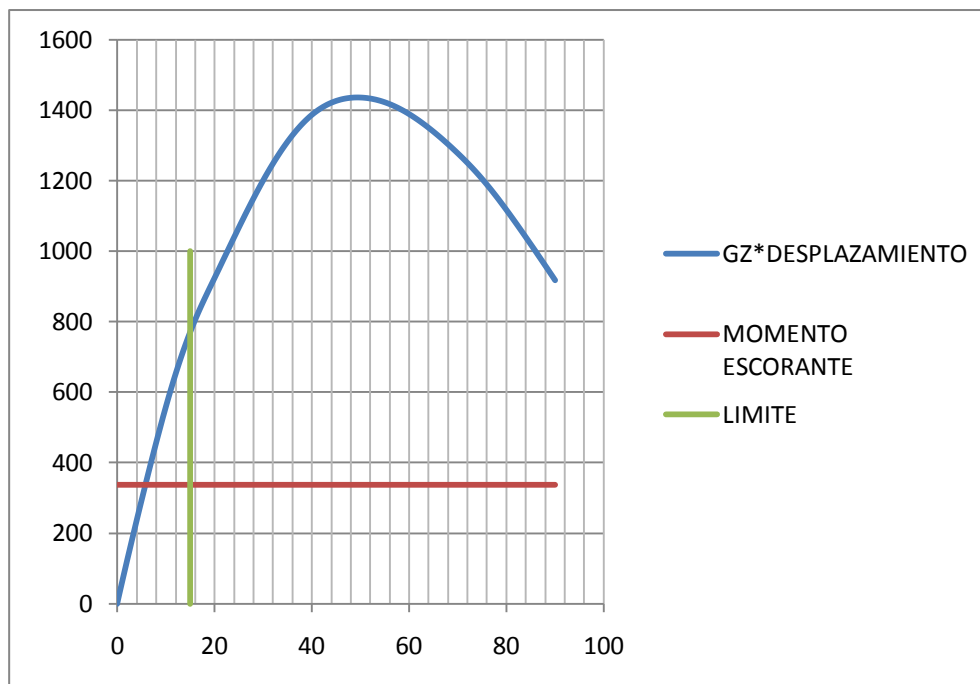
Como se puede comprobar, la intersección entre la curva de momentos adrizantes y la línea de momento escorante se produce antes de los 15°. Por lo tanto, se cumple satisfactoriamente la normativa.



## 2. Máxima carga partiendo del rosca mínimo

**MAXIMA CARGA ROSCA  
MINIMO**

$$\text{MOMENTO ESCORANTE} = 75 * 5 (0,9) = 337,5$$

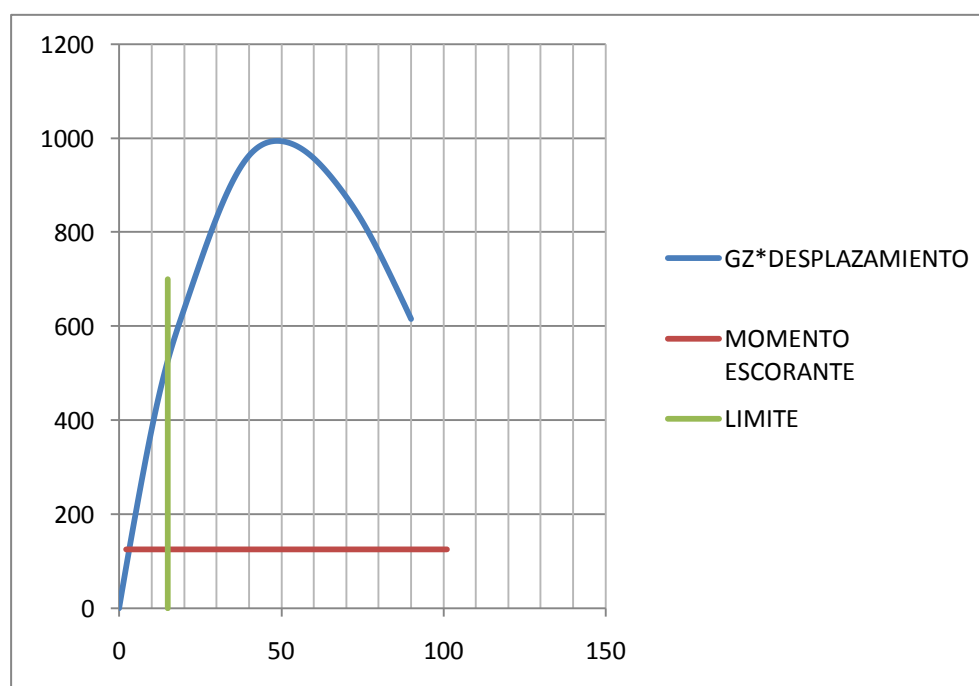


Como se puede comprobar, la intersección entre la curva de momentos adrizantes y la línea de momento escorante se produce antes de los 15°. Por lo tanto, se cumple satisfactoriamente la normativa.

## 3. Rosca máximo.

## ROSCA MAXIMO

$$\begin{aligned} \text{MOMENTO ESCORANTE} &= 20 \cdot 5 (0,5 \cdot B) \\ &= 125 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

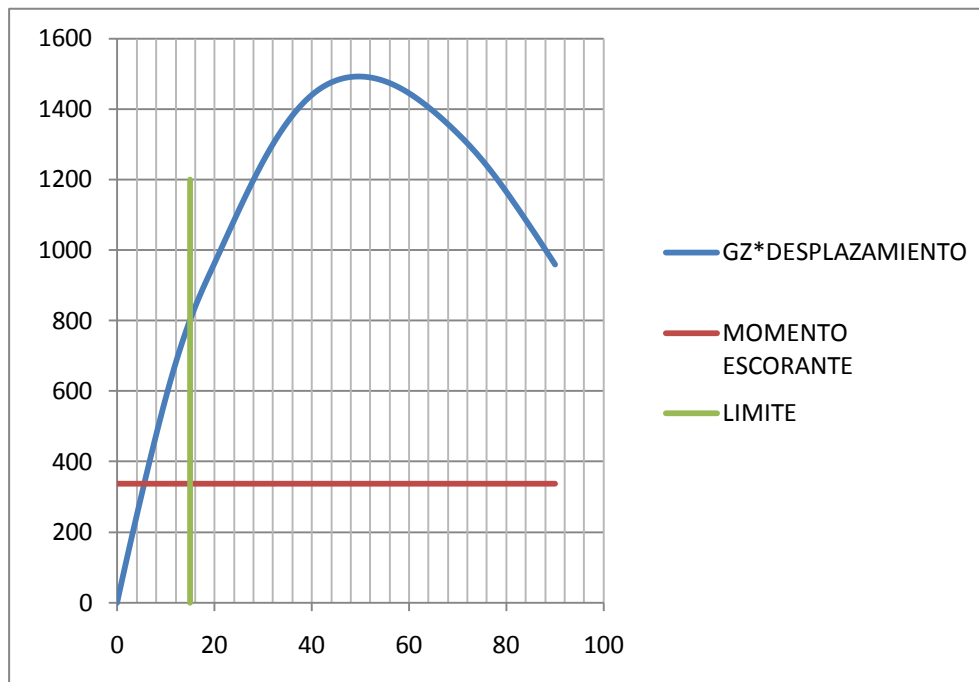


Como se puede comprobar, la intersección entre la curva de momentos adrizantes y la línea de momento escorante se produce antes de los 15°. Por lo tanto, se cumple satisfactoriamente la normativa.

4. Máxima carga partiendo del rosca máximo.

### MAXIMA CARGA ROSCA MAXIMO

$$\text{MOMENTO ESCORANTE} = 75 * 5 (0,9) = 337,5$$



Como se puede comprobar, la intersección entre la curva de momentos adrizantes y la línea de momento escorante se produce antes de los 15°. Por lo tanto, se cumple satisfactoriamente la normativa.

5. Estabilidad en condición de inundación.

La circular 7/95 de la DGMM establece que el cumplimiento de este requisito se deberá comprobar mediante una prueba real.

Demostrar teóricamente el cumplimiento de este requisito entraña una gran dificultad. No obstante, considerando que las reservas de flotabilidad, que son las que provocan el empuje en caso de inundación, se encuentran situadas en el extremo de la manga, alejadas de crujía, se puede considerar que dichas reservas provocan un par adrizante capaz de contrarrestar el par escorante producido establecido en la circular, el cual es, además, de un valor muy pequeño (40 kg a una distancia 0,5 B de crujía).

**CAPÍTULO XI**  
**EQUIPAMIENTOS**

### 11.1 EQUIPAMIENTOS: REQUISITOS MÍNIMOS SEGÚN NORMA VIGENTE.

Atendiendo a la orden del Ministerio de Fomento /1144/2003 del 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 de llevar a bordo las embarcaciones de recreo, se establece lo siguiente:

Para no limitar la embarcación exclusivamente a usuarios con la titulación de Patrón de Navegación Básica (limitados a 4 millas de un abrigo o playa accesible), 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, por lo que los usuarios con mayor titulación pueden hacer un uso más extenso de la embarcación. A esta categoría le corresponden las zonas de navegación 4, 5, 6 y 7, cuyas limitaciones son las siguientes:

	Zona 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 cuando a equipamiento, son:

### 11.2 EQUIPO DE SALVAMENTO.

Material	Zona 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 roja 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

**11.3 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 < 7 m 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	1				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

**11.4 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			Para zona 4: Tipo balsa de salvamento (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002); para zona 5: botiquín nº4 según Orden 4.12.80
Líneas de fondeo	x	x	x	x	Obligado como mínimo 5 veces la eslora. Menos de 6 metros puede ser sin cadena. Peso de ancla = 8 kg, diámetro cadena = 6 mm, diámetro estacha = 10 mm

**11.5 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 menos de 10 m, uno del tipo 21B. Peso mínimo de los extintores: 2 kg de polvo seco (peso equivalente si es otro agente extintor)
Extintores portátiles, función de	x	x	x	x	Inferior a 150 Kw: uno del tipo 21B. Peso mínimo de los extintores: 2 kg de polvo

la potencia instalada					seco (peso equivalente si es otro agente extintor)
Detector de gas	x	x	x	x	Si tienen instalaciones de gas combustible
Baldes contraincendios	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 metros, con cámara de flotabilidad, podrá sustituirse por un achicador
Baldes de achique	1	1	1		Pueden ser los de contraincendios

### 11.6 PREVENCIÓN DE VERTIDOS DE AGUAS SUCIAS.

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



## **CAPÍTULO XII**

### **PRESUPUESTO ESTIMADO**

### **12.1 OBJETIVO.**

El objetivo principal del cálculo del presupuesto es establecer si la embarcación será competitiva en el mercado, junto a productos de similares características.

En el primer capítulo del proyecto, se especificaba como uno de los objetivos el de conseguir una embarcación económicamente atractiva para el cliente, sin descuidar la calidad del producto, teniendo en cuenta el no muy alto poder adquisitivo de los clientes hacia los que está orientada la embarcación.

En cuanto a la estimación de horas/hombre necesarias para su construcción, se ha consultado previamente 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 el molde. Se estimará el coste de la construcción de una unidad y se tendrá en cuenta, a la hora de establecer el precio de venta al público, que se debe amortizar la inversión inicial derivada de la construcción del modelo y molde, así como los gastos fijos derivados del funcionamiento del astillero.

También será incluido en este capítulo un breve estudio sobre los precios de venta al público de embarcaciones similares de otros astilleros, con el fin de tener en cuenta las conclusiones obtenidas a la hora de establecer el PVP en este caso.

Para estimar el presupuesto se han considerado dos apartados diferentes: materiales y mano de obra.

### **12.2 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 muestra el resumen de dicha estimación:

**LAMINADO**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Resina	89,7	2,19 €	195,99 €
Catalizador	2,2	4,08 €	8,98 €
Fibra	219,5	2,01 €	441,74 €
Gel coat	52	3,62 €	188,37 €
Refuerzos del casco			375,00 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>1.210,09 €</b>

**CONSUMIBLES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

Trapo, cinta, lija, discos de sierra, brochas, rodillos, etc			90,00 €
--	--	--	---------

**TORNILLERIA/HERRAJES**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Tornillos, tuercas, remaches y arandelas			20,00 €
Cornamusas 200 mm	4	2,88 €	11,50 €
Púlpitos de proa	1	258,75 €	258,75 €
Reposapies	1	51,75 €	51,75 €
Roldana de proa	1	18,63 €	18,63 €
Cáncamo 10 x 100	3	4,86 €	14,59 €
Bisagras 6 agujeros	4	5,18 €	20,70 €
Bisagras 4 agujeros horizontales	2	2,43 €	4,85 €
Bisagras	6	2,19 €	13,11 €
Cierre con tensor grande	1	4,66 €	4,66 €
Cierre presión de tambucho	2	18,40 €	36,80 €
Listón Alu de popa 20 x 20	0,9	1,47 €	1,32 €
Asa hardtop	2	18,40 €	36,80 €
Asa vertical hardtop	2	28,75 €	57,50 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>550,97 €</b>

**FONTANERÍA Y VENTILACIÓN**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Concha de ventilación	1	1,54 €	1,54 €
Rejilla cuadrangular	2	1,46 €	2,92 €
Pasacascos	1	1,02 €	1,02 €
Pasacascos autovaciante de 40 mm	4	5,69 €	22,77 €
Tapón autovaciante	2	3,60 €	7,20 €
Bomba de achique sumergible	1	31,05 €	31,05 €
Pasacascos nylon 19 mm	3	0,83 €	2,48 €
Manguera reforzada 19 mm	2,5	1,15 €	2,88 €
Manguera reforzada 45 mm	1	2,82 €	2,82 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>74,68 €</b>

**ACCESORIOS**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Escotilla cabina	1	230,00 €	230,00 €
Asa Sidney	1	6,38 €	6,38 €
Puerta cabina	1	207,00 €	207,00 €
Juego de Iroko	1	86,25 €	86,25 €
Pedestal regulable	2	40,25 €	80,50 €
Asiento piloto	2	34,50 €	69,00 €
Motor limpiaparabrisas 12v	1	48,30 €	48,30 €
Escotillas limpiaparabrisas 356 mm	1	2,42 €	2,42 €
Brazo limpiaparabrisas	1	4,50 €	4,50 €
Portacañas empotrado	2	9,33 €	18,65 €
Pegatinas	1	51,75 €	51,75 €
Portillo pequeño blanco	2	8,63 €	17,25 €
Escalera de baño	1	60,95 €	60,95 €
Plataforma de baño	2	23,00 €	46,00 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>928,95 €</b>

**ILUMINACIÓN**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Luces babor - estribor	1	8,17 €	8,17 €
Luz de popa corta	1	13,13 €	13,13 €
Plafón	2	3,68 €	7,36 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>28,66 €</b>

**SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Depósito combustible 135 l	1	172,50 €	172,50 €
Aforador Wema para tanque 135 l	1	39,10 €	39,10 €
Indicador de fuel	1	18,40 €	18,40 €
Respiradero de tanque	1	3,11 €	3,11 €
Tapón inox 38 mm	1	12,65 €	12,65 €
Tubo de llenado	2	8,69 €	17,39 €
Tubo respiradero	2	8,69 €	17,39 €
Abrazaderas inox 40 x 60	4	1,73 €	6,90 €
Abrazaderas inox 16 x 27	4	0,92 €	3,68 €
Tubería hidrocarburos 38 mm	2,5	15,12 €	37,81 €
Cable	8	0,29 €	2,30 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>331,22 €</b>

**SISTEMA ELÉCTRICO**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Cuadro 6 interruptores	1	28,75 €	28,75 €
Tubo corrugado 20 mm	1,3	0,52 €	0,67 €
Tubo corrugado 65 mm	2	0,69 €	1,38 €
Cable	10	0,69 €	6,90 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>37,70 €</b>

**TAPICERÍA**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Moqueta	3	3,97 €	11,90 €
Juego cojines interior	1	109,25 €	109,25 €
Asientos de atrás	2	25,30 €	50,60 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>171,75 €</b>

**DIRECCIÓN**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Rueda timón	1	40,01 €	40,01 €
Conjunto dirección "QC" 17'	1	109,19 €	109,19 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>149,19 €</b>

**TIMONERÍA**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Parabrisas frontal y ventanas laterales			660,00 €

**UNIÓN CASCO - CUBIERTA**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Masilla	6,2	4,20 €	26,02 €
Catalizador	0,124	4,08 €	0,51 €
Cintón unión casco - cubierta	11,5	4,54 €	52,24 €
Cantoneras	2	2,88 €	5,75 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>84,52 €</b>

**EQUIPO AGUA DULCE**

MATERIAL	UNIDADES	PRECIO/UNIDAD	TOTAL
Depósito agua dulce 60 L	1	58,14 €	58,14 €
Lavabo	1	25,69 €	25,69 €
Grifo	1	8,65 €	8,65 €

Bomba de pie	1	37,09 €	37,09 €
Material diverso: abrazaderas, manguera, etc.			9,00 €
<b>SUBTOTAL</b>			<b>138,57 €</b>

<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>4.456,30 €</b>
--------------------------	-------------------

### 12.3 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.

Se establece como estimación sobre el tiempo necesario para la construcción de la embarcación 200 horas, y como el precio de mano de obra por cada hora 14 euros. De esta manera, obtenemos un coste total de mano de obra de:

$$200 \text{ horas} * 14 \text{ euros} = 2800$$

### 12.4 COSTE TOTAL.

Realizando la suma de las dos estimaciones calculadas anteriormente obtenemos un coste de fabricación total de:

Materiales	4456,3
Mano de obra	2800
<b>TOTAL</b>	<b>7256,3</b>

### 12.5 BREVE ESTUDIO COMERCIAL.

Se pretende en este apartado realizar un breve estudio de la competencia en el mercado, y comprobar que el presupuesto estimado permite que la embarcación diseñada sea competitiva.

Para ello se han analizado embarcaciones de similares características a la diseñada en el proyecto, tanto de elementos instalados “de serie” como los opcionales que ofrece la embarcación.

Se debe tener en cuenta que a la hora de establecer un precio de venta al público no solo se debe tener en cuenta el coste de fabricación de la embarcación, sino que, además, es necesario amortizar la construcción del modelo y del molde, así como cubrir los gastos fijos y variables derivados del funcionamiento del astillero.

En el siguiente cuadro se incluye una tabla con los valores analizados en otras embarcaciones para la realización de este estudio:

<b>Modelo</b>	<b>Lc (m)</b>	<b>PVP (euros)</b>	<b>Comentarios</b>
Dipol 600	5,99	12200	Sin equipo de agua potable
Ocre 650	5,99	15500	Sin equipo de agua potable
Bahía 660	6,00	15000	Sin equipo de agua potable
Delfín 595 Plus	5,65	14200	Sin equipo de agua potable
Ran sea Zenit 605	6,05	14500	Sin equipo de agua potable

Este pequeño estudio nos permite comprobar que se dispone de un amplio margen a la hora de establecer el PVP, lo cual permite claramente competir en el mercado con el resto de fabricantes.



## **CAPÍTULO XIII**

### **CONCLUSIONES GENERALES**

### **13. CONCLUSIONES GENERALES.**

Llegados a esta fase final del proyecto, es hora de establecer una serie de conclusiones generales, con el fin de analizar hasta qué punto se han conseguido los objetivos de proyecto establecidos en la especificación técnica inicial.

En el desarrollo de cada capítulo, se han tenido en cuenta los objetivos mencionados, por lo que el diseño se ha realizado en cada caso prestando atención a los mismos. Es por ello, que llegados a este punto, se puede afirmar que la embarcación cumple satisfactoriamente todas las premisas establecidas en la especificación técnica.

Se ha conseguido realizar un diseño adecuado, que proporcione comodidad, seguridad y confort al usuario, sin descuidar el aspecto económico, además de cumplir con las distintas normativas de obligada aplicación a la embarcación.

Todo ello da como resultado un producto atractivo para el cliente, que junto con una buena estrategia de promoción por parte del astillero, permite irrumpir en el mercado en condiciones aptas de competencia con otras embarcaciones de similares características, sin que ello acarree un alto riesgo para el astillero.

# **CAPÍTULO XIV**

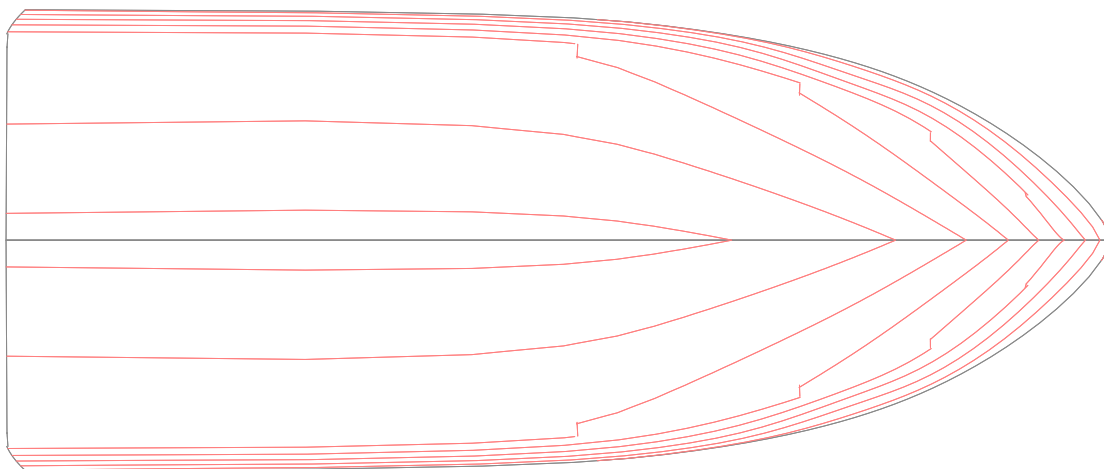
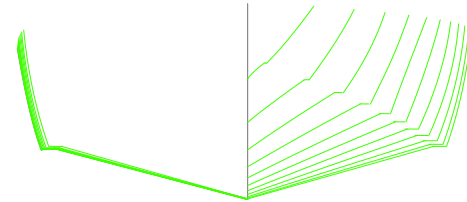
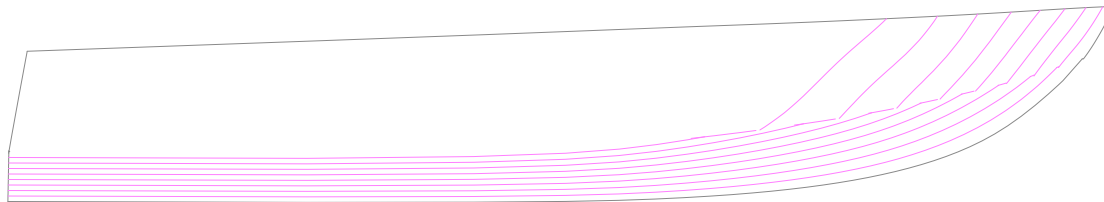
## **BIBLIOGRAFÍA**

**Bibliografía:**

- Principles of yacht desing (Larsson and Eleiasson)
- Materiales compuestos (Alfredo Güemes Gordo)
- Fundamentos del diseño de yates: conceptos básicos. Generalidades (Eloy Carrillo, Ricardo Zamora y Mario de Vicente Peño)
- Hidrostáticas y estabilidad: conceptos básicos (Ricardo Zamora Rodríguez y Ricardo Abad Arroyo)
- Prensa especializada (pesca a bordo, náutica, barcos a motor)
- Catálogos comerciales varios

# PLANOS

# **PLANO DE FORMAS**



DATOS HIDROSTÁTICOS		
Measurement	Value	Units
Displacement	0,984	tonne
Draft to Baseline	0,255	m
Immersed depth	0,255	m
Lwl	5,127	m
Beam wl	2,016	m
WSA	8,457	m <sup>2</sup>
Max cross sect area	0,267	m <sup>2</sup>
Waterplane area	8,033	m <sup>2</sup>
Cp	0,735	
Cb	0,368	
Cm	0,5	
Cwp	0,777	
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,557	m
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,475	m
LCB from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	-10,867	%
LCF from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	-9,262	%
Immersion (TPC)	0,082	tonne/cm

SECCIONES	
Label	Lineas de agua (m)
wl 1	1,061
wl 2	0,934
wl 3	0,806
wl 4	0,679
wl 5	0,552
wl 6	0,425
wl 7	0,297
wl 8	0,17
Label	Secciones longitudinales (m)
b 1	0,114
b 2	0,227
b 3	0,341
b 4	0,455
b 5	0,568
b 6	0,682
b 7	0,795
b 8	0,909
Label	Cuadernas (m)
st 1	5,711
st 2	5,425
st 3	5,139
st 4	4,854
st 5	4,568
st 6	4,282
st 7	3,996
st 8	3,71
st 9	3,425
st 10	3,139
st 11	2,853
st 12	2,567
st 13	2,281
st 14	1,996
st 15	1,71
st 16	1,424
st 17	1,138
st 18	0,852
st 19	0,567
st 20	0,281

## PLANO DE FORMAS

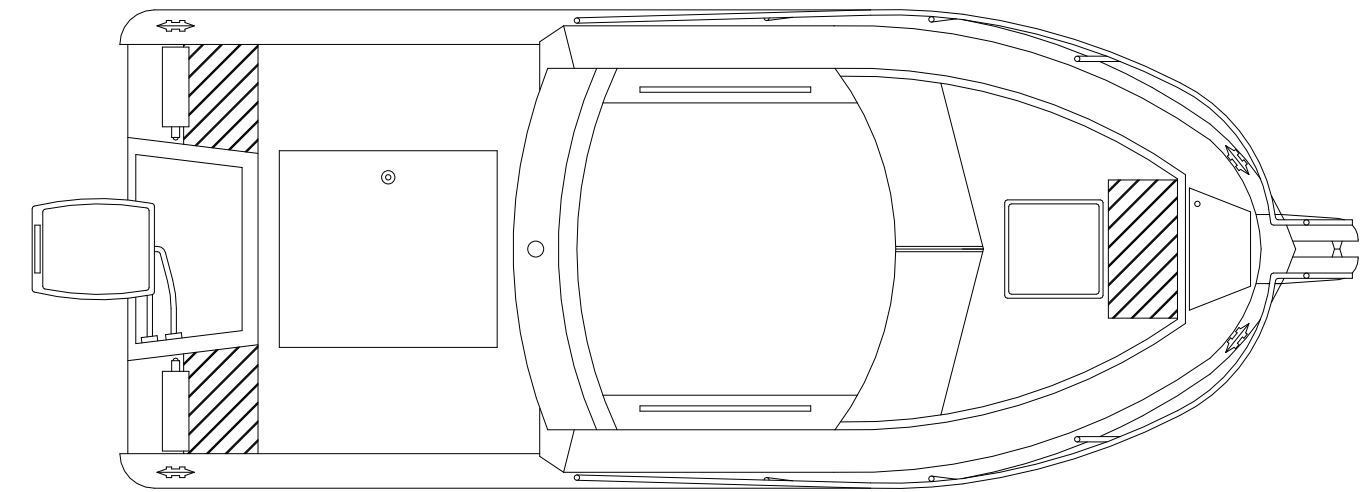
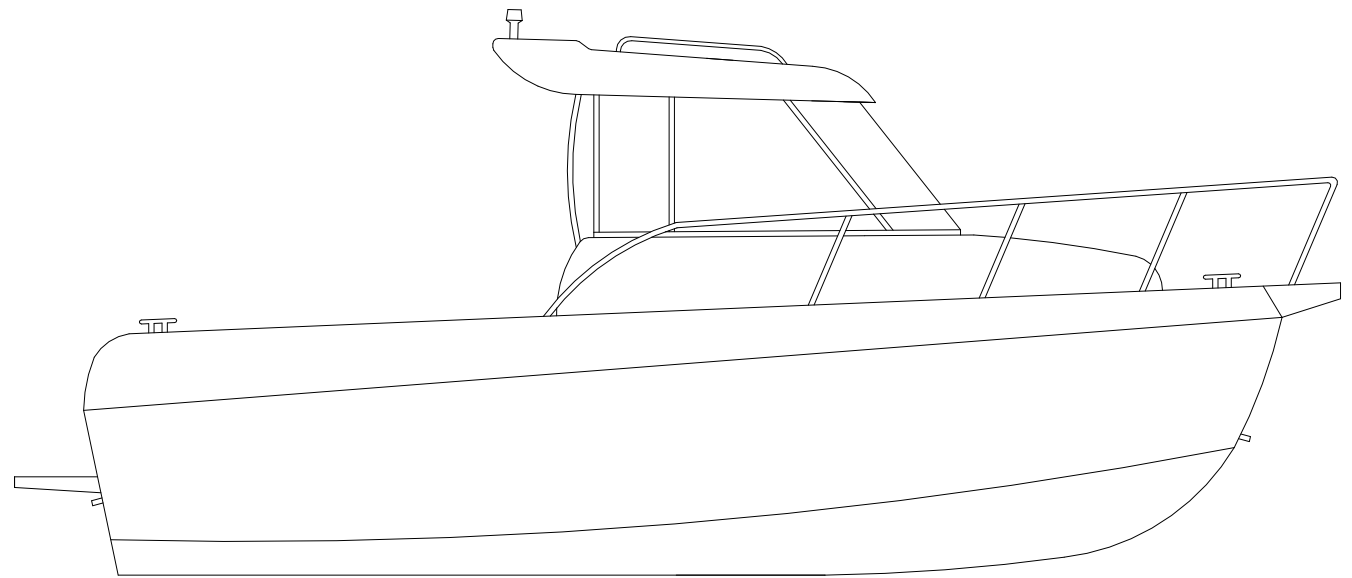
PROYECTO FIN DE CARRERA "Embarcación pesca-paseo 6 mts eslora"

ESCALA 1:20

ABRIL-10

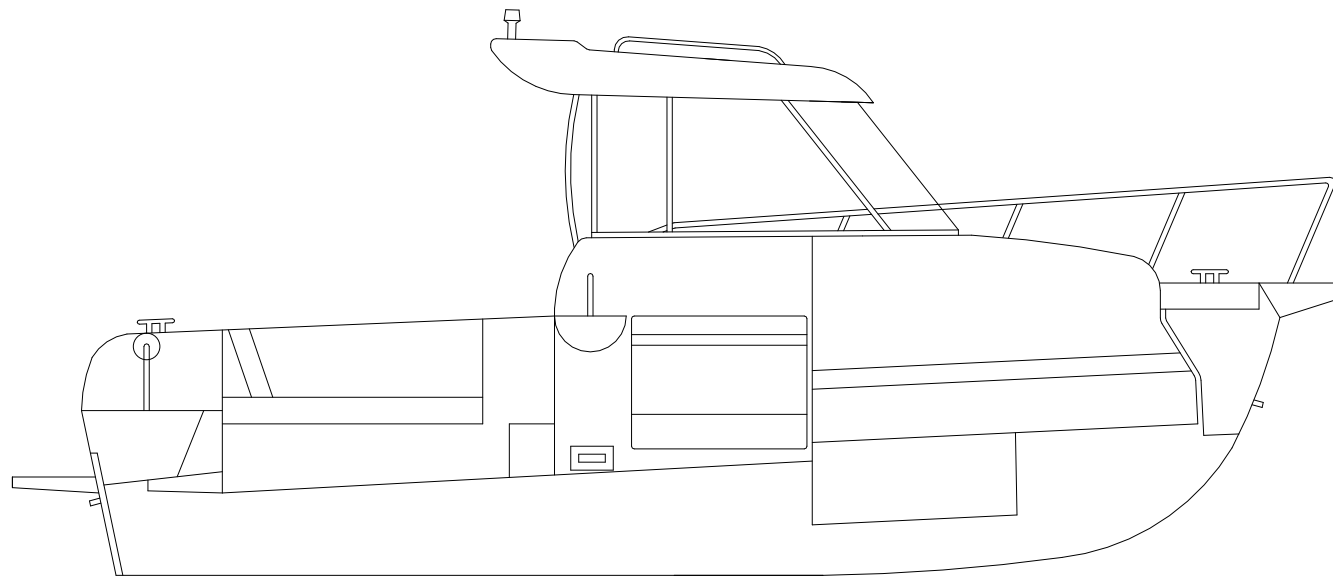
# **PLANOS DE DISPOSICIÓN GENERAL**



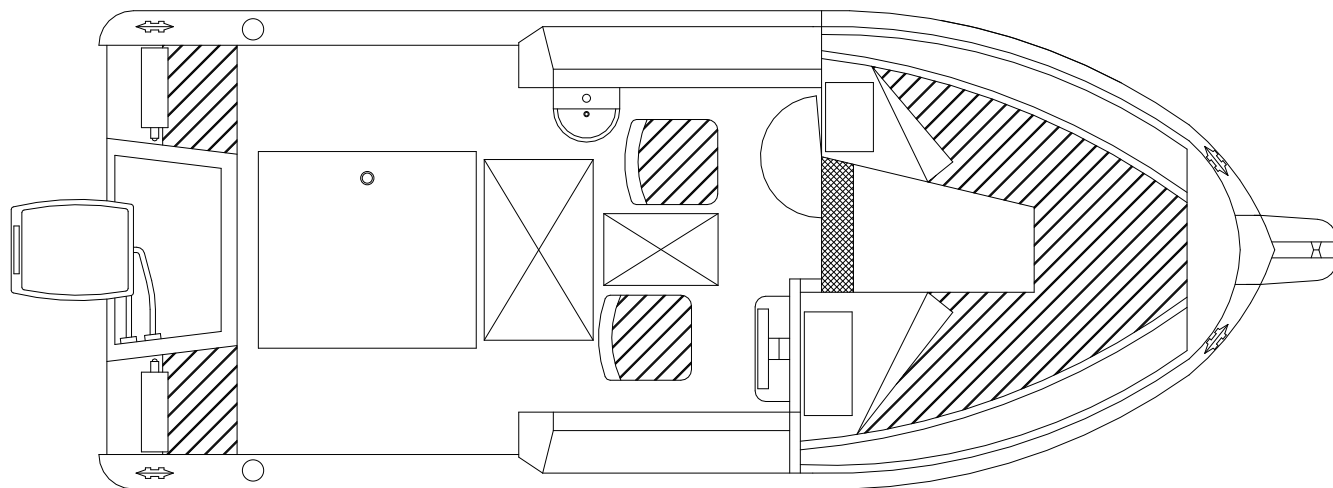


Eslora de casco	5,99 mts
Manga	2,5 mts
Calado	0,25 mts
Categoría de diseño	C

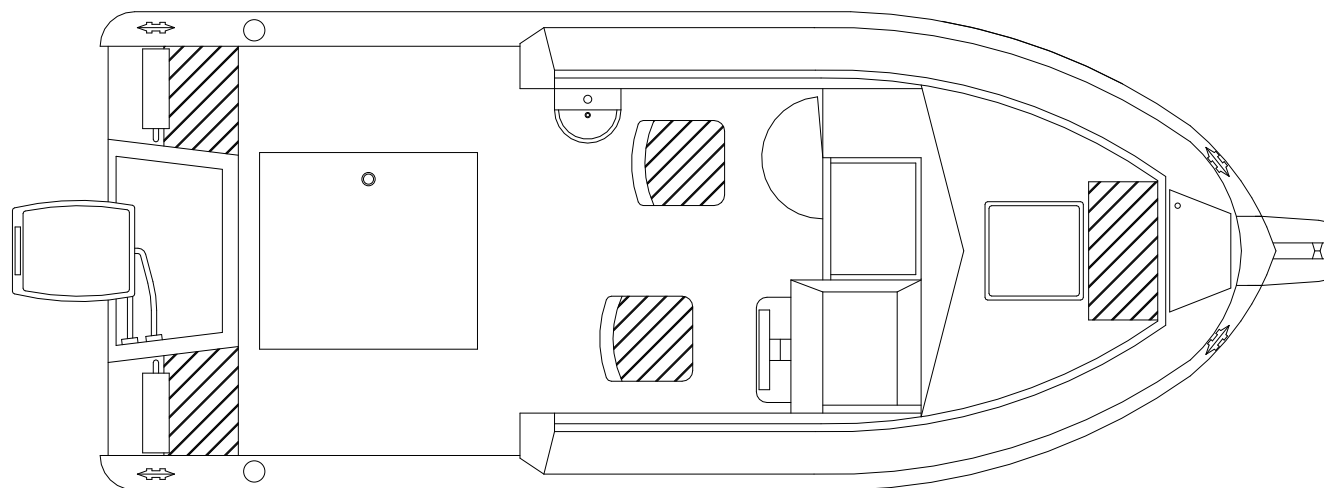
<b>PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL Nº 1</b>	
PROYECTO FIN DE CARRERA "Embarcación pesca-paseo 6 mts eslora"	
ESCALA 1:20	ABRIL-10



Eslora de casco	5,99 mts
Manga	2,5 mts
Calado	0,25 mts
Categoría de diseño	C



<b>PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL Nº 2</b>	
PROYECTO FIN DE CARRERA "Embarcación pesca-paseo 6 mts eslora"	
ESCALA 1:20	ABRIL-10



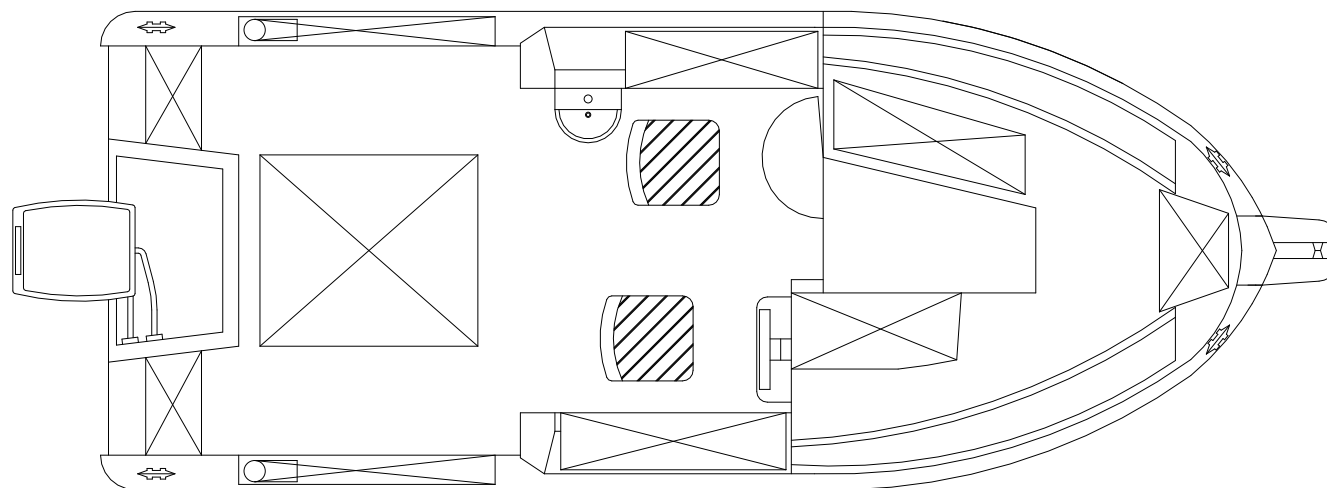
Eslora de casco	5,99 mts
Manga	2,5 mts
Calado	0,25 mts
Categoría de diseño	C

## DISPOSICIÓN GENERAL SIN TECHO

PROYECTO FIN DE CARRERA "Embarcación pesca-paseo 6 mts eslora"

ESCALA 1:20

ABRIL-10



<b>Eslora de casco</b>	<b>5,99 mts</b>
<b>Manga</b>	<b>2,5 mts</b>
<b>Calado</b>	<b>0,25 mts</b>
<b>Categoría de diseño</b>	<b>C</b>

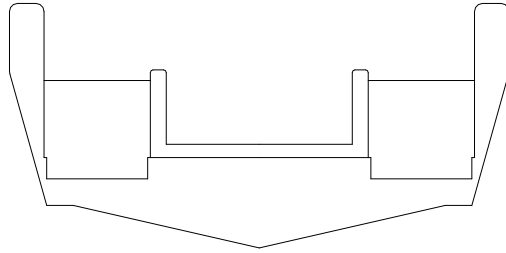
## PLANO DE ESPACIOS DE ESTIBA

PROYECTO FIN DE CARRERA "Embarcación pesca-paseo 6 mts eslora"

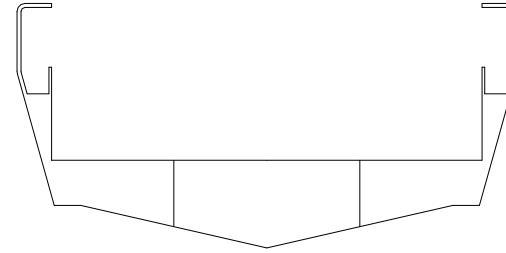
ESCALA 1:20

ABRIL-10

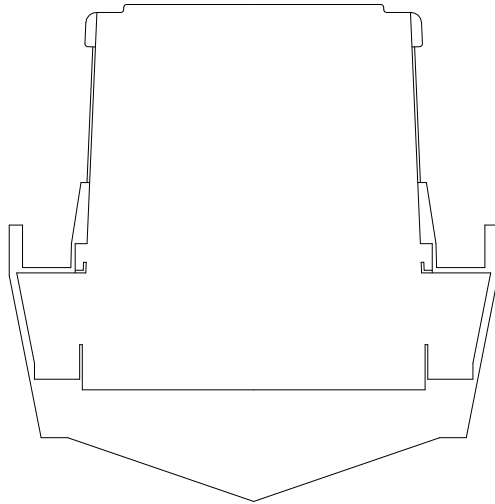
SECCION 1



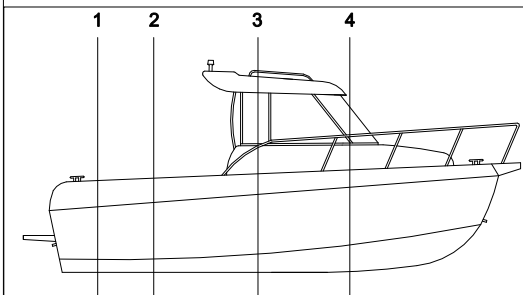
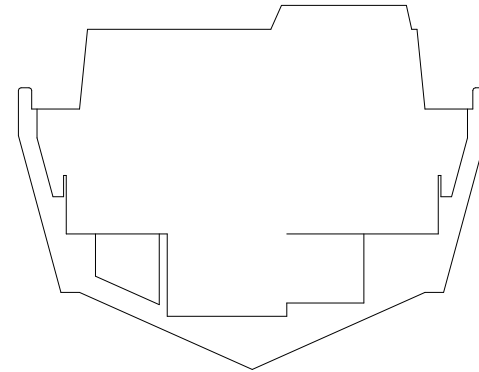
SECCION 2



SECCION 3



SECCION 4



# PLANO DE SECCIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA "Embarcación pesca-paseo 6 mts eslora"

ESCALA 1:20

ABRIL-10

