

Universidad de **Cádiz**

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

**Velero de crucero de 12 m. de eslora
y 220.000 € de P. V. P.**

Javier BOLAÑOS GARCÍA



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Octubre 2009**



Índice

1.- INTRODUCCIÓN	5
2.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	6
3.- ESTUDIO ECONÓMICO	8
4.- REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS	10
5.- ESTUDIO ESTADÍSTICO	12
6.- DISEÑO DE LA CARENA	17
6.1.- FORMAS DE EMBARCACIONES DE VELA	17
6.2.- CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES	21
7.- DISEÑO DE APÉNDICES	27
7.1.- GENERACIÓN DE LA FUERZA DE SUSTENTACIÓN	27
7.2.- APLICACIÓN DE LA AERODINÁMICA A LA NAVEGACIÓN A VELA	29
7.3.- EFECTOS DE LA FUERZA AERODINÁMICA LATERAL	32
7.3.1.- Deriva o Abatimiento	32
7.3.2.- Estabilidad de rumbo	33
7.3.3.- Par Escorante	33
7.4.- DISEÑO DE LA ORZA	34
7.4.1.- Tipos de Sección	41
7.4.2.- Cálculo de los pernos de la orza	42
7.5.- DISEÑO DEL TIMÓN	44
7.5.1.- Cálculo del diámetro de la mecha del timón	45
8.- DISEÑO DE INTERIORES	48
8.1- ZONA DE MESA DE CARTAS	49
8.2- CAMAROTES Y CAMAS	50
8.3- SALÓN	51
8.4- COCINA	52
8.5- BAÑO	54
8.6- ESCALERA DE ACCESO Y ESPACIO DE MOTOR	55
9.- DISEÑO DE CUBIERTA	57
9.1.- ELEMENTOS DE LA JARCIA FIRME	58
9.1.1.- Stay	58
9.1.2.- Cadenotes	59

9.1.3.- Base del mástil	59
9.1.4.- Backstay	60
9.2.- ELEMENTOS DE CONTROL DE LA JARCIA DE LABOR	60
10.- DISEÑO DEL PLANO VÉLICO	63
10.1.- TIPO DE APAREJO	64
10.2.- DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFÍCIE VÉLICA	65
10.3.- EQUILIBRIO VÉLICO	69
10.4.- DISEÑO DEL APAREJO	72
10.4.1.- Aplicación de los estándares del NBS	72
10.4.2.- Definición de las cargas transversales	76
10.4.3.- Cálculo de las fuerzas en los obenques	80
10.4.4.- Cálculo de las fuerzas en los stays	81
10.4.5.- Dimensionamiento del mástil	83
10.4.5.1.- Cálculo de la rigidez transversal (I_x)	83
10.4.5.2.- Cálculo de la rigidez longitudinal (I_y)	84
10.4.6.- Dimensionamiento de la botavara	85
10.4.7.- Dimensionamiento de las crucetas	87
10.4.8.- Elección de secciones y cables	89
11.- DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE ESCANTILLONADO	92
11.1.- ELECCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO	93
11.2.- MÉTODO CONSTRUCTIVO	95
11.2.1.- Concepto fundamental	96
11.2.2.- Herramientas	97
11.2.2.1.- Moldes	97
11.2.2.2.- Sistema de vacío y distribución de resina	97
11.2.2.3.- Materiales Fungibles	98
11.2.3.- Principios de distribución de la resina	99
11.3.- LAMINADO DEL CASCO	99
11.3.1.- Laminado del fondo	102
11.3.2.- Laminado del costado	104
11.4.- LAMINADO DE LA CUBIERTA	106
11.5.- ESCANTILLONADO DE LOS REFUERZOS DEL CASCO Y CUBIERTA	109
11.5.1.- Vagras o Longitudinales de fondo	113
11.5.2.- Cuadernas de costado	114
11.5.3.- Varengas	115

11.5.4.- Longitudinales de costado	116
11.5.5.- Bulárcamas.....	117
11.5.5.1.- Bulárcamas de centro.....	117
11.5.5.2.- Bulárcamas laterales	118
11.5.6.- Baos	118
11.5.7.- Vagras o longitudinales de cubierta.....	119
11.5.8.- Mamparos	120
11.5.8.1.- Mamparo 1 – Pique de Proa.....	120
11.5.8.2.- Mamparo 2 – Camarote de Proa	121
11.5.8.3.- Mamparo 3 – Camarote de Popa.....	122
11.5.8.4.- Mamparo 4 – Pique de Popa.....	123
12.- CÁLCULO DE RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN.....	124
13.- ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DE C.D.G.	128
14.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD.....	132
14.1.- CONSIDERACIONES DE CARGA A ESTUDIAR	134
14.2.- ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD	135
14.3.- CÁLCULOS CON HYDROMAX	144
14.3.1.- Condición mínima carga operativa.....	144
14.3.1.1.- Cálculo de estabilidad a grandes ángulos	144
14.3.1.2.- Cálculo del equilibrio.....	148
14.3.2.- Condición máxima carga	150
14.3.2.1.- Cálculo de estabilidad a grandes ángulos	150
14.3.2.2.- Cálculo de equilibrio.....	154
14.3.3.- Curvas Hidrostáticas	156
14.3.4.- Cálculo de los KN.....	160
15.- EQUIPAMIENTOS	162
15.1.- EQUIPO DE SALVAMENTO	162
15.2.- EQUIPO DE NAVEGACIÓN.....	162
15.3.- MEDIOS CONTRAINCENDIOS Y DE ACHIQUE.....	164
15.4.- PREVENCIÓN DE VERTIDOS	164
15.5.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA	165
15.6.- ELECTRÓNICA.....	166
15.7.- EQUIPO DE CUBIERTA	166
16.- PRESUPUESTO FINAL	167
17.- BIBLIOGRAFÍA	175
18.- ANEXOS	

19.- PLANOS

1.- INTRODUCCIÓN

Presento este proyecto como requisito último para la consecución del título de Ingeniero Técnico Naval en la especialidad de Estructuras Marinas por la Universidad de Cádiz.

Dicho proyecto ha sido realizado por Javier Bolaños García y supervisado por Antonio de Querol Sahagún, profesor titular de la asignatura embarcaciones deportivas, y perteneciente al departamento de construcciones navales.

El objetivo de este proyecto es diseñar un velero de crucero de 12 metros de eslora cuyo precio de venta al público será fijado previamente en 220000€.

2.- ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

La embarcación a diseñar tendrá una serie de especificaciones impuestas por un supuesto cliente que se respetarán en la medida de lo posible.

En general, el cliente suele pedir más de lo que un barco puede ofrecer en cuanto a conseguir un buen equilibrio entre capacidad de navegación y condiciones de habitabilidad. El cliente viene con una idea de embarcación tipo que incluye zonas y/o parámetros del barco tales como, espacio interior, seguridad en cubierta, sistemas e instalaciones, coste e incluso el método constructivo, entre otros, pero descuida otros aspectos de gran importancia para el diseño y equilibrio de la embarcación tales como la hidrodinámica, hidrostática, peso y centro de gravedad. Por todo ello, el arquitecto naval o ingeniero tendrá que combinar ambos aspectos hasta completar un diseño final que se aproxime todo lo posible a la embarcación requerida por el cliente.

El cliente tipo que se atenderá para el desarrollo del proyecto corresponde con el siguiente perfil: Persona de mediana edad con conocimientos en navegación, interesado en una embarcación de unos 12 metros de eslora destinada principalmente al ocio familiar en periodos vacacionales y chárter.

Tomando como referencia el uso que se le pretende a la embarcación, mencionado anteriormente, se asume que la autonomía del barco será de 5 días como máximo, siendo las principales zonas de navegación:

Cádiz - Puerto de Santa María - Rota - Chipiona.

La embarcación a diseñar será un velero de crucero de categoría de diseño tipo B, apta para navegar en aguas litorales desde la costa hasta una línea paralela a la misma trazada a 60 millas (111,12 Km), con capacidad para albergar a 6 personas cómodamente. Los barcos pertenecientes a la categoría de diseño tipo B son embarcaciones diseñadas para soportar vientos con una fuerza 8 en la escala Beaufort, es decir, valores comprendidos en el rango de 62 – 74 Km/h, y una altura significativa de la olas que puede llegar hasta 4 metros.

En el diseño de la embarcación se atenderá especialmente a la comodidad y confort abordo así como a la facilidad de manejo de los elementos y sistemas del barco, de ahí que se disponga de sistemas automatizados que faciliten el gobierno y operabilidad de la embarcación. Además se deberá diseñar de manera que se reduzca todo lo posible los movimientos bruscos de la embarcación cuando ésta se encuentre navegando.

La disposición general de la embarcación exigida por el cliente comprende los siguientes espacios:

- 3 camarotes independientes, dos en popa y uno en proa.
- Baño equipado con lavabo, WC y ducha.
- Cocina completamente equipada.
- Salón espacioso.
- Mesa de Cartas.

3.- ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se realizará una estimación del desglose presupuestario necesario para la construcción del barco así como del beneficio comercial correspondiente, partiendo de un PVP fijado previamente en 220000€. Como el objetivo económico es no superar el PVP fijado, lo que se hará es comenzar estimando el coste de construcción de la embarcación, y el beneficio comercial se ajustará hasta llegar al PVP fijado. Para ello se parte de un astillero tipo que construirá 10 embarcaciones al año, ya que de esta manera se abaratará el coste por unidad fabricada.

a) Coste de modelo y molde

Se parte de un precio por metro cuadrado para la fabricación del modelo y molde, el cual se estima en 1500€/m². A continuación se estiman los metros cuadrados del casco, cubierta, y caseta. Casco ≈ 65 m², Caseta ≈ 12 m², Cubierta ≈ 23 m²; Total = 100 m². Por lo que el coste total del modelo y molde será de 150000€. Como el molde se podrá utilizar para construir 10 embarcaciones, se divide el coste total del modelo y molde entre 10, por lo que el coste añadido que llevará cada embarcación debido a la construcción del modelo y molde es de 15000€/unidad

b) Gastos fijos del astillero

Se estiman los siguientes gastos fijos de un astillero medio:

- Alquiler de nave = 2400€/mes.
- Luz y agua = 300€/mes.
- Teléfono = 80€/mes.
- Impuestos = 1000€/mes.
- Amortización de maquinaria = 1400€/mes.
- Administrativo = 1500€/mes.
- Otros gastos (Variables) = 500€/mes.

Total Gastos Fijos = 7180€/mes. → 86160€/año. El coste añadido que llevará cada embarcación debido a los gastos fijos es de 8616€/unidad.

c) Coste del diseño del barco

Se estima que será de 24000€, por que el coste añadido es de 2400€/unidad.

d) Coste de Materiales

El coste de los materiales del casco se estima en 12400€/unidad y el resto de los materiales y equipos que compondrán el barco se estimará en 92000€/unidad, por lo que el coste añadido será de 104400€/unidad.

e) Coste de mano de obra

El coste de la mano de obra dependerá del número de horas/hombre necesarias para cada proceso de fabricación. Se estima que el número de horas/hombre para la construcción del barco será de 1710 horas/hombre, y el coste de la hora/hombre es de 24€, por lo que se obtiene el coste total de la mano de obra que será de 41040€/unidad.

El **coste de fabricación** de cada embarcación será de 171456€/unidad. Si se estima el beneficio comercial en el 8% del PVP, es decir, 17600€, el beneficio del astillero por unidad vendida es de 30944€, aproximadamente el 14% del PVP.

4.- REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS

La normativa que se aplicará a la embarcación según la especificación técnica para que se cumplan los criterios exigidos por los organismos oficiales en cuanto a seguridad, estabilidad, diseño y escantillonado es la siguiente:

- Norma UNE-EN ISO 8666_2003: Esta norma internacional establece una uniformidad para las definiciones concernientes a las dimensiones principales, los datos relacionados con las mismas, las especificaciones de los pesos y las condiciones de carga. Se aplican a las pequeñas embarcaciones cuyo casco tenga una eslora igual o inferior a 24 metros.
- Norma UNE-EN ISO 12215_5: Esta parte de la norma ISO 12215 se aplica para la determinación de las presiones y las tensiones de diseño, y para la determinación del escantillonado, incluyendo los refuerzos de la estructura interior, de las pequeñas embarcaciones de un solo casco construidas de plástico reforzado con fibras, y aleaciones de aluminio y acero, de madera encolada o de cualquier otro material conveniente para la construcción de embarcaciones de una eslora de casco, Lh, comprendida entre 2,5 y 24 metros, determinada de acuerdo con la norma ISO 8666. Ésta norma solo se aplica a las embarcaciones en estado intacto.
- Norma UNE-EN ISO 12217_2: Esta parte de la norma ISO 12217 especifica los métodos de evaluación de la estabilidad y flotabilidad de las embarcaciones en estado intacto, es decir, sin averías. También se contemplan las características de flotación de las embarcaciones susceptibles de inundación.

La evaluación de las condiciones de estabilidad y flotabilidad utilizando esta parte de la norma ISO 12217 permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C o D) adecuada a su diseño y a su carga máxima.

Esta parte de la norma ISO 12217 es aplicable a las embarcaciones propulsadas principalmente a vela, incluso si disponen de motor auxiliar, de una eslora

comprendida entre 6 m y 24 m exclusive. Sin embargo se puede también aplicar a las embarcaciones de menos de 6 m si se trata de multicascos habituales o si no alcanzan la categoría de diseño necesaria que se especifica en la norma ISO 12217_3 y disponen de cubiertas y aberturas de achique rápido de acuerdo con la norma ISO 11812.

Esta parte de la norma ISO 12217 excluye embarcaciones neumáticas y rígido-neumáticas hasta 8 metros incluidas en la norma ISO 6185, canoas, Kayaks u otras embarcaciones de manga inferior a 1,1 m. tampoco incluye o evalúa los efectos sobre la estabilidad en las operaciones de remolque, pesca de arrastre, dragado o izado de cargas, que deberían considerarse separadamente en su caso.

- Reglamento de American Bureau of Shipping (ABS), para el cálculo del escantillado de los pernos de la orza y del diámetro de la mecha del timón.
- Orden del Ministerio de Fomento FOM/144/2003 del 28 de Abril, para la regulación de los equipos de seguridad, salvamento, contraincendios y navegación.
- Convenio sobre el reglamento internacional para prevenir los abordajes de 1972, utilizado para la regulación de las luces y marcas de navegación.
- Real Decreto 258/1999 de 12 de febrero, por el que se establecen condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia técnica de los trabajadores del mar.

5.- ESTUDIO ESTADÍSTICO

El objetivo del estudio estadístico es poder obtener unos datos técnicos, de referencia, previos antes de determinar las dimensiones principales del barco a diseñar. Para la realización del estudio, se toman todos los datos técnicos posibles de una serie de veleros de crucero de eslora similar a la del proyecto. Analizando los datos obtenidos, se obtendrán unos valores máximo y mínimo para cada dimensión y relación adimensional que servirán para ayudar a determinar las dimensiones principales del barco.

Paralelamente al estudio estadístico realizado, se utilizará otro estudio estadístico proporcionado en el libro “Principles of Yacht Design”, basado en un gran número de embarcaciones más antiguas donde se incluye también veleros de regata, pero que, para el caso que nos ocupa, es igualmente válido en la comparativa final, sabiendo que los intervalos que se encuentran en dicho estudio, el valor máximo de cada uno de ellos, es más elevado debido a la gran variedad de barcos, en cuanto a dimensiones y tipos, que éste utiliza.

Dicho estudio se utiliza básicamente como comparación del estudio que se realiza con embarcaciones actuales, llegando finalmente a la conclusión de que a pesar del paso del tiempo, los intervalos en los que se mueven las dimensiones principales en ambos estudios son prácticamente iguales o muy parecidos. Esto es debido a que a pesar de que la estética, la cual es muy importante dentro de las embarcaciones deportivas sobre todo en las de tipo crucero, va variando, por ejemplo, en el caso de la proa que puede ser más o menos lanzada según las tendencias del momento, el comportamiento óptimo de las embarcaciones está bastante acotado. La mejor manera de comprobar esto es mediante las relaciones adimensionales de ambos estudios que se presentan en la siguiente tabla.

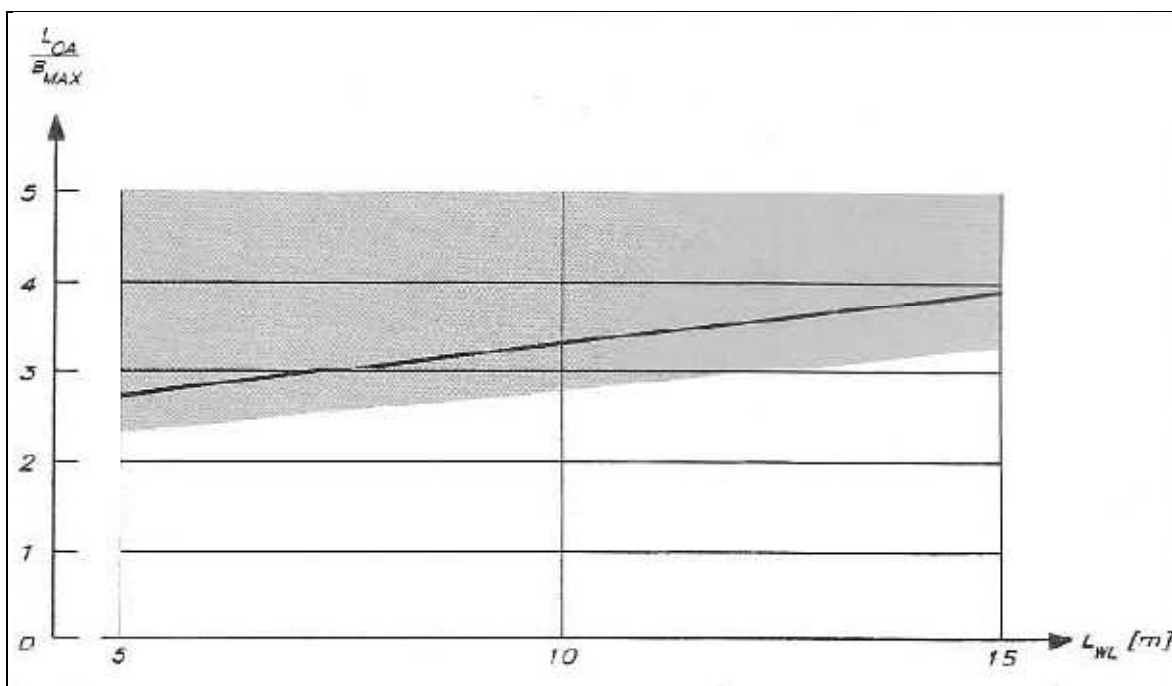
Tabla 1

		Loa/Bmax	Loa/Lwl	Lwl/Tmax	Lastre/ Δ	Lwl/ ∇ "
Estudio 1	Min	2.90	1.08	4.65	34.00%	4.70
	Max	5.00	1.38	6.05	55.00%	6.10
Estudio 2	Min	2.93	1.07	4.39	27.66%	4.96
	Max	3.36	1.20	5.47	44.35%	5.81

Donde, Estudio 1 corresponde al estudio estadístico proporcionado por el libro "Principles of Yacht Design", y Estudio 2 corresponde al estudio estadístico realizado con las embarcaciones actuales.

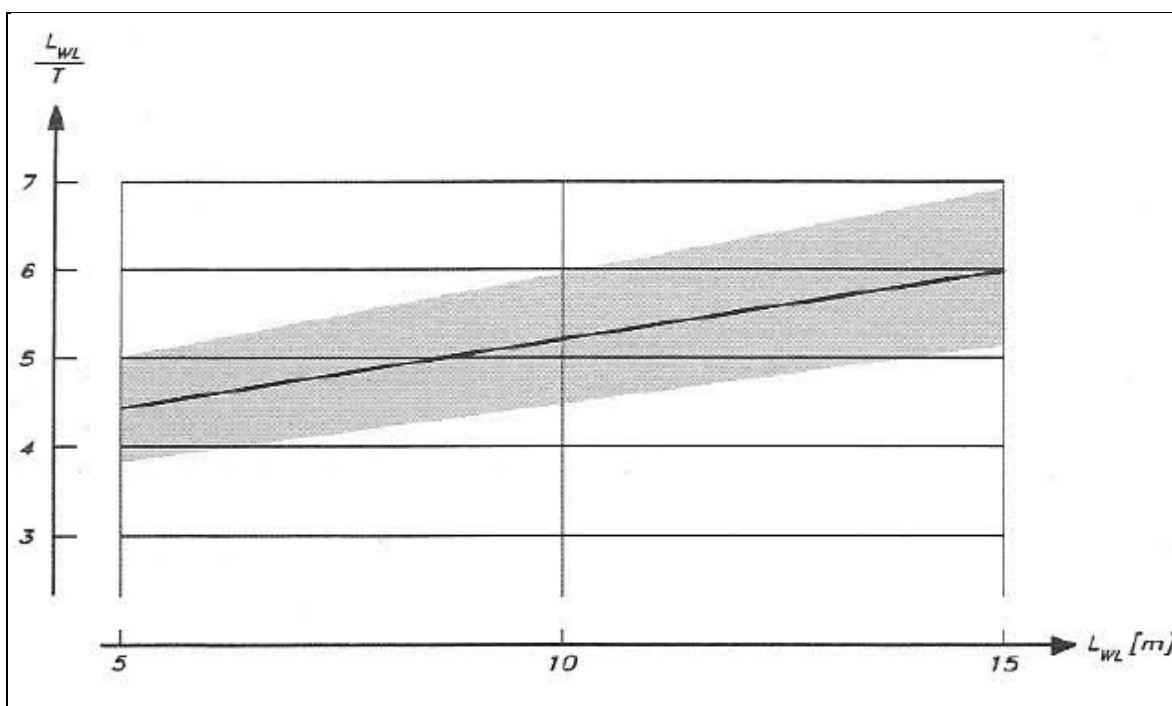
Las siguientes gráficas muestran algunas de las relaciones adimensionales del estudio estadístico que aparece en el "Principles of Yacht Design".

Figura 1



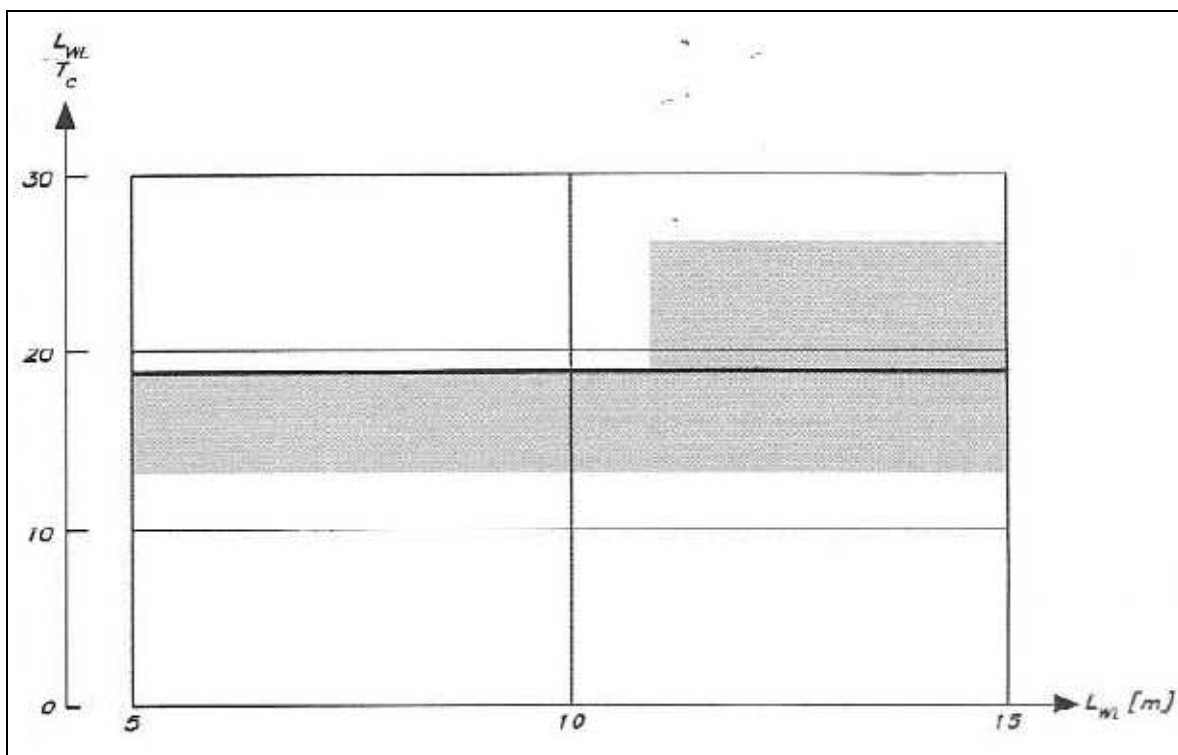
Relación Eslora/Manga. Principles of Yacht Design

Figura 2



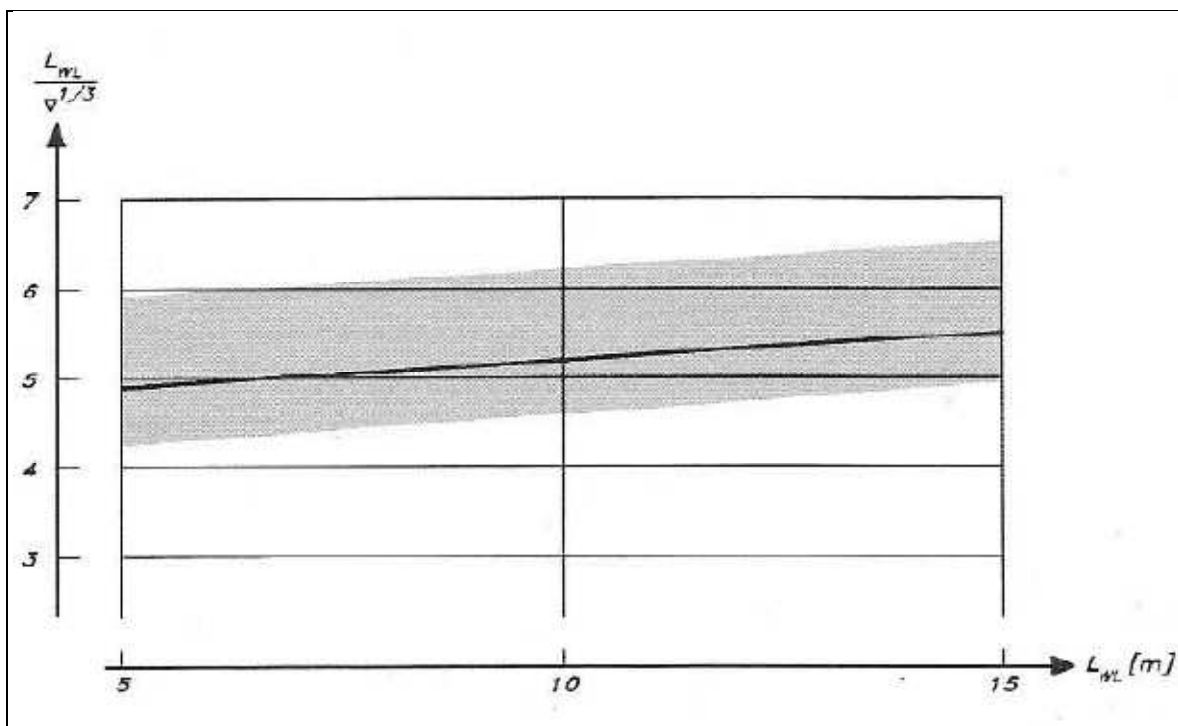
Relación Eslora de Flotación/Calado. Principles of Yacht Design

Figura 3



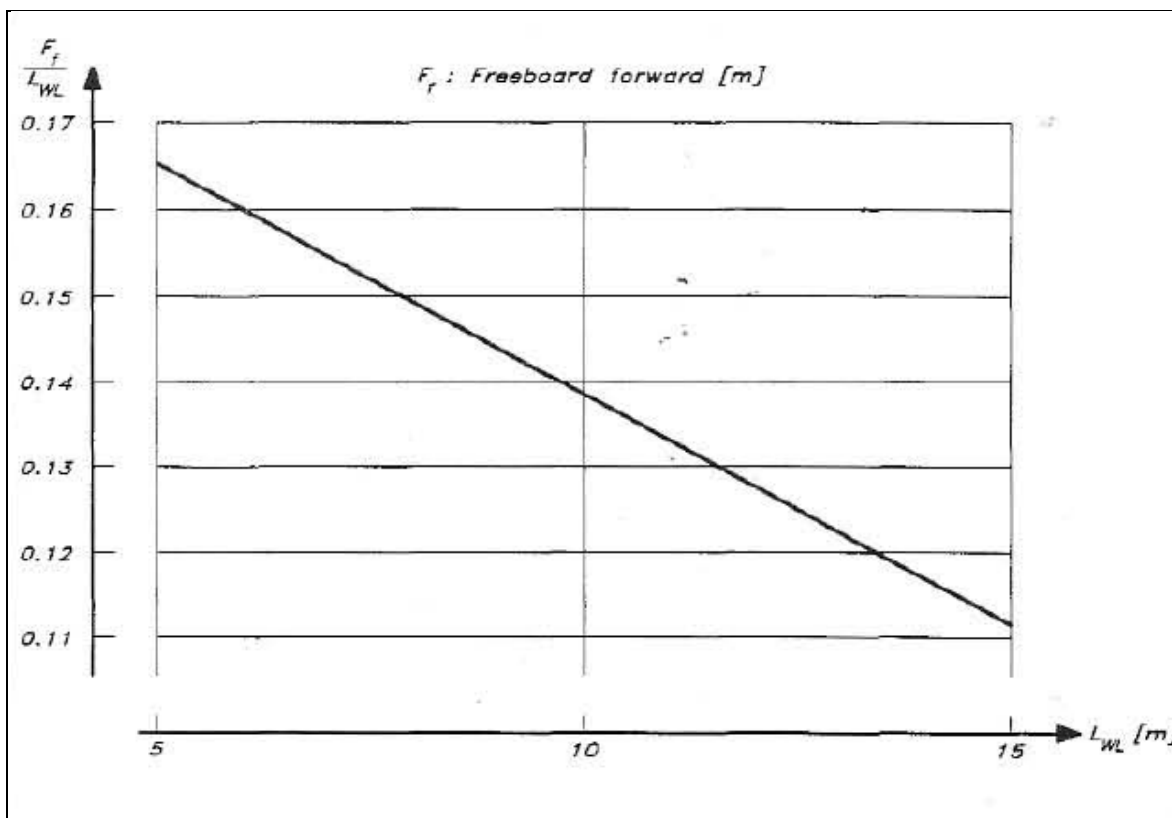
Relación Eslora de Flotación/Calado de Casco. Principles of Yacht Design

Figura 4



Relación Eslora de Flotación/Desplazamiento. Principles of Yacht Design

Figura 5



Relación Francobordo/Eslora de Flotación. Principles of Yacht Design

6.- DISEÑO DE LA CARENA

Las funciones principales que debe cumplir la carena son:

- Poseer suficiente estabilidad de formas, de manera que la embarcación pueda soportar los efectos de la fuerza aerodinámica transversal.
- Permitir el avance del barco con el mínimo consumo de energía, es decir, ofrecer la menor resistencia al avance posible.
- Poseer una buena resistencia a los movimientos dinámicos derivados de la navegación, como son el balance, el cabeceo, guiñadas y slamming.

En función de la velocidad de diseño de la embarcación, Número de Froude, F_n , podemos hablar de tres tipos de regímenes de navegación:

- Régimen de Desplazamiento \rightarrow Para $F_n < 0.35$
- Régimen de Semidesplazamiento $\rightarrow 0.35 < F_n < 0.45$
- Régimen de Planeo $\rightarrow F_n > 0.45$

6.1.- FORMAS DE EMBARCACIONES DE VELA

En este apartado se atenderá exclusivamente a obtener las mejores formas en cuanto al comportamiento hidrodinámico de la embarcación y conseguir así una navegación adecuada, pese a saber que al aumentar la superficie del barco el coste del modelo y molde será mayor.

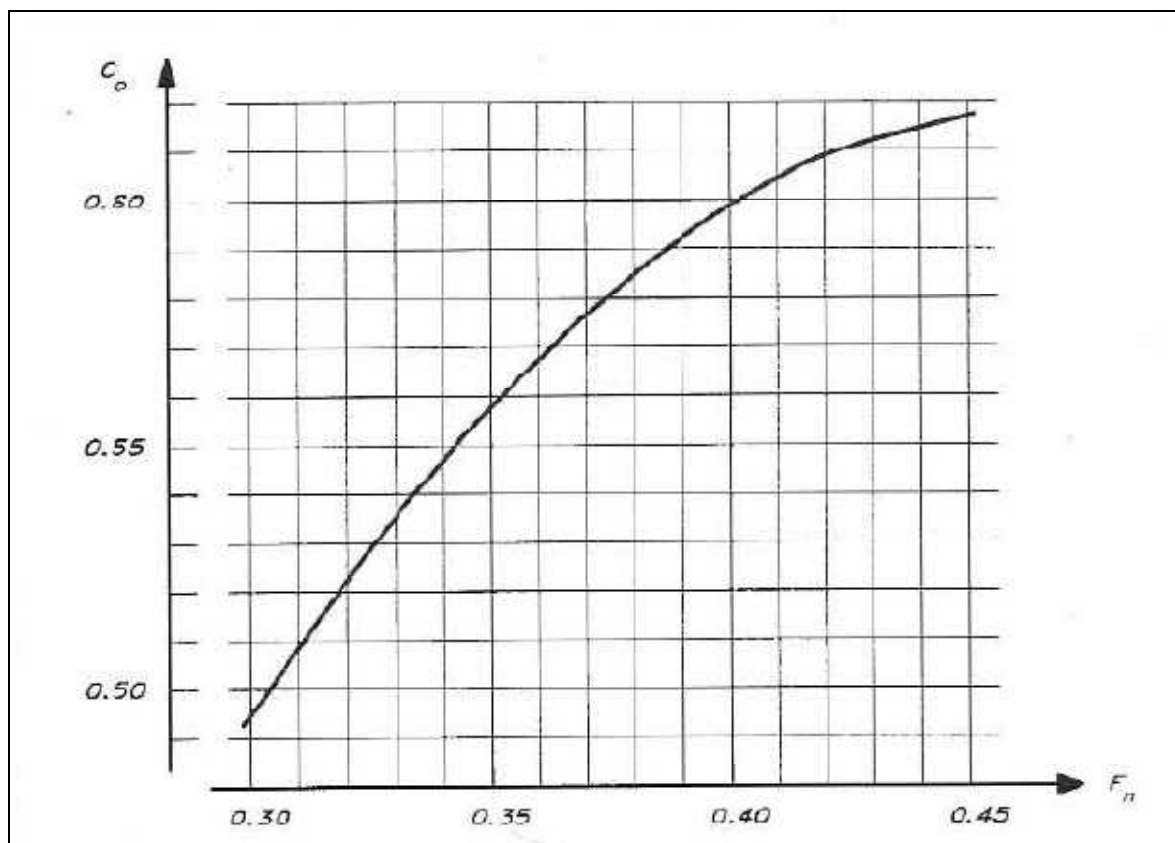
Fruto de conseguir unas formas óptimas es la disminución de la resistencia al avance de la embarcación, por lo que para una misma superficie vélica, el cual es el sistema propulsor principal, la velocidad de la embarcación será mayor. Para conseguir disminuir la resistencia al avance del barco es muy importante analizar la influencia de los coeficientes de forma en la resistencia, por lo que a continuación se hará un breve análisis de éstos.

La influencia del coeficiente prismático, C_p , en la resistencia de presión por fricción es muy importante. Asimismo conviene remarcar en este punto la importancia de la posición longitudinal del centro de carena, LCB, en la resistencia al avance.

Ambos parámetros, tanto C_p como LCB, influyen en la distribución de presiones del casco.

La figura 6 muestra los valores óptimos del C_p para los distintos valores de F_n .

Figura 6



Coefficiente Prismático Óptimo. Principles of Yacht Design

Unas formas llenas en popa, incrementan la resistencia de presión por fricción, sin embargo, la resistencia por formación de olas puede reducirse debido a que el fenómeno de separación provoca que la eslora efectiva del casco sea mayor.

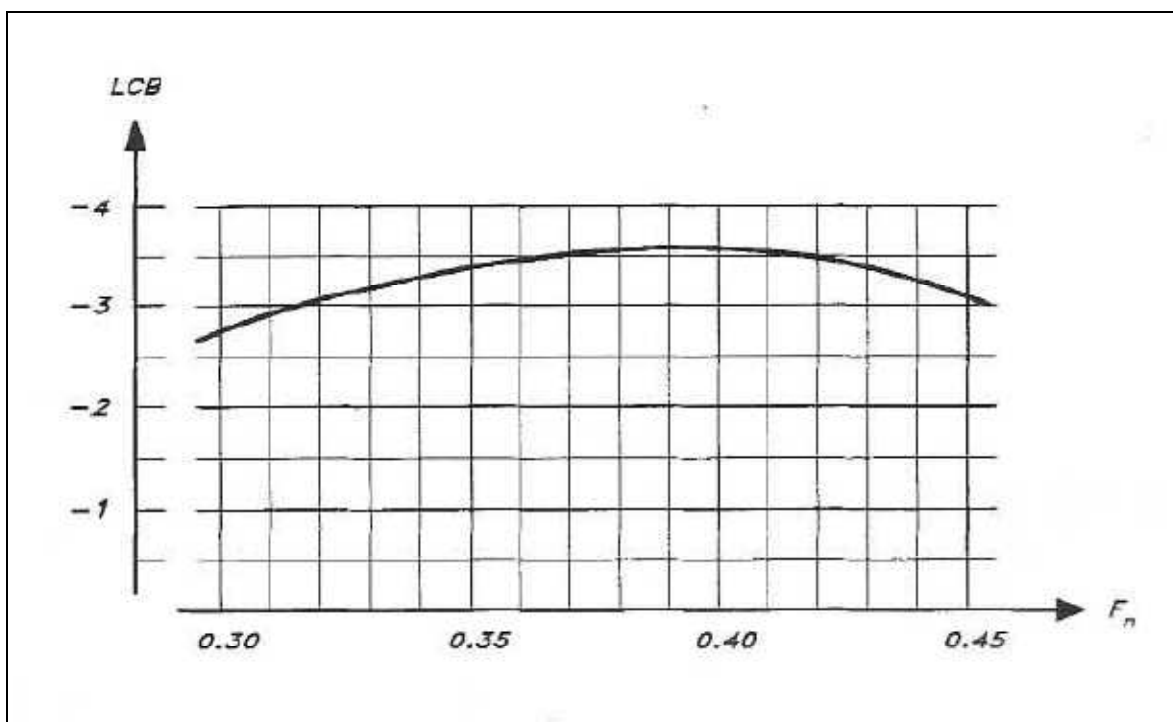
A la hora de decidir sobre los valores óptimos de C_p y LCB, se debe considerar la velocidad de diseño de la embarcación y estimar si merece la pena reducir la resistencia por presión viscosa, la cual es la más característica para bajas velocidades, o la resistencia por formación de olas, más acusada a altas velocidades. Para poder decidir sobre los valores óptimos de C_p y LCB, se debe saber que si $C_p < 0.54$, el incremento

de la resistencia residual será menor, y que si LCB está comprendido entre [-2.4, -3.2] en % de eslora en la flotación a popa de la maestra, el aumento de resistencia residual es pequeño.

La Resistencia Residual es el resultado de la suma de la resistencia de presión de origen viscoso y la resistencia por formación de olas.

En el caso que nos ocupa la embarcación pertenece al grupo de régimen de desplazamiento por lo que interesa reducir la resistencia de presión de origen viscoso, tomando el rango de valores de C_p y LCB óptimos, para reducir el aumento de la resistencia residual.

Figura 7



Centro Longitudinal de Carena Óptimo. Principles of Yacht Design

En la Figura 7, LCB está expresado en % de eslora en la flotación a popa de la cuaderna maestra.

Si se tiene en cuenta que la resistencia por formación de olas es la componente

más importante para $0.35 < F_n < 0.45$ (aproximadamente), en esa zona de operación un casco con formas llenas en popa será más eficaz (C_p del orden de 0,56 para $F_n = 0.35$) mientras que las formas afinadas serán más efectivas para valores menores de F_n .

Los casos con $F_n > 0.45$ se encuentran en la zona de semiplaneo. Unas formas adecuadas en estos casos requieren un fondo plano en la zona de popa, que permita a la embarcación deslizarse sobre la superficie del agua. La terminación en popa de formas de este tipo requiere de una popa de estampa. Hay que tener en cuenta que unas formas de este tipo implican un elevado valor de C_p (del orden de 0.7 para F_n cercanos a 1.0) y son por lo tanto poco adecuadas para navegar a bajas velocidades.

Respecto a las formas transversales (formas de las cuadernas) del casco, se ha de decir que influyen de manera importante en la resistencia por fricción, al determinar la superficie mojada de la embarcación. A medida que se vaya acercando a la forma semicircular, menor será esta superficie mojada. La determinación de que las formas transversales sean más o menos llenas se hace en base a los valores óptimos elegidos de C_p y LCB.

Por otra parte se ha de decir, que las formas semicirculares pueden originar un movimiento de balanceo excesivo, mientras que unas formas en V marcadas pueden provocar problemas de gobierno. Asimismo una quilla con el centro de gravedad demasiado bajo puede ser perjudicial, al acelerar el movimiento pendular con mar de través.

Atendiendo a las formas de proa, un trazado fino puede retrasar la ola de proa y por tanto reducir la velocidad máxima de la embarcación. En contra, unas formas excesivamente voluminosas son afectadas en exceso por las olas exteriores contribuyendo a aumentar los movimientos de balance y cabeceo. El amortiguamiento de estos movimientos se consigue aumentando el volumen de proa en la dirección vertical. En el caso que nos ocupa, se ha optado por elegir unas formas en proa con un cierto volumen para disminuir, en la medida de lo posible, el balance y cabeceo.

Debido a las diferentes condiciones de navegación en que puede encontrarse el barco, la optimización del proyecto para un solo punto de funcionamiento puede no tener sentido. Es por ello por lo que se utilizan los programas de predicción de velocidad, VPP, en los que, gracias a ellos, puede estimarse la velocidad de la embarcación en cada punto de funcionamiento y a partir de este dato elegir la embarcación más rápida en una gama de condiciones. Por falta de programas adecuados para tal fin, no se ha podido realizar esta parte del estudio.

6.2.- CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

Lo primero que se determina es el régimen de navegación de la embarcación, el cual será un régimen de desplazamiento, por lo que el Número de Froude, F_n deberá ser menor a 0.35. Como la embarcación se usará para ocio familiar, no es necesario dotarla de una velocidad notable.

Uno de los principales parámetros que se tiene en cuenta para el diseño de la carena es el coeficiente prismático, C_p , cuyo valor óptimo para un menor incremento en la resistencia está próximo a 0.5.

En base al estudio estadístico realizado en apartados anteriores, se procede a determinar las dimensiones principales de la embarcación. El estudio estadístico proporcionado en el “Principles of Yacht Design” se utilizará simplemente para comparar y comprobar que las relaciones adimensionales del barco se encuentran dentro del intervalo correspondiente para cada relación. También se utilizará para tener una guía para el diseño y determinación de valores tales como el francobordo en proa o el calado de casco.

La primera dimensión a determinar es el desplazamiento del barco. Se dotará a la embarcación de un desplazamiento generoso para poder tener un margen mayor en cuanto al peso de la habilitación y componentes exteriores. Por ello se determina que el desplazamiento en rosca del barco, Δ_r , será de 8900 Kg.

Una vez obtenido el desplazamiento en rosca, Δ_r , se procede a calcular el desplazamiento de diseño, Δ_d , el cual se estimará de la siguiente manera:

1. Se calcula el Desplazamiento Mínimo Operativo, Δ_{minop} .

$$\Delta_{minop} = \Delta_r + W_1 + 10\% T. \text{ Agua} + 10\% T. \text{ Combustible}$$

Siendo, W_1 , el peso de una persona, el cual se estima que es de 100 Kg incluidos los pertrechos y equipajes.

T. Agua, es el peso del agua potable, el cual asumimos que es de 360 Kg.

T. Combustible, es el peso del combustible a bordo, el cual se estima en 210 l, es decir, 181.65 Kg.

$$\Delta_{minop} = 9054.165 \text{ Kg.}$$

2. Se calcula el Desplazamiento Máximo Operativo, Δ_{maxop} .

$$\Delta_{maxop} = \Delta_r + W_t + 100\% T. \text{ Agua} + 100\% T. \text{ Combustible}$$

Siendo, W_t , el peso de todas las personas a bordo, el cual se asume que es de 600 Kg incluidos los pertrechos y equipajes.

T. Agua, es el peso del agua potable, el cual se asume que es de 360 Kg.

T. Combustible, es el peso del combustible a bordo, el cual se estima en 210 lt, es decir, 181.65 Kg.

$$\Delta_{maxop} = 10041.65 \text{ Kg.}$$

3. El Desplazamiento de diseño, Δ_d , es la media aritmética de los dos desplazamientos anteriormente calculados.

$$\Delta_d = (\Delta_{minop} + \Delta_{maxop}) / 2$$

$$\Delta_d = 9547,91 \text{ Kg} \approx 9548 \text{ Kg}$$

Respecto a los cálculos anteriores, la obtención del peso del tanque de combustible y del tanque de agua se ha realizado de la siguiente manera:

Se determina previamente que el motor que llevará el barco es un motor volvo-penta D2-55 con cola. Las revoluciones por minuto en las que oscilará dicho motor serán de 2700 – 3000 RPM, y el consumo de combustible será de 11 lt/hr para 2700

RPM y de 12.5 lt/hr para 3000 RPM. La media de consumo será de 11.75 lt/hr. La densidad del gasóleo a 15° de temperatura varía entre [825 – 865] Kg/m³; para el caso que nos ocupa se elige una densidad de: ρ (gasóleo) = 865 Kg/m³.

Suponiendo que el barco navega 8 horas diarias durante 5 días a la semana y que aproximadamente el 40% del tiempo navega a motor, es decir, 3 horas al día, el consumo semanal será de:

3 horas x 11.75 lt/hr = 35.25 lt al día, durante 5 días → 176.25 lt/semana. Luego el tanque de combustible será más que suficiente de 210 lt. El peso del combustible será por tanto de 181.65 Kg.

El consumo de agua potable por persona recomendado por la OMS es de 80 litros. Debido a que el barco no es un crucero oceánico en el cual la estancia en el barco es más prolongada, se estima el consumo diario por persona en 12 litros. Estos 12 litros consumiría una persona en caso de que el barco estuviera 5 días navegando sin parar.

$$12 \text{ litros} \times 6 \text{ personas} \times 5 \text{ días} = 360 \text{ litros}$$

$$\text{Tanque de Agua Potable} = 360 \text{ lt.}$$

En caso de que el número de días navegando sin parar se redujera, lo cual es la circunstancia que se dará habitualmente debido al uso que se pretende dar a la embarcación, o el número de personas a bordo disminuyera, obviamente, los litros diarios por persona aumentarían.

La segunda dimensión a determinar es la eslora total, la cual prácticamente viene marcada por la definición del propio proyecto, por lo que, usando las unidades inglesas, que son las unidades más habituales para nombrar las dimensiones en las embarcaciones de recreo, se tiene que la eslora del barco es de 40 pies, que transformadas en unidades métricas, multiplicando por 0.3048, quedarían 12.192 metros. Por ello se determina que la eslora total del barco será de 12.19 metros, sabiendo que a mayor eslora, mayor será el coste de fabricación pero a su vez, también se aumenta el espacio a bordo y pueden conseguirse también unas formas más suaves influyendo directamente en la resistencia al avance.

Para la determinación tanto de la manga como del resto de las dimensiones principales se utiliza el siguiente método:

Primero se utilizarán los valores máximo y mínimo de la relación adimensional que interese obtener, obtenidos previamente en el estudio estadístico, sabiendo que se conoce una de las dimensiones incluidas en dicha relación. Teniendo los valores máximo y mínimo se procede a calcular el intervalo en el que tendremos que movernos para la determinación de la dimensión a calcular, por ejemplo, para el caso del cálculo de la manga se usará el siguiente intervalo de la relación L_{oa}/B_{max} , (2.93 – 3.36), incluido dentro de la tabla 1 en el apartado de estudio estadístico. A continuación, como ya se ha fijado la eslora máxima en 12.19 metros, se calcula el intervalo donde se encontrará la manga a calcular, $B_{max} = (3.62 – 4.16)$. En tercer lugar se procede a determinar finalmente la dimensión a calcular y para ello, se fijará un tanto por ciento de la diferencia de los valores máximo y mínimo del último intervalo calculado, y dicho tanto por ciento se sumará al valor mínimo de dicho intervalo; Por ejemplo, para el caso de la manga, la diferencia del intervalo $B_{max} = (3.62 – 4.16)$ sería de 0.54, tomando un 60% de la diferencia se tiene un valor de 0.324 que se sumará al valor mínimo del intervalo 3.62, obteniendo un valor final, tras redondear, de $B_{máx} = 3.95$ metros.

La elección del 60% de aumento de la manga mínima del intervalo, es debido a que interesa que haya un buen espacio en cubierta y por consiguiente en el interior del barco, pero sin romper con la estética generalista que cumplen el resto de las embarcaciones del estudio. También se ha tenido en cuenta la estabilidad de formas en esta determinación de la manga sabiendo que a mayor manga, mayor estabilidad tendrá la embarcación.

La eslora de flotación, L_{wl} , indica como de lanzada será la proa, de tal forma que a menor eslora de flotación mayor será el lanzamiento de la proa y por tanto, la velocidad de la embarcación será menor. Como el uso de la embarcación será para disfrute familiar, no para la competición, interesa dotar a la embarcación de una proa con un cierto lanzamiento ya que a pesar de la pérdida de velocidad que esto provocará, también interesa reducir al máximo los movimientos bruscos de la embarcación en la

mar que se producirían si la proa fuera muy poco lanzada. Por todo ello, se procede a adoptar un aumento del 40% de la diferencia del intervalo de la eslora de flotación, L_{wl} . La eslora de flotación calculada es de 10.7 metros.

El calado máximo influirá en la altura de la orza. Interesa que el perfil hidrodinámico tenga una buena relación de aspecto, resultado de dividir la altura de la orza por la cuerda media, ya que a mayor relación de aspecto, mayor sustentación creará el perfil y por consiguiente, menor será el abatimiento de la embarcación. También hay que tener en cuenta que una relación de aspecto elevada implica una orza más fina por lo que tendrá poca capacidad de lastre y por tanto no se podrá bajar mucho el centro de gravedad para mejorar así la estabilidad. Por todo ello, se procede a adoptar un aumento del 40% de la diferencia del intervalo del calado, dando como resultado un calado total de 2.1 metros.

Tras haber realizado varias pruebas en el diseño de la carena con distintos F_n y sus respectivos C_p obtenidos de la figura 6 expuesta en el apartado anterior, se llega a la conclusión que la mejor relación encontrada es para un $C_p = 0.53$ y un $F_n = 0.325$.

El valor de LCB obtenido para el proyecto es de 3.17% de L_{wl} a popa de la cuaderna maestra, el cual se encuentra comprendido dentro del intervalo [-2.4, -3.2] en % de eslora en la flotación a popa de la maestra, por lo que el aumento de la resistencia residual en dichas condiciones es pequeño.

Tabla 2

Dimensiones Principales	
Loa	12.19 m
Lwl	10.70 m
Bmáx	3.95 m
Tmáx	2.10 m
Tc	0.53 m
Puntal en Proa	2.01 m
Δ_r	8900 Kg
Δ_d	9548 Kg
Δ_c	9272 Kg
Cp	0,529
LCB	3.17

En la tabla 2, LCB está expresado en % a popa de la cuaderna maestra. El valor obtenido en metros de LCB es de 0.34 a popa de la cuaderna maestra.

Se ha tenido especial cuidado en el diseño de las líneas de agua de la carena para conseguir de esta manera un adecuado ángulo de entrada en la flotación y también para retrasar todo lo posible, hacia popa, la separación de la capa límite, lo cual provoca un régimen turbulento con el consiguiente aumento de la resistencia. Cuanto más a popa esté dicha separación, menor es el aumento de la resistencia.

7.- DISEÑO DE APÉNDICES

7.1.- GENERACIÓN DE LA FUERZA DE SUSTENTACIÓN

Un cuerpo en movimiento dentro de un fluido puede representarse mediante las líneas de corriente. Si el cuerpo es simétrico y el fluido es ideal, es decir, que no influye la viscosidad del fluido, las líneas de corriente fluyen simétricamente en ambas caras del cuerpo, existiendo por tanto una línea divisoria. El punto de aplicación de la línea de corriente divisoria sobre el cuerpo es conocido como punto de estancamiento, donde en dicho punto, la velocidad del fluido es cero y por tanto la variación de la presión dinámica será máxima.

Ecuación de Bernoulli, válida para un fluido ideal:

$$P + (\rho * g * z) + \left(\frac{1}{2} * v^2 * \rho\right) = CTE$$

Donde,

- P: Presión estática.
- $(\rho * g * z)$: Presión hidrodinámica.
- $\left(\frac{1}{2} * v^2 * \rho\right)$: Presión dinámica.

En un mismo plano (Plano de flotación), las presiones estática e hidrodinámica permanecen constantes, luego la única variable es la presión dinámica, tras producirse un gradiente de velocidades.

$$\Delta Pd = \frac{1}{2} * \rho * (v1 - v2)^2$$

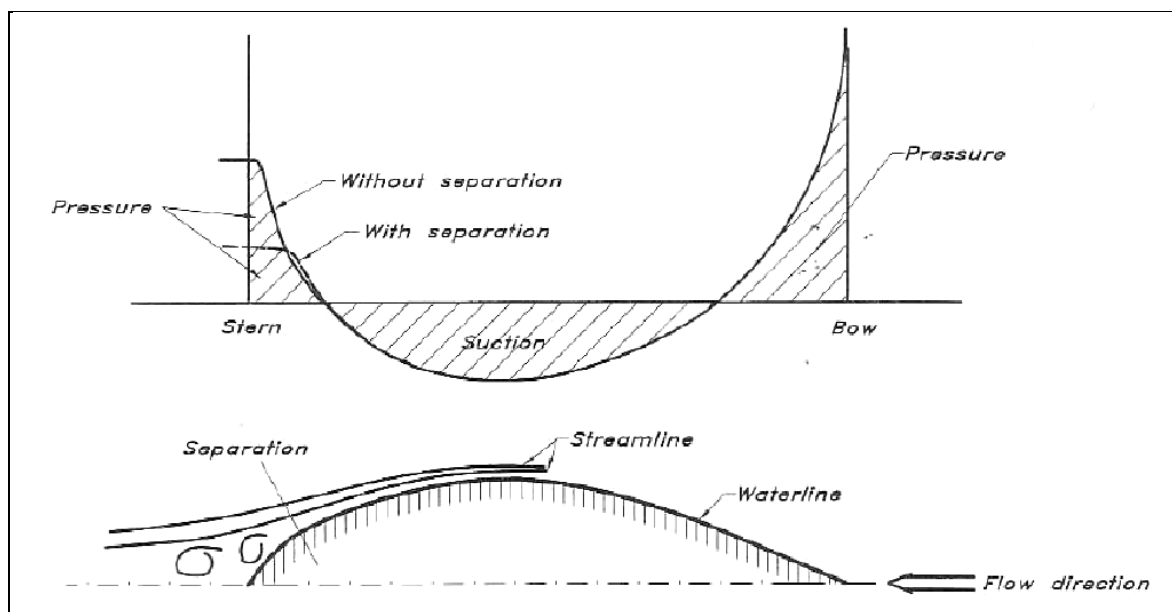
Donde,

- v1: Velocidad del fluido antes de ser alterada por el cuerpo.
- v2: Velocidad del fluido después de ser alterada por el cuerpo.

En el punto de estancamiento, $v2 = 0$, por lo que ΔPd es máxima.

Si se analiza lo que ocurre hacia popa, se comprobará que el fluido se acelera hasta recobrar su velocidad inicial, llegando en este proceso a superar dicha velocidad, por lo que se produce una disminución de la presión dinámica en la zona central del cuerpo.

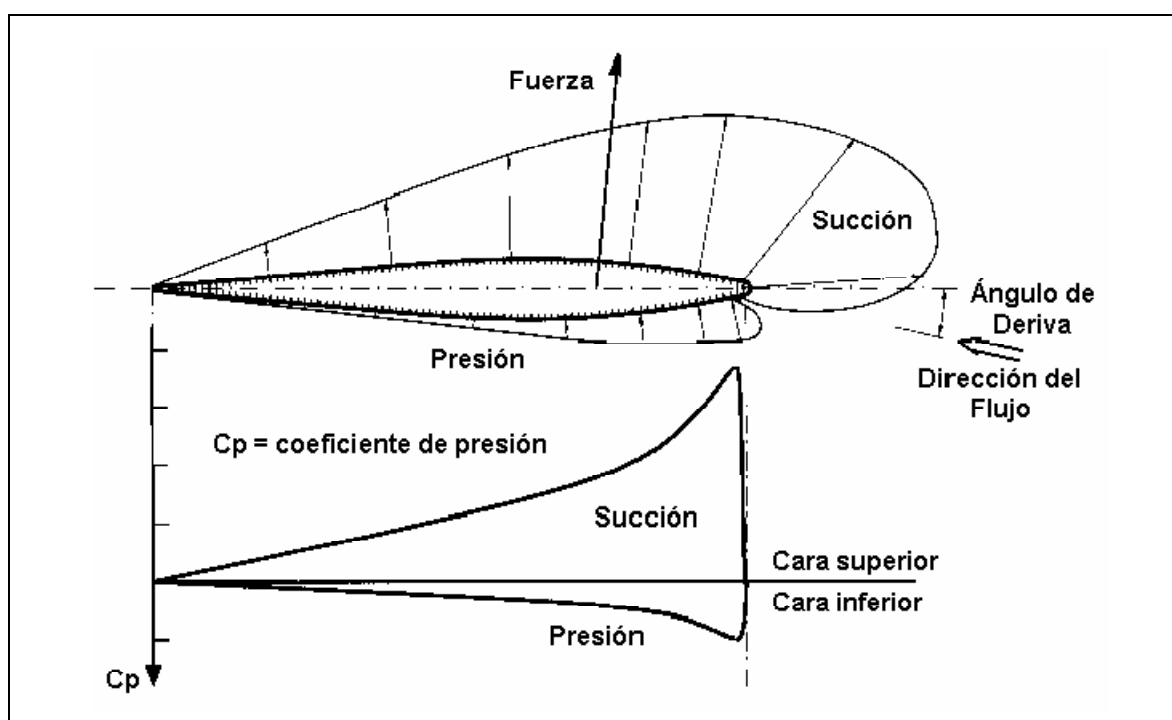
Figura 8



Distribución de Presión con y sin separación. Principles of Yacht Design

Cuando el cuerpo no es simétrico o aún siéndolo se enfrenta con un cierto ángulo de ataque al fluido, se produce una diferencia de presión entre las caras del cuerpo que provocará una succión o empuje perpendicular a la dirección del fluido y de sentido hacia la cara del cuerpo de menor presión. Dicha succión o fuerza de empuje se denomina Fuerza de Sustentación (L), y puede ser descompuesta en dos componentes, una en la dirección perpendicular al flujo (dirección de avance del perfil) que se denomina sustentación, y otra en la dirección del flujo que se denomina resistencia.

Figura 9

*Distribución de Presión alrededor del perfil. Principles of Yacht Design*

Cuando el ángulo de ataque de un perfil con respecto al fluido incrementa, la fuerza de sustentación también aumenta. Con el incremento del ángulo de ataque, el fluido comienza a separarse antes del cuerpo en su cara de sotavento, llegando a un punto en que la fuerza de sustentación comienza a reducirse creciendo la resistencia al avance. A partir de un determinado ángulo de ataque, la fuerza de sustentación desaparece y la resistencia del cuerpo aumenta drásticamente. Este ángulo se conoce como Ángulo de Barrena y depende principalmente de la velocidad del fluido respecto al cuerpo, su relación entre el grosor y la cuerda del perfil y del tipo de sección de dicho perfil. Por todo esto, es muy importante a la hora de definir el tipo de perfil, conocer cuál va a ser el régimen de trabajo de éste, y evitar así que entre en barrena.

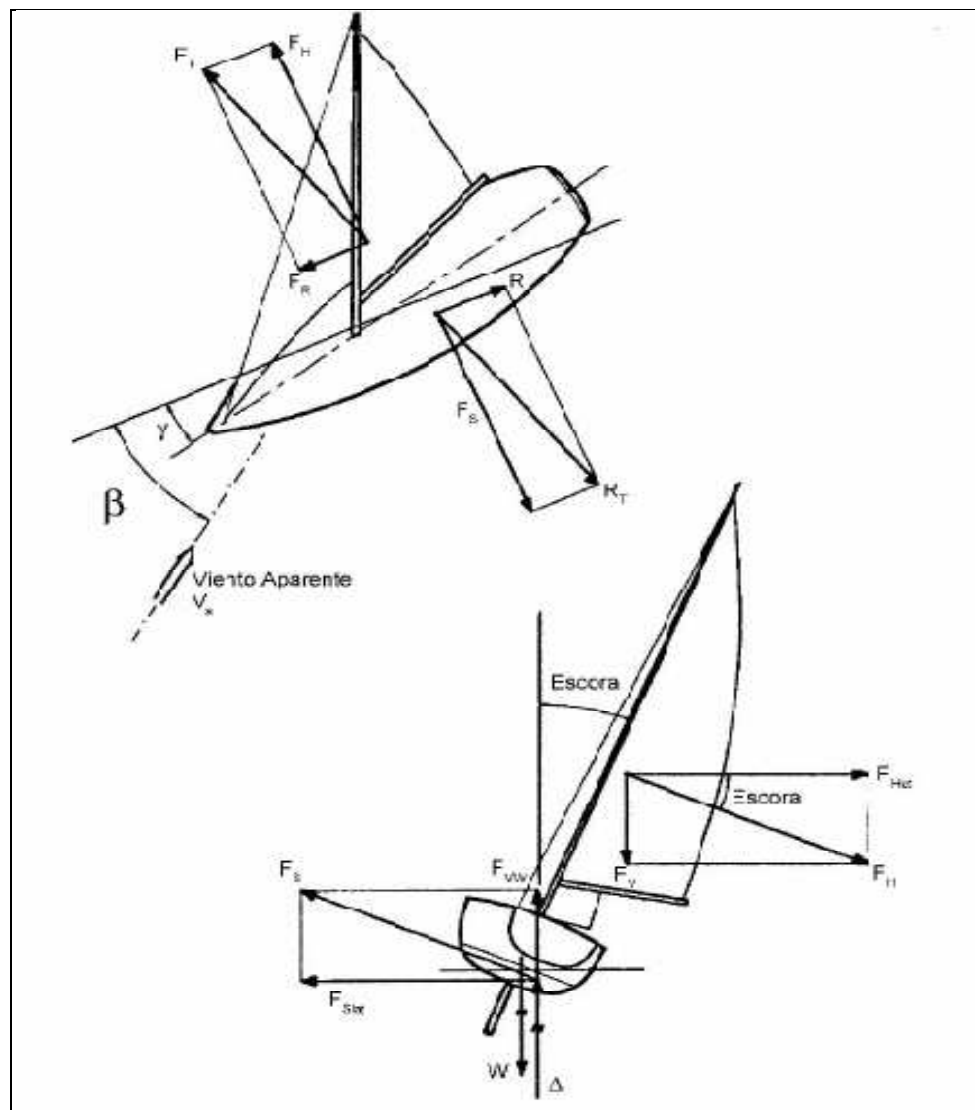
7.2.- APLICACIÓN DE LA AERODINÁMICA A LA NAVEGACIÓN A VELA

Una vez dotada de una forma aerodinámica a la vela, y navegando con un cierto ángulo de ataque respecto al viento, la vela comenzará a generar fuerza de sustentación.

La *fuerza aerodinámica* aparecerá como resultante de la combinación de la fuerza de sustentación y la resistencia. Dicha fuerza aerodinámica se aplica sobre un punto denominado centro de presión vélica, CPV, cuya posición dependerá de la configuración del plano vélico.

Si se descompone la fuerza aerodinámica en el sentido longitudinal y transversal de la embarcación, se tiene dos componentes de la fuerza aerodinámica que son: la fuerza aerodinámica propulsora (sentido longitudinal), F_{ap} , y la fuerza aerodinámica lateral (sentido transversal), F_{al} .

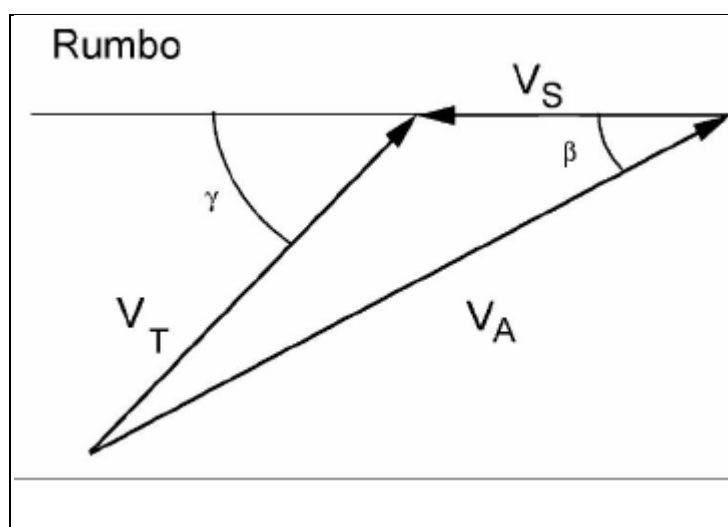
Figura 10



Fuerzas sobre un Velero. YTB-09

La variación del ángulo de ataque del plano vélico respecto al viento para buscar la máxima efectividad en la navegación hace que las componentes F_{ap} y F_{al} varíen también. Cuanto más cerrado al viento se navegue mayor será F_{al} y menor la componente propulsora F_{ap} , por el contrario, cuanto más abierto al viento se navegue mayor será la componente propulsora. A priori, esto nos podría hacer pensar que la embarcación navegará más lenta en rumbos cerrados que en rumbos abiertos al viento. Esto no es del todo cierto ya que la fuerza de sustentación varía con el cuadrado de la velocidad del fluido con respecto al perfil. En la navegación a vela, la velocidad del aire respecto al perfil aerodinámico, se denomina viento aparente, cuya velocidad depende de la velocidad de la embarcación, de la velocidad del viento real y de la dirección de éste con respecto a la embarcación. Así pues, cuanto más cerrado al viento se navegue, mayor será la velocidad del viento aparente. Éste viento aparente es el que actúa sobre la velas y es el que se necesita para calcular la fuerza aerodinámica. Por todo ello, la embarcación se diseña cuando navega en ceñida.

Figura 11



Triángulo de velocidades. YTB-09

Donde, V_A : Magnitud del viento aparente.

V_T : Viento real.

β : Ángulo del viento aparente respecto al barco.

γ : Ángulo del viento real con la dirección de la marcha.

7.3.- EFECTOS DE LA FUERZA AERODINÁMICA LATERAL

Los efectos que provoca la fuerza aerodinámica lateral son:

- Deriva o Abatimiento
- Estabilidad de rumbo
- Par escorante

7.3.1.- Deriva o Abatimiento

Se define “abatimiento” como el ángulo formado por el rumbo teórico de la embarcación y el curso real que describe, y se define “deriva” como el desplazamiento lateral de la embarcación.

Cuando se navega en rumbos cerrados, la fuerza aerodinámica lateral provoca que la embarcación comience a desplazarse en la dirección de la fuerza aerodinámica. Cuando se produce ese desplazamiento lateral, la obra viva al enfrentarse con un ángulo de ataque comienza a generar una resistencia en la dirección contraria a la fuerza aerodinámica lateral llamada *fuerza hidrodinámica lateral*, F_{hl} , hasta que dicha fuerza iguala a la fuerza aerodinámica lateral y el rumbo se estabiliza en un abatimiento determinado. Mientras que $F_{hl} = F_{al}$ el abatimiento permanecerá constante. Dicho abatimiento será menor cuanto más efectivo sea el plano anti-deriva de la embarcación, es decir, cuanto dicho plano sea más capaz de generar sustentación con un menor ángulo de ataque. Para conseguir esto se emplean perfiles hidrodinámicos denominados Orzas, que son capaces de generar una gran sustentación con bajos ángulos de ataque (hasta 6° aproximadamente).

La fuerza hidrodinámica lateral se aplica sobre un punto denominado Centro de Resistencia Lateral o Centro de Deriva, CLR, el cual se localiza en la Orza.

Nota: El ángulo de abatimiento coincide con el ángulo de ataque.

7.3.2.- Estabilidad de rumbo

La posición longitudinal del CPV con respecto al CLR marca la estabilidad de rumbo.

- Si el CPV se encuentra a proa del CLR la embarcación tiende a Arribar, es decir, abrirse al viento.
- Si el CPV se encuentra a popa del CLR la embarcación tiende a Orzar, es decir, cerrarse al viento.
- Si el CPV está en la misma vertical que el CLR la embarcación se encuentra en equilibrio vélico.

Las tendencias a Orzar u Arribar son corregidas con el uso del timón, lo que provoca un aumento de la resistencia al avance y por consiguiente una disminución de la velocidad.

7.3.3.- Par Escorante

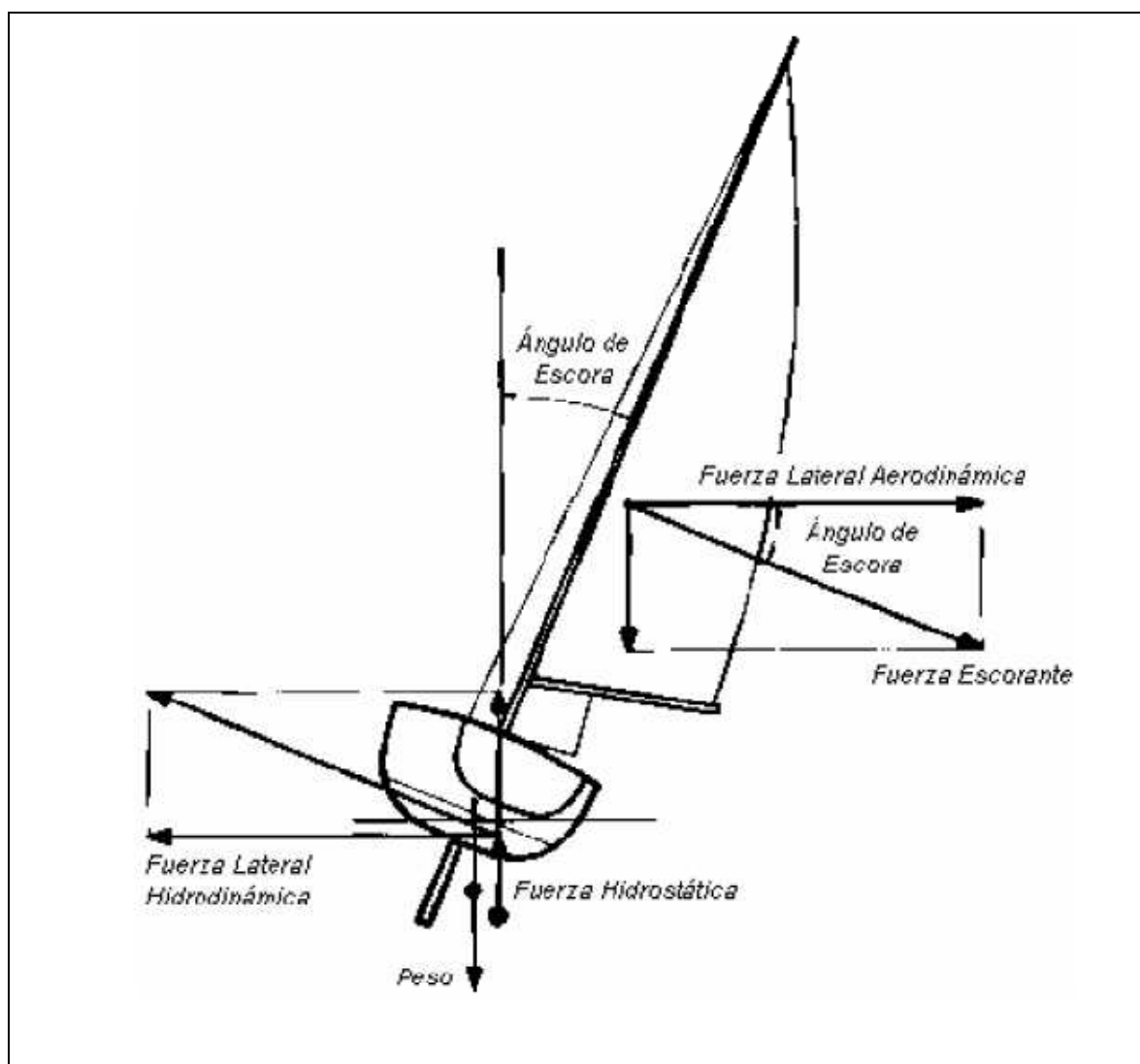
La fuerza aerodinámica lateral junto con la fuerza hidrodinámica lateral provocan un par escorante a la embarcación. La magnitud de dicho par depende de la distancia vertical del CPV al CLR, llamada brazo escorante, así como de la intensidad de dichas fuerzas.

$$Me = Fal \times Be$$

Siendo, Me: Momento escorante y Be: Brazo escorante.

Para mantener la embarcación en unos regímenes de escora aceptables para la navegación y evitar así la pérdida de efectividad del plano vélico debido a la escora, es necesario dotar de suficiente estabilidad inicial a la embarcación, GM. Esto se consigue mediante la combinación por un lado del aumento de la manga, por lo que se aumenta así la estabilidad por formas, y la utilización de lastre fijo en la orza que permita así bajar la posición del centro de gravedad de la embarcación aumentando de esta manera la estabilidad inicial.

Figura 12



Fuerzas sobre un Velero. YTB-09

7.4.- DISEÑO DE LA ORZA

Para poder diseñar correctamente la orza y conseguir que sea lo más efectiva posible, primero se tiene que conocer las funciones principales que debe desempeñar dicho perfil, que son:

- Función hidrodinámica

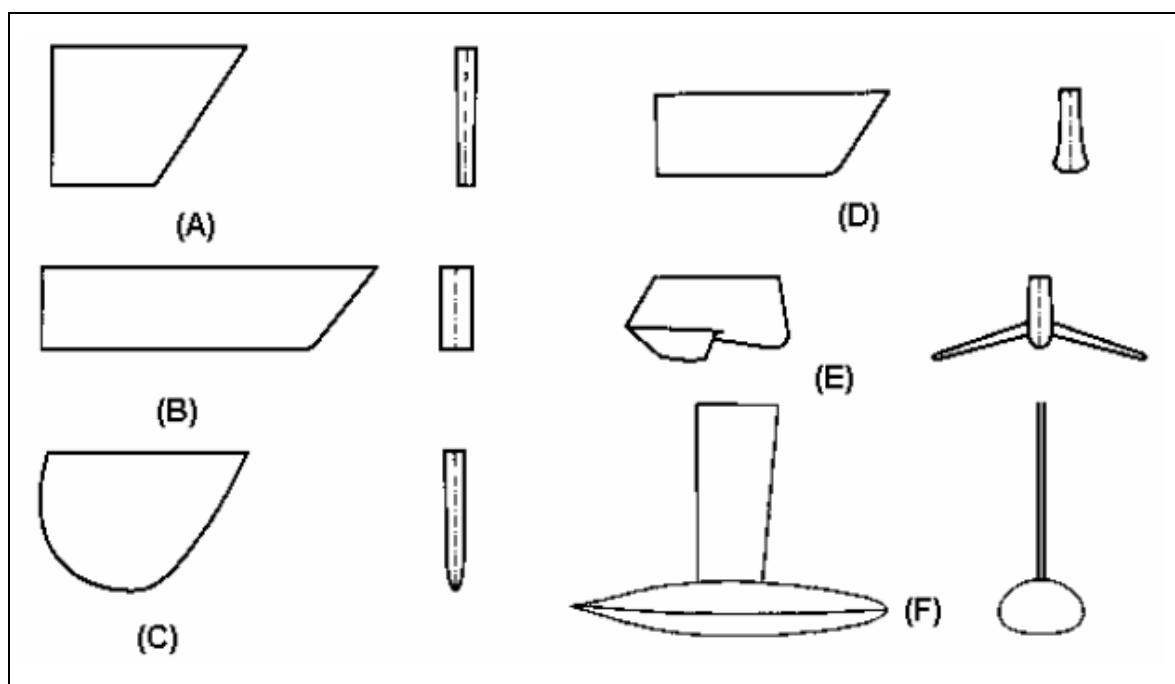
La orza tiene que generar una sustentación que contrarreste la fuerza aerodinámica lateral que generan las velas con el menor ángulo de ataque posible. También ha de tratarse que la resistencia que genere la orza sea mínima.

- Función Adrizante

La orza debe servir de ubicación del lastre fijo de forma que se consiga la estabilidad necesaria para soportar la superficie vélica dentro de unos ángulos de escora razonables.

En la siguiente imagen se pueden diferenciar seis tipos de quilla.

Figura 13



Tipos de Orzas. YTB-09

A- Quilla que no tiene por qué dar balance, sería la de un barco de vela ligera, y muchos barcos de lastre fijo sin una necesidad de lastre alta.

B- Quilla corrida, son las más usadas en los yates a vela donde por limitaciones de calado, la quilla tiene mucha más dimensión proa-popa que en sentido del calado.

C- Quilla elíptica, suelen ser usadas en barcos que necesitan quillas abatibles.

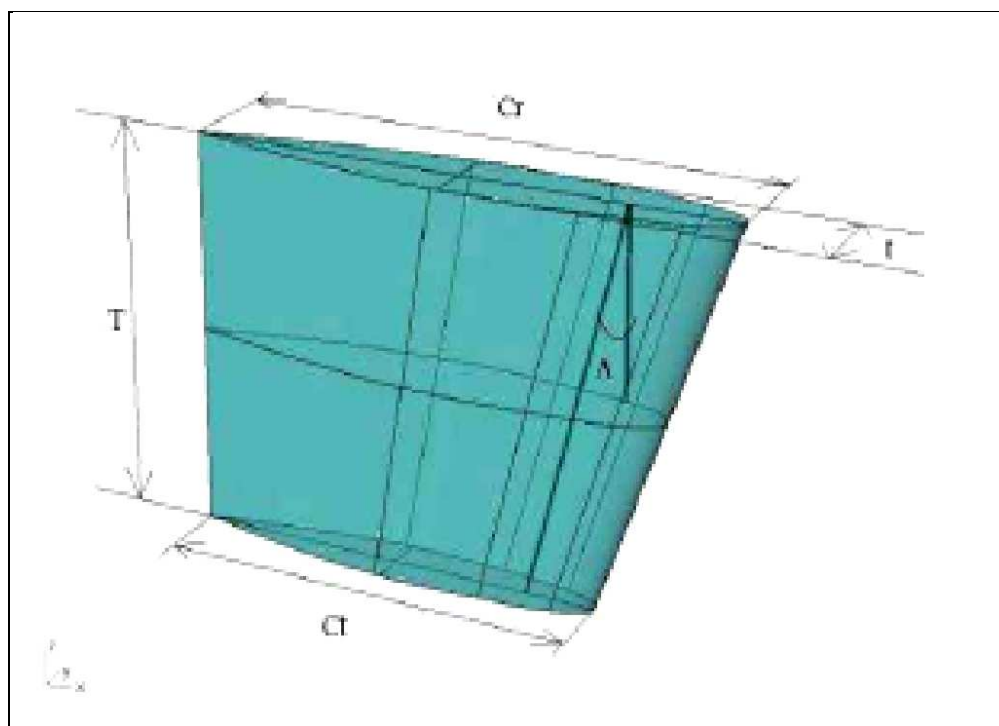
D- Quilla tipo “Schnell”, sería una quilla corrida pero que necesita un extra de estabilidad por eso en la parte inferior tiene un engrosamiento para rellenarlo, normalmente, de plomo.

E- Quilla con alas, son usadas cuando existe una limitación de calado y a la vez se requiere un extra de sustentación lateral.

F- Quilla con bulbo, suelen ser usadas en barcos con altas prestaciones pues buscan quillas de una alta sustentación y mínima resistencia al avance, y a la vez necesitan tener estabilidad, y como al ser el área lateral de la quilla pequeño al igual que su espesor, no tienen suficiente volumen en el interior del perfil, es necesario añadirles un bulbo que suele ser de plomo.

Definidas ya los tipos de orzas, el estudio de la orza del barco proyecto se desarrollará en base a la orza tipo (A), ya que es la orza elegida que llevará la embarcación siendo el principal condicionante que resulta más económica que la de tipo (F) que sería la otra posibilidad atendiendo a las características de cada una de ellas detallado anteriormente, por lo que se van a definir las características principales que definen este tipo de orzas, atendiendo al siguiente dibujo.

Figura 14



Diseño de la Orza. YTB-09

Donde, Cr: Cuerda del perfil en la raíz del apéndice.
 Ct: Cuerda del perfil en el extremo del apéndice.
 A: Ángulo de barrido (Sweep Angle).

T o Tk: Altura de la orza.

A partir de estos valores se pueden definir otros parámetros que caracterizan cada orza que son: Cuerda media (\bar{C}), área lateral de la orza o superficie proyectada (Spk), relación de aspecto geométrica (ARg) y efectiva (ARe), y relación de afinamiento (TR).

- Cuerda Media (\bar{C}):

$$\bar{C} = \frac{Cr + Ct}{2}$$

- Área Lateral de la Orza (Spk):

$$Spk = Tk * \bar{C}$$

- Relación de Aspecto Geométrica (ARg):

$$ARg = \frac{Tk}{\bar{C}}$$

- Relación de Aspecto Efectiva (ARe):

$$ARe = 1.5 * ARg$$

- Relación de Afinamiento (TR):

$$TR = \frac{Ct}{Cr}$$

El calado de la orza ha sido previamente determinado en el cálculo de las dimensiones preliminares de la embarcación al definir el calado total y el calado de casco, por lo que $Tk = 1.57$ m.

Lo primero que se determina en el diseño de la orza, tras obtener la altura de la misma, es la superficie proyectada o área lateral usando para ello la relación entre el área proyectada de la orza y la superficie vélica. Un valor aconsejable del área lateral de la orza para el rendimiento óptimo de la misma puede ser el 3.5% de la superficie vélica. Valores más bajos son más adecuados para barcos de competición, sabiendo que a mayor velocidad de diseño de la embarcación menor deberá ser la superficie de la orza necesaria, hasta llegar a diseños como los Copa América donde el ratio de superficie lateral con superficie vélica es del 1.5% aproximadamente. La efectividad del apéndice

viene condicionada por la geometría de su área lateral y por el perfil de sección seleccionado.

Habiendo estimado previamente la superficie vélica en 77.79 m², la cual se desarrollará con más detalle en capítulos posteriores, se determina que la relación entre la superficie proyectada de la orza y la superficie vélica es del 3.45%, por lo que la superficie proyectada tendrá un valor de 2.685 m². Se ha elegido el 3.45% de la superficie vélica debido a que se ajusta mucho más a la relación de aspecto y la relación de afinamiento con valores más óptimos, en base a las figuras 15, 16 y 17, que si se hubiera elegido un 3.50% el cual es el valor recomendado. Por ello se determina que el valor de la cuerda superior es de 1.95 m y el de la cuerda inferior de 1.47 m, siendo por tanto la cuerda media 1.71 m. Nota: Estos valores de las cuerdas superior e inferior han sido la conclusión final tras haber probado distintos valores de cuerdas con sus respectivas relaciones adimensionales características de la orza.

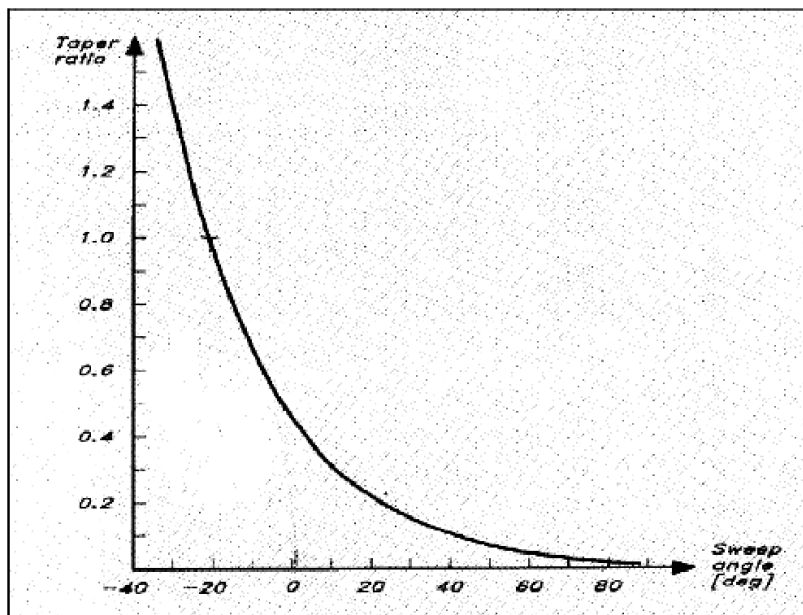
La relación de aspecto es uno de los parámetros más importantes en el rendimiento de la orza. Influye en el coeficiente de sustentación de tal forma que a mayor relación de aspecto mayor sustentación creará la orza, y a su vez a mayor relación de aspecto implica que la orza será más fina y por tanto tendrá menos capacidad de lastre influyendo de esta manera en la estabilidad inicial.

Una vez determinada el área lateral de la orza, se obtiene la cuerda media como se ha descrito en párrafos anteriores, por lo que el valor de la relación de aspecto geométrica (AR_g) viene condicionada previamente, simplemente se analizará si el valor de AR_g obtenido es el más adecuado sabiendo, utilizando la figura 16, que las relaciones de aspecto geométricas próximas a la unidad producen un aumento de resistencia menor.

Según la teoría de la línea de empuje la distribución de presiones que produce una resistencia inducida mínima es una distribución elíptica. Es posible conseguir distribuciones de presión muy cercanas a la elíptica con perfiles trapezoidales siempre que se mantengan unas relaciones de afinamiento particulares (Figura 15).

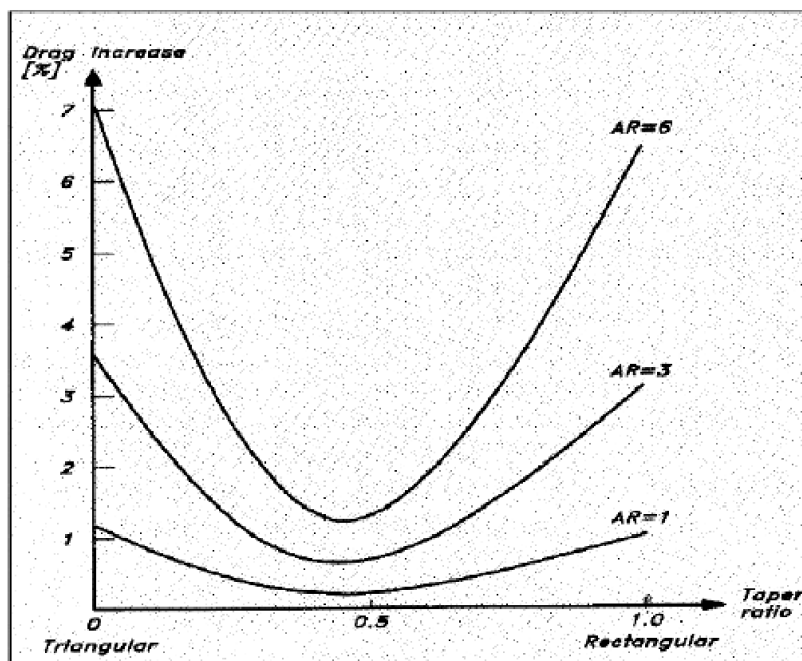
El centro de resistencia lateral (CLR) se puede estimar mediante el método del profesor K. Nomoto, el cual consiste en prolongar la orza hasta la flotación y ubicar el CLR en la línea que une las cuerdas del 25% y al 45% del calado total.

Figura 15



Relación de óptimo afinamiento y ángulo de barrido. YTB-09

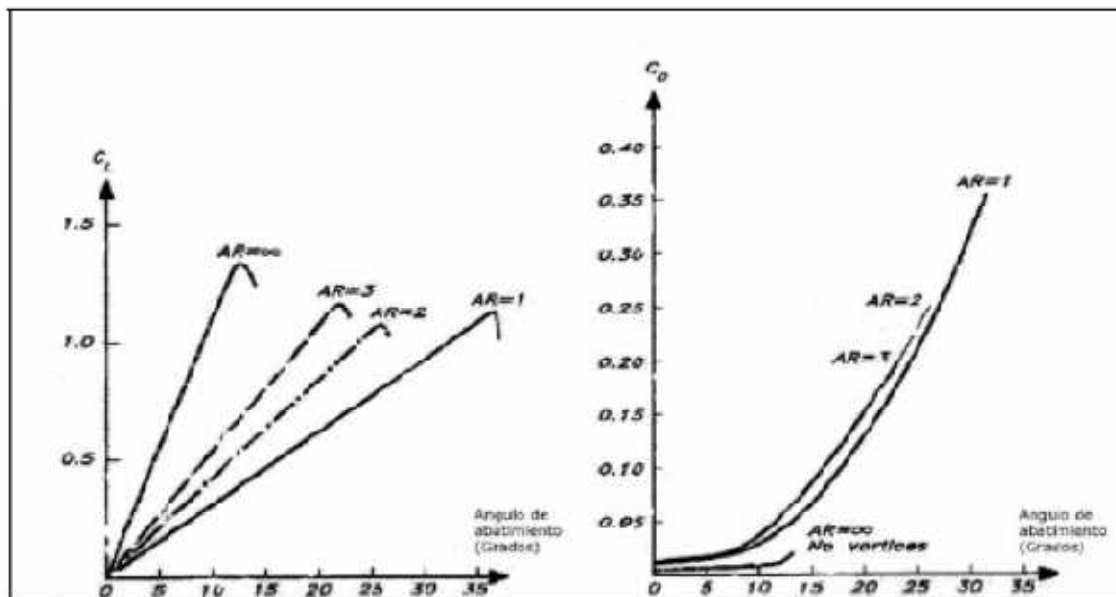
Figura 16



Incremento de resistencia por desviación del afinamiento óptimo. YTB-09

Según los resultados de la teoría de la línea de empuje es posible obtener una estimación del empuje y de la resistencia inducida de un perfil, tal y como se muestra en la figura 17.

Figura 17



Empuje y resistencia en función del ratio de aspecto. YTB-09

Tras analizar las figuras 15, 16 y 17 se comprueba que la relación de aspecto es el parámetro más importante en cuanto al buen rendimiento de la orza y se puede apreciar que un valor óptimo para dicho parámetro estará próximo a la unidad.

Los efectos que provoca el ángulo de barrido son la disminución de la resistencia total de la orza y la pérdida de sustentación lateral. Esto conlleva a la determinación de no usar ángulos de barrido (Sweep Angle) superiores a 20° .

Las orzas generalmente se suelen construir de plomo o acero. Para el caso que nos ocupa, el material que se ha elegido es el plomo siendo su densidad: $\rho_{plomo} = 11340 \text{ Kg/m}^3$.

Tabla 3

Características de la Orza	
Sup. Proyectada (Spk)	2.685 m ²
Tk	1.57 m
C1	1.95 m
C2	1.47 m
Cuerda Media	1.71 m
Sweep Angle	20°
Taper Ratio (tr)	0.754
Aspect Ratio (ARg)	0.918
AR efectiva (ARe)	1.377
Desplazamiento	244.05 Kg

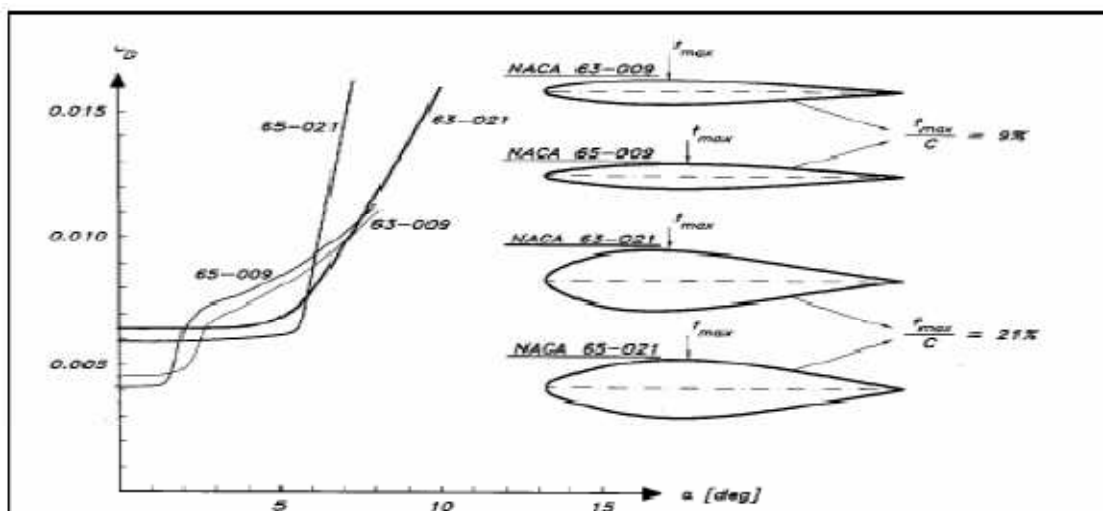
7.4.1.- Tipos de Sección

Para el diseño óptimo de la orza un factor de gran importancia es el tipo de sección y su relación entre el grosor y la cuerda media.

Es posible categorizar las partes de una sección según el tipo de flujo que presenta. En principio es posible tener una zona de flujo laminar en la parte delantera de la sección que pasará a turbulento en algún punto de la sección. La posición del punto de transición del régimen laminar a turbulento, la posición del centro de presión y el ángulo de ataque máximo a partir del cual se entra en pérdida dependen del tipo de sección utilizada.

Existen unas secciones denominadas secciones NACA que fueron desarrolladas para la industria aeronáutica y son de gran utilidad en el diseño de apéndices. Cada sección NACA se diferencian de las demás en su nariz (redondeamiento de la cara de ataque) y en la posición de su grosor máximo. Las secciones NACA más comúnmente usadas en embarcaciones a vela son las de las series 6, que incluyen las series 63-xxx y las series 65-xxx, y las de cuatro dígitos. Las secciones o perfiles NACA utilizados para el diseño de la orza trabajan a unos ángulos de ataque de hasta 6°.

Figura 18



Polares de diferentes perfiles NACA. YTB-09

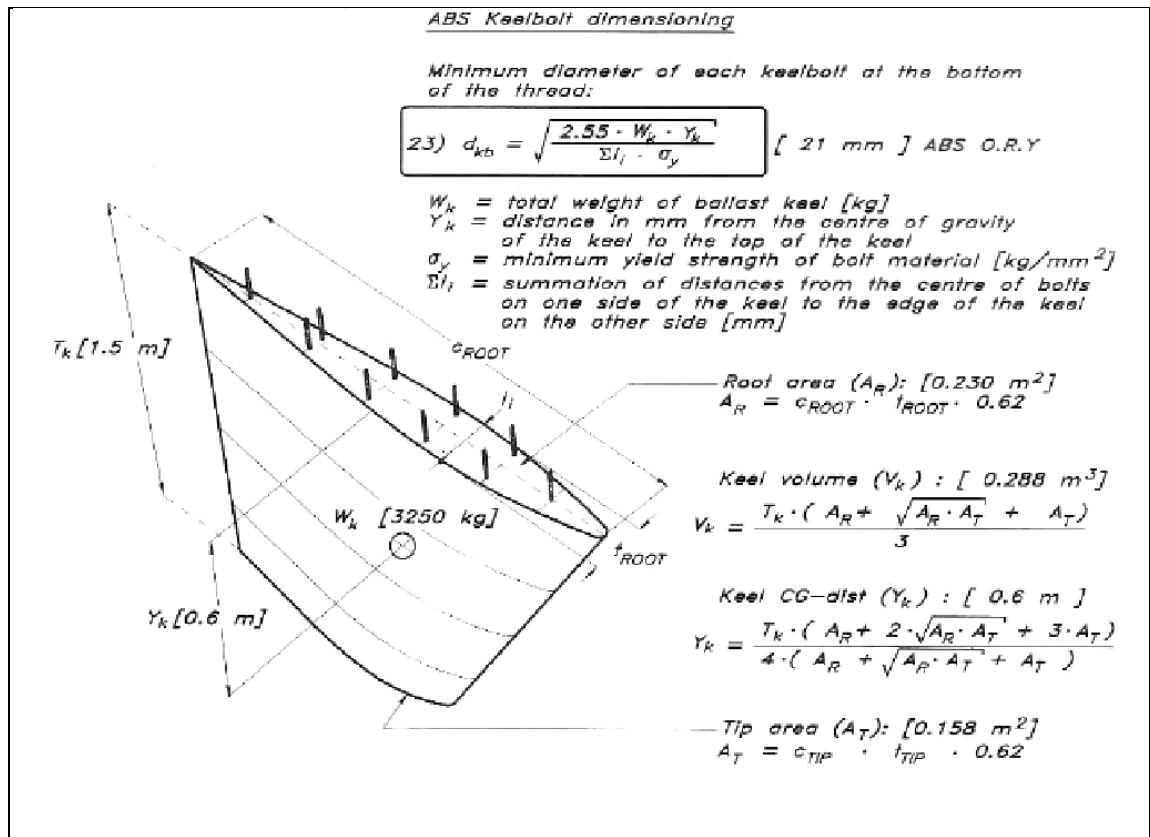
A la hora de elegir una sección apropiada para el diseño de los apéndices se debe considerar la orza y el timón de forma separada ya que van a operar en distintas condiciones. La orza ha de conseguir una sustentación suficientemente alta trabajando a pequeños ángulos de ataque para reducir al mínimo el abatimiento del barco.

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

7.4.2.- Cálculo de los pernos de la orza

La orza se sujeta al casco mediante una serie de pernos cuyo diámetro mínimo requerido se va proceder a calcular. Para ello se usará la reglamentación del American Bureau of Shipping (ABS) que se describe a continuación mediante la figura 19.

Figura 19



Escantillonado de los pernos de la orza. Principles of Yacht Design

Tomando 8 pernos de sujeción de la orza de acero inoxidable AISI-316 cuyo límite elástico es de $\sigma_y = 206 \text{ N/mm}^2$, se procede a determinar el diámetro mínimo de cada perno (dkb):

Tabla 4

Cálculo de los Pernos de la Orza					
L1:	31,0144	mm	Tk:	1570	Mm
L2:	96,6264	mm	Wk:	2700	Kg
L3:	133,8823	mm	Croot:	1950	Mm
L4:	134,683	mm	Ctip:	1470	Mm
L5:	61,1242	mm	Troot:	174,6215	Mm
Σl_i :	457,3303	mm	Ttip:	110,6436	Mm
σ_y :	206	N/mm ²	Ar:	211117,3935	mm ²
Yk:	690,467	mm	At:	100840,577	mm ²
		dkb:	22,249	mm	

7.5.- DISEÑO DEL TIMÓN

El timón aunque también puede contribuir a crear suficiente fuerza lateral para contrarrestar el abatimiento, tiene su misión principal en proveer el necesario momento para maniobrar el barco en todas las condiciones, por lo cual el diseño ha de estar enfocado a conseguir la máxima sustentación posible. Debido a que el timón opera a grandes ángulos, sobre todo navegando con oleaje, donde hay que realizar continuamente grandes correcciones de rumbo, es conveniente utilizar una sección de cuatro dígitos, las cuales dan su máxima sustentación a altos ángulos de ataque. No obstante, en los casos en los que el ángulo requerido de ataque del timón es menor, se pueden usar las secciones NACA de las series 63. En cuanto a la relación de espesor, la mayoría de los yates usan porcentajes que oscilan entre un 12 y un 15%.

Se dice que un timón está a la vía cuando su plano diametral coincide o es paralelo (en el caso de dos timones) al plano de crujía de la embarcación.

El timón debe estar colocado en un extremo del barco para conseguir el máximo momento de guiñada con el mínimo aumento de resistencia y normalmente en la zona de popa, justo detrás de la hélice para recibir la corriente de expulsión de la misma.

Se llama compensación del timón a la relación entre el área a proa del eje del eje de giro del timón y el área total del timón. Se dice que un timón está compensado si el área a proa se extiende en toda la altura de la pala y semicompensado si se extiende en parte de la altura de la pala. La compensación suele oscilar en un 20 o un 30% del área total. Para el caso que nos ocupa la relación de compensación del timón será del 18%.

El tipo de sección elegida para el timón será una sección NACA 0010 con una relación de espesor del 12.32%.

La superficie del timón óptima varía entorno a un 1 o 2% de la superficie vélica total. Basándonos en una comparativa de distintos timones de embarcaciones similares a la que ocupa este proyecto, se determina que una relación óptima de superficie proyectada del timón y la superficie vélica sería de 1.1%. Por ello, teniendo como dato

previo la superficie vélica en ceñida de 77.79 m², se calcula la superficie proyectada del timón cuyo valor es de 0.855 m².

Una vez calculada la superficie lateral del timón y teniendo en cuenta que no es conveniente que el calado del timón supere al de la orza por la protección del mismo, se estima que el valor para el calado del timón será de 1.55 m.

Para obtener el valor de la cuerda media solo hay que dividir la superficie proyectada del timón entre el calado del mismo, por lo que la cuerda media del timón será de 0.55 m.

Una vez obtenidos estos datos previos, el cálculo y determinación del resto de las dimensiones y/o parámetros que definirán totalmente el timón se realizan de forma análoga al procedimiento aplicado en el diseño de la orza.

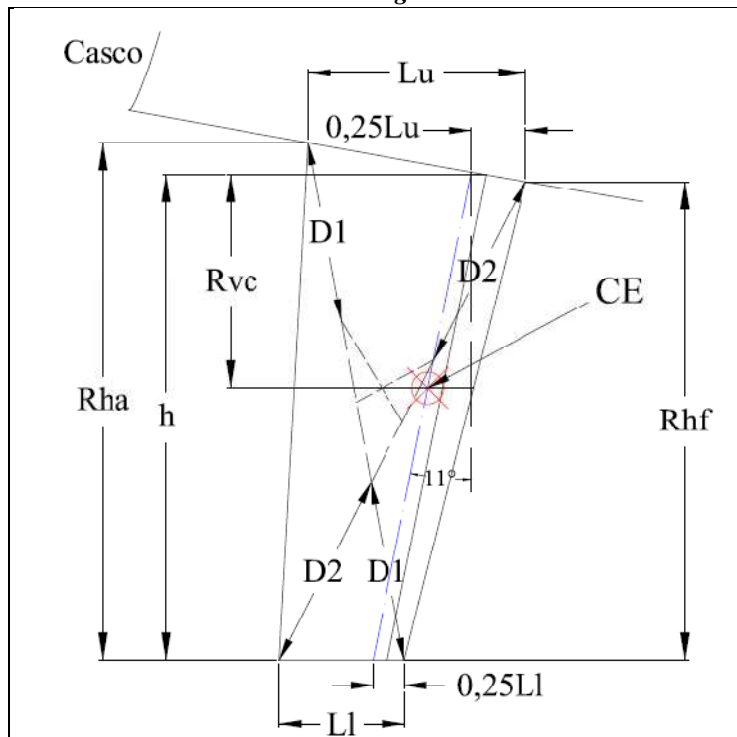
Tabla 5

Características del Timón	
Área lateral	0.8525 m ²
Calado	1.50 m
Ángulo de barrido	11°
Cuerda superior	0.71 m
Cuerda inferior	0.39 m
Cuerda media	0.55 m
Relación de afinamiento	0.549
Relación de aspecto geométrica	2.818
Relación de aspecto efectiva	4.227

7.5.1.- Cálculo del diámetro de la mecha del timón

Para determinar el diámetro mínimo de la mecha del timón se usará la reglamentación del American Bureau of Shipping (ABS), la cual se muestra en la figura 21. La mecha del timón se construirá de acero inoxidable AISI-316 por su alta resistencia a la corrosión, cuyo límite elástico es $\sigma_y = 206 \text{ N/mm}^2$.

Figura 20



Cargas del timón. Principles of Yacht Design

Figura 21

The bending moment, torque and stock to be used for a spade rudder are given in the following formulas (ABS O.R.Y):

Rudder bending moment (M_r): [782494 Ncm; 7825 Nm]

19) $M_r = F_r \cdot \left[h_b - h + \frac{h}{3} \left(\frac{l_u + 2 l_1}{l_u + l_1} \right) \right]$

Rudder torsional moment (T_r):

20) $T_r = F_r \cdot l_c$ [56570 Ncm; 566 Nm]

Rudder side force (F_r):

21) $F_r = 984 \cdot C_{ir} \cdot L_{WL} \cdot A_{ir} \cdot N$ [11314 N]

Solid Rudder Stock Diameter (d): [7 cm]

22) $d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_c} (0.5 \cdot M_r + 0.5 \cdot \sqrt{M_r^2 + 4 T_r^2})}$

$l_c = 0.33 l - x_{lc}$, l_c is not to be taken less than $0.125 \cdot l$
 l = the horizontal length of the rudder, in cm, at the centroid of the projected area, as shown in Fig 12.13
 x_{lc} = the distance in cm at the same position, from the leading edge of the rudder to the centreline of the rudder stock, see Fig 12.13
 $C_{ir} = 1.5$ for rudders having both h/l between 2 and 6 and $t/l \geq 0.06$
 h, l_u, l_1 are distances according to Fig 12.13 in cm
 A_{ir} = the total projected rudder area in m^2
 t = maximum thickness of the rudder in cm at the centroid
 $N = 1$ where ; $\frac{0.001 \cdot m}{(0.01 \cdot L_{WL})^3} \geq 4304$ [8071]
 $N = \frac{2.65 \cdot L_{WL}^2}{\sqrt[3]{m}}$ where ; $\frac{0.001 \cdot m}{(0.01 \cdot L_{WL})^3} < 4304$
 m = maximum estimated displacement in kilograms
 $\sigma_c = \sigma_y$ or $\sigma_u / 1.75$, whichever is lesser, for metals
 σ_y = yield strength, σ_u = ultimate tensile strength in N/cm^2 !!

Escantillonado de la mecha del timón. Principles of Yacht Design

Tabla 6

Lu	679.245 mm	0.25*Ll	97.5 mm	Alr	0.8337 m ²
0.25*Lu	169.811 mm	h	1520.446 mm	N	1
Rvc	666.919 mm	Rhf	1498.721 mm	Fr	13166.475 N
Rha	1620.259 mm	lc	46.309 mm	Tr	609.73 Nm
l	558.571 mm	t	69.1 mm	Mr	9501.714 Nm
Ll	390 mm	Clr	1.5	hb	1.55 m

- $Clr = 1.5$ si: $h/l \rightarrow [2 - 6]$; $h/l = 2.72$
 $t/l \geq 0.06$; $t/l = 0.1237$.
- $N = 1$ donde; $\frac{0.001*m}{(0.01*Lwl)^3} \geq 4304$; $7794.01 > 4304$.
- l , es la distancia horizontal desde un extremo de la pala al otro extremo medido desde la recta que pasa por el centro de empuje.
- t , es el máximo grosor del timón.

Luego el diámetro de la mecha del timón será de:

$$\mathbf{d = 7.785 \text{ cm}}$$

8.- DISEÑO DE INTERIORES

Una de las partes más creativas del diseño de las embarcaciones de recreo son sus interiores. Si bien cuando se ha diseñado la forma del casco no se tenía límite alguno sobre la forma, en el diseño interior el único condicionante es precisamente la forma del casco.

En el campo de las embarcaciones de recreo no se está sujeto a dimensiones exactas de los elementos que componen los interiores (camas, armarios, etc.) y además casi todos estos elementos son únicos para cada proyecto, se puede decidir las dimensiones de cada uno de ellos siempre y cuando se consiga que sea funcional.

Independientemente de lo expuesto en el párrafo anterior, ningún proyecto es totalmente libre debido a que se tiene que atender a los requerimientos exigidos por el cliente o armador, por ejemplo, número de camas simples y dobles, tamaño de la cocina, amplitud del salón, etc. Por todo ello hay que realizar un gran trabajo para encajar todos estos requisitos dentro de las formas que se tienen prediseñadas.

Uno de los principales elementos interiores que se diseñan inicialmente es la altura del suelo, ya que condicionará las posiciones del resto de los elementos que compondrán el espacio interior. Se ha determinado para el proyecto que la altura del suelo sea de 270 mm por debajo de la línea de flotación.

Una vez determinada la posición del suelo se puede decidir la altura del techo de la cabina, para ello, se crea una línea paralela a la línea del suelo por un punto situado a la altura que se quiera tener en el interior sumándole un cierto margen debido a que el techo de la cabina no es recto y tiene una cierta inclinación. Como se quiere tener una altura interior de 1.9 m se sitúa la altura de la cabina en 2.1 m sobre el suelo.

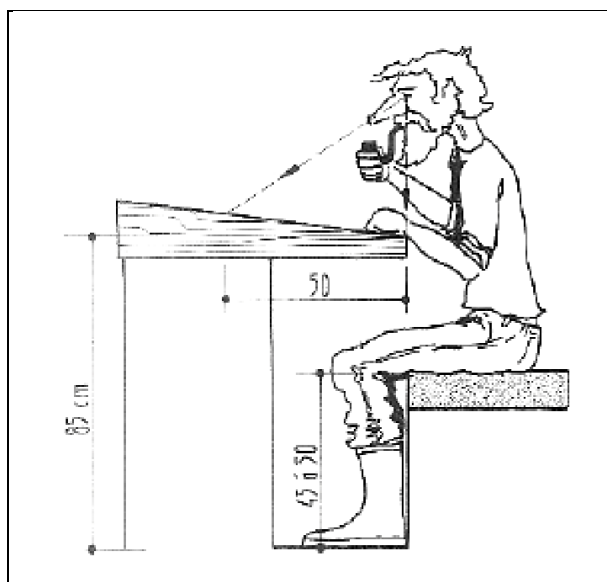
Otro factor importante antes de proceder al diseño de interiores propiamente dicho es la decisión del porcentaje de compartimentación que tendrá la embarcación, sabiendo que a mayor compartimentación mayor será la intimidad a bordo. Una compartimentación alta conlleva que sea más probable un acceso difícil a ciertas zonas

del barco debido a la apertura y cierre de las distintas puertas. En el caso que nos ocupa, se ha tomado una disposición de compartimentos bastante habitual, en la cual se han separado los camarotes de popa y proa así como el espacio del baño.

8.1- ZONA DE MESA DE CARTAS

Es una zona de gran importancia en la navegación a vela ya que es en esta zona donde se controla la navegación oceánica o nocturna. Aunque hoy en día existen muchas ayudas electrónicas con un empacho muy reducido, sigue siendo necesario habilitar una zona y una mesa para la navegación con una correcta ubicación y dimensión.

Figura 22



Dimensiones mesa de cartas. YTB-09

En el diseño del proyecto, se ha elegido una ubicación de la mesa orientada en sentido contrario a la marcha. Dicha ubicación es la menos habitual pero se ha elegido por tener una comunicación y visión directa con el exterior a través del acceso principal.

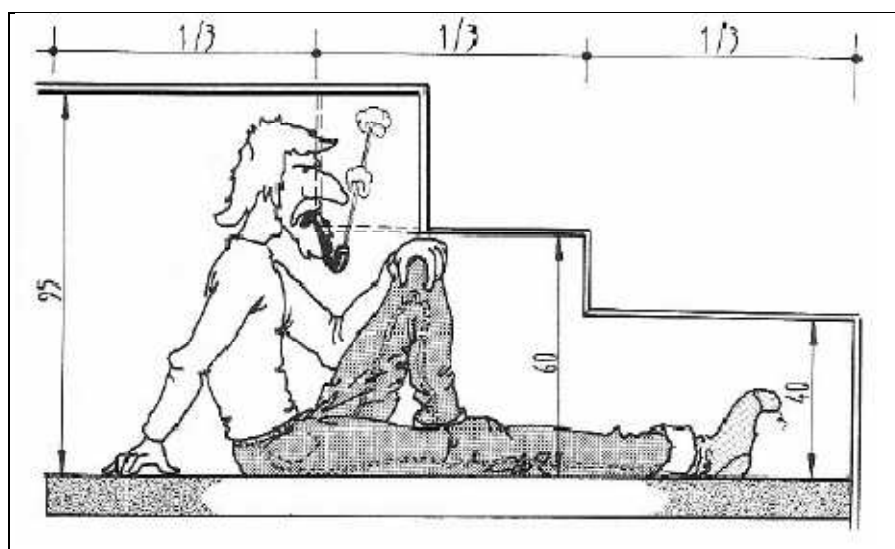
8.2- CAMAROTES Y CAMAS

Al igual que otros elementos las camas han de tener unas dimensiones mínimas. La ORC (Offshore Racing Congress) no admite camas de menos de 600 mm en los hombros. Quizá en el largo se pueda hacer unas ligeras variaciones pero hacer camas más cortas de 1.90 m resultaría erróneo independientemente que sea para una unidad a medida o en serie.

En un barco se pueden tener multitud de tipos de camas y pueden estar ubicadas en cualquier sitio siempre que se pueda encontrar una zona plana donde se puedan adaptar las dimensiones mínimas.

En cuanto a las dimensiones verticales se tomarán como referencia las medidas de la siguiente ilustración.

Figura 23



Dimensiones verticales camarotes. YTB-09

En el diseño del proyecto se tienen dos camarotes a popa y uno a proa. El camarote de proa se extiende desde el mamparo del pique de proa hasta una distancia de 2.88 m. hacia popa. La cama del camarote de proa, según la vista en planta, tiene las siguientes medidas: 2.4 m en la parte superior, 0.7 m en la parte inferior y 2 m de largo. Los camarotes de popa son simétricos respecto al plano de crujía del barco y se

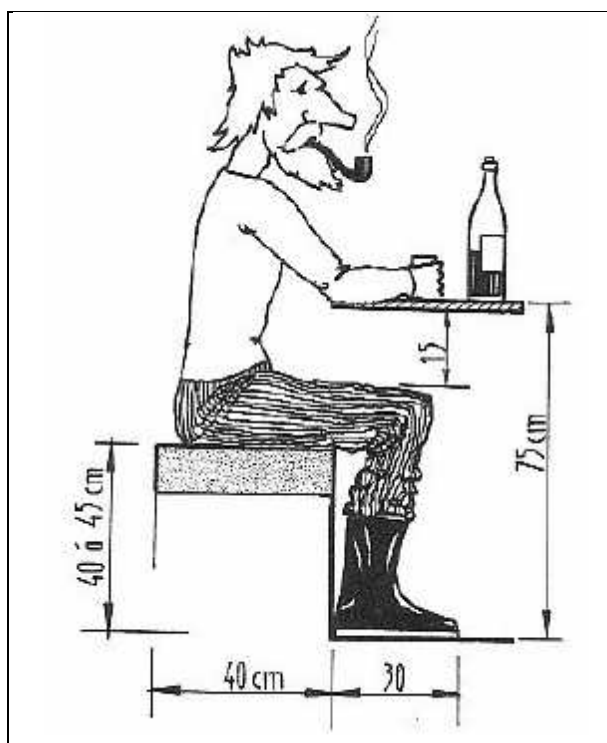
extienden desde el pique de popa hasta una distancia de 3.1 m hacia proa. Las camas de los camarotes de popa tienen las siguientes dimensiones en planta: 1.7 m en la parte superior, 1.06 m en la parte inferior y 2 m de largo.

8.3- SALÓN

Los asientos del salón es una parte del diseño donde más creación se puede aportar. Tanto la posición como la forma de estos serán fruto de la creatividad del proyectista o requisitos del cliente o armador. De hecho será una de las cosas que más distinga los interiores entre barcos de la misma gama y eslora.

Aun así existen una serie de medidas orientativas que se mostrarán en las figuras 24 y 25.

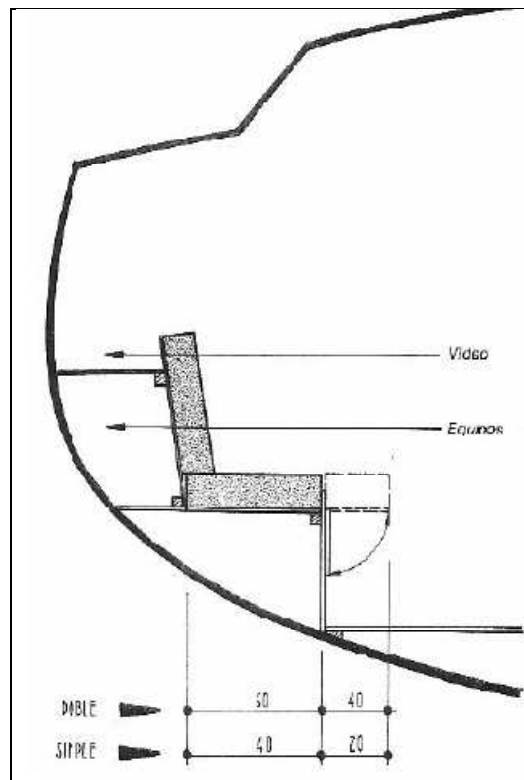
Figura 24



Dimensiones verticales asientos salón. YTB-09

Muchas de las repisas y partes interiores de los asientos se aprovecharán para poder disponer de espacio, almacenar objetos o alojar equipos. Además e podrán diseñar muebles multifuncionales convertibles en camas o literas.

Figura 25



Disposición de asientos de salón. YTB-09

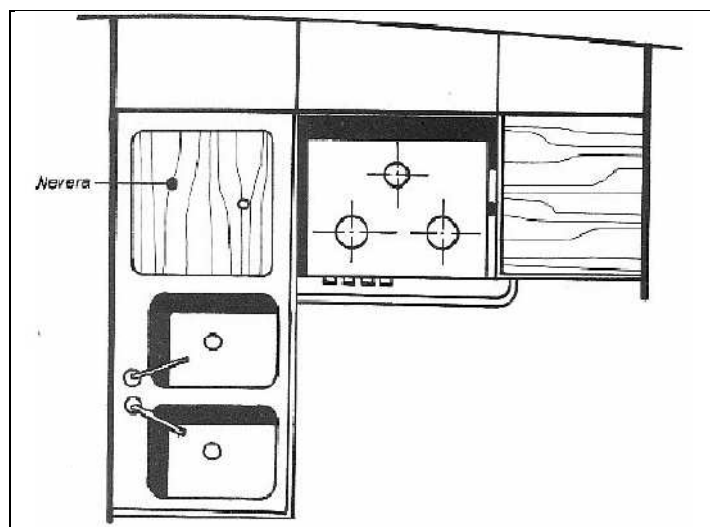
La longitud del salón que ocupa este proyecto es de 2.1 m y se distribuye desde el mamparo del camarote de proa hacia popa. El salón dispone de un sofá en “L” apto para acoplar a cuatro personas cómodamente con posibilidad de acoplar una quinta persona. También dispone de otro asiento, más funcional que el sofá en “L”, donde se podrán ubicar dos personas más. La mesa se dispone en el centro de la ubicación de ambos sofás y tiene unas dimensiones de 1.3 x 0.7 m.

8.4- COCINA

Los tres elementos fundamentales que componen una cocina son: la cocina en sí misma, el o los fregaderos y una zona para preparar los alimentos. De la posición de estos tres elementos se tendrán los distintos tipos de cocina. Luego se podrán añadir muchos otros elementos como son neveras, microondas, lavavajillas, etc. Y se tendrán que disponer de armarios tanto para estibar los utensilios y elementos de limpieza como los enseres.

La cocina seleccionada para la embarcación es una cocina en L, la cual es la más habitual a bordo de muchas embarcaciones de recreo. En la siguiente imagen se muestra una típica cocina en “L”.

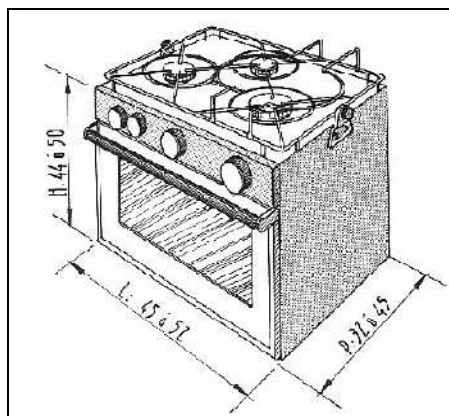
Figura 26



Cocina en “L”. YTB-09

La siguiente imagen muestra las medidas mínimas y máximas estándar de la cocina en sí. La cota de profundidad y el largo son importantes para que se pueda estimar la cantidad de espacio que se debe dejar libre entre la cocina y la pared del casco, pues cuando el barco escora y la cocina se balancee ésta no deberá tropezar con el casco. Normalmente se suele calcular hasta unos 30°, más de este ángulo sería una situación anormal en la cual no se estará en condiciones de navegar.

Figura 27



Dimensiones de una cocina estándar. YTB-09

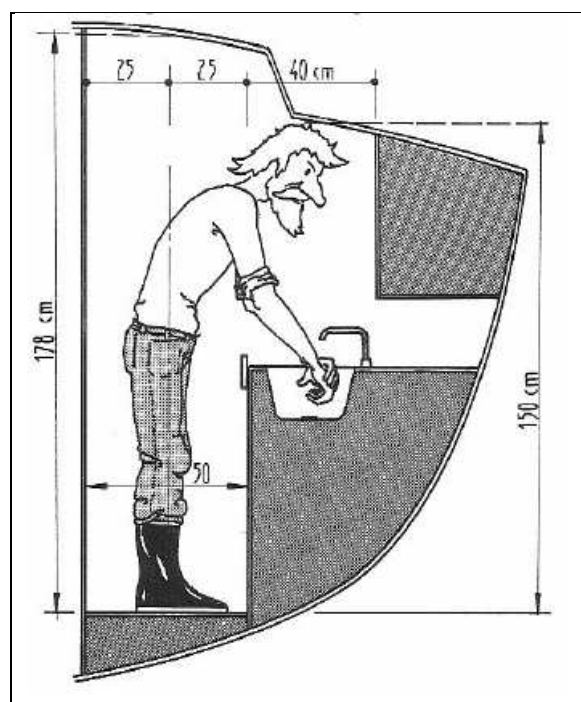
La cocina dispone de dos fregaderos, cocina propiamente dicha con horno, nevera y un espacio para preparar alimentos. En la parte superior de estos muebles se sitúa el microondas y los armarios para albergar los utensilios y enseres.

8.5- BAÑO

No existe una norma clara para la ubicación del baño, ello dependerá del tipo de barco y sobre todo de su eslora y número de tripulación. Por lo general hasta los 45'' se dispondrá de un único baño a bordo, a partir de esa eslora puede haber dos baños hasta los 58'', y a partir de ahí puede haber todo tipo de combinaciones.

En el caso que nos ocupa, el baño se situará en la banda de estribor justo a la altura de la escalera de entrada, de esta manera el baño tiene toda la altura de la cabina, y se puede disponer de ventana lateral para la aireación.

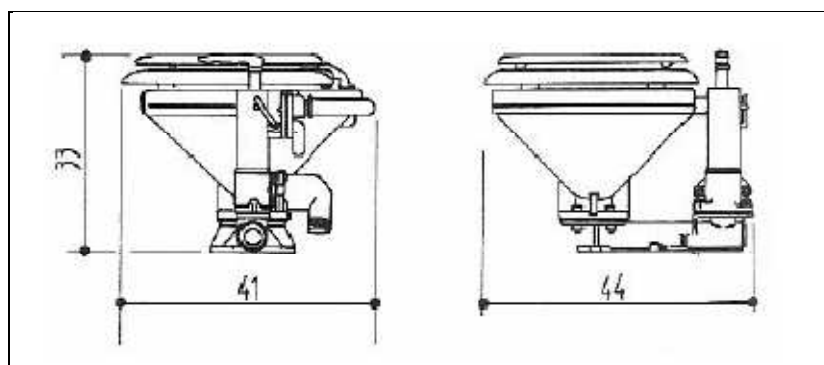
Figura 28



Cotas estándar dentro del baño. YTB-09

Para definir el baño como tal, se dispone de un inodoro, un plato de ducha y un lavabo. A continuación se detalla mediante la figura 29 el inodoro elegido.

Figura 29



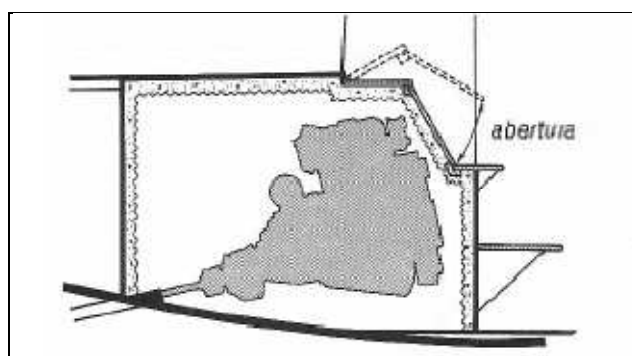
Medidas inodoro. YTB-09

8.6- ESCALERA DE ACCESO Y ESPACIO DE MOTOR

La escalera de acceso de la embarcación está construida de madera y consta de 4 escalones y un altillo que conecta con la parte exterior para salvar la posible entrada de agua hacia el interior.

Justo debajo de la escalera de acceso, para que ocupe el menor espacio posible, se sitúa el habitáculo del motor convenientemente aislado. Para poder acceder al motor, se ha practicado un sistema de apertura abatible desde la parte alta de dicho habitáculo, tal y como se muestra en la figura 30.

Figura 30



Sistema de apertura-acceso motor. YTB-09

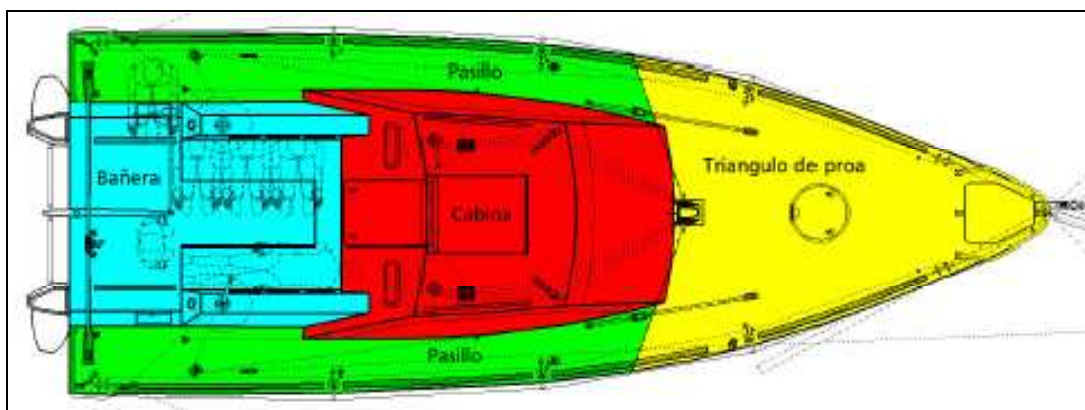
El habitáculo del motor está forrado de planchas de espuma para insonorizar todo lo posible del ruido del motor. Se dispone también de una bancada o polín de apoyo en el suelo para que se transmitan los esfuerzos a toda la estructura y absorba las vibraciones que se producen por el propio funcionamiento del motor.

La mayor parte del mobiliario que componen la habilitación de interiores del barco son el producto de una obra de carpintería personalizada, por lo que el coste de dicha habilitación dependerá en gran medida de la complejidad y número de elementos a construir siendo a su vez dicho coste proporcional al número de horas de mano de obra necesarias para su fabricación.

9.- DISEÑO DE CUBIERTA

Para un buen entendimiento y diseño de la cubierta se pueden diferenciar distintas zonas que aparecen en la siguiente figura.

Figura 31



Disposición de espacios en cubierta. YTB-09

- **Triángulo de proa:** Zona comprendida desde el stay hasta el mástil. Es una zona delicada en cuanto a seguridad ya que es donde se realizan las maniobras más peligrosas, carece de puntos de agarre y en cambio demanda al menos una escotilla para la iluminación y ventilación interior, lo que supone un peligro de tropezones o resbalones.
- **Pasillos:** son las zonas que se utilizan para desplazarse por la cubierta. Deben estar despejadas para facilitar la circulación y contener puntos de amarre firmes. Sólo están obstaculizados normalmente por los obenques y el carro de escota de génova.
- **Bañera:** Es la zona donde se sitúa el puesto de gobierno de la embarcación y gran parte de la maniobra. También es el área donde están los asientos y la mayoría de los cofres de estiba. La bañera abierta en popa es más cómoda para cruceros vacacionales ya que permite mejor acceso al mar para bañarse y da más sensación de amplitud, en situaciones de temporal desagua en tal medida que nunca hay acumulación de agua. Cerrar la popa ofrece una mayor seguridad. El diseño de la cubierta elegida para la embarcación corresponde con una bañera

abierta en popa, lo cual supone una mayor facilidad constructiva y un menor coste.

- **Cabina:** Permite tener más altura interior. Favorece el acristalamiento ya que tiene poca influencia en la estructura y por consiguiente, favorece la iluminación interior y la visibilidad.

9.1.- ELEMENTOS DE LA JARCIA FIRME

La jarcia firme se compone de varios elementos que se conectan o contactan con la cubierta: Stays, cadenotes, base del mástil y backstay.

9.1.1.- Stay

El stay es un cable que se utiliza para soportar el mástil desde la proa y se conecta a través de diferentes elementos ya sean ajustables o fijos. En el caso que nos ocupa se ha instalado un stay hidráulico como el que se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 32



Stay hidráulico. YTB-09

9.1.2.- Cadenotes

Los cadenotes son piezas generalmente metálicas y sirven para sujetar lateralmente el palo y anclar al casco los elementos de la jarcia firme. Los cadenotes pasan a transmitir la carga directamente al casco o a elementos estructurales muy simples. Los cadenotes instalados en la embarcación son de doble pletina.

Figura 33



Cadenotes de doble pletina. YTB-09

9.1.3.- Base del mástil

De que el mástil se soporte en el casco o en cubierta dependerá el tamaño de la base de drizas y del espacio que se deberá habilitar para la caja del palo en su paso por cubierta. El sistema seleccionado para la embarcación es un soporte del mástil en el casco.

Figura 34



Soporte del mástil en el casco. YTB-09

9.1.4.- Backstay

Con el fin de tener control longitudinal sobre el palo, se dispone sobre el palo el backstay, y sus respectivos arraigos sobre la popa de cubierta o casco. En el caso de embarcaciones de crucero se suelen disponer de backstays hidráulicos por su sencillez, el cual es el que se ha instalado en el barco que ocupa este proyecto.

Figura 35



Backstay hidráulico. YTB-09

9.2.- ELEMENTOS DE CONTROL DE LA JARCIA DE LABOR

Los elementos de control de la jarcia de labor son los siguientes: winches, carros y carriles de génova y mayor, organizadores y mordazas y el sistema de poleas.

Las embarcación dispondrá de 6 winches eléctricos como los que aparecen en la siguiente figura:

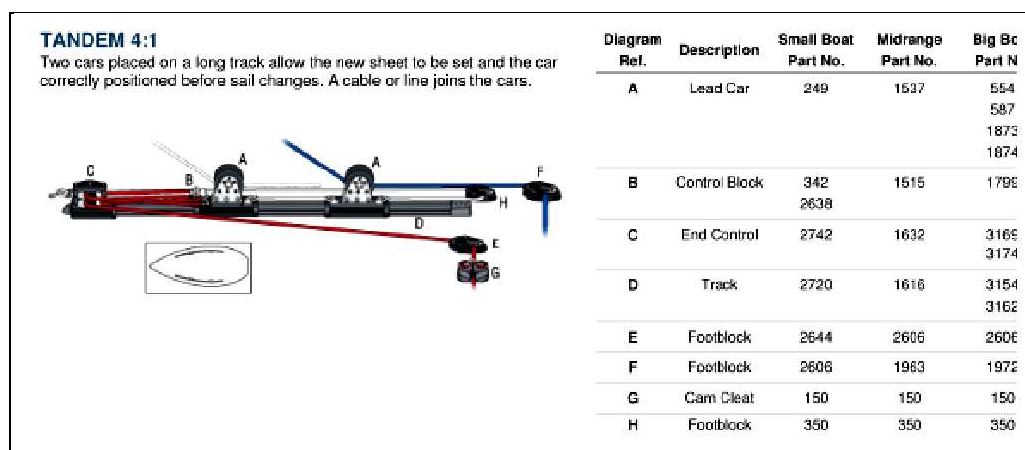
Figura 36



Winche autocazante. YTB-09

También dispondrá de dos carros de génova colocados aproximadamente en la zona central de la caseta, a cada lado de la misma en cubierta y simétricos respecto al plano de crujía. Las características y diseño de los carros instalados en la embarcación se detallan a continuación, en la figura 37.

Figura 37

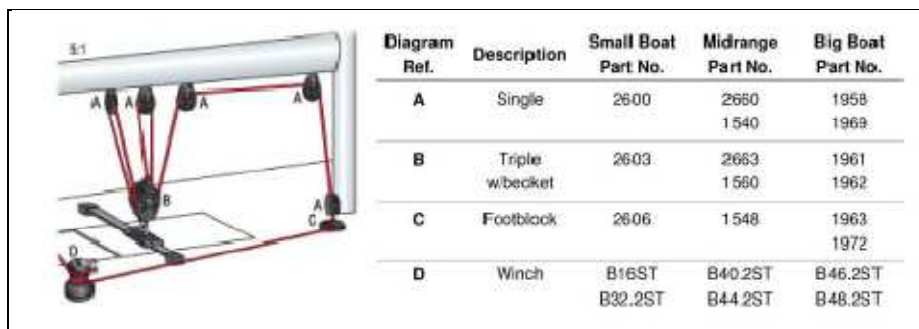


Características carro de génova. YTB-09

Uno de los puntos más conflictivos es la decisión de la posición de los sistemas de escota de la mayor en los barcos de bañera a popa. Básicamente se trata de que cuanto más a popa esté el tiro hacia debajo de la escota, mejor trabaja, debido a que se reduce el esfuerzo de este elemento por lo que ofrece múltiples ventajas entre las que se encuentran que los winches puedan ser de menor dimensión y que se reduce la flexión de la botavara y ésta puede ser más ligera. En las embarcaciones de crucero se puede poner el carro sobre la cabina sabiendo que se pierden las ventajas anteriormente comentadas pero a favor de este sistema es que se aumenta el confort en la zona de la bañera. En el caso que nos ocupa se ha tomado la decisión de colocar el carro en la zona de la bañera sobre los asientos y justo en la salida/entrada a la parte interior del barco, consiguiendo así por tanto las ventajas que esta disposición ofrece.

El sistema de mordazas y organizadores están situados en la zona del piano para las escotas del aparejo.

Figura 38



Sistema de escota de la mayor. YTB-09

10.- DISEÑO DEL PLANO VÉLICO

En este capítulo se detallará el diseño de la superficie vélica y el reparto de la misma en la vela de proa y la mayor, así como el tipo de aparejo elegido con su respectivo dimensionamiento.

A la hora de determinar la configuración del plano vélico es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

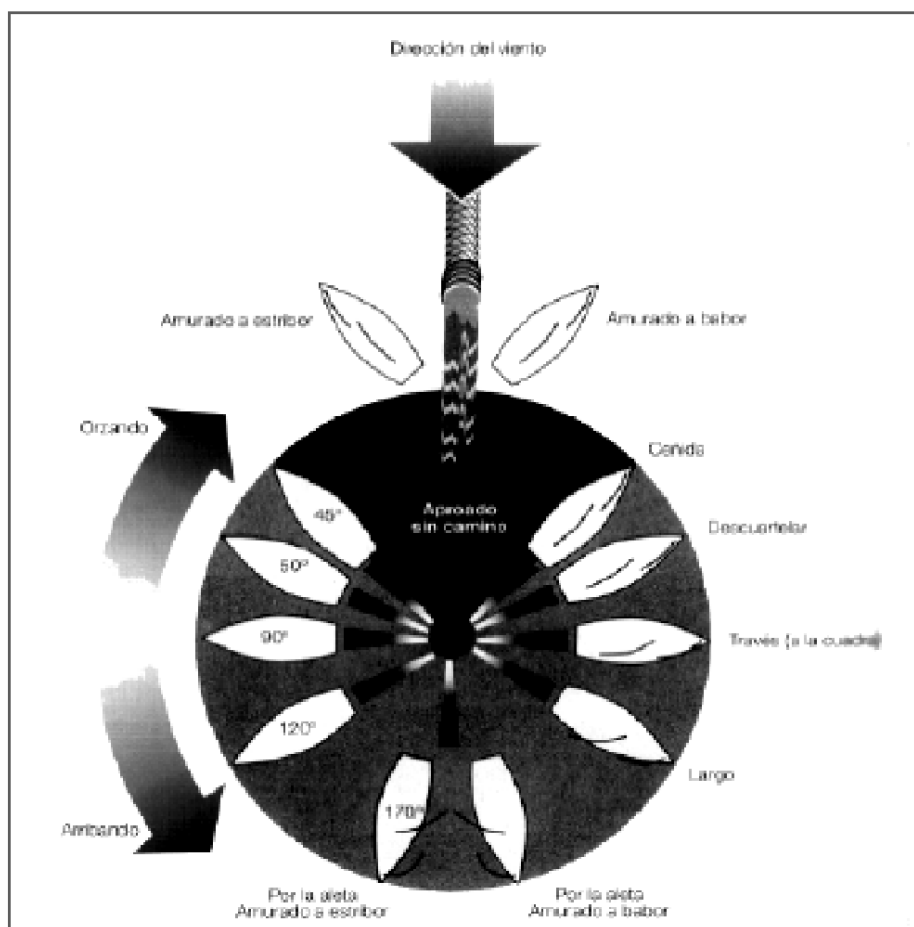
- Estabilidad de la embarcación. Este factor limitará la altura del centro de presión vélica.
- Resistencia de la embarcación. Este factor marcará la fuerza propulsora aerodinámica necesaria para navegar a una determinada velocidad.
- Zona de navegación. Cuando la zona en la que va a navegar la embarcación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

Por otro lado, ya que cuando se navega en rumbos menores a 100° con respecto al viento, el plano vélico se comporta como un perfil aerodinámico generando fuerza de sustentación, se ha de tener en cuenta el efecto que la relación de aspecto de las velas tiene en el coeficiente de sustentación, en la fuerza de sustentación y consecuentemente en la fuerza aerodinámica propulsora. Con lo cual, como lo que se pretende es diseñar una embarcación que tenga un buen rendimiento en ceñida es necesario dotar a las velas de una alta relación de aspecto, sabiendo que esto traerá consigo una elevación del centro de presión vélica, y consecuentemente un aumento del efecto escorante provocado por la fuerza aerodinámica lateral, siendo necesario dotar a la embarcación de más estabilidad.

La fuerza aerodinámica, tal y como se describió en el apartado 7.2, se descompone en una fuerza lateral y otra propulsora. La capacidad de generar fuerza de sustentación de un perfil depende de su relación fuerza de sustentación/Resistencia (L/D).

Dado que el rumbo más crítico para el buen diseño del plano vélico es el de ceñida, en el cual el viento real entra por la amura del barco formando un ángulo de aproximadamente 45° con el plano de crujía y las velas forman un ángulo de aproximadamente 30° con el mismo plano, a la hora de estudiar la superficie vélica necesaria se utiliza el concepto de superficie vélica en ceñida la cual es la suma de las superficies de la vela mayor y la de proa.

Figura 39



Rumbos de Navegación. YTB-09

10.1.- TIPO DE APAREJO

Las configuraciones del aparejo más importantes o más utilizadas son: Aparejo tipo Sloop y aparejo tipo Ketch. Cada configuración es recomendada para cada tipo de navegación o uso de la embarcación, ya que afecta a la facilidad de manejo de la superficie vélica, a su complejidad de trimado y maniobras y al efecto en la estabilidad.

Según lo expuesto anteriormente se procede a describir los distintos tipos de aparejo y finalmente se determinará el elegido para la embarcación.

- **Aparejo tipo Sloop:** Existen dos versiones según que el stay de proa llegue o no hasta el tope del palo.
 - a) **Aparejo Fraccionado:** Se denomina así a los aparejos cuyo stay de proa termina a una distancia por debajo del tope del palo. El objetivo de este tipo de configuración es reducir el tamaño de la vela de proa, aumentando la vela mayor y permitiendo así una mayor rapidez en los bordos, es decir, en tramos navegando en un mismo rumbo, al facilitar el paso de la vela de proa de una banda a otra. Ésta configuración se emplea comúnmente en embarcaciones de regata y sobre todo en embarcaciones de vela ligera.
 - b) **Aparejo a Tope:** Se emplea fundamentalmente en embarcaciones de crucero, donde los cambios de bordos no son tan frecuentes y es más conveniente el uso de una mayor más reducida.
- **Aparejo tipo Ketch:** La ventaja fundamental de este tipo de aparejo es la de poder repartir la superficie vélica en tres superficies más pequeñas, reduciéndose así la complejidad del manejo y permitiendo una mayor variedad de configuraciones.

Una vez descritos los tipos de configuraciones de aparejo más usados, se determina que la embarcación que ocupa este proyecto llevará un aparejo tipo Sloop a tope.

10.2.- DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFÍCIE VÉLICA

La posición y dimensiones de las velas depende de la posición del palo a lo largo de la eslora. La posición del palo limita las dimensiones del foque. Para colocar el mástil se utiliza la regla general sugerida por Stephen Dittmore situándolo al 40% de la eslora de flotación. Además la posición de la botavara limita la dimensión máxima del pujamen de la mayor (E), puesto que afecta directamente a la bañera y a la posición del timonel. La altura del centro de presión vélica influye directamente en la estabilidad de

la embarcación ya que a mayor altura del centro de presión vélica, el brazo escorante aumentará provocando una mayor escora en la embarcación.

Para estimar el centro de presión vélica, dado que el rumbo al cual se debe equilibrar la embarcación es el rumbo en ceñida, se emplea la superficie vélica proyectada para determinar la posición de su centro geométrico. Tomando el alzado del plano vélico, se calcula el centroide de la vela mayor y el de la génova, por lo que el centroide total de la superficie vélica se encontrará en la línea que une los dos. Por supuesto la posición de dicho centro no es constante y varía con los rumbos de navegación, el trimado de las velas y el trimado de la jarcia. Para conocer cuál es la posición del centro de presión vélica en la línea que une los centroides de la mayor y génova, se utiliza la distancia “a” la cual se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$a = \frac{l}{\frac{A_m}{A_f} + 1}$$

Donde:

- “a” es la distancia entre el centroide de la mayor y el CPV.
- “l” es la distancia entre los centroides de la mayor y la génova.
- A_m es el área proyectada de la mayor.
- A_f es el área proyectada de la génova

Para definir correctamente la superficie vélica se tienen que determinar o calcular una serie de dimensiones que definirán las velas mayor y génova. Dichas dimensiones son las siguientes: I, J, P y E.

- J: Es la base del triángulo de proa, medido horizontalmente desde la cara exterior del mástil hasta la parte media del anclaje del forestay.
- I: Es la altura del triángulo de proa, medido verticalmente por la cara exterior del mástil desde la intersección del pujamen de la vela de proa con el mástil (generalmente en cubierta) hasta la mitad del anclaje del forestay.
- P: Es la altura de la vela mayor, medido verticalmente por la cara exterior del mástil desde la botavara por su cara exterior hasta el tope de la vela mayor.

- E: Es la base de la vela mayor, medido horizontalmente sobre la botavara desde la intersección de ésta con el mástil hasta el tope del puño de escota.
- La superficie de la mayor será por tanto: $A_m = 0.5 \times P \times E$
- La superficie de la vela de proa o génova será: $A_f = 0.5 \times I \times J$
- La superficie vélica total en ceñida se define como: $A_s = A_m + A_f$

Se debe hacer una distribución porcentual de la superficie vélica total entre la vela mayor y la vela de proa o génova. En el estudio estadístico realizado en apartados anteriores se observa que la distribución de la superficie vélica de la mayor está comprendida entre el 45 - 50% de la superficie vélica total.

Determinando la posición del palo en un 38% de L_{wl} , la dimensión “J” de la génova queda prácticamente definida, por lo que se determina que “J” valdrá 4.1 m. Una vez definida la posición del palo y la dimensión “J”, se puede definir la dimensión “E” de la vela mayor estimando la posición del timonel en la embarcación donde lo normal es que la botavara no afecte a su visibilidad. Por ello se determina que $E = 5.2$ m.

Teniendo en cuenta la altura que se dejará de margen desde la parte baja de la botavara hasta la cabeza del timonel, para que no afecte a la visibilidad del mismo siendo ésta de unos 35 cm, se podrá determinar la dimensión “P”, teniendo a su vez como referencia el estudio estadístico. Por todo ello se determina que $P = 16.2$ m, siendo por tanto la superficie de la mayor, $A_m = 42.12$ m², es decir un 54% de la superficie vélica total.

Como se puede apreciar este valor obtenido de superficie de la mayor, se aleja sustancialmente del 50% fijado como máximo que se suele disponer de superficie de la mayor sobre la total, esta diferencia entre el 54% obtenido y el 50% recomendado reside en que se ha tenido en cuenta el ángulo de Dellenbaug, mediante el cual se puede estimar el brazo escorante óptimo para un cierto ángulo de Dellenbaug dependiendo de si se le quiere dar una estabilidad dura o blanda.

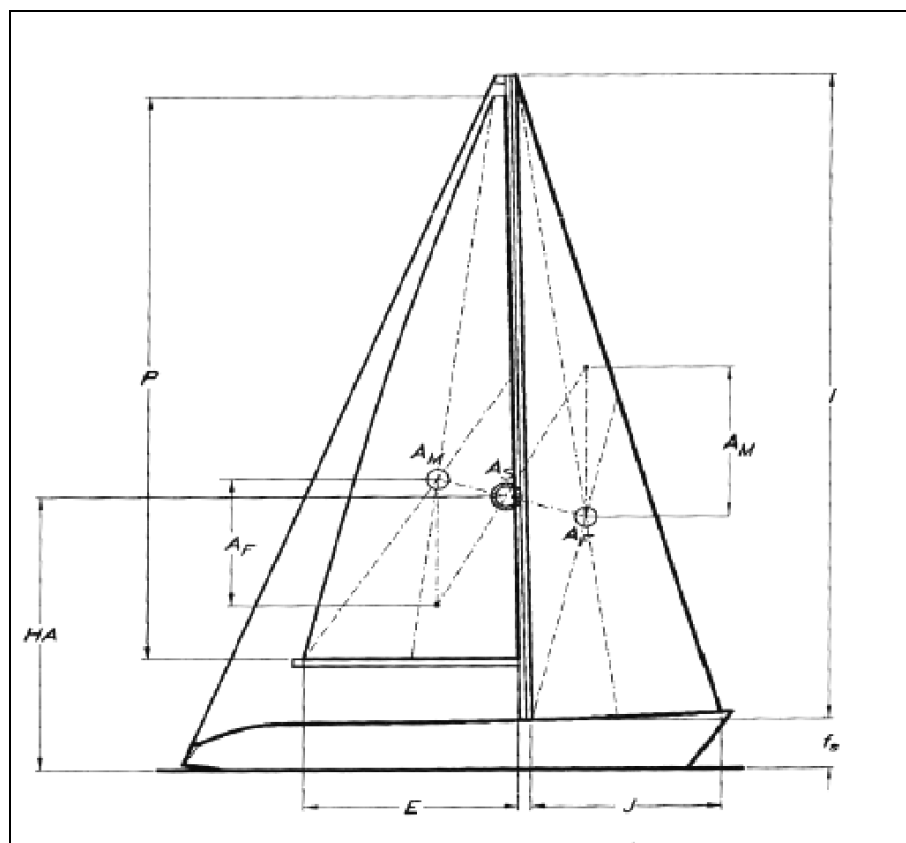
Inicialmente para determinar una superficie vélica aproximada con su correspondiente brazo escorante se ha utilizado el ángulo de Dellenbaug. como lo que interesaba era aumentar dicho ángulo para llegar al mínimo orientativo propuesto en la figura 41, se tenía que aumentar tanto la superficie vélica como el brazo escorante, de ahí que el resultado final hasta conseguir un valor aceptable sea el del 54% de la superficie vélica de la mayor sobre la total.

Una vez obtenida la dimensión “P”, fácilmente puede obtenerse la dimensión “I”, ya que el tipo de aparejo elegido previamente es un aparejo Sloop a tope y por consiguiente deben de coincidir los extremos de las velas de proa y mayor, salvando un cierto margen. Se determina entonces que la dimensión $I = 17.4$ m., y por consiguiente $A_f = 35.67$ m².

Tabla 7

Configuración del plano vélico	
I	17.4 m
J	4.1 m
P	16.2 m
E	5.2 m
Am	42.12 m ²
Af	35.67 m ²
As	77.79 m ²

Figura 40



Dimensiones plano vélico. Principles of Yacht Design

10.3.- EQUILIBRIO VÉLICO

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

Según la posición horizontal del centro de presión vélica con respecto al centro de resistencia lateral, cuya distancia se denomina **Lead**, la embarcación tenderá a Orzar o Arribar.

- Orzar: Disminuir el ángulo que forma el rumbo del barco con respecto al viento, sin aproarse. Ocurre cuando el CPV se encuentra a popa del CLR.
- Arribar: Aumentar el ángulo que forma la proa con el viento. Ocurre cuando el CPV se encuentra a proa del CLR.

También la tendencia de la embarcación a orzar o arribar dependerá de la intensidad de la fuerza aerodinámica lateral. Dado que dicha fuerza es mayor cuanto más cerrado al viento se navegue, se intenta diseñar la embarcación para que esté en equilibrio vélico en dichos rumbos cerrados.

Dependiendo del tipo de aparejo utilizado se puede definir el *lead* óptimo medido en porcentaje de la eslora de flotación:

- Aparejo a tope: 5 - 9 %
- Aparejo fraccionado: 3 – 7 %

Por otro lado, hay que tener en cuenta que cuando la embarcación navega en ceñida, al escorar, el centro de carena suele desplazarse hacia popa produciendo así un trimado hacia popa. Esta tendencia es mayor cuanto más hacia popa se encuentre la manga máxima. Al producirse dicho trimado se ha de tener en cuenta el efecto del casco en la posición del CLR, ya que éste se desplazará hacia proa. Por todo ello, a la hora de equilibrar la posición del plano vélico es necesario predecir cuál será el avance hacia proa del CLR. Normalmente se estima la posición del CLR en situación de escora cero, ubicándolo a popa del CPV la distancia conocida como “lead” o avance, de manera que cuando la embarcación navegue en ceñida, escore y trime hacia proa, el CLR avance también hacia proa y se sitúe lo más cercano posible a la vertical del CPV.

En el caso que nos ocupa, la embarcación se ha diseñado del tal forma que el CLR se sitúa hacia popa del CPV una distancia de 0.641 m que corresponde con un 6 % de Lwl. El brazo escorante (Be), que corresponde con la distancia vertical entre el CLR y CPV, será de 9.029 m. Cuanto mayor sea “Be”, mayor escora provocará la embarcación por lo que se deberá dotar al barco de una mayor estabilidad inicial, ya sea aumentando la manga del barco o bajando el centro de gravedad pero a su vez se podrá disponer de una mayor superficie vélica pudiendo conseguir así un mayor velocidad.

Un método sencillo para conocer si la estabilidad de la embarcación es adecuada a su superficie vélica es utilizar el *Ángulo de Dellenbaug* (θ), mediante el cual se puede conocer la escora que tendrá la embarcación cuando se navega en ceñida con un viento

de 8 m/seg. De esta manera se puede saber si se trata de un barco duro de estabilidad (Stiff) o blando (Tender).

$$\theta = 279 * \frac{As * HA}{\Delta * \overline{GM}}$$

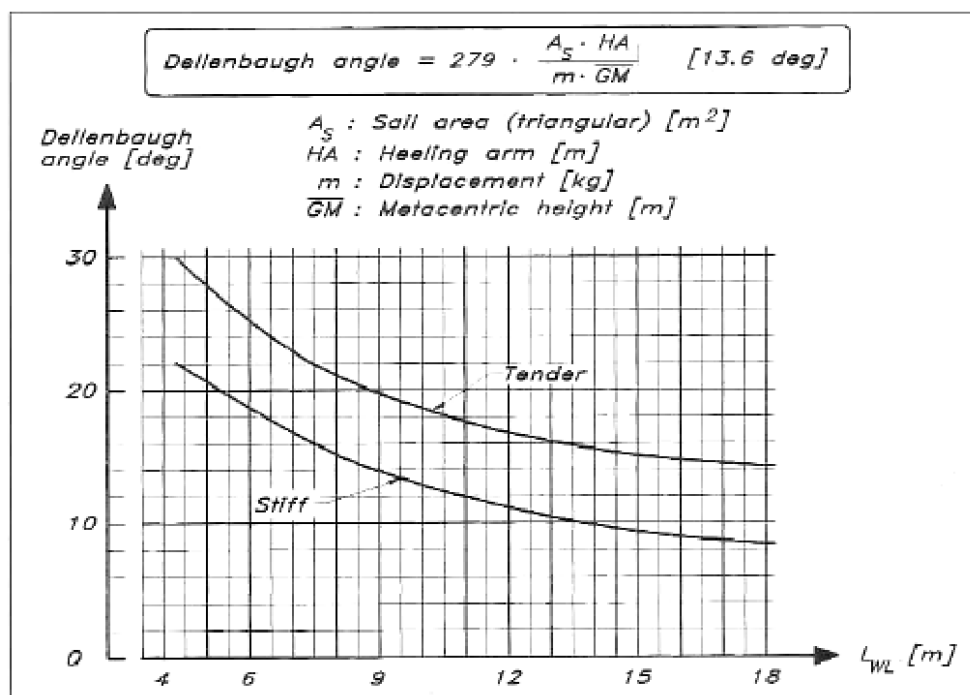
Donde:

- As es la superficie vélica en ceñida (m²).
- HA es el brazo escorante (m).
- Δ es el desplazamiento de diseño (Kg).
- \overline{GM} es la altura metacéntrica (m).

Usando la figura 41 y entrando en dicha gráfica con la eslora de flotación de la embarcación, es decir 10.7 m, se obtiene el siguiente rango de estabilidad [12 - 18]°, en el cual 12° corresponde a una estabilidad dura y 18° a una estabilidad blanda. La figura 41 corresponde a un estudio realizado con distintas embarcaciones de regata y crucero y no precisamente con embarcaciones modernas de ahí que no se deba usar estrictamente dicha gráfica para el cálculo de la superficie vélica sino simplemente como comparación orientativa.

El ángulo de Dellenbaug correspondiente a la embarcación es de $\theta = 9.76^\circ$, donde, As = 77.70 m², HA = 9.029 m, $\Delta = 9540$ Kg y $\overline{GM} = 2.105$ m.

Figura 41



Ángulo de Dellenbaug. Principles of Yacht Design

10.4.- DISEÑO DEL APAREJO

Para el diseño estructural de la jarcia de un velero se pueden aplicar los principios de la física y de la resistencia de materiales. Sin embargo, la cuantificación de las cargas dinámicas que actúan sobre el aparejo es bastante complicada. Esto hace que sea más sencillo aplicar la normativa de una sociedad de clasificación, que incluye unos factores de seguridad adecuados. La sociedad de clasificación que se aplicará para el estudio del aparejo de la embarcación con sus estándares de ingeniería correspondientes es la Nordic Boat Estándar (NBS), puesto que son de los pocos estándares que tienen en cuenta el escantillonado de los aparejos.

10.4.1.- Aplicación de los estándares del NBS

Estos estándares son válidos para el cálculo de un mástil normal y aparejos fraccionados con uno o dos pares de crucetas.

Otros límites de este estándar son los siguientes:

1. Se aplicará solo a veleros cuya área del triángulo de proa no sea más grande que 1.6 veces el área de la vela mayor.

$$\frac{I * J}{E * P} < 1.6$$

2. El área vélica en ceñida total (As), debe ser mayor que el momento adrizante (RM) dividido por 128 veces el brazo escorante (HA). Si esto no se cumpliese se consideraría un buque a motor con una vela de capa.

El primer punto para empezar a dimensionar la jarcia es considerar el momento adrizante a 30°, RM(30°). Se considera que este ángulo de 30° es un buen ángulo de diseño y corresponde a una fuerza de viento razonablemente alta, con las velas generando grandes cargas estáticas sobre el aparejo y transmitiendo buenas velocidades al velero a través del agua. Puesto que estas cargas son estáticas se deberán tomar ciertas precauciones para no despreciar las acciones dinámicas, las cuales no pueden dar picos importantes de tensiones y compresiones de a estructura. Estas precauciones harán que se trabajé aplicándole al momento adrizante un cierto factor de seguridad en distintas fases del cálculo.

También ha de tenerse en cuenta la acción de la tripulación. Hay que tener en cuenta que en navegación, la función de la tripulación “haciendo banda” es muy importante. El NBS ofrece una forma para calcular de forma bastante aproximada cual es el momento creado por esta tripulación “haciendo banda”.

$$\delta RM = 75 * n (3.4 * B - 4.9 * Fs)$$

Siendo “n” el número de tripulantes, “B” la manga del velero y “Fs” el francobordo a la altura del mástil. Con esto se obtiene el momento adrizante inducido por la tripulación.

El valor del momento adrizante que se va a utilizar a lo largo de todo el diseño se hallará de la siguiente manera:

$$RM = RM(30^\circ) * \frac{\Delta}{G} + \delta RM$$

Siendo $RM(30^\circ)$ el momento adrizante a 30° de escora con el buque vacío o en rosca, G el peso del barco en rosca y Δ el desplazamiento del barco a plena carga.

- Cálculo del momento adrizante inducido por la tripulación:

Donde,

$$n = 6; \quad B = 3.95 \text{ m}; \quad F_s = 1,296 \text{ m.}$$

$$\delta RM = 3185.82 \text{ Nm}$$

- Cálculo del momento adrizante:

Mediante el programa Hydromax se procede a calcular previamente el brazo adrizante a 30° de escora (GZ_{30°). $GZ_{30^\circ} = 0.809 \text{ m}$.

Una vez calculado GZ_{30° , se procede a determinar el momento adrizante a 30° de escora, simplemente multiplicando el valor de GZ_{30° por el desplazamiento en rosca de la embarcación, que como está expresado en kilogramos hay que multiplicarlo por la aceleración de la gravedad, es decir 9.81 m/s^2 , para pasarlo a Newton. Finalmente quedará $RM(30^\circ) = 70632.981 \text{ N.m}$.

El desplazamiento a plena carga será el desplazamiento máximo operativo que ha sido calculado en el apartado 6.2 cuyo resultado era de 10041.65 Kg., y el desplazamiento en rosca es de 8900 Kg, por lo que el momento adrizante valdrá:

$$RM = 82879.266 \text{ Nm}$$

- Comprobación de los estándares del NBS:

$$1. \quad I * J = 71.34 \text{ m}^2; \quad P * E = 84.24 \text{ m}^2;$$

$$\frac{71.34}{84.24} = 0.847 < 1.6; \quad \text{Cumple}$$

$$2. \quad As = 77.79 > \frac{RM}{128 * HA} = \frac{82879.266}{1155.712} = 71.713; \quad \text{Cumple}$$

La estabilidad del mástil transversalmente depende del número de crucetas y de la colocación del pie del mástil, que puede estar apoyado sobre cubierta o apoyado en la quilla.

La estabilidad longitudinal depende también de la colocación del pie del mástil, del número de crucetas y su colocación (retrasada o perpendicular) y la tensión que se aplique a los stays y obenques.

Se puede establecer unas ventajas e inconvenientes acerca del número de crucetas a utilizar y del tipo de apoyo del pie del mástil.

Ventajas del aumento del número de crucetas:

- Palo más delgado, lo que mejora la eficiencia de la vela mayor.
- Palo más ligero ya que disminuye el espesor de la pared.
- Ángulos de caza de escota de génova más pequeños ya que las crucetas pueden ser más cortas.

Inconvenientes del aumento del número de crucetas:

- Palo más difícil de trimar.
- Se deben tomar medidas para cuidar la estabilidad longitudinal ya que aumenta el momento de inercia longitudinal.
- Estructura más cara.

Ventajas del palo apoyado en la quilla:

- Palo más delgado, lo que mejora la eficiencia de la velas.
- Palo más ligero ya que disminuye el espesor de la pared.
- Ángulos de caza de escota de génova más pequeños ya que las crucetas pueden ser más cortas.

Inconvenientes del palo apoyado en la quilla:

- Palo más difícil de trimar.
- Altas fuerzas horizontales a la altura de la cubierta (por donde la atraviesa).
- Posible entrada de agua por la cubierta.

Una vez definidas las ventajas e inconvenientes del número de crucetas y de la posición del palo se determina que la embarcación que el palo estará apoyado en a quilla y se usará una disposición de dos pares de crucetas.

10.4.2.- Definición de las cargas transversales

Las fuerzas a aplicar provienen de la presión que el viento ejerce sobre las velas y las fuerzas dinámicas creadas por el viento y el mar. El NBS considera dos casos distintos de cargas para dimensionar la estructura.

En el *primer caso* la jarcia está cargada solamente por la acción del viento sobre la vela de proa. La fuerza transversal será independiente de la forma de la vela que se utilice y será sencillamente el momento adrizante dividido por la distancia entre la línea de agua y el lugar donde queda fijado el stay de proa al mástil.

En el *segundo caso* la jarcia está cargada por la vela mayor habiendo tomado rizos (se suponen unas condiciones meteorológicas muy duras). La fuerza transversal en este caso también se obtiene dividiendo el momento adrizante por la distancia entre la línea de agua y el centro de presiones de la mayor (aproximadamente a 1/3 de la altura de la vela a partir de la botavara). Esta fuerza se descompone entonces en dos fuerzas, una aplicada al tope de la vela (Thead) y otra aplicada a la botavara (Tboom).

Si Thead se encuentra entre dos obenques estas dos fuerzas a su vez se pueden descomponer en otras dos. La fuerza del tope de la vela (Thead) se puede distribuir entre la cruceta que le queda por debajo (Thl) y la cruceta o tope de obenques que le queda por encima (Thu).

La fuerza de la botavara, Tboom, se distribuye también entre la cubierta y los obenques inferiores. Para el caso que nos ocupa interesa conocer las cargas sobre el primer piso de crucetas y se obtendrá como una fracción entre la fuerza de la botavara proporcional al factor entre la altura de la botavara respecto a la cubierta y la altura de la cruceta respecto a la cubierta.

Caso 1:

$$T1 = \frac{RM}{a1}$$

$$a1 = 19.245 \text{ m}; \quad T1 = 4306.535 \text{ N}$$

Caso 2:

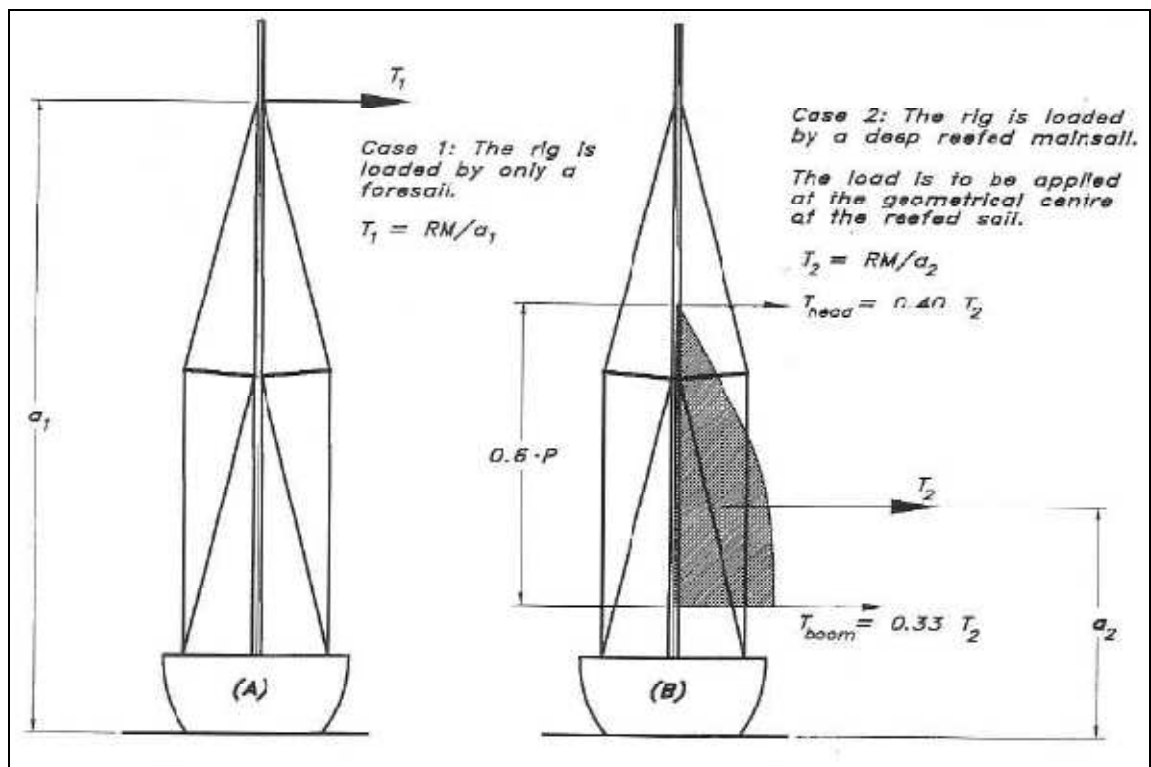
$$T_2 = \frac{RM}{a_2} \Rightarrow \text{siendo } a_2 = 8.445 \text{ m} \Rightarrow T_2 = 9814.004 \text{ N}$$

$$T_{head} = 0.40 * T_2 \Rightarrow T_{head} = 3925.602 \text{ N}$$

T_{head} está situado a una distancia de, $0.6 * P = 9.72 \text{ m}$ desde el eje de la botavara.

$$T_{boom} = 0.33 * T_2 \Rightarrow T_{boom} = 3238.621 \text{ N}$$

Figura 42



Definición de cargas. Principles of Yacht Design

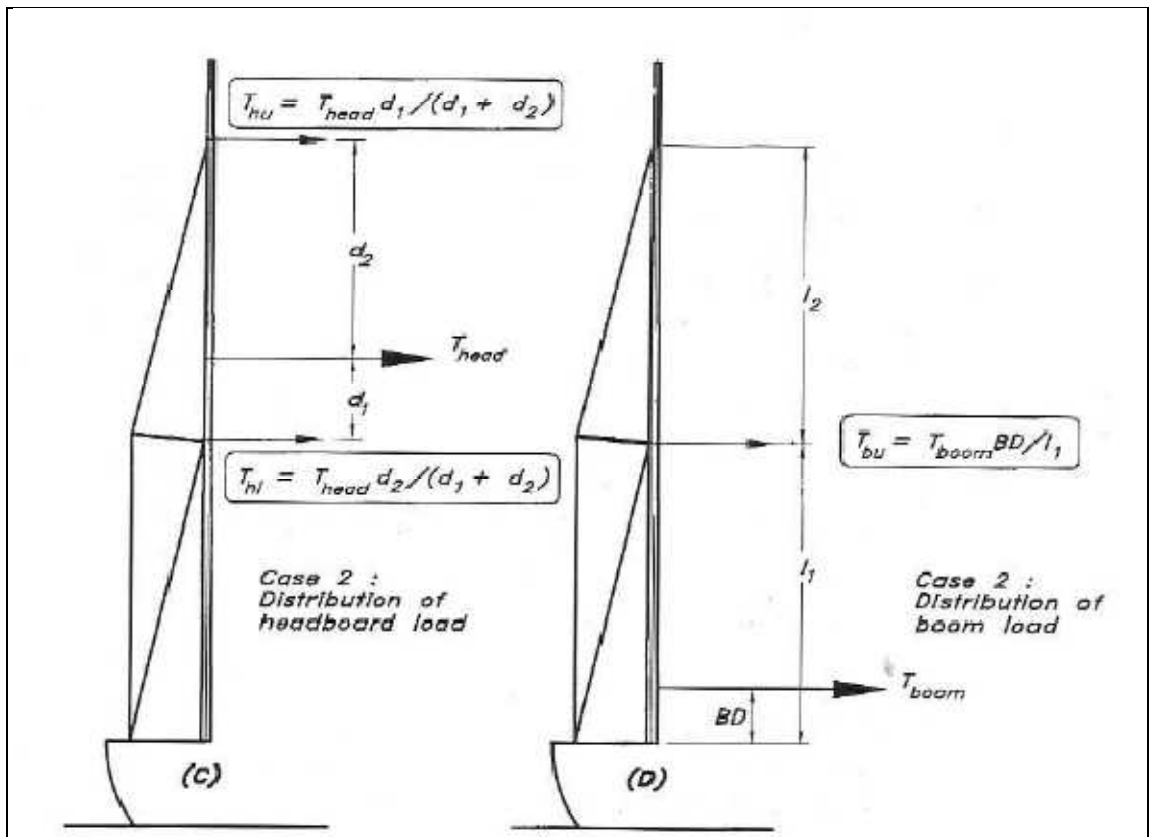
Una vez determinada T_{head} y su posición, se determinan las distancias d_1 y d_2 tal y como se muestra en la figura 43 para poder así calcular las cargas T_{hu} y T_{hl} .

$$d_1 = 5.3848 \text{ m}; \quad d_2 = 0.6052 \text{ m}; \quad T_{hu} = 3528.984 \text{ N}; \quad T_{hl} = 396.618 \text{ N}$$

Se determina que $BD = 1.655 \text{ m}$ e $I_1 = 5.99 \text{ m}$, por lo que T_{bu} valdrá:

$$T_{bu} = 894.811 \text{ N}$$

Figura 43



Definición de cargas transversales. Principles of Yacht Design

Ahora ya se tienen las fuerzas transversales que actúan sobre la estructura. Según el tipo de configuración que se elija se obtiene el siguiente conjunto de fuerzas tal y como se muestra en la figura 44.

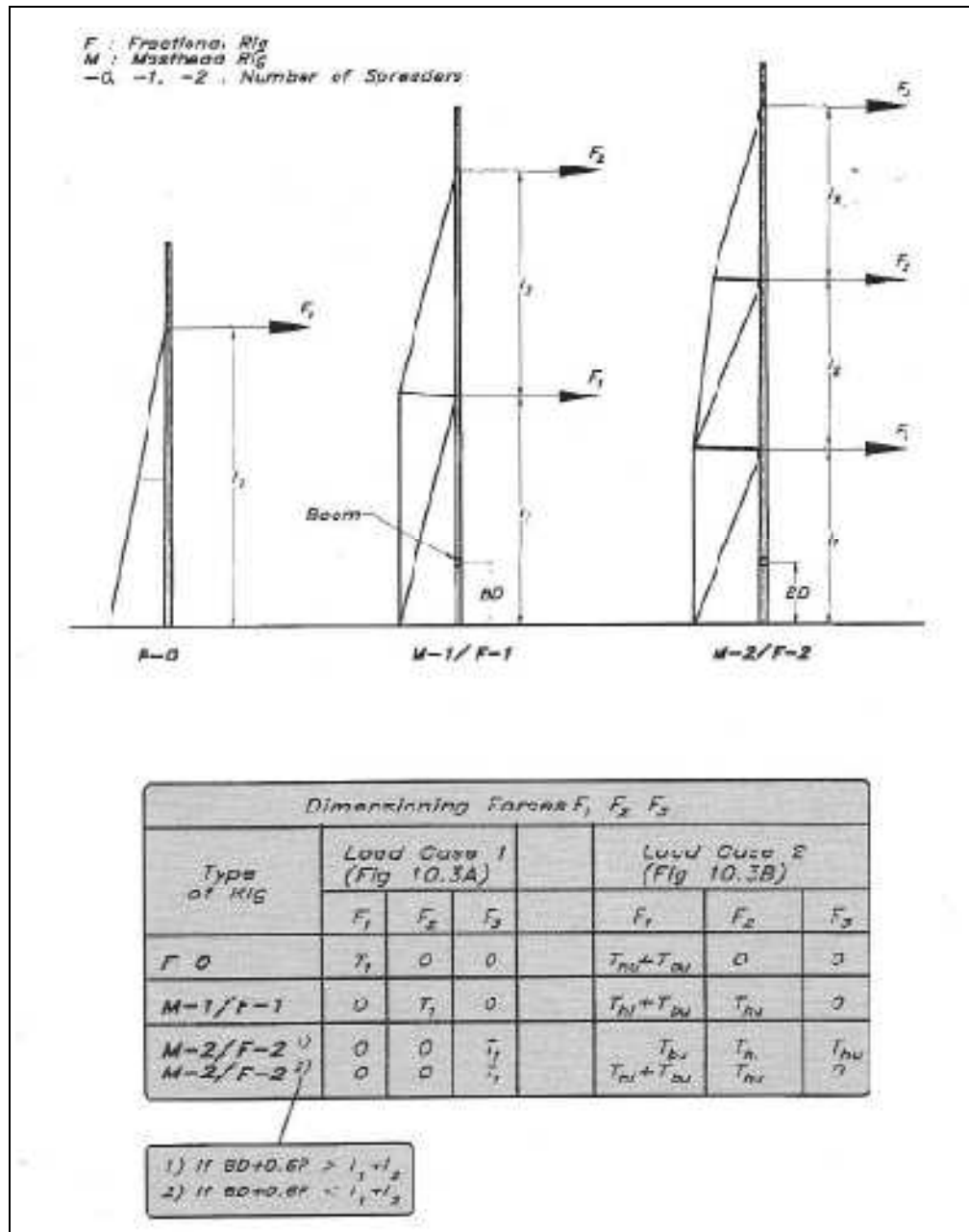
Se elige una configuración de dos pares de crucetas, **M - 2**. Seguidamente habrá que realizar el cálculo oportuno para conocer cuáles serán las fuerzas que actúan sobre el aparejo.

$$BD + 0.6 * P = 11.375$$

$$I1 + I2 = 11.98$$

Por lo que, $BD + 0.6 * P < I1 + I2 \Rightarrow$ Caso 2

Figura 44



Fuerzas de dimensionamiento. Principles of Yacht Design

Caso 2:

- $F_1 = T_{hl} + T_{hu} \Rightarrow F_1 = 1291.429 \text{ N}$
- $F_2 = T_{hu} \Rightarrow F_2 = 3528.984 \text{ N}$
- $F_3 = 0 \text{ N}$

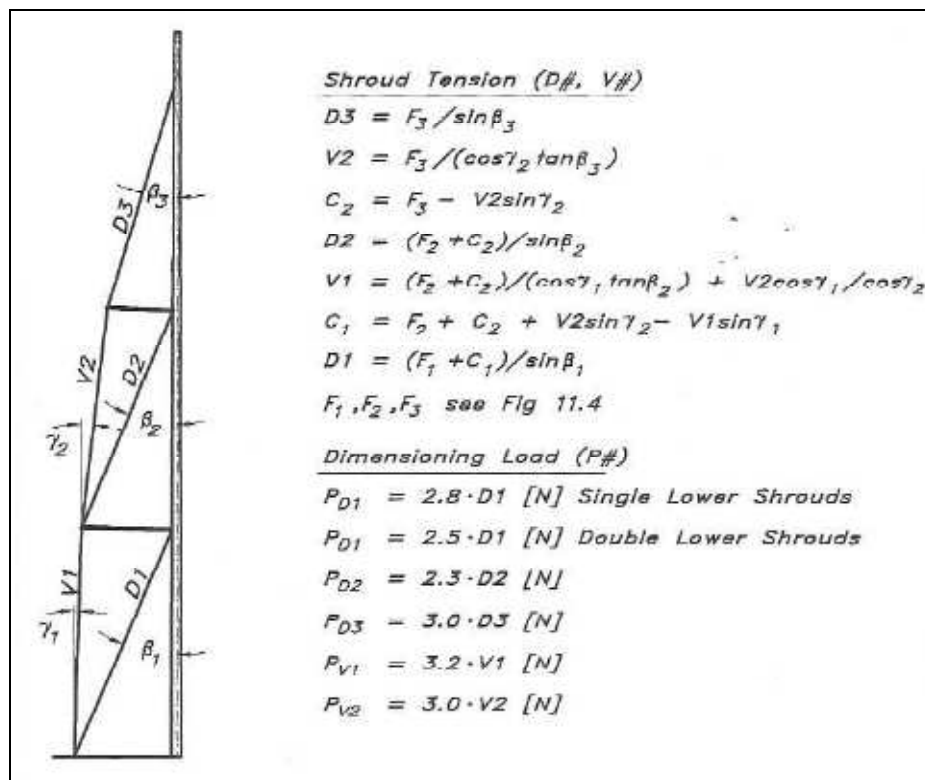
10.4.3.- Cálculo de las fuerzas en los obenques

Cuando se calculan las fuerzas en los obenques se tienen que tener en cuenta las dos situaciones de carga separadamente (figura 44), es decir, dentro del caso M-2/F-2 (2), Load Case 1 y Load Case 2. Se deben comparar los resultados y elegir aquel que sea peor para la estructura, es decir, la carga mayor.

La determinación de las tensiones en los obenques se realiza como se indica en la figura 45. Una vez calculadas las tensiones en los obenques, se les aplica un factor de seguridad, y se obtienen las tensiones de diseño que han de soportar. Estos factores de seguridad, están directamente relacionados con las cargas dinámicas a las que afectan la estructura debido a los pantocazos, golpes de viento y balanceos debidos al estado de la mar.

Los factores de seguridad varían según cuál sea la posición que ocupe el obenque en cuestión.

Figura 45



Cargas en obenques M-2/F-2. Principles of Yacht Design

Tabla 8

Resumen Cálculos de los obenques		
	$\beta_1 = 13^\circ$	
	$\beta_2 = 13^\circ$	
	$\beta_3 = 11^\circ$	
	$\gamma_1 = 1^\circ$	
	$\gamma_2 = 3^\circ$	
Cargas Caso 1		Cargas Caso 2
D3 = 22569.874 N		D3 = 0 N
V2 = 22185.607 N		V2 = 0 N
C2 = 3145.430 N		C2 = 0 N
D2 = 13982.731 N		D2 = 14559.683 N
V1 = 35839.099 N		V1 = 14188.680 N
C1 = 3681.056 N		C1 = 3027.589 N
D1 = 15215.888 N		D1 = 20388.595 N

Se elegirán las cargas máximas para cada caso y finalmente se obtienen las cargas de diseño que han de soportar (tabla 8).

Tabla 9

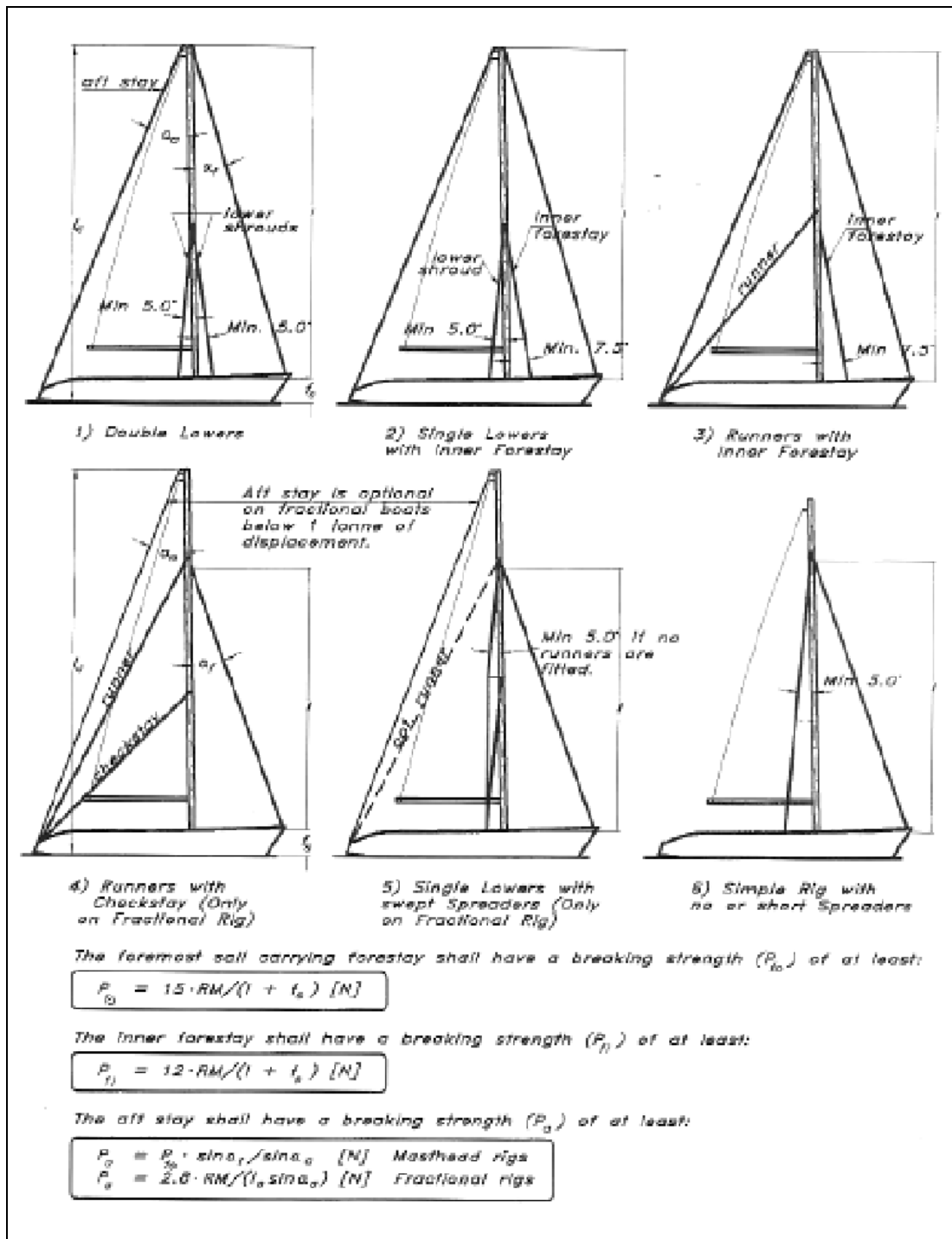
PD1	50971,487 N
PD2	33487,271 N
PD3	67709,623 N
PV1	114685,118 N
PV2	66556,820 N

10.4.4.- Cálculo de las fuerzas en los stays

Las tensiones en los stays dependerán de los elementos por los cuales son tensionados en el buque (winches, hidráulicos, etc.). el NBS reconoce seis tipos de configuraciones transversales diferentes que se detallan en la figura 46. En el caso de las configuraciones longitudinales la formulación que propone el NBS es muy similar para todas ellas, haciendo solo una pequeña diferencia entre los mástiles con stay de proa a tope y los fraccionados (stay de proa por debajo del 6% de la longitud del mástil a partir del tope). En la figura 46 también quedan expresadas las ecuaciones a utilizar para calcular las cargas de rotura para los stays, en las que ya vienen incluidos los factores de seguridad, por lo que se pueden aplicar directamente a los stays.

De entre las seis configuraciones que se muestran en la figura 46, se elige la configuración tipo 1 “Double Lowers”.

Figura 46



Cargas para los stays. Principles of Yacht Design

$$\alpha_a = 22^\circ; \quad \alpha_f = 13^\circ$$

Stay (Proa): $P_{f0} = 64598.025 \text{ N}$

Backstay (Popa): $P_a = 38791.079 \text{ N}$

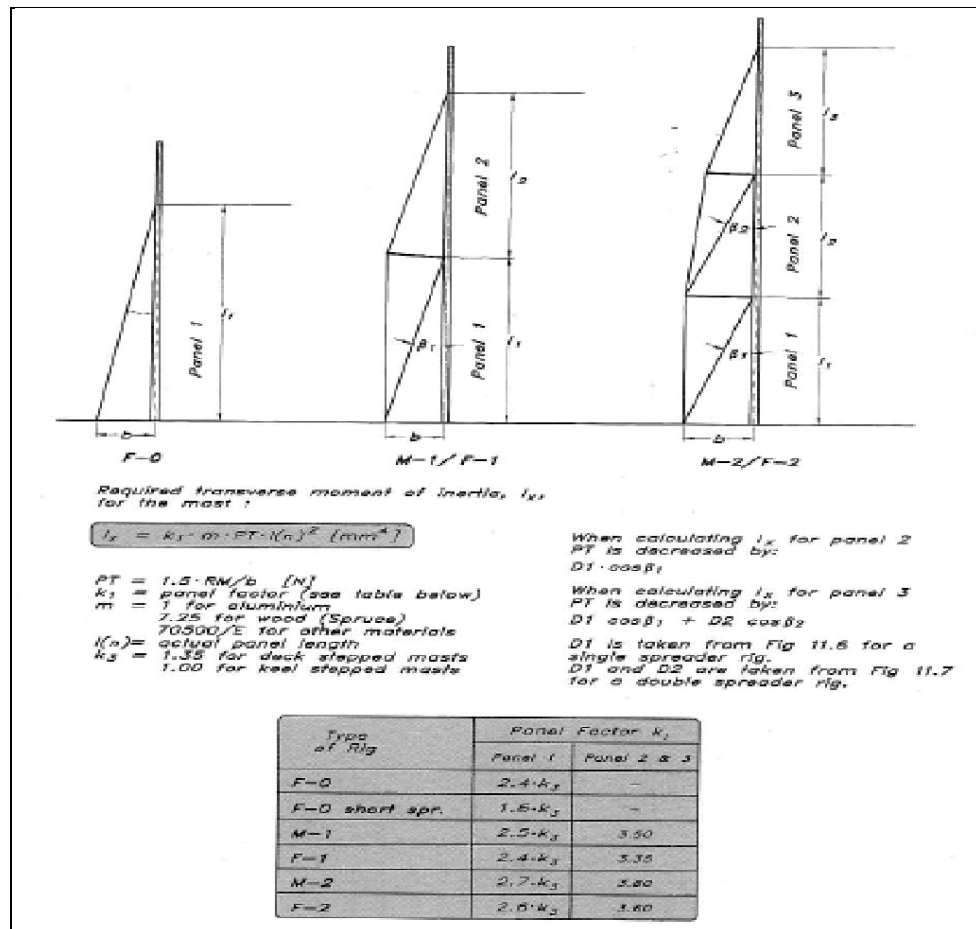
Inner Forestay (Trinqueta): $Pfi = 51678.420 \text{ N}$

10.4.5.- Dimensionamiento del mástil

10.4.5.1.- Cálculo de la rigidez transversal (I_x)

Conociendo las tensiones a las que van a estar sometidos todos los cables. Ya se puede dimensionar el mástil. La tensión creada sobre los obenques y stays crea una compresión en el palo. El mástil debe tener suficiente resistencia y el momento de inercia necesario para no romperse ni pandear. El mástil queda dividido por los distintos pisos de crucetas en distintos paneles y el momento de inercia de la sección del mástil en cada panel dependerá de la longitud de cada uno de los paneles y de las cargas de ese panel.

Figura 47



Formulario para el cálculo de I_x requerido. Principles of Yacht Design

$K3 = 1$ ya que el mástil se apoya en la quilla, y $m = 1$ ya que el mástil está construido de aluminio. La distancia $b = 1.566$ m.

Panel 1:

$$PT = 1.5 * \frac{RM}{b} = 79386.271 \text{ N}$$

$$K1 = 2.7; \quad l1 = 5.99 \text{ m}; \quad Ix = 769.065 \text{ cm}^4$$

Panel 2:

$$PT = \left(1.5 * \frac{RM}{b}\right) - (D1 * \cos\beta1) = 61122.779 \text{ N}$$

$$K1 = 3.8; \quad l2 = 5.99 \text{ m}; \quad Ix = 833.375 \text{ cm}^4$$

Panel 3:

$$PT = \left(1.5 * \frac{RM}{b}\right) - (D1 * \cos\beta1 + D2 * \cos\beta2) = 45837.069 \text{ N}$$

$$K1 = 3.8; \quad l2 = 5.965 \text{ m}; \quad Ix = 619.757 \text{ cm}^4$$

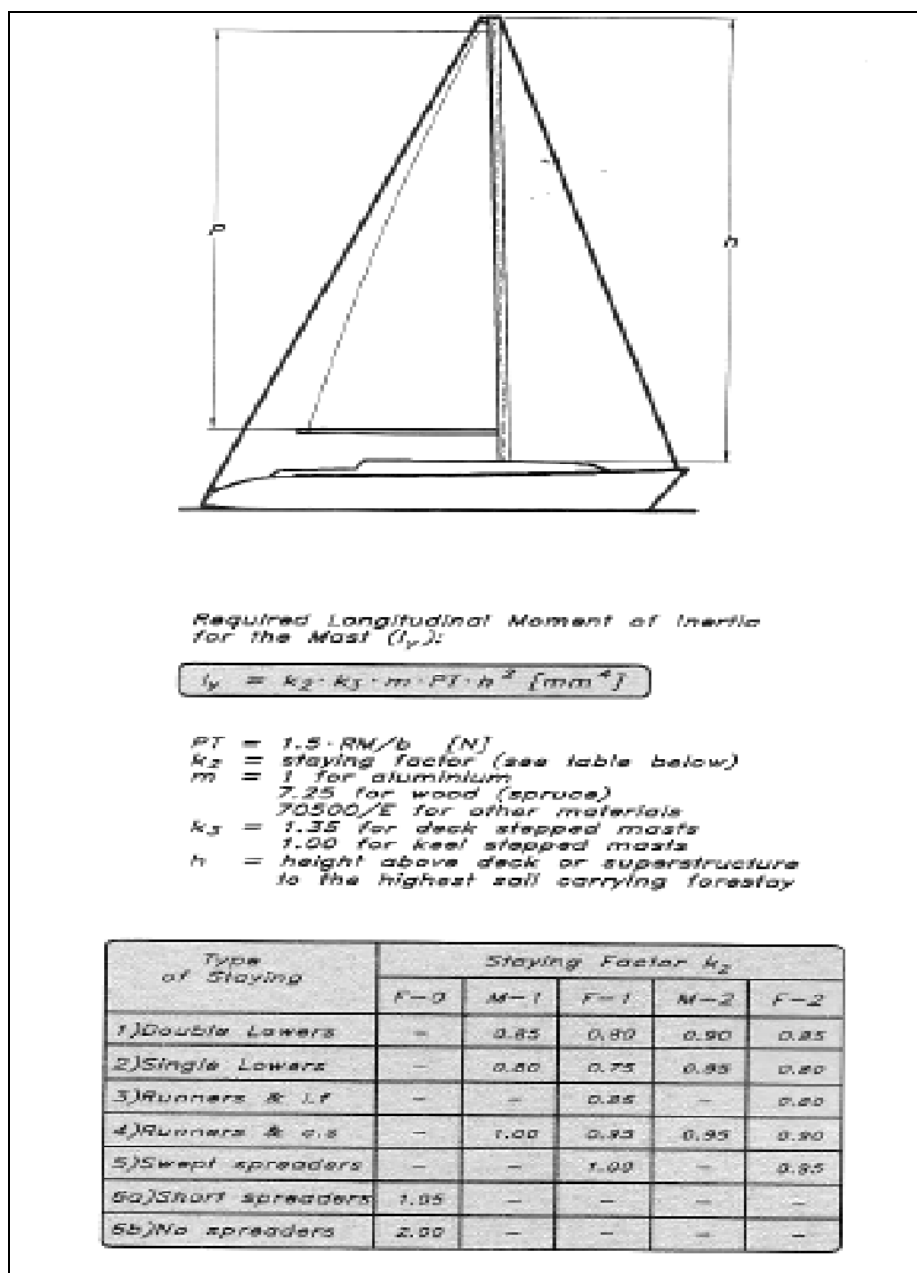
10.4.5.2.- Cálculo de la rigidez longitudinal (Iy)

Las fórmulas que se muestran en las figuras 47 y 48 son muy parecidas a las del cálculo de la carga crítica de una viga, formulada por Euler. No hay que olvidar que la sustentación que proporcionan los cables se traduce en una gran compresión en el mástil, y que todas las fuerzas que actúan sobre el mismo, son las cargas de compresión las que provocan la mayoría de fallos y colapsos de estructuras. Es por este motivo, por lo que se usan fórmulas relacionadas con la carga crítica a pandeo por compresión, en vez de otras fórmulas, a la hora de dimensionar u diseñar mástiles de veleros.

$K3 = 1$ ya que el mástil se apoya en la quilla, $K2 = 0.9$ debido al tipo de aparejo seleccionado (M - 2), $m = 1$ por estar el mástil construido de aluminio, y $h = 17.764$ m. La carga PT es la misma que para el caso del cálculo de la rigidez transversal.

$$Iy = 2254.6 \text{ cm}^4$$

Figura 48



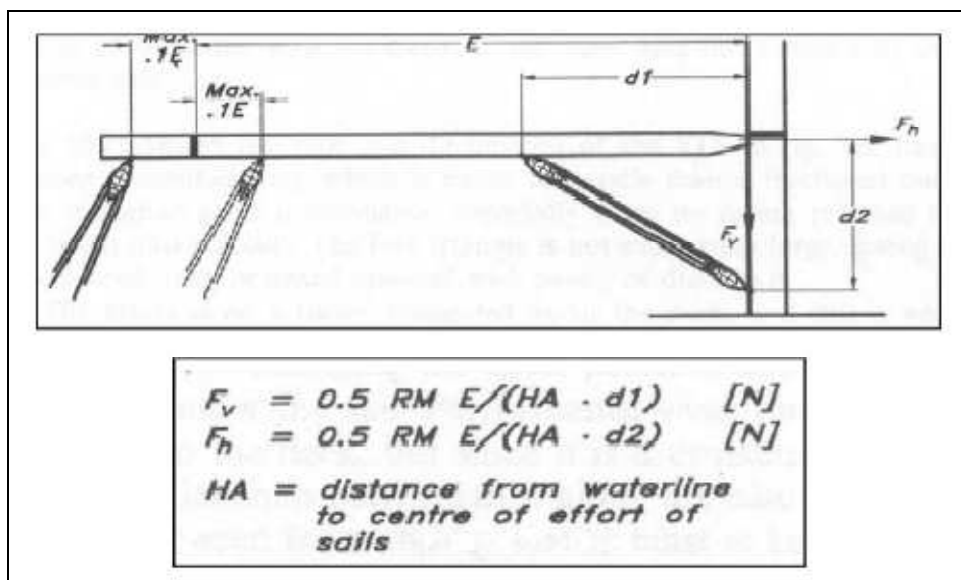
Formulación para el cálculo de I_y requerido. Principles of Yacht Design

10.4.6.- Dimensionamiento de la botavara

La botavara está sujeta a fuerzas de flexión que provienen de la presión del viento sobre la mayor. Estas fuerzas son contrarrestadas por la escota de la mayor (cabo que permite variar la posición de la botavara para variar el ángulo de ataque de la mayor) y la contra (elemento que puede ser, una pieza mecánica o un cabo desmultiplicado con poleas, que evita que la botavara se levante por efecto de la tensión

en las velas). Todo esto provoca una fuerza horizontal y otra vertical en el pinzote (mecanismo por el que se une la botavara al mástil). Las fuerzas que debe soportar el pinzote a modo simplificado aparecen en la siguiente figura.

Figura 49



Formulación para la botavara. Principles of Yacht Design

La zona del mástil donde el pinzote se une a éste es especialmente crítica, ya que en esta zona se concentran varias fuerzas. Por un lado, el pinzote va en el primer panel, aquel en el que el mástil sufre una mayor compresión. Y por otro lado, la sección del mástil debe ser capaz de soportar tanto la compresión como las fuerzas que le transmite la botavara.

Las fuerzas de flexión que debe soportar la botavara actúan tanto horizontal como verticalmente, pero cabe destacar que las más importantes van a ser verticales. Por este motivo las secciones de las botavaras tienen diferentes momentos de inercia en las dos direcciones principales de la sección. El NBS propone el siguiente cálculo para obtener el módulo resistente vertical de la sección de la botavara.

$$SMv = \frac{600 * RM * (E - d1)}{\sigma_{0.2} * HA} \quad (mm^3)$$

Donde HA es la distancia entre la línea de agua al centro de presiones de las velas (CPV). El módulo resistente horizontal no debe ser inferior al 40 o 50% del vertical. En el lado de la seguridad se puede optar por usar el 50% como valor de referencia.

Todo lo expuesto con anterioridad en este apartado sólo es válido cuando el punto de anclaje de la escota de la mayor en la botavara se encuentra a menos de un 10% del final de la botavara.

$$HA = 8.078 \text{ m}; \quad d1 = 1.41 \text{ m}; \quad d2 = 1.1 \text{ m}; \quad \sigma_{0.2} = 210 \text{ Mpa}$$

$$Fv = 18918.918 \text{ N}; \quad Fh = 24250.613 \text{ N}$$

$$SM_y = 111.10 \text{ cm}^3; \quad SM_x = 55.550 \text{ cm}^3 \text{ (Se ha tomado } SM_x = 0.5 * SM_y)$$

10.4.7.- Dimensionamiento de las crucetas

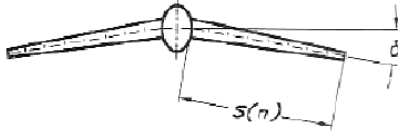
Las crucetas tienen la finalidad de disminuir la longitud “libre” del mástil. Como se ha visto en el apartado 10.4.5 , el momento de inercia que requiere el mástil para soportar una determinada carga, es proporcional a la longitud “libre” de éste. Por consiguiente, si se divide la longitud del mástil, se necesitará una sección con menor momento de inercia.

Para que las crucetas trabajen adecuadamente, debe procurarse que trabajen a compresión pura, evitando así que se desplacen hacia arriba o hacia abajo. La compresión en las crucetas vendrá dada por los ángulos que formen con los obenques. Por este motivo las crucetas hay que colocarlas con un cierto ángulo de inclinación procurando que coincidan con las bisectrices de los ángulos que forman los obenques.

Se puede comprobar en la figura 50 que se debe diferenciar entre dos partes de la cruceta: el centro de la cruceta y la sección en contacto con el mástil. También ocurre en el caso del cálculo del dimensionamiento de las crucetas que las fórmulas para tal cálculo tienen una similitud con la fórmula propuesta por Euler para el pandeo.

Para favorecer el comportamiento del mástil longitudinalmente se suelen retrasar (ángulo horizontal, δ) las crucetas unos pocos grados (entre 10 y 15°). De esta manera las crucetas y los obenques también trabajan para soportar la estructura longitudinalmente. En el caso que nos ocupa, y comparando con otros barcos de características similares, no es necesario retrasar tanto las crucetas, por lo que se determina que dicho retraso será de 2°.

Figura 50



The Moment of Inertia of the spreader at half span is to be :

$$I = 0.8 \cdot C(n) \cdot S(n)^2 / (E \cdot \cos \delta) \text{ [mm}^4\text{]}$$

E = modulus of elasticity of spreader
 $C(n)$ = transverse component of shroud-force (see Fig 10.6 & 10.7)
 $S(n)$ = length of spreader [mm]
 δ = horizontal angle of spreader

Close to the mast the spreader shall have a Section Modulus of :

$$SM = k \cdot S(n) \cdot V(n) \cdot \cos \delta \text{ [mm}^3\text{]}$$

$k = 0.16 / \sigma_{0.2}$
 $V(n) = V1$ for lower spreaders
 $V(n) = V3$ for upper spreaders
 $\sigma_{0.2}$ = yield strength of spreader [N/mm²]
 (Minimum 210 N/mm² for aluminium)

The spreader attachment shall be able to withstand a moment of:

$$M_s = 0.16 \cdot S(n) \cdot V(n) \cdot \cos \delta \text{ [Nmm]}$$

Formulación para las crucetas. Principles of Yacht Design

Cruceta 1:

Tabla 10

C1	3681.056 N
δ	2°
S1	1383.984 mm
E (aluminio)	70000 N/mm ²
I1	8.063 cm ⁴
V1	35839.099 N
SM1	37,768 cm ³
M1	7931283.92 N * mm

Cruceta 2:

Tabla 11

C2	3145.430 N
δ	2°
S2	1046.081 mm
E (aluminio)	70000 N/mm ²
I2	3.936 cm ⁴
V2	22569.874 N

SM2	17,977 cm ³
M2	3775285,447 N * mm

10.4.8.- Elección de secciones y cables

Los cables para los stays y obenques son un punto importante en el diseño de un aparejo que funcione correctamente. En la actualidad la elección se encuentra entre cables (1x19) o varillas de acero inoxidable. Los puntos a tener en cuenta para comparar la varilla con el cable son la carga de rotura, la fatiga, la resistencia a la corrosión y el precio.

La carga de rotura de cada obenque y stay está definida en apartados anteriores. Los cables y varillas tienen un diámetro proporcional a la carga máxima que pueden soportar. Normalmente una varilla es un 20% más fuerte que un cable del mismo diámetro.

En cuanto a la fatiga, si los puntos de anclaje de los stays y obenques están hechos de tal modo que puedan ir variando los ángulos, el cable es bastante más sensible a la fatiga ya que cada uno de los cables que componen el cable total, puede rozar con los otros. La varilla por el contrario, es más sensible a daños superficiales que pueden conllevar grietas. El cable tiene la ventaja de que los cables por los que está formado se van rompiendo poco a poco y esto puede avisar de que hace falta un cambio de cables, siempre y cuando se vaya realizando una revisión visual periódica. En la varilla, la rotura por fatiga llega sin avisar, y el comienzo de las grietas puede ser muy difícil de detectar visualmente.

La resistencia a la corrosión va a ser prácticamente la misma para los dos casos, ya que tanto cables como varillas están hechos de la misma aleación o similares.

El precio es el elemento determinante, generalmente, a La hora de equipar cable o varilla. El precio de la varilla suele ser un 50, e incluso puede llegar al 100%, más caro que el cable de la misma resistencia mecánica. Este factor es determinante, en el caso que nos ocupa, debido a la limitación presupuestaria fijada inicialmente.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se determina que se equipará a la embarcación con cables de acero inoxidable AISI-316 de 1x19 para los obenques y stays. A continuación se detalla en la tabla 11 las características de los cables elegidos.

Tabla 12

Cables (1x19) Acero Inoxidable AISI-316			
Cable	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (N)	Peso (Kg/m)
D1	8	53500	0.327
D2	7	40900	0.225
D3	10	69100	0.475
V1	12	120200	0.820
V2	10	69100	0.475
Forestay	10	69100	0.475
Backstay	7	40900	0.225

Basándonos en la Figura 51, se determinan las dimensiones de las secciones del mástil, botavara y crucetas.

Tabla 13

	Dim. (mm)	I_y (cm⁴)	I_x (cm⁴)	Peso (Kg/m)	SM_y (cm³)	SM_x (cm³)
Mástil	237/162	2360	1120	8.76	176	138
Botavara	200/117	1190	325	5.36	112	55.5
Cruceta 1	129/100	292	175	3.74	38	35
Cruceta 2	121/92	205	122	3.15	28.9	26.5

En realidad el obenque se instala en la embarcación como un único cable, por lo que se toma el valor del diámetro máximo de entre D3, V2 y V1, es decir, 12 mm.

Figura 51

Typical properties for aluminum extrusions

Mast	Main Dim. (mm)	I_y (cm ⁴)	I_x (cm ⁴)	Wall Thkn. (mm)	Weight Kg/m	SM_y (cm ³)	SM_x (cm ³)
Oval Sect.	122/85	165	75	2.45	2.43	23.6	17.6
	130/93	215	100	2.50	2.71	29.0	21.5
	138/95	287	139	2.85	3.35	35.0	29.3
	155/104	413	191	3.05	3.69	45.9	36.7
	170/115	589	260	3.10	4.11	58.1	45.2
	177/124	725	345	3.40	4.75	74.7	55.6
	189/132	956	458	3.70	5.73	89.3	69.4
	206/139	1310	613	4.10	6.44	115	88.2
	224/150	1775	830	4.50	7.32	143	111
	237/162	2360	1120	4.85	8.76	176	138
Delta Sect.	274/185	3650	1650	4.90	10.32	232	178
	121/92	205	122	3.00	3.15	28.9	26.5
	129/100	292	175	3.50	3.74	38.9	35.0
	137/113	375	250	3.90	4.21	50.0	44.2
Furl. Sect.	146/112	508	310	4.40	5.05	61.9	55.3
	160/132	750	500	5.30	6.67	80.6	75.7
	190/94	580	200	3.00	4.69	55.4	42.5
	213/104	850	290	3.15	5.45	73.2	55.7
	235/116	1240	435	3.40	6.55	97.6	75.0
Boom Sect.	232/126	1590	605	5.00	8.71	128	96
	260/136	2400	900	5.75	10.36	176	132
	290/150	3520	1300	6.00	12.63	224	173
	86/59	60	23	1.80	1.67	14.0	7.8
	120/62	155	42	1.80	2.16	24.8	13.7
Spinn Pole Sect.	143/76	290	80	2.20	2.83	39.4	20.9
	162/125	615	330	2.80	4.75	76.0	53.0
	171/94	610	170	2.80	4.03	67.7	35.7
	200/117	1190	325	2.80	5.36	112	55.5
	250/140	2410	640	3.20	6.96	183	91.4
Spleen Sect.	48/48	7.65	7.65	2.00	0.75		
	60/60	15.4	15.4	2.00	1.00		
	72/72	29.9	29.9	2.20	1.38		
	84/84	48.8	48.8	2.20	1.53		
	96/96	72.3	72.3	2.20	1.76		
Spleen Sect.	99/99	123	123	3.60	2.65		
	111/111	197	197	4.10	3.38		

Propiedades de secciones para Aluminio. Principles of Yacht Design

11.- DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE ESCANTILLONADO

Los requisitos del escantillonado se basan principalmente en la obtención de una adecuada resistencia local.

Para el cálculo del escantillonado de la embarcación se ha utilizado la normativa UNE-EN ISO 12215-5 cuyo objetivo es conseguir una resistencia estructural global que asegure la integridad de la embarcación tanto en su estanqueidad al agua como a la intemperie, mediante el estudio de las presiones y tensiones de diseño de las planchas que conforman la embarcación así como de los refuerzos interiores.

Los refuerzos se pueden clasificar en transversales y longitudinales. Los refuerzos transversales son las cuadernas de costado y varengas de fondo. Los refuerzos longitudinales son las vagras de fondo, vagras o longitudinales de costado, bulárcamas de centro y bulárcamas de costado. Los refuerzos de la cubierta son los baos, estructura transversal, y las vagras de cubierta, estructura longitudinal.

Las planchas que componen la embarcación se pueden dividir en planchas del fondo, planchas de costado y planchas de cubierta. La zona del fondo queda delimitada desde la línea de flotación hasta la línea base, por lo que la zona del costado quedará delimitada desde la línea de flotación hasta la cubierta.

El estudio del escantillonado que se desarrolla en los apartados posteriores se ha realizado partiendo del diseño de los refuerzos interiores, es decir, se ha determinado la posición que ocuparán dichos refuerzos dentro del barco y una vez hecho esto, se pueden delimitar las planchas que compondrán la embarcación para realizar el estudio de cada una de ellas, usando los criterios de la normativa aplicada, y poder así obtener el espesor requerido para cada zona utilizando las presiones de diseño calculadas.

Una vez obtenidas las presiones para cada plancha, se deberá seleccionar la presión máxima en cada zona y calcular el espesor necesario usando las ecuaciones y criterios de la normativa. Posteriormente se procederá a laminar el casco usando una

secuencia de laminado con distintas capas de fibra de vidrio y tejido hasta completar el espesor requerido calculado.

Para el estudio de la estructura a escantillonar se va a considerar la zona central del barco, que parte del mamparo de popa al mamparo del pique de proa, ya que se considera la zona más restrictiva en cuanto a la resistencia estructural debido a que el momento flector máximo se encuentra en dicha zona. Si se construye las zonas de proa y popa con elementos del mismo escantillón tendrán una resistencia estructural suficiente.

Para el escantillonado de los refuerzos, primero se determina el tipo de perfil de los mismos, el cual es del tipo “sombbrero de copa” que se detallará más adelante. Una vez seleccionado el perfil se calculan el módulo resistente y el momento de inercia requeridos y posteriormente se determinan las dimensiones que tendrá el perfil sabiendo que el momento de inercia y el módulo resistente reales tienen que ser igual o mayor que los requeridos.

11.1.- ELECCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

Los materiales compuestos están formados por una matriz más un refuerzo. La matriz que se utilizará será una resina termoestable, es decir, que no varía sus propiedades con los cambios de temperatura. Las resinas más utilizadas en la industria naval son las resinas poliéster, viniléster y epoxi. En el caso que nos ocupa se utilizará como matriz una resina poliéster debido a su coste moderado, facilidad de uso, facilidad de aplicación y buen comportamiento en el medio marino.

Dentro de las resinas poliéster existen 3 tipos principales:

- Ortoftálica: La más barata y usada en la construcción de embarcaciones pequeñas
- Isoftálica: Más cara, utilizada en embarcaciones de mayor rendimiento. Mejores propiedades mecánicas, propiedades superiores de resistencia al desgaste, al agua y a agentes químicos.

- Bisfenol Poliéster: Precio mucho mayor. Resistencia química al agua mucho mayor.

Se elegirá una resina poliéster Isoftálica.

Para acelerar el proceso de endurecimiento, o curado, de las resinas en un plazo que resulte lo suficientemente corto para que su uso sea rentable, es necesario añadirle dos productos conocidos como:

- Catalizador: Cuyo objetivo es producir radicales libres que provoquen la iniciación de la reacción de polimerización.
- Activador o acelerador: Refuerza la acción del catalizador y permite polimerizar a temperaturas menos elevadas.

El activador se añade a la resina previamente.

[Nota importante: Nunca hay que mezclar el acelerador con el catalizador pues provocaría una violenta explosión].

El refuerzo que se utilizará será fibra de vidrio ya que algunas de las ventajas que ofrece son su bajo coste, buena resistencia por unidad de peso y rigidez limitada. La fibra de vidrio es vidrio en forma de filamentos, y estos filamentos pueden estar hechos con diversos tipos de vidrios designados con la letras A, E, S y R, de los cuales los más utilizados son los de tipo E y S.

- *Fibra tipo E*: Compuesta principalmente por óxido de silicio, óxidos de calcio, aluminio y boro. Es más económica. Sus propiedades mecánicas son las siguientes: $\delta = 2,6 \text{ g/m}^3$, $E = 72 \text{ Gpa}$, $\sigma_{adm} = (3,4 - 3,5) \text{ Gpa}$ y Deformación a rotura = (3,3 - 4,8) %.
- *Fibra tipo S*: Mejores propiedades pero más cara. Similar en composición a la fibra tipo E pero con menos impurezas y sin óxido de boro. Sus propiedades mecánicas son las siguientes: $\delta = (2,5 - 2,53) \text{ g/m}^3$, $E = (86 - 87) \text{ Gpa}$, $\sigma_{adm} = (4,4 - 4,6) \text{ Gpa}$ y Deformación a rotura = (4,2 - 5,4) %.

La fibra de vidrio elegida es la fibra tipo S.

11.2.- MÉTODO CONSTRUCTIVO

Antes de proceder a la descripción de la técnica, se debe saber que en los procesos de laminado y curado del molde se desprenden compuestos orgánicos volátiles (VOC's) y diversas sustancias tóxicas. El principal componente emitido es el **estireno** (monómero), el cual se ha clasificado como contaminante peligroso del aire, posee un bajo umbral de detección olfativa y provoca irritación en la piel y mucosas entre otros efectos secundarios por la inhalación de dicho componente. Los valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire son los llamados Valores límite ambientales (VLA), y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. Se habla de la mayoría y no de la totalidad puesto que, debido a la amplitud de las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los VLA, e incluso resultar afectados más gravemente, sea por empeoramiento de una condición previa o desarrollando una patología laboral. Los VLA se establecen teniendo en cuenta la analogía físico-química de los agentes químicos, de los estudios de experimentación animal y humana, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial. Los VLA sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos, y generalmente, los límites adoptados para los diferentes agentes químicos se expresan como el Valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) y vendrá dado en ppm (partes por millón), o en mg/m³.

La Unión Europea ha endurecido de forma drástica los niveles de emisión de monómeros al medio ambiente y en atmósfera industrial, pasando de establecer unos límites de emisión de estireno en años anteriores de: 50 – 25 ppm, hasta llegar a un valor actual de emisión de estireno de 20 ppm, equivalente a 86 mg/m³.

El problema de las emisiones de estireno se ve claramente agravado por la reducción anteriormente mencionada, por lo que es necesario buscar una alternativa a los métodos de laminación de molde abierto. Es por ello por lo que surge la idea de

implantar la **técnica de laminación o moldeo por infusión**, la cual permite construir piezas de grandes dimensiones con bajo coste, se adapta perfectamente a la construcción en serie y se produce una reducción sustancial de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles al ambiente, en torno a un 45% menos de emisiones de compuestos volátiles que en la laminación con molde abierto.

La utilización de esta técnica de laminación es rentable ya que a pesar de que supone un aumento del coste en su aplicación en comparación con la técnica de molde abierto de aproximadamente un 30%, dicha técnica de moldeo por infusión consigue reducir el peso del laminado, ya que el excedente de resina absorbida por la capas de tejido y MAT es mucho menor que en el método de molde abierto, consigue unos mejores acabados y la mano de obra cualificada necesaria es mucho menor que en la técnica de molde abierto ya que dicha técnica es mucho más mecánica que en la de molde abierto en la cual la mano de obra juega un papel fundamental para su buena aplicación y acabados.

Por todo lo expuesto con anterioridad, se concluye que será la técnica de moldeo por Infusión la utilizada para laminar el barco.

11.2.1.- Concepto fundamental

El proceso de infusión se desarrolla en varias etapas:

- 1) Se disponen las fibras de refuerzo secas sobre el molde; si la pieza lo requiere, se puede pintar el molde con gelcoat previamente.
- 2) Todo el conjunto es compactado mediante presión de vacío por medio de una bolsa, para extraer el aire atrapado entre capas de laminado.
- 3) Una vez compactado el laminado seco, se permite el paso de resina catalizada a través de mangueras estratégicamente distribuidas sobre todo el molde. La distribución de la resina sobre el laminado es ayudada por medio de las estructuras textiles que actúan como una gran membrana porosa.
- 4) Una vez lleno de resina todo el conjunto, se mantiene bajo presión hasta que se efectúe la polimerización de la resina. Dicha polimerización se realiza a la

temperatura ambiente, aunque pueden reducirse los tiempos de curado mediante la aportación de calor externo.

11.2.2.- Herramientas

11.2.2.1.- Moldes

Una de las razones por las cuales el método de infusión tiene amplia aceptación entre los constructores radica en que utiliza resinas que curan a temperatura ambiente. Los moldes deben cumplir con una serie de características para garantizar el éxito del proceso:

- a) Que el molde sea estanco; si el molde está constituido por partes, se colocarán juntas entre las diferentes partes para permitir que funcione como un conjunto estanco.
- b) Que disponga de suficiente espacio para el reborde del sistema de sellado. La anchura mínima recomendable es de 100 mm.
- c) Que sea suficientemente rígido para que no sufra deformaciones.
- d) Si se utilizan resinas que requieren de procesos de postcurado, que los materiales que los constituyen posean resistencia térmica suficiente.

11.2.2.2.- Sistema de vacío y distribución de resina

El vacío necesario para el proceso puede obtenerse mediante bombas de vacío, ya sean éstas de paletas flexibles o de anillo líquido, así como mediante generadores de vacío (eyectores). Debido a que los niveles de vacío necesarios no son elevados (entre -0,5 y -0,8 bar), el uso de eyectores se presenta como la solución más adecuada.

Es importante disponer de una trampa de resina por delante del sistema generador de vacío; la resina se distribuye en exceso sobre el laminado, para asegurarse que impregna todas las fibras, por lo que es normal que parte del exceso tienda a introducirse en el sistema de vacío.

La introducción de resina sobre e laminado se realiza mediante mangueras traslúcidas de pequeño diámetro. Dichas mangueras poseen un extremo en el interior de la bolsa de vacío, sobre el laminado. Las mangueras de alimentación deben ser de material resistente a los agentes químicos que contenga la resina, y ser capaces de resistir el nivel de vacío que se aplicará (no se pueden estrangular). Una vez utilizadas no se vuelven a recuperar.

11.2.2.3.- Materiales Fungibles

A diferencia del laminado por vacío convencional, el método de infusión necesita de menos medios para realizar el proceso. Los materiales son:

- Tejidos pelables (Peel-Piles) o mallas de distribución.
- Película o Film de nylon transparente para bolsa de vacío.
- Masillas de cierre (Tacky-Tape).

El tejido pelable (Peel-Pile) o la malla de distribución (según el caso) realizan las funciones de canal distribuidor de resina y de medio de drenaje-evacuación del aire que existe en el interior del laminado. Una vez polimerizada la resina, actúan como barrera removible para extraer el exceso de resina que pueda haber quedado sobre el laminado.

La bolsa de vacío debe poseer buenas propiedades de elongación (400-600%) a efectos de que se adapte a la geometría de la pieza que se pretende realizar. Debe ser transparente para permitir controlar en todo momento el flujo de la resina y poder rectificar la distribución de la misma si se presenta algún problema. Debe ser resistente al estireno y otros agentes químicos.

La masilla de cierre (Tacky-Tape) cumple la función de junta estanca entre la bolsa y el molde. Debe ser resistente a los agentes químicos que contenga la resina y debe ser fácilmente extraíble una vez finalizado el proceso.

11.2.3.- Principios de distribución de la resina

La distribución interna de la resina se puede conseguir por tres principios:

- 1) Distribución a través de conexiones.
- 2) Flujo a través de canales precortados en el núcleo (si es estructura sándwich).
- 3) Flujo de resina a través de una malla.

Distribución a través de conexiones: para resinas de poliéster y viniléster, una longitud de flujo razonable es del orden de 50 a 80 cm para 30 minutos (tiempo de gel). Si las superficies que deben cubrirse son más amplias, no se puede impregnar toda la pieza a través solamente del refuerzo, puesto que habría zonas a las cuales la resina no arribaría por una cuestión de tiempo. Es necesario entonces realizar conexiones adicionales que permitan cubrir estas zonas alejadas de los puntos de infusión periféricos o puntuales.

Flujo a través de canales precortados en el núcleo: los ranurados que presentan muchos materiales de núcleo nos pueden servir para realizar una mejor distribución de la resina. Existen materiales preparados especialmente para infusión, pero deben utilizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante, orientándolos siempre de acuerdo con la dirección del flujo de resina.

Flujo de resina a través de una malla: la distribución de la resina es mejorada por la adición de una red o malla sobre el tejido pelable, actuando como un canal de distribución de la resina. Esta malla es removida una vez la pieza está curada (método Scrimp). Dicho proceso es el que será utilizado para el caso que nos ocupa.

11.3.- LAMINADO DEL CASCO

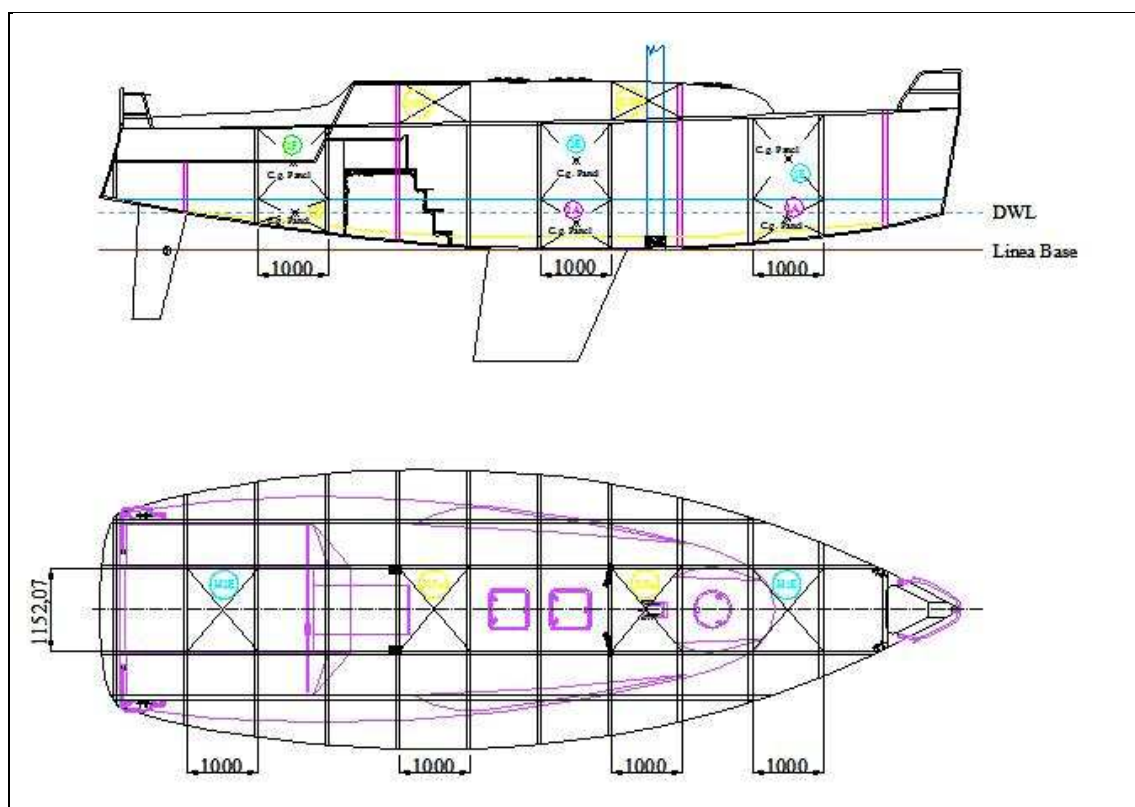
Antes de proceder al laminado del casco propiamente dicho, se tienen que calcular las presiones de diseño de las planchas del fondo, costado, cubierta y superestructura. Para ello se calculan previamente unos factores de ajuste de presión que se detallan a continuación:

- Factor de categoría de diseño, K_{DC} , el cual para la categoría de diseño tipo B le corresponde un valor de 0.8.

- Factor de carga dinámica n_{CG} . Éste factor es la aceleración negativa que soporta la embarcación, bien cuando choca contra una ola con la que se encuentra cuando navega a gran velocidad, o bien cuando cae desde la cresta de una ola hasta su sima. n_{CG} se expresa en gs, donde 1g es la aceleración de la gravedad. En veleros este factor se utiliza únicamente para el cálculo de K_L , y para este fin se toma un valor de $n_{CG} = 3$.
- Factor longitudinal de distribución de presión, K_L , el cual tiene en cuenta la variación de las cargas de presión debidas a la situación de la embarcación.
- Factor de reducción de presión según la superficie, K_{AR} , que tiene en cuenta la variación de las cargas de presión según el tamaño del panel o del refuerzo.
- Factor de reducción de presión en el costado, K_Z , el cual interpola la presión del costado entre la presión (de los fondos) en la flotación y la presión de la cubierta en su borde superior.
- Factor de reducción de presión para las superestructuras y casetas, K_{SUP} .
- Factor de corrección de la presión por el efecto del “slamming” para los veleros ligeros y estables, K_{SLS} , el cual tiene en cuenta las presiones más elevadas debidas al “slamming” que los veleros se pueden encontrar cuando navegan contra el viento.

Una vez calculados todos estos factores se está en condiciones de calcular las presiones de diseño en las distintas zonas de la embarcación. Las planchas seleccionadas para el cálculo del escantillonado se muestran en las figura 52.

Figura 52



Perfil Escantillonado. Plano Escantillonado Velero 12 mt. de 220000€ de PVP

La fibra de vidrio y el tejido usado para el laminado del casco se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14

Tejido	w (gr/m ²)	Ψ (Bolsa de Vacío)	t (mm)
MAT 300	300	0,36	0,5616
MAT 450	450	0,36	0,8424
MAT 600	600	0,36	1,1233
TEJIDO 450	450	0,58	0,4473
TEJIDO 500	500	0,58	0,4970
TEJIDO 600	600	0,58	0,5964
TEJIDO 800	800	0,58	0,7953

En el laminado se usará una combinación de mat (csm) y tejido, roving, (WR) de la tabla 14, siendo la proporción de mat y roving del 50%. Para los cálculos que siguen se utilizará una masa del contenido de fibra en el laminado de un 0.4 ($\Psi = 0.4$), cuyas características se definen a continuación, en la tabla 15.

Tabla 15

$\Psi = 0.4$	
σ_{ut} :	133,00 Mpa
σ_{uc} :	132,00 Mpa
σ_{uf} :	187,32 Mpa
E:	10200 Mpa
G:	2920 Mpa
σ_{dto} :	66,50 Mpa
σ_{dci} :	66,00 Mpa

11.3.1.- Laminado del fondo

PBS base = 59.153 KN/m²

PBS mínimo = 19.186 KN/m²

Donde PBS es la presión de diseño en los fondos de los veleros.

Tabla 16

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)	Ad (m ²)	Kar	PBS (KN/m ²)
1A	8,499	0,7943	1,0000	1089,910	1,1730	1000,000	1,08991	0,4519	21,387
2A	5,514	0,5153	0,9296	1200,000	1,1400	1000,000	1,2	0,4267	19,186
1B	1,541	0,1440	0,6208	1336,620	1,0990	1000,000	1,33662	0,3983	19,186

Una vez calculada la presión de diseño, se procede al cálculo del espesor de los paneles del fondo.

Tabla 17

K5	A	K7	K8	wf _{min} (Kg/m ²)
1	1,5	0,03	0,15	2,0718

Donde wf_{min} es la masa mínima de fibra seca para el laminado de resina poliéster reforzada de fibra de vidrio, PRFV. El contenido de fibra en el laminado, en masa, (Ψ) que se usará será de $\Psi = 0.4$.

Tabla 18

Paneles	c (mm)	c/b	Kc	l/b	K2	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
1A	206,3816	0,18936	0,5000	0,9175	0,267	93,66	4,2562
1B	259,7507	0,19433	0,5000	0,7482	0,166	93,66	3,8985
2A	237,6322	0,19803	0,5000	0,8333	0,220	93,66	4,0274

El espesor de la tabla 18, t, es el espesor mínimo requerido, donde se tomará el máximo valor de entre los tres espesores de paneles para el laminado correspondiente.

Tabla 19

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
wr 600	600	0,5964
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
Total	3300	4,4658

El contenido de fibra en el laminado final es de $\Psi = 0.4640$.

Para calcular el peso del laminado, primero hay que calcular el peso del laminado en seco, en gr/m², de mat y de tejido por separado, posteriormente se procede a aplicar las siguientes relaciones: 600 gr/m² de mat absorben 440 gr/m² de resina. Con esta relación se tendrá el peso de la resina absorbida por el mat (habrá que sumarle este peso al peso en seco). Por otra parte 300 gr/m² de tejido absorben 550 gr/m² de resina.

Tabla 20

gr/m ² (Seco)	
MAT	1350
TEJIDO	1950
Resina (gr/m ²)	
MAT	990
TEJIDO	3575,00
peso laminado (gr/m ²):	
MAT+Resina	2340
TEJIDO+Resina	5525,00
Total	7865,00

11.3.2.- Laminado del costado

$$\text{PDS base} = 22.2882 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{PSS min} = 11.984 \text{ KN/m}^2$$

Donde PDS es la presión en las cubiertas de los veleros expuestas a la intemperie, y PSS es la presión en los costados de los veleros.

Tabla 21a

Paneles	Z (m)	h (m)	Kz	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr
1E	1,357	0,772	0,4311	8,667	0,8513	1,000	1136,34	1,159
1F	1,212	0,707	0,4167	3,610	1,513	0,6186	1030,77	1,191
2E	1,268	0,738	0,4180	6,213	5,514	0,9296	1078,75	1,176

Tabla 21b

Paneles	l (mm)	Ad (m ²)	Kar	PSS (KN/m ²)
1E	1000	1,1363	0,4410	13,471
1F	1000	1,0308	0,4665	11,984
2E	1000	1,0788	0,4546	12,745

Para el cálculo del espesor de los paneles se procede de forma análoga al cálculo del espesor de los paneles de los fondos.

Tabla 22

K5	A	K7	K8	wf _{min} (Kg/m ²)
1	1,5	0	0,15	0,7023

El contenido de fibra en el laminado, en masa, (Ψ) que se usará será de $\Psi = 0.4$.

Tabla 23

Paneles	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	Kc	l/b	K2	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
1E	1136,34	23,600	1000	0,02077	1,00	0,880	0,247	93,66	6,771
1F	1030,77	17,900	1000	0,01737	1,00	0,970	0,294	93,66	6,318
2E	1078,75	19,860	1000	0,01841	1,00	0,927	0,272	93,66	6,564

Tomando el espesor máximo se procede al laminado.

Tabla 24

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
Total	5200	7,0131

El contenido de fibra en el laminado final es de $\Psi = 0.4652$.

Tabla 25

gr/m ²	
MAT	2100
TEJIDO	3100
Resina (gr/m ²)	
MAT	1540
TEJIDO	5683,33
peso laminado (gr/m ²):	
MAT+Resina	3640
TEJIDO+Resina	8783,33
Total	12423,33

El espesor del laminado del costado es mayor que el del fondo, a pesar de que la presión de diseño es mayor en el fondo que en el costado, debido a que la resistencia a flexión de un panel de fibra curvo es menor que en uno plano, por este motivo, en la fórmula del cálculo del espesor influye el factor K_c , el cual es menor en las planchas del fondo que en las del costado.

11.4.- LAMINADO DE LA CUBIERTA

La cubierta y la caseta se construyen de una sola pieza, de esta manera se simplifica la construcción de las mismas. Por ello, a pesar de que se calculan las presiones de diseño de la cubierta y superestructura por separado, para el laminado se elige el que tenga el espesor mayor de ambos casos, cubierta y superestructura.

Para dotar a la cubierta de una mayor rigidez local, el laminado será tipo sándwich ya que, para un mismo peso de laminado, la rigidez de un laminado tipo sándwich es mayor que un laminado sencillo.

Se calcula previamente la presión de diseño y posteriormente el espesor requerido, como se ha hecho en el fondo y costado.

$$\text{PDS base} = 22.288 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{PDS mínimo} = 5 \text{ KN/m}^2$$

El espesor mínimo para cubierta corresponde con un valor de 2.948 mm.

Tabla 26

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)	Ad (m ²)	Kar	PDS (KN/m²)
H1E	8,509	0,7952	1,000	1000	1,20	1152,1	1,1521	0,455	8,1076
H2E	0,513	0,0479	0,540	1000	1,20	1152,1	1,1521	0,455	5,0000

Tabla 27

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)	Ad (m ²)	Kar	Ksup	PSUP (KN/m²)
J2Ea	6,500	0,607	1,000	1000	1,20	1152,1	1,1521	0,455	0,67	5,4321
J2Eb	6,538	0,611	1,000	537	1,34	1000	0,537	0,638	0,50	5,6869
J1Fa	3,500	0,327	0,773	1000	1,20	1151,1	1,1521	0,455	0,67	5,0000
J1Fb	3,525	0,329	0,775	610	1,32	1000	0,610	0,604	0,50	5,0000

Tabla 28

	c (mm)	c/b	Kc	l/b	K2	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
H1E	65,303	0,06530	0,8825	1,1521	0,3685	93,66	4,9845
H2E	38,740	0,03874	0,9710	1,1521	0,3685	93,66	4,3067
J2Ea	26,370	0,02640	1,0000	1,1521	0,3685	93,66	4,6230
J2Eb	155	0,2886	0,1388	1,8622	0,4911	93,66	0,4071

J1Fa	10,97	0,0110	1,0000	1,1521	0,3685	93,66	4,4354
J1Fb	167	0,2738	0,1883	1,6393	0,4726	93,66	0,5771

Como se ha dicho en párrafos anteriores, se elige para el laminado el espesor mayor de entre las planchas de cubierta y superestructura, el cual es de 4,98 mm.

Se usará un núcleo de PVC reticulado rígido tipo I, cuyas características se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 29

ρ_c :	100 Kg/m ³
30%	Alarg. a la rotura
τ_u :	1,1174 Mpa
Gc:	30,5482 Mpa
σ_{uc} :	1,3186 Mpa
Eco:	89,9792 Mpa

A continuación se muestra el resultado de los cálculos del módulo de inercia y el momento de inercia mínimos requeridos mediante la aplicación de la normativa UNE-EN ISO 12215-5.

Tabla 30

SMo/1 cm	0.058 cm ³ /cm
SMi/1 cm	0.059 cm ³ /cm
I/1 cm	0.075 cm ⁴ /cm

Una vez calculados estos valores, se procede a determinar el espesor que tendrá el núcleo del laminado en sándwich (t_c) y sus respectivas capas (t_i y t_o). Finalmente se comprobará si el momento de inercia y módulo de inercia reales, es decir, los calculados con los espesores determinados, superan o no los requeridos.

Tabla 31

t_c:	16 mm
$t_i = t_o$:	3 mm
t_t :	22 mm
t_s :	19 mm
t_y :	11 mm

yi:	11 mm
I:	0,546 cm ⁴ /cm
S _{Mo} :	0,496 cm ³ /cm
S _{Mi} :	0,496 cm ³ /cm

Se ha seleccionado como espesor de capas 3 mm, porque cuando se ha calculado el espesor mínimo de las planchas de cubierta y superestructura en la tabla 28, el espesor máximo es de 4.98 mm y como el laminado no es simple sino tipo sándwich, las dos capas que conforman el laminado sándwich tienen un espesor total de 6 mm, el cual supera el mínimo requerido en la tabla 28.

Se comprueba que con los espesores determinados en la tabla 31, se cumple con los requisitos exigidos en la tabla 30.

Tomando el espesor de 3mm por capa, se procede al laminado de la cubierta.

Tabla 32

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
wr 600	600	0,5964
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
Total	4550	6,1035

El contenido de fibra en el laminado final es de $\Psi = 0.4671$.

Tabla 33

gr/m²	
MAT	1800
TEJIDO	2750
Resina (gr/m²)	
MAT	1320
TEJIDO	5041,67
peso laminado (gr/m²):	
MAT+Resina	3120
TEJIDO+Resina	7791,67
Total	10911,67

11.5.- ESCANTILLONADO DE LOS REFUERZOS DEL CASCO Y CUBIERTA

Antes de proceder al cálculo de los refuerzos del casco y cubierta como tal, se tienen que definir aquellas zonas del casco en los que se debe aumentar el espesor para reforzarlas. Estas zonas, que suponen un aumento de las tensiones que se originan, son la plancha de la quilla, plancha de la roda y planchas de codillo.

a) Laminado de la zona de la quilla

La quilla está situada en el centro del fondo del barco y recorre en sentido longitudinal la embarcación. Ésta sirve como cimiento para el armazón.

Ancho de la plancha de Quilla: 732 mm. (Repartidos de manera simétrica desde el plano de crujía). Espesor de chapa mínimo = 10.6256 mm.

Tabla 34

Capa	gr/m²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424

wr 600	600	0,5964
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
Total	7800	10,6513

El contenido de fibra en el laminado de la quilla final es de $\Psi = 0.4608$.

b) Laminado de la roda

Ancho de la plancha de Roda: 216 mm. (Repartidos de manera simétrica desde el plano de crujía). Espesor de chapa mínimo = 9.8898 mm.

Tabla 35

Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
Total	7350	9,9405

El contenido de fibra en el laminado de la quilla final es de $\Psi = 0.4642$.

c) Laminado del codillo

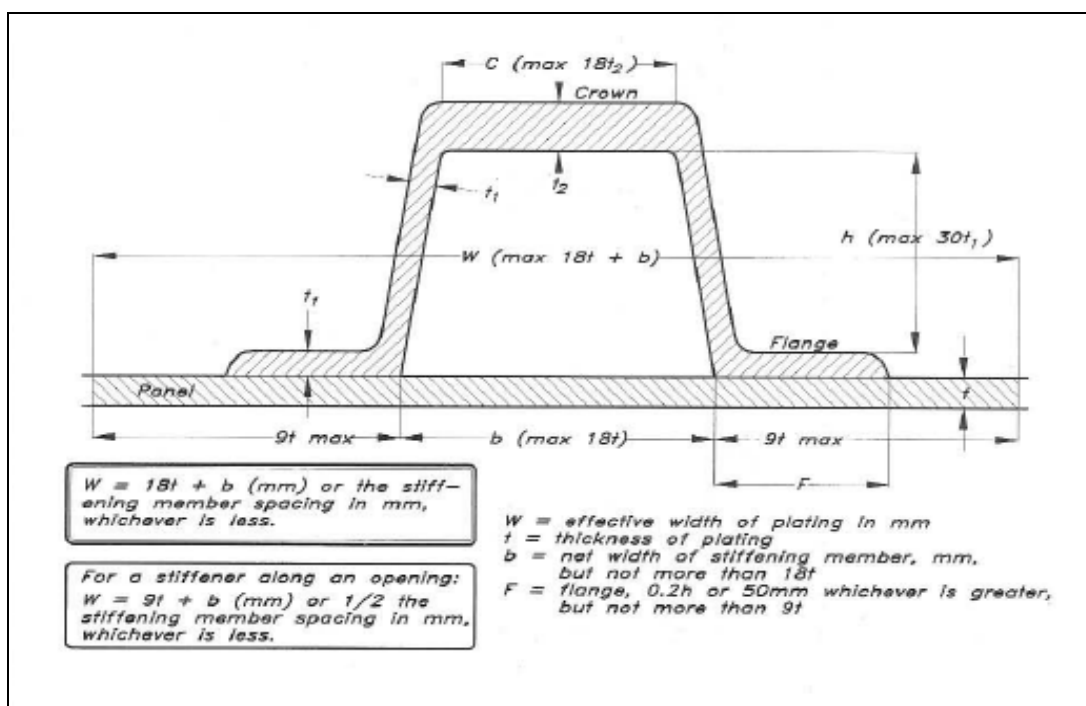
Ancho de la plancha del Codillo: 158 mm. (Se dispondrá de este refuerzo de manera simétrica respecto al plano de crujía y teniendo uno a cada banda). Espesor de chapa mínimo = 9.0213 mm. En este caso no es necesario hacer una laminación extra

porque el propio laminado del costado supera el laminado requerido de la zona a reforzar.

Una vez determinados estas zonas a reforzar, se procede al cálculo de los refuerzos definiendo para ello el contenido de fibra en masa que se utilizará y el tipo de sección. Se ubicarán todos los refuerzos de tal forma que sean coincidentes para así incrementar la eficiencia de cada uno de ellos y una mayor facilidad constructiva.

La sección a utilizar será del tipo “sombbrero de copa” que es la más habitual en las embarcaciones de recreo por los buenos resultados que ofrece. A continuación se muestran dos figuras que definen y aclaran las dimensiones del perfil.

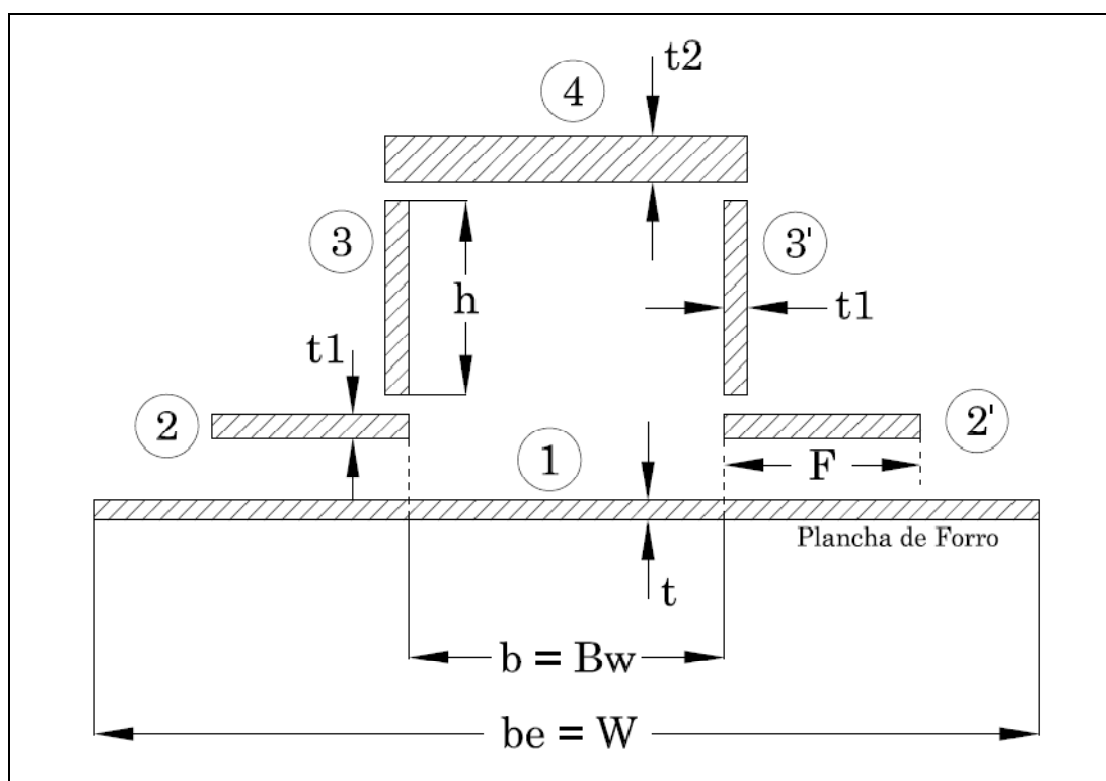
Figura 53



Detalle de Refuerzo Sombbrero de Copa. Principles of Yacht Design

La figura 54 muestra la descomposición de la figura 53 en varios rectángulos ya que dada la configuración original del perfil sombrero de copa, dicha descomposición resulta una aproximación óptima para los cálculos posteriores.

Figura 54



Descomposición de Refuerzo Sombrero de Copa para los cálculos

El contenido de fibra en masa que se va a utilizar para los refuerzos es de $\Psi = 0.35$, cuyas características se definen a continuación.

Tabla 36

σ_{ut} :	107,00 Mpa
σ_{uc} :	124,50 Mpa
σ_{uf} :	168,495 Mpa
E:	8300 Mpa
G:	2835 Mpa
σ_{dto} :	53,50 Mpa
τ_u :	66,00 Mpa
τ_d :	33 Mpa

Para el cálculo de los módulos resistentes y los momentos de inercia requeridos se utilizarán las fórmulas propuestas en la normativa UNE EN-ISO 12215-5, sin embargo para el cálculo de los momentos de inercia y módulos resistentes reales se recurrirá a la resistencia de materiales.

$$\text{Teorema de Steiner: } I_{ln} = \sum I_p + \sum A_i * (y_i - y_g)^2 \quad (\text{mm}^4)$$

$$\text{Módulo Resistente (real): } SM = \frac{I_{ln}}{y_{m\acute{a}x}} \quad (\text{mm}^3)$$

$$\text{Altura máxima (} y_{m\acute{a}x} \text{): } y_{m\acute{a}x} = (t + t1 + h + t2) - y_{ln} \quad (\text{mm})$$

$$\text{Altura de la línea neutra: } y_{ln} = y_g = \frac{\sum(A_i * y_i)}{\sum A_i} \quad (\text{mm})$$

11.5.1.- Vagras o Longitudinales de fondo

Son perfiles longitudinales situados en el fondo del barco que incrementan la resistencia a la flexión del casco.

Tabla 37

Refuerzo	Longitud (mm)
1	9840
2	9840

Tabla 38

Dimensiones (mm)	
t:	4.4658
h:	60
F:	40
Bw:	70
W = be:	159
t1:	4
t2:	8

Tabla 39

SM (Requerido):	39,133 cm ³
I (Requerido):	15,746 cm ⁴
Aw (Requerido):	3,81 cm ²

Siendo Aw la superficie de cizalla.

Tabla 40

SM (Real):	49,380 cm ³
I (Real):	224,096 cm ⁴

Luego cumplen con los requisitos de la tabla 39.

11.5.2.- Cuadernas de costado

Son el “costillar” del barco, consolidadas con varengas de conveniente escantillón (espesor). Algunas de estas cuadernas deben soportar los esfuerzos producidos por los obenques.

Tabla 41

Refuerzo	Longitud (mm)
1	481.28
2	1164.43
3	1283.93
4	1400
5	1500
6	1578.29
7	1596.63
8	1618.55
9	1649.84
10	1625.55
11	1586.95
12	1580

Las cuadernas de costado estarán dispuestas simétricamente desde el plano de crujía, por lo que para cálculos posteriores se tendrá en cuenta que realmente habrá 24 cuadernas de costado.

Tabla 42

Dimensiones (mm)	
t:	7,0131
h:	60
F:	40
Bw:	70
W = be:	210,00
t1:	6
t2:	12

Tabla 43

SM (Requerido):	60,592 cm ³
I (Requerido):	41,439 cm ⁴
Aw (Requerido):	4,245 cm ²

Tabla 44

SM (Real):	78,573 cm ³
I (Real):	426,869 cm ⁴

Luego cumplen con los requisitos de la tabla 43.

11.5.3.- Varengas

Las varengas son elementos transversales muy resistentes que se encastran en la quilla, uniendo las dos cuadernas de los costados del barco. Algunas de estas varengas absorberán las tensiones inducidas por el “slamming”.

Se dispondrá de 10 varengas donde se unirán las cuadernas de costado, la longitud de las varengas es la misma para las 10 y su valor es de 1400 mm.

Tabla 45

Dimensiones (mm)	
t:	4,4658
h:	60
F:	40
Bw:	70
W = be:	159,00
t1:	6
t2:	12

Tabla 46

SM (Requerido):	63,676 cm ³
I (Requerido):	37,408 cm ⁴
Aw (Requerido):	4,244 cm ²

Tabla 47

SM (Real):	83,531 cm ³
I (Real):	382,541 cm ⁴

Luego cumplen con los requisitos de la tabla 46.

11.5.4.- Longitudinales de costado

Son perfiles longitudinales situados en el costado del barco e incrementan la resistencia a la flexión del mismo. Contribuyen, a su vez, a aumentar el efecto de los longitudinales de fondo.

Tabla 48

Refuerzo	Longitud (mm)
1	11700
2	11700

Tabla 49

Dimensiones (mm)	
t:	7,0131
h:	50
F:	30
Bw:	60
W = be:	200
t1:	3
t2:	6

Tabla 50

SM (Requerido):	7,510 cm ³
I (Requerido):	2,044 cm ⁴
Aw (Requerido):	1,598 cm ²

Tabla 51

SM (Real):	26,653 cm ³
I (Real):	126,925 cm ⁴

Luego cumplen con los requisitos de la tabla 50.

11.5.5.- Bulárcamas

Las bulárcamas son cuadernas reforzadas, es decir, tienen un escantillonado mayor que la cuaderna y se sitúan en aquellos lugares donde es necesario reforzar una zona debido a la posible acumulación de tensiones o para aumentar el aumento de la resistencia local. Normalmente se suelen disponer en aquellas zonas donde haya un mamparo y la separación máxima que puede haber entre una cuaderna y una bulárcama es de 2 metros.

Por los motivos expuestos con anterioridad, se determina que se colocarán 5 bulárcamas situadas en los mamparos correspondientes y otra coincidente con la cuaderna nº 13, la cual está en la zona central que es donde el momento flector es máximo y a su vez ayudará a soportar los esfuerzos producidos por el aparejo.

11.5.5.1.- Bulárcamas de centro

Tabla 52

Dimensiones (mm)	
t:	4,4658
h:	50
F:	30
Bw:	50
W = be:	139
t1:	12
t2:	24

Tabla 53

SM (Requerido):	127,352 cm ³
I (Requerido):	74,816 cm ⁴
Aw (Requerido):	8,488 cm ²

Tabla 54

SM (Real):	152,479 cm ³
I (Real):	712,216 cm ⁴

11.5.5.2.- Bulárcamas laterales

Tabla 55

Dimensiones (mm)	
t:	7,0131
h:	50
F:	30
Bw:	60
W = be:	200
t1:	12
t2:	24

Tabla 56

SM (Requerido):	121,183 cm ³
I (Requerido):	82,879 cm ⁴
Aw (Requerido):	8,490 cm ²

Tabla 57

SM (Real):	167,362 cm ³
I (Real):	878,330 cm ⁴

Luego las bulárcamas cumplen con los requisitos exigidos en las tablas correspondientes.

11.5.6.- Baos

Son elementos transversales que unen las cuadernas en su parte superior, y sobre los cuales se asienta la cubierta.

Tabla 58

Refuerzo	Longitud (mm)
1	2533.74
2	3235.91
3	3596.32
4	3822.81
5	3936.34
6	3935.08
7	3816.17
8	3567.71
9	3173.91
10	2628.13
11	1914.16

12	1132.52
----	---------

Tabla 59

Dimensiones (mm)	
t:	6.00
h:	50
F:	30
Bw:	40
W = be:	160
t1:	5
t2:	10

Tabla 60

SM (Requerido):	24,061 cm ³
I (Requerido):	17,020 cm ⁴
Aw (Requerido):	1,447 cm ²

Tabla 61

SM (Real):	34,548 cm ³
I (Real):	159,779 cm ⁴

Luego cumple con los requisitos exigidos en la tabla 60

11.5.7.- Vagras o longitudinales de cubierta

Las vagras de cubierta son los refuerzos longitudinales destinados a soportar la cubierta y están dispuestos de manera simétrica respecto a crujía. Para transmitir los esfuerzos que se originan en cubierta al resto de los refuerzos para que así no se sobrecarguen dichos longitudinales, éstos deben de estar conectados de manera óptima a la estructura adyacente.

Tabla 62

Refuerzo	Longitud (mm)
1	9124.68
2	10903.68
3	10903.68
4	9124.68

Tabla 63

Dimensiones (mm)	
t:	6.00
h:	120
F:	90
Bw:	140
W = be:	260
t1:	6
t2:	12

Tabla 64

SM (Requerido):	136,451 cm ³
I (Requerido):	269,033 cm ⁴
Aw (Requerido):	2,709 cm ²

Tabla 65

SM (Real):	299,044 cm ³
I (Real):	2705,637 cm ⁴

Luego cumple con los requisitos exigidos en la tabla 64.

11.5.8.- Mamparos

Se dispone de cuatro mamparos, dos estancos que son el mamparo del pique de proa y el mamparo del pique de popa, y otros dos no estancos que son el mamparo del camarote de proa y el mamparo del camarote de popa.

Para dar una mayor rigidez a los mamparos y aumentar la resistencia a los distintos esfuerzos que están sometidos se construyen en sándwich. El núcleo que se utilizará será uno de PVC reticulado, cuyas características se han descrito en el apartado 11.4 (tabla 29).

11.5.8.1.- Mamparo 1 – Pique de Proa

Tabla 66

Dimensiones	
l (mm):	1640.06
b (mm):	1132.55

l/b:	1.448
hb (mm):	1093.37

Tabla 67

S _{Mo} /1 cm	0.271 cm ³ /cm
S _{Mi} /1 cm	0.233 cm ³ /cm
I/1 cm	0.309 cm ⁴ /cm

La tabla 70 muestra los módulos resistentes de las capas así como el momento de inercia requeridos, y la tabla 71 muestra las propiedades del sándwich verificando que se cumplan los requerimientos exigidos.

Tabla 68

tc:	12 mm
ti = to:	3 mm
tt:	18 mm
ts:	15 mm
yo:	9 mm
yi:	9 mm
I:	0,342 cm ⁴ /cm
S _{Mo} :	0,380 cm ³ /cm
S _{Mi} :	0,380 cm ³ /cm

11.5.8.2.- Mamparo 2 – Camarote de Proa

Tabla 69

Dimensiones	
l (mm):	3173.91
b (mm):	2308.84
l/b:	1.375
hb (mm):	2115.94

Tabla 70

S _{Mo} /1 cm	1.090 cm ³ /cm
S _{Mi} /1 cm	0.937 cm ³ /cm
I/1 cm	2.491 cm ⁴ /cm

La tabla 73 muestra los módulos resistentes de las capas así como el momento de inercia requeridos, y la tabla 74 muestra las propiedades del sándwich verificando que se cumplan los requerimientos exigidos.

Tabla 71

tc:	23 mm
ti = to:	6 mm
tt:	35 mm
ts:	29 mm
yo:	17,5 mm
yi:	17,5 mm
I:	2,559 cm ⁴ /cm
SMo:	1,462 cm ³ /cm
SMi:	1,462 cm ³ /cm

11.5.8.3.- Mamparo 3 – Camarote de Popa

Tabla 72

Dimensiones	
l (mm):	2194.18
b (mm):	1619.33
l/b:	1.355
hb (mm):	1462.78

Tabla 73

SMo/1 cm	0.531 cm ³ /cm
SMi/1 cm	0.456 cm ³ /cm
I/1 cm	0.847 cm ⁴ /cm

La tabla 76 muestra los módulos resistentes de las capas así como el momento de inercia requeridos, y la tabla 77 muestra las propiedades del sándwich verificando que se cumplan los requerimientos exigidos.

Tabla 74

tc:	18 mm
ti = to:	4 mm
tt:	26 mm
ts:	22 mm
yo:	13 mm

yi:	13 mm
I:	0,979 cm ⁴ /cm
S _{Mo} :	0,753 cm ³ /cm
S _{Mi} :	0,753 cm ³ /cm

11.5.8.4.- Mamparo 4 – Pique de Popa

Tabla 75

Dimensiones	
l (mm):	3235.91
b (mm):	706.921
l/b:	4.577
hb (mm):	2157.27

Tabla 76

S _{Mo} /1 cm	0.218 cm ³ /cm
S _{Mi} /1 cm	0.257 cm ³ /cm
I/1 cm	0.092 cm ⁴ /cm

La tabla 79 muestra los módulos resistentes de las capas así como el momento de inercia requeridos, y la tabla 80 muestra las propiedades del sándwich verificando que se cumplan los requerimientos exigidos.

Tabla 77

tc:	8 mm
ti = to:	3 mm
tt:	14 mm
ts:	11 mm
yo:	7 mm
yi:	7 mm
I:	0,186 cm ⁴ /cm
S _{Mo} :	0,266 cm ³ /cm
S _{Mi} :	0,266 cm ³ /cm

12.- CÁLCULO DE RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN

El estudio de la resistencia de la embarcación se realizará mediante las llamadas Series de Delft.

En los años 70 en la Delft University of technology (Holanda) se llevaron a cabo diferentes ensayos en canal con varios modelos a escala de embarcaciones de vela (conocidas como *Series de Delft*) estos modelos se diferenciaban por la variación sistemática de 5 parámetros del casco; Lwl/Bwl , Bwl/T , Cp , LCB y $Lwl/\nabla^{1/3}$.

Los resultados de los mencionados ensayos permitieron elaborar una fórmula estadística simple, función de los cinco parámetros adimensionales referidos y del número de Froude, Fn , que permite estimar la variación de la resistencia residual de un casco.

En realidad existen dos fórmulas o polinomios: el primero se aplica para $Fn < 0.45$ (rango de formas de desplazamiento) y el segundo en el rango $0.475 < Fn < 0.75$ (rango de semiplaneo), requiriéndose una interpolación de ambas fórmulas para valores intermedios de Fn .

En la siguiente tabla se especifican los rangos máximos y mínimos de aplicación de los polinomios de las series de Delft.

Tabla 78

<i>Característica</i>	Mínimo	Máximo
<i>Lwl/Bwl</i>	2.76	5.00
<i>Bwl/Tc</i>	2.46	19.32
<i>Lwl/Dc^{1/3}</i>	4.34	8.50
<i>LCB</i>	0.0	-6.0
<i>Cp</i>	0.52	0.60
<i>Fn</i>	0.00	0.75

La forma polinómica de las expresiones de las series de Delft permite estudiar de manera sencilla el comportamiento de la resistencia residual ante modificaciones de un parámetro de formas o calcular su valor óptimo para una condición de trabajo específica.

Tabla 79

Datos del casco		
LWL	m	10,70
BWL	m	3,71
Tc	m	0,53
Vol	m ³	9,05
Cp	-	0,529
LCB	%	-3,17
WSA	m ²	29,837
LCF	%	-6,69
WA	m ²	26,941
ρ	Kg/m ³	1000
μ	Kg/ms	1,14E-03
1+k	-	1,10

Tabla 80

LOA/Bmáx :	3,087
Bmáx/Tmáx :	1,881
Lastre/ Δ (%) :	30,34
Lwl/Tmáx :	5,095
Lmáx/Lwl :	1,139
Lwl/ $\nabla^{1/3}$:	5,087
Lwl/Tc :	20,19
Ffpr/Lwl :	0,140
S.A/ $\nabla^{1/3}$:	36,98

Luego cumple con los rangos de aplicación de los polinomios de las series de Delft.

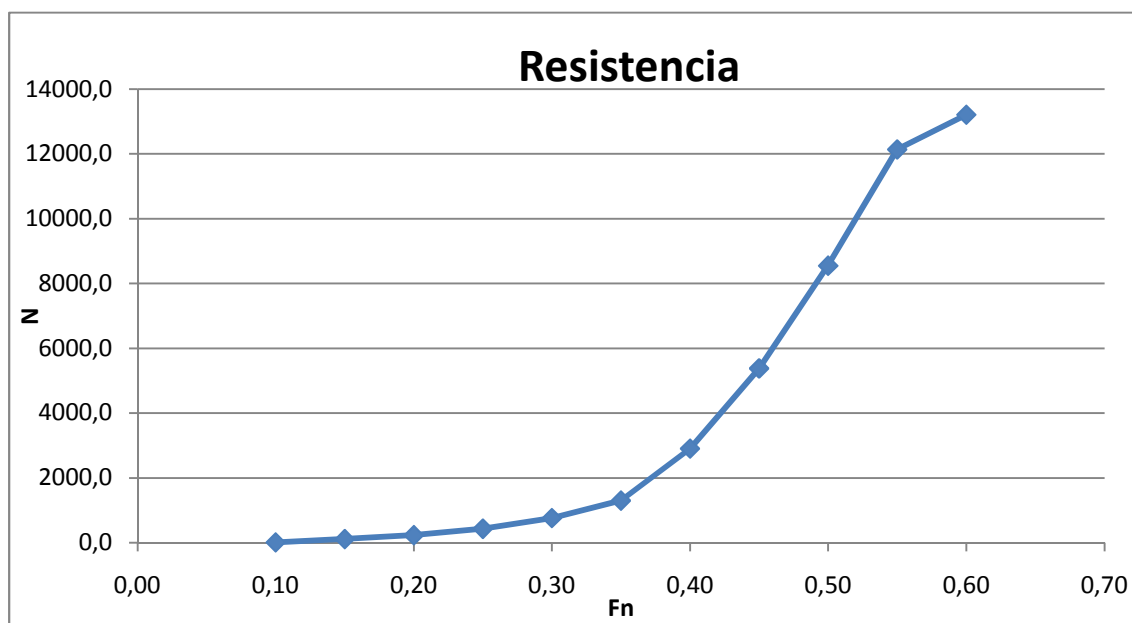
Tabla 81

Resistencia						
Fn	Rresidual	V [m/s]	Rn	Cf	Rf	Rv
0,10	-34,4941	1,024534	6731368	0,003217	50,38324	55,42156
0,15	10,30075	1,536801	10097053	0,002995	105,5245	116,077
0,20	56,33763	2,049068	13462737	0,002851	178,5711	196,4282
0,25	166,6812	2,561335	16828421	0,002746	268,7653	295,6418
0,30	387,6199	3,073602	20194105	0,002665	375,5555	413,1111
0,35	804,1901	3,585869	23559789	0,002599	498,512	548,3631
0,40	2272,632	4,098136	26925474	0,002544	637,2846	701,013
0,45	4591,764	4,610403	30291158	0,002496	791,5796	870,7375
0,50	7592,51	5,12267	33656842	0,002455	961,1447	1057,259
0,55	10995,34	5,634937	37022526	0,002419	1145,759	1260,335
0,60	11866,4	6,147204	40388210	0,002386	1345,229	1479,751

Tabla 82

Fn	Rtotal	Ptotal
0,10	15,9	16,3
0,15	115,8	178,0
0,20	234,9	481,3
0,25	435,4	1115,3
0,30	763,2	2345,7
0,35	1302,7	4671,3
0,40	2909,9	11925,2
0,45	5383,3	24819,4
0,50	8553,7	43817,6
0,55	12141,1	68414,4
0,60	13211,6	81214,5

Gráfica 1



El motor elegido para la embarcación que ocupa este proyecto es un motor diesel intrabordas Volvo Penta tipo D2-55. Se ha elegido este tipo de motor porque se considera que la potencia para el uso que se le va a dar a la misma es la adecuada según los cálculos realizados en el apartado 6.2. La elección del motor también es fruto de la comparativa de otros motores instalados en barcos de dimensiones similares propuestos en el estudio estadístico.

13.- ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DE C.D.G.

Una vez realizado el cálculo del escantillonado, se calcula el peso en rosca y la posición del centro de gravedad del barco. Dicho cálculo sólo es una mera aproximación porque hasta que no se realiza la puesta a flote de la embarcación y se realiza la experiencia de estabilidad, no se conocen con exactitud dichos valores.

El peso o desplazamiento de un barco (Δ) se descompone en dos: peso en rosca (Δ_R) y peso muerto (P_M). Se define como peso en rosca, Δ_R , a la suma de todos los pesos del barco cuando éste se encuentra listo para navegar, excluyendo la carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías. El peso muerto será por tanto todas las exclusiones anteriormente mencionadas.

La posición del centro de gravedad se descompone en tres componentes según el eje de referencia, una componente longitudinal, LCG, cuyo eje se encuentra en la dirección de la eslora, una componente transversal, TCG, cuyo eje se encuentra en la dirección de la manga, y otra componente vertical, VCG, cuyo eje es perpendicular a los otros dos mencionados anteriormente.

El punto “0” del eje de referencia de la embarcación, está situado en la intersección de la línea base con la perpendicular de popa. Para el cálculo de la posición del centro de gravedad se seguirá el siguiente criterio de signos:

- Desde la perpendicular de popa hacia proa se toman los valores positivos y hacia popa los negativos.
- Desde la línea base hacia arriba se toman los valores positivos y hacia abajo los valores negativos.
- Desde el plano de crujía hacia babor se toman los valores positivos y a estribor los negativos.

El proceso que se seguirá para calcular el peso en rosca se basa en la descomposición de dicho peso en otros que componen éste, que son:

- Peso del laminado (P_L) = P_L . Casco + P_L . Cubierta + P_L . Refuerzos.
- Peso de la habilitación (P_{HAB}).

- Peso de máquinas y equipos ($P_{MÁQYEQUI}$)
- Peso de aparejos (P_{APJ})
- Peso del lastre (P_{LTR})

Para los elementos que componen el peso en rosca, se indicará su peso a partir de los datos suministrado por el fabricante para equipos determinados, o se estimará mediante ecuaciones para otros elementos. La posición del centro de gravedad respecto al eje de referencia usado de cada uno de estos elementos que componen el peso en rosca, se determinará midiendo el centro de gravedad propio de cada elemento directamente en los planos.

Para calcular el peso de los elementos estructurales, se procede de la siguiente manera:

- $P_{REFUERZO} = A_{REFUERZO} * L_{REFUERZO} * 1543 \text{ (Kg)}$

Siendo, $A_{REFUERZO}$, el área del refuerzo expresado en m^2 , y $L_{REFUERZO}$, la longitud del refuerzo expresada en m.

- $P_{MAMPARO} = A_{MAMPARO} * (0.039 * e_{NÚCLEO} + 1.001 * e_{CHAPA}) \text{ (Kg)}$

Siendo, $A_{MAMPARO}$, el área del mamparo expresado en m^2 , $e_{NÚCLEO}$, el espesor del núcleo del mamparo expresado en mm, y e_{CHAPA} , el espesor total de las chapas.

Para calcular el peso del laminado, primero hay que calcular el peso del laminado en seco, en gr/m^2 , de mat y de tejido por separado, posteriormente se procede a aplicar las siguientes relaciones: 600 gr/m^2 de mat absorben 440 gr/m^2 de resina. Con esta relación se tendrá el peso de la resina absorbida por el mat (habrá que sumarle este peso al peso en seco). Por otra parte 300 gr/m^2 de tejido absorben 550 gr/m^2 de resina. Una vez obtenido el peso del laminado total, es decir, el mat y el tejido en seco más la resina absorbida por ambos, simplemente se multiplica dicho valor, en Kg/m^2 , por la superficie de la zona a calcular su peso, fondo, costado, cubierta y/o quilla.

Para determinar el peso de las velas, se ha tomado la superficie vélica de la mayor y de la Génova, y se han multiplicado por la densidad del material del que han sido fabricadas, que en este caso es DACRON. ($\rho_D = 650 \text{ gr/m}^2$).

Las coordenadas de los centros de gravedad de los distintos elementos se tomarán directamente de los planos.

En el cálculo final del peso en rosca se le añade un 10% de margen de seguridad por las posibles imprecisiones que se hayan podido acumular en los cálculos y por posibles elementos que no se han tenido en cuenta.

Para ver más detalladamente la obtención del peso en rosca y posición del centro de gravedad, ver anexo D. A continuación se muestra una tabla, a modo de resumen, de los cálculos mencionados.

Tabla 83

PESO Y POSICIÓN DEL C.D.G. EN ROSCA				
Elementos	P (Kg)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Estructura + 3% de margen	2959,2135	15765,4237	4171,4263	0,9773
Habitación + 10% de margen	1365,1000	7198,7014	1146,0075	149,3866
Lastre	2700	14580,0000	-2000,7	0,0000
Máquinas y Equipos + 5% de margen	1309,3500	7113,8592	763,2587	-318,2655
Velas y Aparejos + 5% de margen	566,7200	2342,6691	2933,2143	0,0000
TOTAL BARCO EN ROSCA				
PESO (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	
8900,384	5,281	0,788	-0,019	
PESO Y POSICIÓN DEL C.D.G. EN MÁXIMA CARGA				
Elementos	P (Kg)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Estructura + 3% de margen	2959,2135	15765,4237	4171,4263	0,9773
Habitación + 10% de margen	1365,1000	7198,7014	1146,0075	149,3866
Lastre	2700	14580,0000	-2000,7	0,0000
Máquinas y Equipos + 5% de margen	1309,3500	7113,8592	763,2587	-318,2655
Velas y Aparejos + 5% de margen	566,7200	2342,6691	2933,2143	0,0000
Carga	1890,0000	10007,1100	1402,6100	-173,5000
TOTAL BARCO EN MÁXIMA CARGA				
PESO (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	
10790,384	5,283	0,780	0,032	

El estudio de la posición del centro de gravedad del barco, sirve para saber si en una condición de carga determinada la posición del centro de gravedad del barco es la adecuada con respecto al centro de carena. En el caso que nos ocupa, la posición longitudinal del centro de carena es de 6,244 metros desde el extremo de popa y la posición longitudinal del centro de gravedad desde el extremo de popa es de 6,241

metros, estando el barco en la condición de “rosca”. Esta situación de ambos centros, tras no encontrarse exactamente en la misma posición longitudinal, crea un asiento positivo (hacia popa) prácticamente despreciable, por lo que se concluye que dicha situación se considera aceptable para la navegación.

En caso de que la posición longitudinal de ambos centros, LCG y LCB, hubiese tenido una diferencia más notable, habría que haber recolocado la orza, que es donde se ubica el lastre fijo, para que la posición longitudinal del centro de gravedad del barco estuviese lo más cercana posible a la posición longitudinal del centro de carena, respetando siempre el “lead” óptimo estudiado en capítulos anteriores.

14.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD

Se define “estabilidad” como la aptitud que debe poseer un cuerpo para recobrar la posición de equilibrio cuando ha sido apartado de ésta por una causa fortuita.

Aunque existen muchos más factores que la estabilidad en la seguridad de un barco, para la mayoría de los responsables de esta seguridad, una estabilidad satisfactoria es uno de los elementos más importantes.

Entre los factores que se pueden considerar en una “estabilidad satisfactoria” están: integridad estanca, adecuada distribución de pesos, francobordo mínimo requerido, altura metacéntrica y estabilidad dinámicas adecuadas, formas hidrodinámicas del casco, habilidad para evacuar rápidamente el agua embarcada en cubierta y la no menos importante de la competencia profesional del capitán y la tripulación.

El estudio de la estabilidad se llevará a cabo mediante el programa “Hydromax” usando las formas creadas con “Maxsurf”, y se aplicará la normativa UNE EN-ISO 12217-2, que es la parte de la normativa ISO 12217 que permite la determinación de las condiciones límite ambientales para las que se ha diseñado una embarcación determinada.

Para la correcta comprensión de parámetros que se calcularán posteriormente, se definen una serie de conceptos que se detallan a continuación.

- Nicho: Es cualquier volumen abierto al exterior que pueda retener agua.
- Nicho de achique rápido: Son los nichos que cumplen con todos los requisitos de la norma ISO 11812 para “cabinas y nichos de achique rápido”.
- Nicho estanco: Son los nichos que cumplen con los requisitos de la norma ISO 11812 para “cabinas y nichos estancos”.
- Abertura inundable: Es cualquier abertura, incluyendo el borde de un nicho, que pueda admitir agua en su interior o en la sentina de una embarcación, o un nicho, a parte de la exclusiones propias de la norma ISO 12217-2 apartado 6.2.1.1.

Embarcación con cubierta completa: Es toda embarcación en la que la proyección horizontal del área total de diseño comprende cualquier combinación de

- Cubiertas estancas y superestructuras; y/o
- Nichos de achique rápido que cumplan con la norma ISO 11812; y/o
- Nichos estancos que cumplan con la norma ISO 11812 con un volumen conjunto inferior a $L_H * B_H * F_M/40$

Todos los dispositivos cerrados son estancos al agua de acuerdo con la norma ISO 12216.

La altura de inundación, h_D , es la menor altura a partir de la línea de flotación hasta cualquier abertura inundable, a parte de las que se excluyen en el apartado 6.2.1.1. de la norma UNE-EN ISO 12217-2, encontrándose la embarcación adrizada en aguas tranquilas cargada a pleno desplazamiento y con el asiento de diseño.

El ángulo de inundación, ϕ_D , es el ángulo de escora con el que las aberturas inundables descritas en el apartado 6.2.1.1. de la norma UNE-EN ISO 12217-2 comienzan a sumergirse, encontrándose la embarcación en aguas tranquilas y en una adecuada condición de carga con el asiento de diseño.

El ángulo de estabilidad nula, ϕ_V , es el ángulo de escora lo más próximo a la posición de adrizado (pero sin alcanzarla) en una adecuada condición de carga, para el que el momento del par de adrizamiento de la estabilidad transversal es cero; determinado presuponiendo que la carga no se compensa, y que todas las posibles aberturas inundables son estancas al agua.

14.1.- CONSIDERACIONES DE CARGA A ESTUDIAR

Las condiciones de carga a estudiar para este tipo de barcos son las siguientes, según el reglamento:

1.- Condición mínima operativa: embarcación en la condición de rosca añadiendo los siguientes pesos:

a) el peso que representa a la tripulación, situado en la línea de crujía, y próximo a la posición del puesto de control, de:

- 150 Kg cuando $8 \text{ m} < L_H < 16 \text{ m}$;

b) el equipo esencial de seguridad con un peso no menor de $(L_H - 2.5)^2$ Kg. El peso del equipo de seguridad es de 94 Kg.

c) provisiones no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo de la embarcación. En el caso que nos ocupa, éste peso es de 250 Kg.

d) agua de lastre en tanques situados simétricamente respecto a la línea de crujía y para los que figure en el manual del propietario que se llenan siempre que la embarcación esté a flote, pero no los líquidos contenidos en los tanques de lastre previstos por el constructor para usarse como lastres asimétricos variables durante la navegación; en este caso no se ha definido agua de lastre.

e) una balsa de salvamento (cuando corresponda) situada en la estiba provista;

2.- Peso mínimo operativo (m_{MOC}): Es el peso de la embarcación en la condición de mínima operativa, el cual es de 9394.4 Kg.

3.- Carga máxima total (m_{MTL}): Carga máxima a la que la embarcación se diseña para llevar además de la condición de embarcación en rosca, influyendo el máximo peso recomendado por el fabricante tal y como se define en la norma ISO 14946, y comprendiendo todos los líquidos (por ejemplo, combustibles, aceites, agua dulce, agua de lastre o tanques para cebos y pozos de peces vivos) hasta la máxima capacidad de los tanques fijos o portátiles. Dicha carga es de 1890 Kg.

4.- Condición de desplazamiento en carga (m_{LDC}): Embarcación en la condición de rosca añadiendo la carga máxima total hasta alcanzar el asiento de diseño. El peso máximo en carga es de 10790.4 Kg.

La altura sobre el nivel del suelo del centro de gravedad de las personas que se encuentran de pie está a 1 metro. En caso de que las personas se encuentren sentadas, la altura de su centro de gravedad estará a 0.30 metros sobre el nivel del suelo.

14.2.- ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD

Las embarcaciones propulsadas a vela de tipo monocasco deben satisfacer todos los requisitos de alguna de las siete opciones, expuestas en la tabla 85, de acuerdo con las características de flotación y cubiertas, y según que la embarcación se equipe o no con los nichos apropiados.

La categoría de diseño que finalmente se da es aquella para la cual la embarcación satisface todos los requisitos relevantes de una de esas opciones.

En las embarcaciones en las que se va a otorgar la categoría de diseño A ó B solo se deben permitir aberturas inundables que no sean reglamentarias o de tipo cerrado si son esenciales para la ventilación o los requisitos de la combustión del motor.

Una embarcación a la que se le ha dado la categoría de diseño B se considera que se ha diseñado para operar con olas de hasta 4 metros de altura significativa y un viento Beaufort de fuerza igual o menor de 8. Estas condiciones se pueden encontrar en viajes de alta mar de duración suficiente o costeros cuando no siempre pueda ser posible encontrar una adecuada protección. Estas condiciones se pueden encontrar también en mares interiores de una extensión suficiente para que se generen olas de altura apreciable. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 21 m/s.

Tabla 84

Resumen de las definiciones de las categorías de proyecto				
Categoría de diseño	A	B	C	D
Altura de ola hasta	aproximadamente 7 m significativa	4 m significativa	2 m significativa	0,5 m máximo
Fuerza Beaufort característica del viento	hasta 10	hasta 8	hasta 6	hasta 4
Velocidad del viento para el cálculo (m/s)	28	21	17	13

La altura significativa de las olas es la altura media de la mayor de un tercio de

las olas, que aproximadamente corresponde a la altura de ola estimada por un observador experimentado. Algunas olas alcanzan el doble de esta altura.

En la siguiente tabla, tabla 85, se muestran los requisitos que se deben aplicar a las embarcaciones a vela tipo monocasco según la normativa UNE-EN ISO 12217-2.

Tabla 85

Requisitos que se deben aplicar a las embarcaciones a vela monocasco							
Opción	1	2	3	4	5	6	7
Categorías posibles	A y B	C y D	C y D	C y D	C y D	C y D	C y D
Cubiertas o protecciones	Cubierta completa ^a	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo
Aberturas de inundación	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	
Ensayo de la altura de inundación	6.2.2	6.2.2	6.2.2		6.2.2		
Ángulo de inundación	6.2.3	6.2.3					
Ángulo de estabilidad nula	6.3	6.3					
Índice de estabilidad	6.4	6.4					
Ensayo de hundimiento-recuperación			6.5	6.5			
Ensayo de resistencia al viento					6.6	6.6	
Requisitos de flotación				6.7		6.7	
Ensayo de recuperación después del vuelco							6.8
^a Este término se define en el apartado 3.1.8.							

Para las embarcaciones que utilicen las opciones 1 ó 2 se deben satisfacer los requisitos de las condiciones mínimas de operación a menos que se indique específicamente otra cosa. Si la relación m_{LDC}/m_{MOC} es mayor que 1,15, entonces se deben satisfacer los requisitos tanto en la condición de desplazamiento en carga como en la mínima operacional. A continuación se procede a calcular la relación m_{LDC}/m_{MOC} para saber en qué condiciones se debe hacer el estudio de estabilidad:

$$m_{LDC} = 10790.4 \text{ Kg y } m_{MOC} = 9394.4 \text{ Kg}$$

$$\text{Luego, } m_{LDC}/m_{MOC} = 1.15$$

Una vez calcula la relación m_{LDC}/m_{MOC} se determina que las condiciones que se estudiarán serán las de mínima carga operativa y la condición de desplazamiento en carga, siendo el estado del barco, para el estudio de estabilidad, en estado de intacto.

Siguiendo la tabla 85, columna 1, se procede a realizar los cálculos de la

embarcación correspondientes a dicha columna:

- A.** En el caso que nos ocupa se considera la embarcación con cubierta completa.
- B.** Determinación de los *puntos de inundación progresiva*, PIP: Los PIP son los puntos en los cuales existen aberturas del casco, superestructura o cubierta, que no se pueden hacer estanques y que por tanto si se sumergen, dan lugar a una entrada progresiva de agua.

Los únicos puntos que pueden dar lugar a una inundación progresiva en esta embarcación, son el acceso por popa al interior del barco, en el cual se tienen los puntos del suelo y parte superior. Todas las escotillas sobre la cubierta estarán cerradas de forma estanca durante la navegación.

Por todo ello, los puntos que se van a tener en cuenta para la determinación del ángulo en que se produce la inundación progresiva, serán los que aparecen en las siguientes figuras:

Figura 55

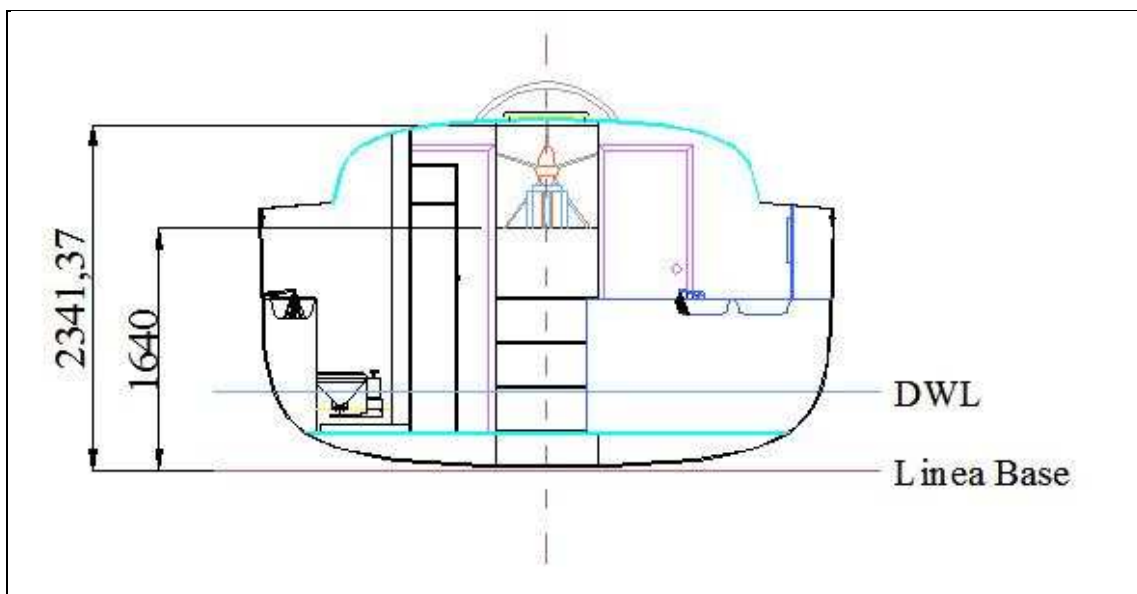
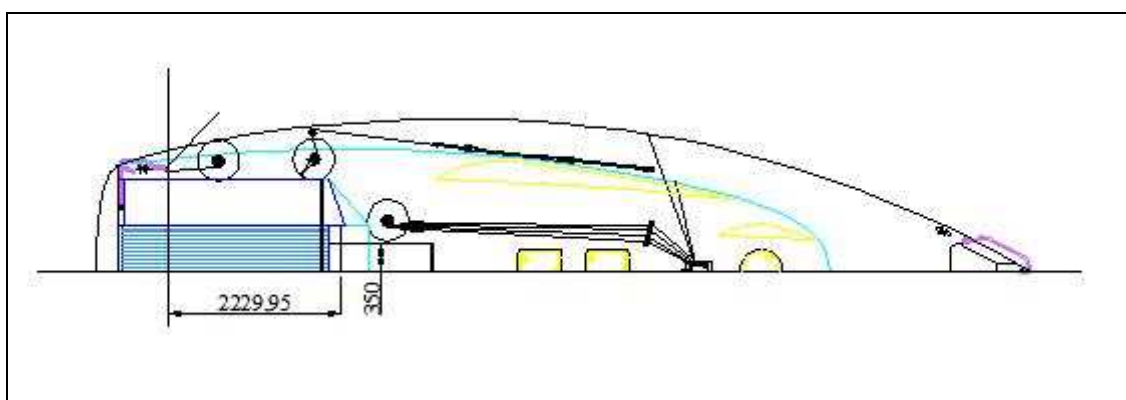


Figura 56



Las cotas de las figuras 55 y 56 están en mm.

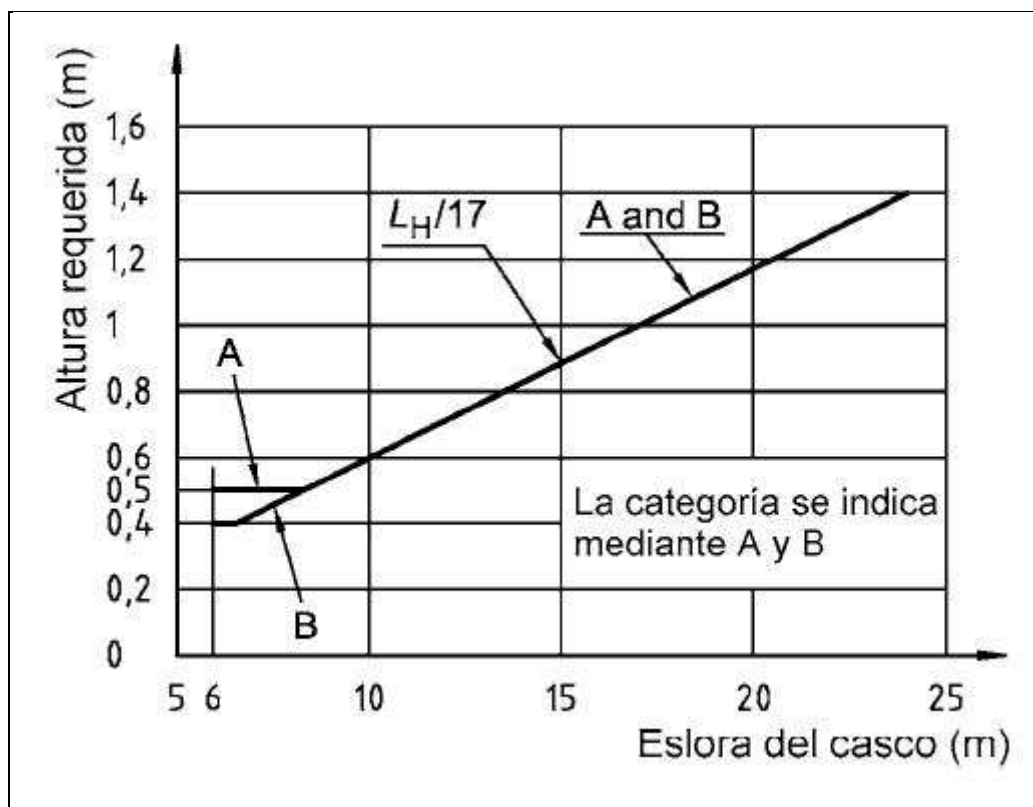
Tabla 85

PIP	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
Escotilla Superior	2,23	2,34	0,35
Escotilla Inferior	2,23	1,64	0,35

- C. **Ensayo de altura de inundación:** Este ensayo sirve para demostrar que la embarcación dispone de margen suficiente de franco bordo en la condición de carga de desplazamiento antes de que se embarque agua abordo.

Según la figura 2 del punto 6.2.2.2 de la normativa (figura 57), se puede encontrar la altura mínima de inundación entrando en dicha tabla con la eslora de casco, L_H , de la embarcación sometida a estudio. Para $L_H = 12.19$ m, se obtiene un valor de altura mínima de 0,717 m.

Figura 57



- D. **Ángulo de inundación, ϕ_D :** Este requisito sirve para comprobar que existe un margen suficiente del ángulo de escora antes de que pueda entrar en la embarcación una cantidad significativa de agua.

Según la tabla 3 del punto 6.2.3 de la normativa (tabla 86), se puede encontrar el ángulo de inundación mínimo para cualquier abertura inundable dependiendo de la

categoría de diseño. Para el caso que nos ocupa, como la categoría de diseño de la embarcación es la tipo B, el ángulo mínimo de inundación es de 40°.

Tabla 86

Requisitos del ángulo de inundación			
Categoría de diseño	A y B	C	D
Ángulo requerido de inundación $\phi_{D(R)}$	40°	35°	30°

- E. **Ángulo de estabilidad nula y peso mínimo, ϕ_V :** Estos requisitos pretenden asegurar en condiciones severas una absoluta capacidad mínima de supervivencia. Las embarcaciones que vayan a recibir la categoría de diseño A o B deben cumplir con los requisitos de la tabla 4 del apartado 6.3.1. de la normativa aplicable (tabla 87).

En el caso que nos ocupa, la embarcación tiene un $\phi_{V(R)} = 85.5^\circ$ para un desplazamiento en rosca de 8900 Kg.

Existen unos requisitos alternativos para las categorías de diseño A o B como alternativa al apartado 6.3.1 de la normativa en el cual, el primero de ellos dice que el ángulo de estabilidad nula será mayor o igual que 90° para la categoría de diseño A ó mayor que 75° para la categoría de diseño B.

Tabla 87

Requisitos del ángulo de estabilidad nula	
Categoría de diseño	Ángulo requerido de estabilidad nula ($\phi_{V(R)}$)
A	$m > 3\,000\text{ kg}$, $\phi_{V(R)} = (130 - 0,002\ m)$ pero siempre $\geq 100^\circ$
B	$m > 1\,500\text{ kg}$, $\phi_{V(R)} = (130 - 0,005\ m)$ pero siempre $\geq 95^\circ$
C	$\phi_{V(R)} = 90^\circ$
D	$\phi_{V(R)} = 75^\circ$

- F. **Índice de estabilidad (STIX):** El índice de estabilidad es un método que permite obtener una evaluación conjunta de las propiedades de estabilidad de las embarcaciones a vela monocascos. El índice consiste en un factor de eslora que se

puede modificar por siete factores que se refieren a diferentes aspectos de las propiedades de estabilidad y flotabilidad.

a) Factor de estabilidad dinámica (FDS): Este factor representa la energía intrínseca de adrizamiento a superar antes de que ocurra un incidente de estabilidad.

FDS nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.5.

b) Factor de recuperación de la inversión (FIR): Este factor representa la capacidad para recuperarse sin ayuda exterior después de una inversión.

FIR nunca debe ser menor que 0.4 ó mayor que 1.5.

c) Factor de recuperación del hundimiento (FKR): Este factor representa la capacidad de una embarcación para expulsar el agua de las velas y por tanto recuperarse después de haberse hundido.

FKR nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.5.

d) Factor de eslora – desplazamiento (FDL): Este factor tiene en cuenta el efecto favorable de un mayor desplazamiento para una eslora dada incrementando la resistencia al vuelco.

FDL nunca debe ser menor que 0.75 ó mayor que 1.25.

e) Factor de desplazamiento – manga (FBD): Este factor tiene en cuenta el incremento de vulnerabilidad al hundimiento con mares de costado en las embarcaciones con una apreciable obra muerta y el incremento de la manga en relación con el desplazamiento.

FBD nunca debe ser menor que 0.75 ó mayor que 1.25.

f) Factor de momento debido al viento (FWM): En las embarcaciones en las que bien ϕ_D ó ϕ_{DH} sea menor de 90° , este factor representa el riesgo de inundación debido a rachas de viento que escoren una embarcación desprotegida.

FWM nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.

g) Factor de inundación (FDF): Este factor representa el riesgo de inundación en un hundimiento.

FDF nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.25.

Tabla 88

Requisitos para el STIX				
Categoría de diseño	A	B	C	D
STIX debe ser mayor que $STIX_{(R)} =$	32	23	14	5

A continuación se expone una tabla resumen, tabla 89, con los requisitos de los factores de estabilidad para la categoría de diseño B, y a continuación, en la tabla 90, se muestran los valores calculados, verificando que se cumple con los requerimientos de la normativa UNE-EN ISO 12217-2 para la categoría B.

Tabla 89

Factores de Estabilidad	Requisitos para la Categoría B
Altura de mínima de inundación	0,717 m
Ángulo de inundación mínimo	40°
Ángulo de estabilidad nula	$\geq 95^\circ$
STIX	≥ 23
FDS	(0,5 - 1,5)
FIR	(0,4 - 1,5)
FKR	(0,5 - 1,5)
FDL	(0,75 - 1,25)
FBD	(0,75 - 1,25)
FWM	(0,5 - 1)
FDF	(0,5 - 1,25)

Tabla 90

Factores de Estabilidad	Peso Mínimo Operativo	Carga Máxima	Cumple
Altura de inundación	1,138 m	1,134 m	Sí
Ángulo de inundación	125,8°	124,9°	Sí
Ángulo de estabilidad nula	105,7°	109°	Sí
STIX	33	35,9	Sí
FDS	0,835	0,884	Sí
FIR	0,887	0,920	Sí
FKR	1,043	1,094	Sí
FDL	1,008	1,027	Sí
FBD	1,083	1,086	Sí
FWM	1,000	1,000	Sí
FDF	1,250	1,250	Sí

Una vez analizada la tabla 90, se concluye que la embarcación cumple todos los requisitos aplicables a la categoría de diseño tipo B, detallada al comienzo de apartado.

14.3.- CÁLCULOS CON HYDROMAX

En este apartado se analizará con “Hydromax” la estabilidad a grandes ángulos de escora y el equilibrio correspondiente para cada condición de carga, es decir, para la condición de mínima operativa y para la condición de desplazamiento en carga. También se analizarán las curvas hidrostáticas y las curvas KN las cuales no dependen de la condición de carga sino de las formas propias del barco.

14.3.1.- Condición mínima carga operativa

14.3.1.1.- Cálculo de estabilidad a grandes ángulos

Stability Calculation - Proyecto YTB

Loadcase - Caso 2 - Mínima Carga Operativa

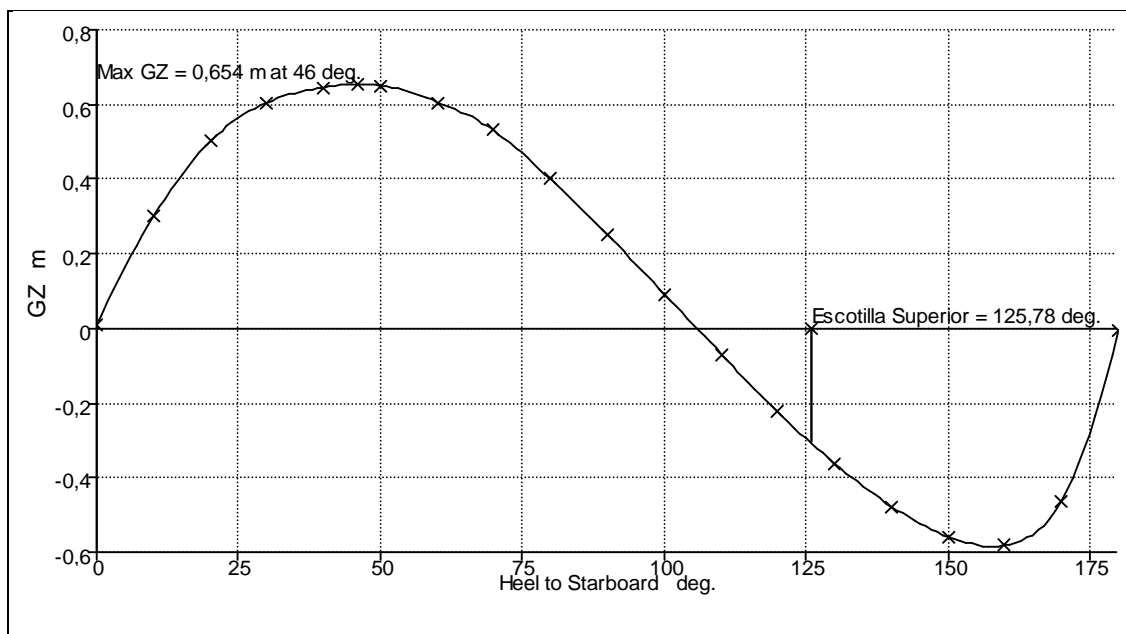
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Rosca	1	8900	5,281	0,788	-0,019	0,000	
Persona 1	1	75,00	-0,316	1,820	0,000	0,000	
Pertrechos	1	250,0	4,413	0,785	-0,120	0,000	
Persona 2	1	75,00	1,296	1,580	0,877	0,000	
Equipo de Seguridad	1	94,00	1,503	0,981	0,826	0,000	
Agua Potable	10%	30,07	8,666	0,273	0,000	191,421	Maximum
Aguas Grises	10%	5,199	4,751	0,306	1,647	0,868	Maximum
Combustible	10%	16,42	6,330	0,275	-1,156	9,687	Maximum
	Total Weight	9446	LCG=5,157	VCG=0,802	TCG=-0,007	201,976	
				FS corr.=0,021			
				VCG fluid=0,823			



Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Displacement kg	9446	9445	9445	9445	9445	9445
Draft at FP m	0,584	0,593	0,611	0,617	0,598	0,542
Draft at AP m	0,482	0,444	0,318	0,092	-0,259	-0,785
WL Length m	11,298	11,302	11,315	11,336	11,365	11,400
Immersed Depth m	2,068	2,031	1,895	1,658	1,334	0,985
WL Beam m	3,705	3,567	3,170	2,842	2,700	2,649
Wetted Area m ²	35,560	34,882	33,081	31,392	30,259	29,446
Waterpl. Area m ²	26,434	25,451	23,163	21,317	20,416	19,359
Prismatic Coeff.	0,451	0,454	0,459	0,458	0,451	0,451
Block Coeff.	0,106	0,113	0,136	0,172	0,225	0,317
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,188	-0,186	-0,177	-0,163	-0,143	-0,119
VCB from DWL m	-0,229	-0,245	-0,276	-0,301	-0,312	-0,315
GZ m	0,007	0,301	0,503	0,604	0,646	0,650
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,604	-0,543	-0,421	-0,318	-0,229	-0,125
TCF to zero pt. m	0,000	0,292	0,626	0,919	1,155	1,233
Max deck inclination deg	0,5	10,0	20,1	30,1	40,1	50,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,5	-0,8	-1,6	-2,8	-4,6	-7,1

Heel to Starboard degrees	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
Displacement kg	9446	9445	9445	9445	9446	9446
Draft at FP m	0,443	0,230	-0,489	N/A	-2,550	-1,826
Draft at AP m	-1,611	-3,163	-7,663	N/A	-9,730	-5,240
WL Length m	10,176	9,966	10,033	10,740	11,468	11,895
Immersed Depth m	0,973	0,994	0,977	0,969	1,084	1,160
WL Beam m	2,964	3,542	1,820	1,774	1,773	1,815
Wetted Area m ²	27,749	25,220	25,302	25,575	25,971	26,472
Waterpl. Area m ²	17,822	16,486	15,670	15,305	15,338	15,701
Prismatic Coeff.	0,526	0,578	0,585	0,558	0,536	0,534
Block Coeff.	0,396	0,442	0,516	0,499	0,418	0,368

LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,093	-0,068	-0,050	-0,041	-0,042	-0,050
VCB from DWL m	-0,326	-0,344	-0,357	-0,366	-0,371	-0,370
GZ m	0,606	0,531	0,400	0,250	0,091	-0,069
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,034	0,023	0,091	0,109	0,132	0,120
TCF to zero pt. m	1,227	1,204	1,141	1,031	0,892	0,729
Max deck inclination deg	60,2	70,1	80,1	90,0	99,9	109,9
Trim angle (+ve by stern) deg	-10,9	-17,6	-33,8	-90,0	-33,9	-17,7

Heel to Starboard degrees	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0
Displacement kg	9446	9446	9446	9446	9446	9446
Draft at FP m	-1,595	-1,486	-1,427	-1,401	-1,400	-1,426
Draft at AP m	-3,686	-2,874	-2,363	-2,012	-1,763	-1,607
WL Length m	11,918	11,917	11,912	11,907	11,899	11,882
Immersed Depth m	1,195	1,184	1,125	1,012	0,843	0,616
WL Beam m	1,892	1,999	2,124	2,286	2,607	3,551
Wetted Area m ²	27,015	27,754	28,782	30,329	33,021	38,760
Waterpl. Area m ²	16,287	17,171	18,429	20,337	23,678	30,512
Prismatic Coeff.	0,555	0,582	0,617	0,659	0,703	0,709
Block Coeff.	0,342	0,327	0,324	0,334	0,353	0,354
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,067	-0,090	-0,114	-0,140	-0,162	-0,179
VCB from DWL m	-0,364	-0,352	-0,332	-0,302	-0,257	-0,196
GZ m	-0,223	-0,361	-0,477	-0,558	-0,581	-0,463
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,048	-0,051	-0,170	-0,316	-0,511	-0,874
TCF to zero pt. m	0,544	0,356	0,185	0,048	-0,031	0,035
Max deck inclination deg	119,8	129,8	139,8	149,9	159,9	170,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-11,1	-7,4	-5,0	-3,3	-1,9	-1,0

Heel to Starboard degrees	180,0
Displacement kg	9446
Draft at FP m	-1,439
Draft at AP m	-1,583
WL Length m	11,830
Immersed Depth m	0,566
WL Beam m	3,934
Wetted Area m ²	43,262
Waterpl. Area m ²	35,414
Prismatic Coeff.	0,708
Block Coeff.	0,350
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,182
VCB from DWL m	-0,148
GZ m	-0,007
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,251
TCF to zero pt. m	0,000
Max deck inclination deg	179,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,8

Key point	Type	DF angle deg
Margin Line (immersion pos = 2,62 m)		28,1
Deck Edge (immersion pos = 2,62 m)		31,3
Escotilla Superior	Downflooding point	125,78
Escotilla Inferior	Downflooding point	153,28

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
	shall be greater than (>)	40,0	deg	125,8	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass
	shall be greater than (>)	95,0	deg	105,7	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass
	delta	0			
	AS, sail area ISO 8666	77,790	m ²		
	height of centroid of AS	8,078	m		
	LH, length of hull ISO 8666, user spec.	12,190	m		
	BH, beam of hull ISO 8666, user spec.	3,950	m		
	LWL, length waterline ISO 8666, user spec.	10,700	m		
	BWL, Hydromax calculated	3,705	m		
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,113	m		
	STIX value shall be greater than (>)	23,0		33,0	Pass
	<i>Intermediate values</i>				
	m, mass of boat in current loading condition		kg	9446,4	
	height of waterline in current loading condition		m	0,533	
	phiD, actual downflooding angle		deg	125,8	
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	105,7	
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 105,7 deg.		m.deg	46,075	
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,250	
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,305	
	FR			2,015	
	LBS, weighted average length			11,197	
	FL, length factor			1,004	
	FB, beam factor			1,984	
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
	FDS, dynamic stability factor	(0,835)		0,835	
	FIR, inversion recovery factor	(0,887)		0,887	
	FKR, knockdown recovery factor	(1,043)		1,043	
	FDL, displacement-length factor	(1,008)		1,008	
	FBD, beam-displacement factor	(1,083)		1,083	
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000	
	FDF, downflooding factor	(1,398)		1,250	

14.3.1.2.- Cálculo del equilibrio

Equilibrium Calculation - Proyecto YTB

Loadcase - Caso 2 - Mínima Carga Operativa

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Rosca	1	8900	5,281	0,788	-0,019	0,000	
Persona 1	1	75,00	-0,316	1,820	0,000	0,000	
Pertrechos	1	250,0	4,413	0,785	-0,120	0,000	
Persona 2	1	75,00	1,296	1,580	0,877	0,000	
Equipo de Seguridad	1	94,00	1,503	0,981	0,826	0,000	
Agua Potable	10%	30,07	8,666	0,273	0,000	191,421	Maximum
Aguas Grises	10%	5,199	4,751	0,306	1,647	0,868	Maximum
Combustible	10%	16,42	6,330	0,275	-1,156	9,687	Maximum
	Total Weight=	9446	LCG=5,157	VCG=0,802	TCG=-0,007	201,976	
				FS corr.=0,021			
				VCG fluid=0,823			

Draft Amidsh. m	0,533
Displacement kg	9446
Heel to Starboard degrees	-0,2
Draft at FP m	0,584
Draft at AP m	0,482
Draft at LCF m	0,527
Trim (+ve by stern) m	-0,103
WL Length m	11,298
WL Beam m	3,705
Wetted Area m ²	35,561
Waterpl. Area m ²	26,435
Prismatic Coeff.	0,451
Block Coeff.	0,106
Midship Area Coeff.	0,242
Waterpl. Area Coeff.	0,632
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,188
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,604
KB m	0,302
KG fluid m	0,823
BMt m	2,303
BML m	16,315

GMt corrected m	1,782
GML corrected m	15,794
KMt m	2,605
KML m	16,617
Immersion (TPc) tonne/cm	0,271
MTc tonne.m	0,139
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	293,802
Max deck inclination deg	0,6
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,5

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 2,62 m)		0,766
Deck Edge (freeboard pos = 2,62 m)		0,842
Escotilla Superior	Downflooding point	1,838
Escotilla Inferior	Downflooding point	1,138

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints			
	shall be greater than (>)	0,717	m	1,138	Pass

En el plano N° 11 que acompaña este proyecto, se puede apreciar la flotación de equilibrio.

14.3.2.- Condición máxima carga

14.3.2.1.- Cálculo de estabilidad a grandes ángulos

Stability Calculation - Proyecto YTB

Loadcase - Caso 1 - Máxima Carga 2

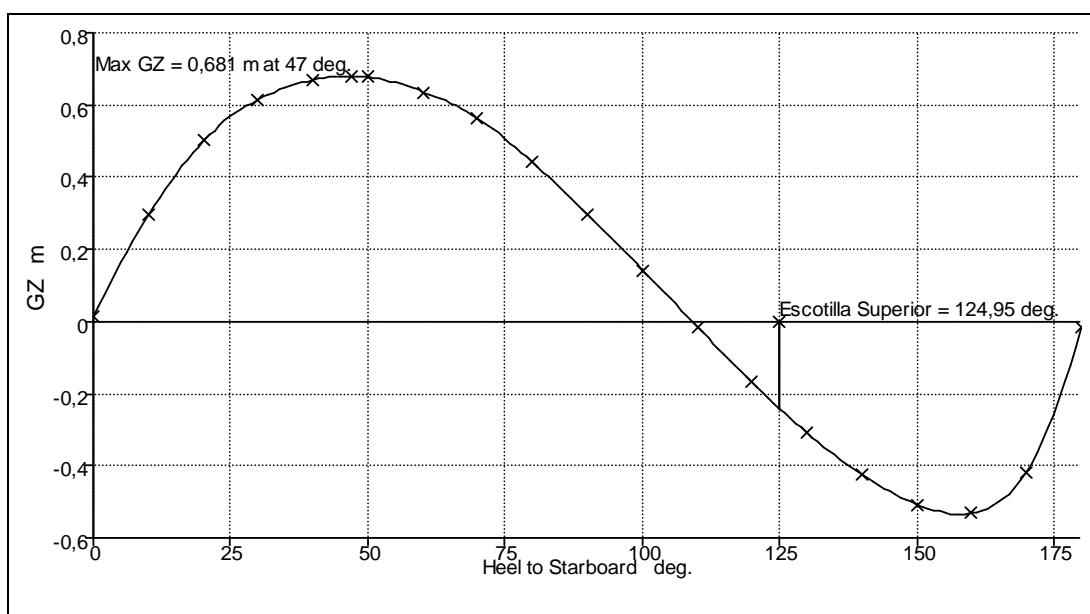
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long. Arm m	Vert. Arm m	Trans. Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Rosca	1	8900	5,281	0,788	-0,019	0,000	
Personas	6	75,00	3,423	1,313	0,120	0,000	
Pertrechos	1	50,00	4,413	0,785	-0,120	0,000	
Provisiones	1	330,0	5,350	0,150	0,000	0,000	
Equipo de Seguridad	1	94,00	1,503	0,981	0,826	0,000	
Agua Potable	100%	300,7	8,722	0,372	0,000	0,000	Maximum
Aguas Grises	100%	51,99	4,759	0,493	1,702	0,000	Maximum
Combustible	100%	164,3	6,395	0,399	-1,169	0,000	Maximum
Total Weight		10341	LCG=5,279	VCG=0,772	TCG=-0,014	0	
				FS corr.=0			
				VCG fluid=0,772			



Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Displacement kg	10341	10340	10340	10340	10340	10341
Draft at FP m	0,681	0,691	0,714	0,730	0,727	0,695
Draft at AP m	0,464	0,427	0,303	0,078	-0,272	-0,797
WL Length m	11,318	11,323	11,339	11,364	11,397	11,439
Immersed Depth m	2,106	2,069	1,935	1,701	1,376	1,040
WL Beam m	3,725	3,609	3,250	2,933	2,784	2,573
Wetted Area m ²	36,284	35,743	34,140	32,591	31,528	30,948
Waterpl. Area m ²	26,590	25,775	23,719	22,018	21,206	19,756
Prismatic Coeff.	0,458	0,462	0,468	0,468	0,463	0,462
Block Coeff.	0,114	0,119	0,141	0,178	0,231	0,333
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,062	-0,060	-0,052	-0,038	-0,018	0,007
VCB from DWL m	-0,245	-0,260	-0,290	-0,315	-0,326	-0,330
GZ m	0,014	0,297	0,501	0,614	0,670	0,678
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,542	-0,487	-0,361	-0,250	-0,147	-0,032
TCF to zero pt. m	0,000	0,282	0,608	0,904	1,147	1,213
Max deck inclination deg	1,2	10,1	20,1	30,1	40,2	50,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,2	-1,4	-2,2	-3,5	-5,3	-7,9

Heel to Starboard degrees	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
Displacement kg	10340	10341	10340	10340	10342	10342
Draft at FP m	0,643	0,532	0,127	N/A	-1,932	-1,516
Draft at AP m	-1,619	-3,167	-7,662	N/A	-9,721	-5,234
WL Length m	10,528	10,600	10,371	11,018	11,589	11,841
Immersed Depth m	0,992	1,028	1,030	1,026	1,141	1,217
WL Beam m	2,872	3,534	1,824	1,782	1,785	1,831
Wetted Area m ²	29,571	27,013	26,892	27,130	27,513	27,902
Waterpl. Area m ²	18,396	17,263	16,293	15,896	15,921	16,162
Prismatic Coeff.	0,523	0,557	0,582	0,559	0,544	0,548
Block Coeff.	0,409	0,414	0,518	0,501	0,427	0,382
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,033	0,058	0,077	0,088	0,090	0,082
VCB from DWL m	-0,343	-0,362	-0,377	-0,386	-0,390	-0,389
GZ m	0,636	0,565	0,442	0,297	0,143	-0,015
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,090	0,179	0,253	0,264	0,281	0,219
TCF to zero pt. m	1,200	1,159	1,129	1,029	0,900	0,738
Max deck inclination deg	60,2	70,1	80,1	90,0	99,9	109,9
Trim angle (+ve by stern) deg	-11,9	-19,1	-36,1	-90,0	-36,1	-19,2

Heel to Starboard degrees	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0
Displacement kg	10342	10342	10342	10342	10342	10342
Draft at FP m	-1,385	-1,325	-1,299	-1,294	-1,311	-1,349
Draft at AP m	-3,685	-2,874	-2,364	-2,013	-1,765	-1,613
WL Length m	11,892	11,897	11,895	11,891	11,884	11,867
Immersed Depth m	1,250	1,238	1,176	1,061	0,890	0,672
WL Beam m	1,918	2,043	2,193	2,384	2,744	3,722
Wetted Area m ²	28,335	29,043	30,065	31,623	34,313	39,831
Waterpl. Area m ²	16,731	17,657	18,994	20,976	24,352	30,954
Prismatic Coeff.	0,565	0,590	0,622	0,659	0,693	0,682

Block Coeff.	0,354	0,335	0,329	0,335	0,348	0,340
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	0,066	0,044	0,018	-0,007	-0,031	-0,048
VCB from DWL m	-0,383	-0,370	-0,350	-0,318	-0,273	-0,212
GZ m	-0,169	-0,308	-0,425	-0,507	-0,531	-0,418
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,126	0,016	-0,113	-0,269	-0,479	-0,866
TCF to zero pt. m	0,557	0,373	0,205	0,073	0,000	0,060
Max deck inclination deg	119,8	129,8	139,8	149,8	159,9	169,9
Trim angle (+ve by stern) deg	-12,1	-8,2	-5,7	-3,8	-2,4	-1,4

Heel to Starboard degrees	180,0
Displacement kg	10341
Draft at FP m	-1,364
Draft at AP m	-1,590
WL Length m	11,815
Immersed Depth m	0,640
WL Beam m	3,932
Wetted Area m ²	43,864
Waterpl. Area m ²	35,329
Prismatic Coeff.	0,685
Block Coeff.	0,339
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,053
VCB from DWL m	-0,167
GZ m	-0,014
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,245
TCF to zero pt. m	0,000
Max deck inclination deg	178,8
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,2

Key point	Type	DF angle deg
Margin Line (immersion pos = 2,62 m)		27,45
Deck Edge (immersion pos = 2,62 m)		30,46
Escotilla Superior	Downflooding point	124,95
Escotilla Inferior	Downflooding point	151,68

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
	shall be greater than (>)	40,0	deg	124,9	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass
	shall be greater than (>)	95,0	deg	109,0	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass
	delta	0			
	AS, sail area ISO 8666	77,790	m ²		

	height of centroid of AS	8,078	m		
	LH, length of hull ISO 8666, user spec.	12,190	m		
	BH, beam of hull ISO 8666, user spec.	3,950	m		
	LWL, length waterline ISO 8666, user spec.	10,700	m		
	BWL, Hydromax calculated	3,725	m		
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,077	m		
	STIX value shall be greater than (>)	23,0		35,9	Pass
	<i>Intermediate values</i>				
	m, mass of boat in current loading condition		kg	10340,8	
	height of waterline in current loading condition		m	0,572	
	phiD, actual downflooding angle		deg	124,9	
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	109,0	
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 109,0 deg.		m.deg	48,814	
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,297	
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,240	
	FR			2,634	
	LBS, weighted average length			11,197	
	FL, length factor			1,004	
	FB, beam factor			1,926	
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
	FDS, dynamic stability factor	(0,884)		0,884	
	FIR, inversion recovery factor	(0,920)		0,920	
	FKR, knockdown recovery factor	(1,094)		1,094	
	FDL, displacement-length factor	(1,027)		1,027	
	FBD, beam-displacement factor	(1,086)		1,086	
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000	
	FDF, downflooding factor	(1,388)		1,250	

14.3.2.2.- Cálculo de equilibrio

Equilibrium Calculation - Proyecto YTB

Loadcase - Caso 1 - Máxima Carga 2

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Rosca	1	8900	5,281	0,788	-0,019	0,000	
Personas	6	75,00	3,423	1,313	0,120	0,000	
Pertrechos	1	50,00	4,413	0,785	-0,120	0,000	
Provisiones	1	330,0	5,350	0,150	0,000	0,000	
Equipo de Seguridad	1	94,00	1,503	0,981	0,826	0,000	
Agua Potable	100%	300,7	8,722	0,372	0,000	0,000	Maximum
Aguas Grises	100%	51,99	4,759	0,493	1,702	0,000	Maximum
Combustible	100%	164,3	6,395	0,399	-1,169	0,000	Maximum
	Total Weight	10341	LCG=5,279	VCG=0,772	TCG=-0,014	0	
				FS corr.=0			
				VCG fluid=0,772			

Draft Amidsh. m	0,572
Displacement kg	10340
Heel to Starboard degrees	-0,5
Draft at FP m	0,681
Draft at AP m	0,464
Draft at LCF m	0,561
Trim (+ve by stern) m	-0,217
WL Length m	11,318
WL Beam m	3,725
Wetted Area m ²	36,284
Waterpl. Area m ²	26,590
Prismatic Coeff.	0,458
Block Coeff.	0,114
Midship Area Coeff.	0,254
Waterpl. Area Coeff.	0,631
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,062
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,542
KB m	0,325
KG fluid m	0,772
BMt m	2,147
BML m	14,975
GMt corrected m	1,700
GML corrected m	14,528

KMt m	2,472
KML m	15,300
Immersion (TPc) tonne/cm	0,273
MTc tonne.m	0,140
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	306,728
Max deck inclination deg	1,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,2

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 2,62 m)		0,748
Deck Edge (freeboard pos = 2,62 m)		0,824
Escotilla Superior	Downflooding point	1,833
Escotilla Inferior	Downflooding point	1,134

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints			
	shall be greater than (>)	0,717	m	1,134	Pass

En el plano N° 11 que acompaña este proyecto, se puede apreciar la flotación de equilibrio en esta condición de carga.

A continuación, se representan las curvas hidrostáticas y las curvas KN, las cuales no dependen de la condición de carga.

14.3.3.- Curvas Hidrostáticas

Hydrostatics - Hydromax

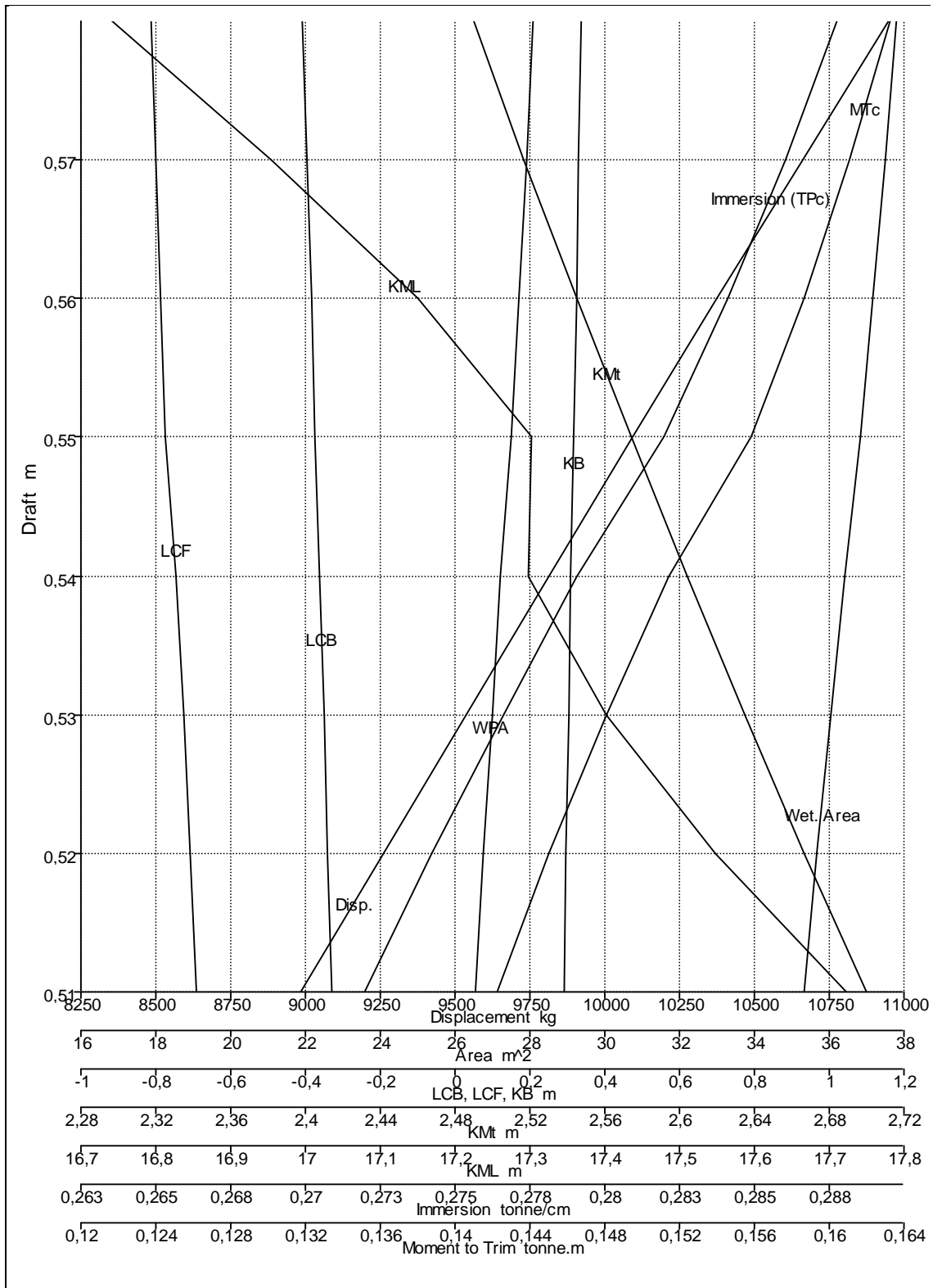
Damage Case - Intact

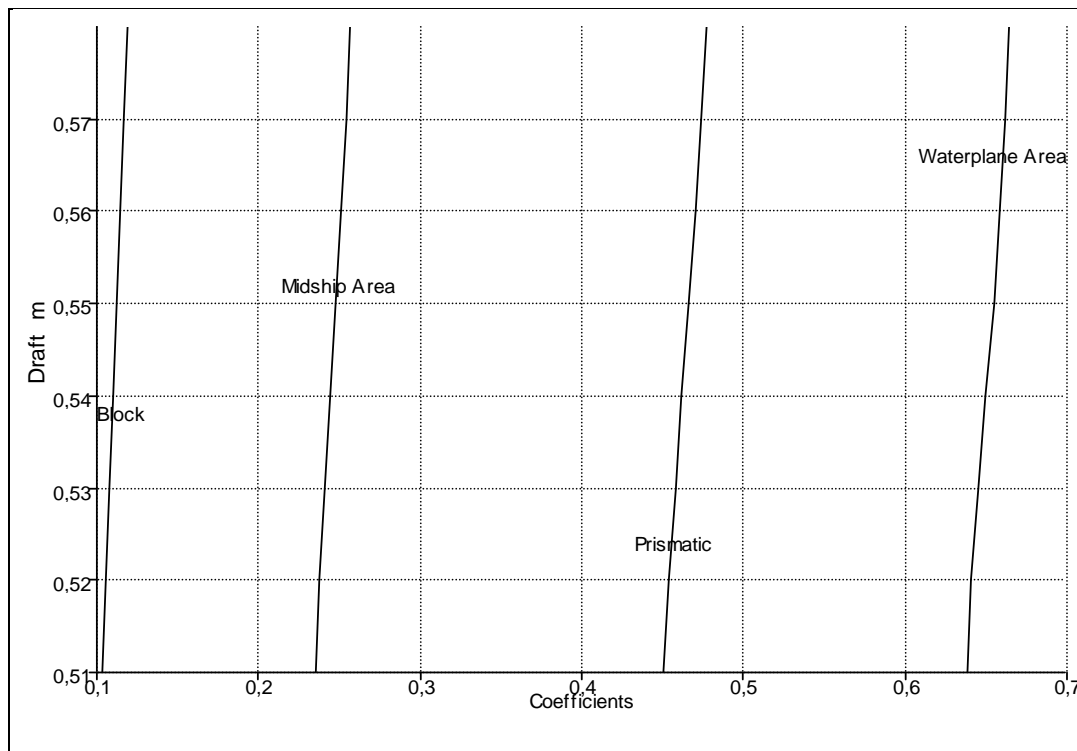
Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Draft Amidsh. m	0,510	0,520	0,530	0,540
Displacement kg	8987	9260	9535	9813
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,510	0,520	0,530	0,540
Draft at AP m	0,510	0,520	0,530	0,540
Draft at LCF m	0,510	0,520	0,530	0,540
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	11,261	11,283	11,284	11,286
WL Beam m	3,692	3,701	3,709	3,715
Wetted Area m ²	35,335	35,686	36,047	36,420
Waterpl. Area m ²	26,529	26,750	26,981	27,221
Prismatic Coeff.	0,451	0,454	0,458	0,462
Block Coeff.	0,103	0,105	0,108	0,110
Midship Area Coeff.	0,235	0,238	0,241	0,245
Waterpl. Area Coeff.	0,638	0,641	0,645	0,649
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,330	-0,341	-0,352	-0,363
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,692	-0,707	-0,725	-0,745
KB m	0,290	0,297	0,303	0,310
KG m	0,788	0,788	0,788	0,788
BMt m	2,410	2,370	2,332	2,294
BML m	17,433	17,250	17,099	16,988
GMt m	1,912	1,879	1,847	1,816
GML m	16,935	16,759	16,615	16,510
KMt m	2,700	2,667	2,635	2,604
KML m	17,723	17,547	17,403	17,298
Immersion (TPc) tonne/cm	0,272	0,274	0,277	0,279
MTc tonne.m	0,142	0,145	0,148	0,151
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	299,855	303,637	307,423	311,022
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0

Draft Amidsh. m	0,550	0,560	0,570	0,580
Displacement kg	10094	10377	10662	10949
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,550	0,560	0,570	0,580
Draft at AP m	0,550	0,560	0,570	0,580
Draft at LCF m	0,550	0,560	0,570	0,580
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	11,287	11,288	11,289	11,291
WL Beam m	3,722	3,728	3,735	3,741
Wetted Area m ²	36,835	37,180	37,502	37,811
Waterpl. Area m ²	27,504	27,715	27,901	28,071
Prismatic Coeff.	0,466	0,470	0,474	0,478
Block Coeff.	0,112	0,115	0,117	0,119
Midship Area Coeff.	0,248	0,251	0,254	0,257
Waterpl. Area Coeff.	0,655	0,659	0,662	0,665
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,374	-0,385	-0,396	-0,407
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,773	-0,789	-0,801	-0,812
KB m	0,317	0,323	0,330	0,336
KG m	0,788	0,788	0,788	0,788
BMt m	2,257	2,222	2,187	2,154
BML m	16,986	16,826	16,626	16,406
GMt m	1,786	1,757	1,729	1,702
GML m	16,515	16,361	16,167	15,954
KMt m	2,574	2,545	2,517	2,490
KML m	17,303	17,149	16,955	16,742
Immersion (TPc) tonne/cm	0,282	0,284	0,286	0,288
MTc tonne.m	0,156	0,159	0,161	0,163
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	314,626	318,222	321,714	325,181
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0





14.3.4.- Cálculo de los KN

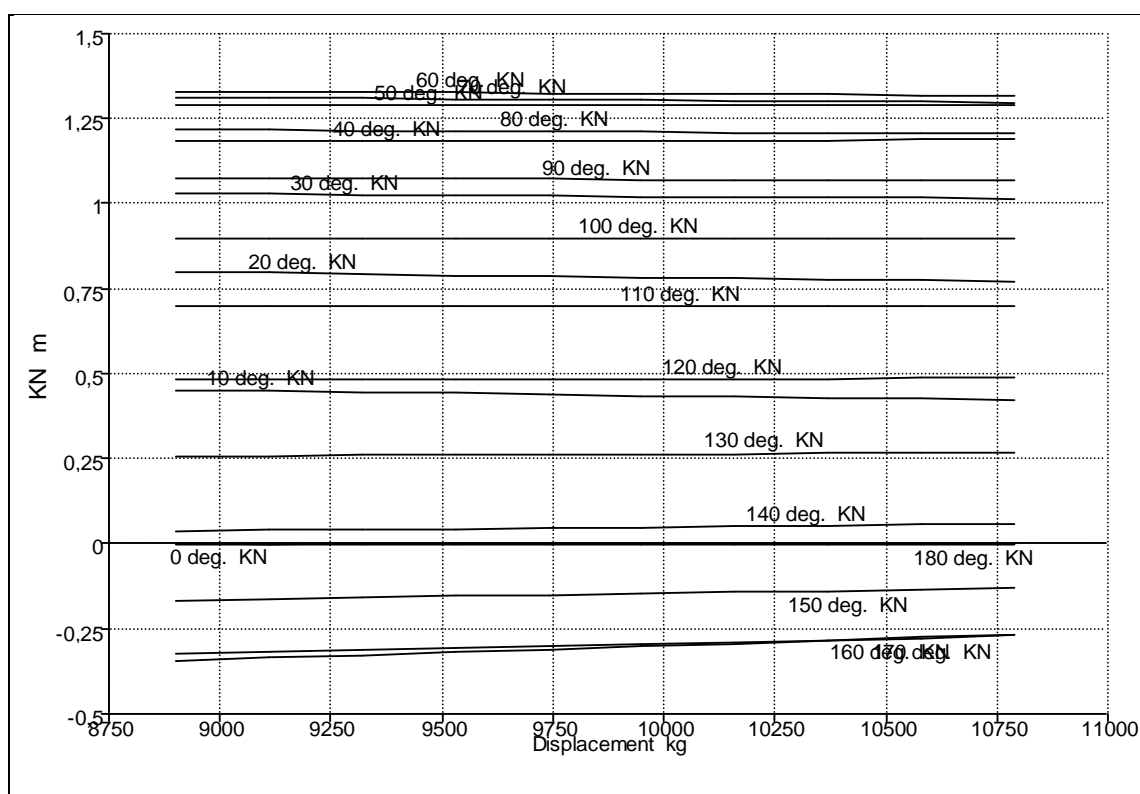
KN Calculation - Proyecto YTB

Damage Case - Intact

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

VCG = 0,802 m



Displacement kg	KN 0,0 deg.	KN 10,0 deg. Port.	KN 20,0 deg. Port.	KN 30,0 deg. Port.	KN 40,0 deg. Port.	KN 50,0 deg. Port.
8900	0,000	0,453	0,799	1,030	1,185	1,291
9110	0,000	0,449	0,796	1,028	1,186	1,291
9320	0,000	0,446	0,792	1,026	1,187	1,291
9530	0,000	0,442	0,789	1,025	1,187	1,291
9740	0,000	0,439	0,786	1,023	1,187	1,290
9950	0,000	0,436	0,783	1,022	1,187	1,290
10160	0,000	0,433	0,780	1,020	1,188	1,290
10370	0,000	0,430	0,777	1,018	1,188	1,289
10580	0,000	0,427	0,774	1,017	1,188	1,288
10790	0,000	0,424	0,771	1,015	1,188	1,288

Displacement kg	KN 60,0 deg. Port.	KN 70,0 deg. Port.	KN 80,0 deg. Port.	KN 90,0 deg. Port.	KN 100,0 deg. Port.	KN 110,0 deg. Port.
8900	1,330	1,314	1,217	1,076	0,900	0,699
9110	1,329	1,312	1,216	1,075	0,899	0,699
9320	1,328	1,311	1,214	1,074	0,899	0,699
9530	1,327	1,309	1,213	1,073	0,898	0,699
9740	1,325	1,307	1,212	1,072	0,898	0,699
9950	1,324	1,306	1,211	1,071	0,898	0,699
10160	1,323	1,304	1,209	1,070	0,897	0,699
10370	1,321	1,301	1,208	1,069	0,897	0,699
10580	1,320	1,299	1,207	1,069	0,897	0,700
10790	1,318	1,297	1,206	1,068	0,896	0,700

Displacement kg	KN 120,0 deg. Port.	KN 130,0 deg. Port.	KN 140,0 deg. Port.	KN 150,0 deg. Port.	KN 160,0 deg. Port.	KN 170,0 deg. Port.
8900	0,481	0,257	0,036	-0,167	-0,324	-0,345
9110	0,482	0,258	0,039	-0,163	-0,318	-0,336
9320	0,482	0,260	0,041	-0,159	-0,311	-0,328
9530	0,483	0,261	0,044	-0,155	-0,305	-0,319
9740	0,484	0,263	0,046	-0,151	-0,299	-0,311
9950	0,484	0,264	0,049	-0,147	-0,293	-0,302
10160	0,485	0,265	0,051	-0,143	-0,288	-0,294
10370	0,486	0,267	0,053	-0,139	-0,282	-0,286
10580	0,487	0,268	0,056	-0,135	-0,276	-0,278
10790	0,487	0,269	0,058	-0,131	-0,270	-0,270

Displacement kg	KN 180,0 deg. Port.
8900	0,000
9110	0,000
9320	0,000
9530	0,000
9740	0,000
9950	0,000
10160	0,000
10370	0,000
10580	0,000
10790	0,000

15.- EQUIPAMIENTOS

Este apartado se desarrollará según la orden del ministerio de fomento ORDEN FOM/144/2003 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 llevar a bordo las embarcaciones de recreo.

La zona de navegación, contemplada en la orden del ministerio de fomento anteriormente mencionada, que se establece para la embarcación que ocupa este proyecto será, dentro de la zona de navegación por alta mar, la zona 2, la cual está comprendida entre la costa y una línea paralela a la misma trazada a 60 millas.

15.1.- EQUIPO DE SALVAMENTO

- 1 Balsa salvavidas para 6 personas tipo SOLAS homologada por la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) con un paquete de emergencia tipo B de SOLAS.
- 6 Chalecos salvavidas tipo SOLAS homologados por la DGMM.
- 1 Aro de salvamento con luz y rabiza tipo SOLAS homologado por la DGMM.
- 6 cohetes con luz roja y paracaídas, 6 bengalas de mano y 2 señales fumígenas flotantes. Todas estas señales deberán estar homologadas, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 809/1999 de 14 de Mayo.

15.2.- EQUIPO DE NAVEGACIÓN

- Las luces y marcas de navegación deberán ajustarse al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, 1972, y sus modificaciones posteriores. En caso de navegación diurna exclusivamente, hasta 12 millas de la costa y/o en embarcaciones de menos de 7 metros de eslora, se podrá prescindir de las luces de navegación, pero se deberá llevar una linterna eléctrica de luz blanca con baterías de repuesto.

En el caso que nos ocupa el barco llevará:

- Luz de tope (navegación): Luz blanca 225°.

- Luz de costado: Luz verde 112.5°.
- Luz de alcance: Luz blanca 135°.
- Luz todo horizonte: Luz blanca 360°.
- El equipo de fondeo utilizado será:
 - Ancla de 20 Kg de alto poder de agarre (con una tolerancia del 10%).
 - 50 metros de longitud de tramo de cadena de acero galvanizado de 8 mm de diámetro, medido de acuerdo con la norma EN 24565.
 - 12 mm de diámetro de estacha de nylon.
 - Molinete eléctrico Lewmar 600 W
- Material náutico:
 - 1 Compás
 - 1 Corredera
 - 1 Compás de punta
 - 1 Transportador
 - 1 Regla de 40 cm
 - Prismáticos
 - Cartas y libros náuticos
 - 1 Bocina de niebla
 - 1 Barómetro
 - 2 Linterna estanca
 - 1 Espejo de señales
 - 1 Reflector de radar
 - Código de señales
- Material de armamento diverso:
 - 1 Caña de timón de emergencia en embarcaciones de vela.
 - 2 Estachas de amarre de longitud y resistencia adecuados a la eslora de la embarcación.
 - 1 Botiquín tipo C, prescrito en el Real Decreto 258/1999 de 12 de febrero.

15.3.- MEDIOS CONTRAINCENDIOS Y DE ACHIQUE

- Contraincendios: 2 extintores portátiles del tipo 21 B, uno de ellos situado junto a la cocina, cerca del compartimento del motor, y 2 baldes contraincendios con rabiza de fácil manejo y ligeros con una capacidad mínima de 7 litros, que se podrán usar también como medios de achique.
- Achique: Bomba eléctrica o accionada por el motor principal con un caudal mínimo de 1800 litros/hora y dos baldes y bomba de accionamiento manual operable desde la bañera con un caudal mínimo de 1800 litros/hora, cuya capacidad debe alcanzarse con 45 emboladas por minuto.

15.4.- PREVENCIÓN DE VERTIDOS

Vertidos de aguas sucias y contaminantes: las embarcaciones estarán construidas y/o dotadas de modo que se evite que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y de contaminantes tales como aceite o combustibles, en el agua.

Sistema de retención de instalaciones sanitarias:

1. Toda embarcación de recreo dotada de aseos deberá estar provista, sin perjuicios de los requisitos exigidos para las embarcaciones con el marcado CE, de depósitos de retención o instalaciones que puedan contener depósitos, destinados a retener las aguas sucias generadas durante la permanencia de la embarcación en zonas para las cuales existan limitaciones del vertido en este tipo de aguas, y con capacidad suficiente para el número de personas a bordo. Los aseos con sistema de tanque de almacenamiento transportable son aceptables si cumplen con lo dispuesto en ISO 8099.
2. Los depósitos fijos:
 - a) Estarán conectados con las descargas de los aseos instalados en la embarcación, con conexiones lo más cortas y directas que sea posible, y serán instalados en lugares accesibles. En las embarcaciones con más de un aseo, ya matriculadas, que tengan dificultades, por motivos de espacio, para la conexión de todos los aseos, al menos uno de los aseos estará conectado con los depósitos fijos o instalaciones.

- b) Dispondrán de medios de ventilación adecuados.
- c) Dispondrán de medios para indicar que el contenido en aguas sucias almacenado supere los $\frac{3}{4}$ del depósito o instalación.
- d) Su capacidad será suficiente para retener las aguas sucias generadas por el máximo número de personas autorizadas para la embarcación, durante al menos dos días a razón de 4 litros por persona y día.

15.5.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Como ya se sabe, un barco es un ente completamente aislado y por lo tanto, debido a su condición de aislamiento toda la energía necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos, se deberá generar a bordo. Para ello se necesita una fuente primaria de energía, que para el caso que nos ocupa es el *combustible*. El combustible se convierte en energía mecánica y la energía mecánica en eléctrica mediante el uso de un *Generador*, es decir, el motor diesel directamente acoplado a un alternador. La mayoría de los fabricantes de motores ofrecen grupos generadores completos, motor directamente acoplado a un alternador y ambos montados sobre una misma bancada común.

La energía eléctrica obtenida mediante el generador es *corriente alterna (c.a.) trifásica de 50Hz/380V* (Baja tensión). Para pasar de c.a. trifásica a corriente alterna monofásica de 220V, ya que es este último tipo de corriente el más usado por los equipos de iluminación o domésticos, se usan los *transformadores*. Algunos sistemas electrónicos usan corriente continua de 24V y otros de 12V, por lo que para pasar de una c.a. monofásica de 220V a una c.c. de 24V se usan los *rectificadores* y para pasar a una de 12V se usan las *baterías*.

Los equipos eléctricos instalados a bordo son los siguientes:

- Alternador 115A (Montado en la bancada del motor por el fabricante)
- Cargador de baterías 25A
- Toma de tierra de 220V
- Batería de arranque 55A
- Batería de servicios 140A

- 2 Enchufes de 220V
- 1 enchufe de 12V en Bañera.

15.6.- ELECTRÓNICA

- Software de navegación RayTech RNS 6.1
- Antena de televisión por satélite 37STV Raymarine + unidad de control.
- Display multifunction, GPS plotter, Raymarine C80
- Escáner cerrado digital de 4Kw (Radar) situado en el mástil para mejorar la recepción.
- Unidad de control de piloto automático ST6002.
- Piloto automático secundario modelo Autohelm ST-4000, situado en la rueda del timón controlable desde la bañera.
- Instrumento multifunción ST70
- Equipo de radio emisor - receptor VHF fija Ray 218E con DSC.
- Receptor AIS250 y Transceptor AIS500.
- Equipo de sonido con altavoces interiores y exteriores.

15.7.- EQUIPO DE CUBIERTA

- En el piano se dispone de cuatro mordazas (Stoppers) dobles, situadas dos a babor y dos a estribor.
- Tensor de backstay de tipo hidráulico, que se acciona fácilmente mediante palanca.
- Los controles del motor (indicador de revoluciones, presión de aceites, combustible, etc.) se hallan en el pedestal de la rueda del timón en crujía.
- 6 Winches eléctricos de la marca Lewmar (40 AEST, 48 AEST Y 54 AEST).
- 6 defensas y dos cabos de amarre.

Se dispondrá de teca en bañera, pasillos y cubierta, Capota anti rocciones, luz de cubierta y mesa en bañera. Se pondrá una veleta inoxidable en el tope del palo.

16.- PRESUPUESTO FINAL

En este apartado se procede al estudio detallado del coste de los todos los componentes del barco, tanto estructurales como materiales.

Para el desglose presupuestario, se distingue entre el coste de fabricación de la embarcación y el beneficio comercial correspondiente. El coste de fabricación a su vez se puede desglosar en el coste del modelo y molde, coste de la mano de obra, gastos fijos propios del astillero, coste de materiales, equipos e instalaciones y coste de diseño de la estructura.

El coste de fabricación disminuye cuantas más unidades se construyan, por ello se estima que el astillero construirá 10 embarcaciones en serie para poder así ajustar el PVP fijado desde el comienzo de este proyecto.

Se debe anotar también en este apartado, a modo de referencia, que el impuesto de matriculación correspondiente aplicable a esta embarcación está regulado en el artículo 65.1 b) de la ley 38/1992 del 28 de Diciembre, el cual dice que si la embarcación tiene más de 8 metros de eslora se deberá abonar el 12% del valor en concepto de matriculación.

DESGLOSE DE COSTOS

Materiales del Casco

ELEMENTOS	Kg	€/Kg	PRECIO
MAT	515,52	4,698	2.421,91 €
Tejido	736,12	6,5	4.784,78 €
Resina Poliéster	1727,6	4,35	7.515,06 €
Planchas de PVC (20mm)	36,311 m ²	35 €/m ²	1.270,88 €
Plomo	2700	0,7	1.890,00 €
Pino contrachapado (20 mm)	136 m ²	12,5 €/m ²	1.700,00 €
Gelcoat	180	1,75	315,00 €
Foam de PVC	1	3375	3375,00 €
Bolsa de Vacío	1	1556,25	1556,25 €
Bomba de Vacío	1	3568,75	3568,75 €
TOTAL			28.397,63 €

Habilitación

Camarotes de Proa y Popa

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Colchón + Almohada (Pr)	1	160	160,00 €
Colchón + Almohada (Pp)	2	130	260,00 €
Asientos (Pr)	2	60	120,00 €
Asientos (Pp)	4	60	240,00 €
Cofre (Pr)	1	25	25,00 €
Armarios (Pr)	2	40	80,00 €
Mantas y Sábanas	3	30	90,00 €
Armarios (Pp)	2	40	80,00 €
TOTAL			1.055,00 €

Cocina

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Encimera	1	135	135,00 €
Fregadero + Grifo	1	93,65	93,65 €
Nevera Eléctrica	1	292,62	292,62 €
Horno	1	290	290,00 €
Microondas Marino	1	429,47	429,47 €

Cocina 3 fuegos	1	250	250,00 €
Kit conexión de gas	1	90	90,00 €
Manguera hasta depósito agua	1	20	20,00 €
TOTAL			1.600,74 €

Aseo

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Plataforma de ducha	1	120	120,00 €
Espejo	1	70	70,00 €
Lavabo + Grifo	1	85	85,00 €
WC con Bomba eléctrica	1	267,46	267,46 €
Accesorios varios	1	80	80,00 €
Mangueras y tuberías	1	45	45,00 €
Depósito de aguas fecales	1	250	250,00 €
TOTAL			917,46 €

Salón

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Sofá	1	550	550,00 €
Sillón	1	165	165,00 €
Estantería	1	30	30,00 €
Armario	1	55	55,00 €
Accesorios varios	1	80	80,00 €
Sillón Mesa Cartas	1	50	50,00 €
Mesa de Cartas	1	185	185,00 €
Mesa Salón	1	135	135,00 €
Escotillas	3	220	660,00 €
Ventanas	4	150	600,00 €
TOTAL			2.510,00 €

Cubierta

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Pedestal Jefa TS150	1	1428	1.428,00 €
Rueda de Timón	1	276,37	276,37 €
Timón	1	1370	1.370,00 €
Mecha Timón RUD40	1	1280	1.280,00 €
Cuadro de Navegación	1	275	275,00 €

Bancos Laterales	2	250	500,00 €
Bombas de Agua	2	160	320,00 €
TOTAL			5.449,37 €

Velas y Aparejos

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Mástil con enrollador, Botavara y Jarcias	1	16200	16.200,00 €
Vela Mayor	1	2230	2.230,00 €
Vela Génova	1	1410	1.410,00 €
Stay de Proa	1	200	200,00 €
Stay de Popa	1	200	200,00 €
Obenques	2	95	190,00 €
Enrollador de Génova	1	2004,11	2.004,11 €
Toma de Rizos de la Mayor	1	95,6	95,60 €
Kit de Poleas	1	1412,83	1.412,83 €
Escotero de la Mayor	1	670	670,00 €
Escotero de Génova	2	400	800,00 €
Tensor del Backstay	1	516,48	516,48 €
Winches 40AEST	2	1576,45	3.152,90 €
Winches 48AEST	2	2172,34	4.344,67 €
Winches 54AEST	2	3383,00	6.766,00 €
Mordaza automática doble	4	210,12	840,48 €
TOTAL			41.033,16 €

Equipo de Salvamento

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Balsa salvavidas	1	2661,59	2.661,59 €
Bengalas	6	117,08	702,48 €
Extintores 2Kg	2	52,91	105,82 €
Reflector Radar	1	12,53	12,53 €
Antena VHF Emergencia	1	49,95	49,95 €
Luces de Emergencia	2	14,66	29,32 €
Aro de Salvamento	3	41,5	124,50 €
Chalecos salvavidas adultos	6	25,34	152,04 €
Chalecos salvavidas niños	2	44,69	89,38 €
Bocina	2	6,87	13,74 €
Botiquín Zona 2	1	195,02	195,02 €
Balde contraincendios	2	25,37	50,74 €

TOTAL	4.187,11 €
-------	------------

Instalaciones y otros equipos

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Motor Volvo Penta D2-55	1	10534	10.534,00 €
Bancada Instalación de Motor	1	337,5	337,50 €
Ancla 20 Kg	1	425,91	425,91 €
Cabo fondeo 50 mt (8mm)	1	50,36	50,36 €
Molinete Pro-Series 1000	1	1978,96	1.978,96 €
Cabos de Amarre	2	7,02	14,04 €
Bomba achique manual	1	46	46,00 €
Bomba achique eléctrica	1	81,4	81,40 €
Batería de Arranque	1	439,12	439,12 €
Batería de Servicios	1	883,64	883,64 €
Cuadro eléctrico	1	104,28	104,28 €
Convertidor 220V-12V/24V	1	185,19	185,19 €
Aireadores de Cubierta	2	44,78	89,56 €
Calentador eléctrico 40L	1	530,95	530,95 €
Depósito de Agua Dulce	1	200	200,00 €
Depósito de Aguas Negras	1	134,66	134,66 €
Piloto Automático ST6002	1	495	495,00 €
Instrumento Multifunción ST70	1	652,5	652,50 €
Piloto 4000 Plus	1	980	980,00 €
VHF Ray218E	1	475,6	475,60 €
Receptor AIS250	1	780	780,00 €
Transceptor AIS500	1	1635,6	1.635,60 €
Radar 1072HD 4 Kw	1	3605,407	3.605,41 €
TOTAL			24.659,68 €

Modelo y Molde

ELEMENTOS	m ²	€/m ²	PRECIO
Modelo de Casco	46,443	1500	69.664,50 €
Modelo de Cubierta	36,311	1500	54.466,50 €
TOTAL (Para las 10 embarcaciones)			124.131,00 €
TOTAL/UNIDAD			12.413,10 €

Diseño de la Embarcación

TOTAL (Para las 10 embarcaciones)	24.000,00 €
TOTAL/UNIDAD	2.400,00 €

Gastos Fijos Astillero

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/MES
Alquiler de Nave	1	2.400,00 €
Amortización de Maquinaria	1	1.400,00 €
Luz y Agua	1	300,00 €
Teléfono	1	80,00 €
Impuestos	1	1.000,00 €
Otros Gastos Variables	1	500,00 €
Administrativo	1	1.630,00 €
TOTAL (Para las 10 embarcaciones)		7.310,00 €
TOTAL/UNIDAD		731,00 €

Mano de Obra

El coste de la Hora/Hombre será de 24,00€.

ELEMENTOS	HORAS	€/MES
Limpieza y aplicación desmoldeante en molde	50	1.200,00 €
Desmoldeo	50	1.200,00 €
Laminación y Pintura	700	16.800,00 €
Montaje de motor, herrajes y accesorios	400	9.600,00 €
Carpintería	500	12.000,00 €
Montaje Eléctrico	40	960,00 €
Montaje de Equipos e Instalaciones	600	14.400,00 €
Acabados	100	2.400,00 €
TOTAL	2440	58.560,00 €

Resumen

Coste de Fabricación / Unidad	169.993,22 €
Beneficio del comercial / Unidad	19.800,00 €
Beneficio del Astillero / Unidad	30.206,78 €
PVP Embarcación	220.000,00 €

Equipamiento Opcional

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Boya de fondeo 60 cm	2	102,76	205,52 €
Defensas	6	19,29	115,74 €
Cargador deBatería	1	338,42	338,42 €
Caja de Batería	1	36,3	36,30 €
Acoplador de Batería 4 posiciones	1	35	35,00 €
Panel con fusibles 6 entradas	1	34	34,00 €
Display Multifunción C80	1	2372,2	2.372,20 €
Antena de Televisión 37STV	1	7151,82	7.151,82 €
TOTAL		10089,79	10.289,00 €

Para la determinación del coste de fabricación se ha aplicado un descuento en concepto de margen comercial del 20% en todos los puntos del desglose presupuestario detallado anteriormente salvo en los siguientes: Construcción del modelo y molde, diseño de la estructura, gastos fijos del astillero y mano de obra.

Como se ha mencionado en este capítulo, el propietario deberá abonar el 12% en concepto de impuesto de matriculación, y el 16% de I.V.A., por lo que el precio total que deberá desembolsar dicho propietario, se resume en la siguiente tabla.

Resumen Precio Total

PVP Embarcación	220.000,00 €
12% de Impuesto de Matriculación	26.400,00 €
16% de I.V.A.	35.200,00 €
Precio total de la Embarcación	281.600,00 €

Si se compara el precio de venta al público de esta embarcación con otras de características similares, como las analizadas en el estudio estadístico (Anexo A), esta embarcación supone un incremento del 44% que la media de las embarcaciones

analizadas en dicho estudio. Este aumento del PVP se traduce en la utilización de materiales con mejores prestaciones, el método constructivo empleado, técnica de moldeo por infusión, es más caro que la técnica de moldeo por contacto (molde abierto) pero consigue mejores acabados, y también cabe destacar que se está comparando esta embarcación, que se construiría en un astillero que fabricara 10 embarcaciones al año, con otros astilleros, tales como Bavaria ó Beneteau, cuya trayectoria y volumen de fabricación anual es mayor, lo cual, se traduce directamente en una reducción del coste por unidad fabricada.

17.- BIBLIOGRAFÍA

Los documentos, libros, revistas y páginas web que se han utilizado para diseñar y proyectar esta embarcación son:

- Apuntes de la asignatura “Embarcaciones Deportivas”, D. Antonio de Querol Sahagún. EUITN (Curso académico 2007-08).
- Apuntes/Libro “Materiales Compuestos, Procesos de Fabricación de Embarcaciones”, D. Gaspar Penagos.
- Apuntes de la asignatura “Resistencia de Materiales”, D. Manuel Tornell y D. Juan José Martínez. EUITN (Curso académico 2007-08).
- Apuntes de la asignatura “Cálculo de Estructuras”, D. Antonio Barrios. EUITN (Curso académico 2007-08).
- Apuntes de la asignatura “Teoría del Buque”, D. Aurelio Guzmán y D. Pedro Gallardo. EUITN (Curso académico 2006-07).
- Apuntes de la asignatura “Hidrostatica y Estabilidad”, D. Luis Pérez Rojas. ETSIN (Curso académico 2005-06).
- Libro: “Principles of Yacht Design”, Larss Larsson y Rolf e Eliasson (Tercera edición, año 2007).
- Apuntes Máster en “Diseño y Tecnología de la Construcción de Embarcaciones de Recreo” (YTB-09). Facultad de Náutica de Barcelona (Año 2009).
- Revista “Ingeniería Naval”. AINE (Año 2005).
- Revista “Barcos a Vela & Yachting” (Años 2008 y 2009).
- Apuntes/Libro “Fundamentos de la Construcción Naval y Oceánica”, D. Francisco Fernández González. ETSIN (Año 2002).
- www.beneteau.com
- www.bavaria-spain.com
- www.jeanneau.com
- www.jboat.com
- www.elan-marine.com
- www.grandsoleil.net
- www.halberg-rassy.com

- www.dufour-yachts.com
- www.hanseyachts.com
- www.amazon.com
- www.lanautica.com
- www.raymarine.com
- www.jefa.com
- www.volvopenta.com/volvopenta/spain/es-es
- www.lewmar.com
- www.cosasdebarcos.com
- www.harken.com
- www.equipyacht.com
- www.sailselect.es
- www.nautiexpo.es
- www.pertrechosnauticos.com
- www.z-spars.com

A N E X O A

ESTUDIO ESTADÍSTICO

Veleros	Δr (Kg)	LOA (m)	LC (m)	Lwl (m)	Bmáx (m)	Tmáx (m)	Lastre (Kg)	Tq. Agua (l)	Tq. Comb. (l)
Bavaria 38 Cruiser	7200,00	11,72	11,45	9,90	3,90	1,95	2100,00	210,00	150,00
Bavaria 39 Cruiser	8300,00	11,92		10,71	3,96	2,00	2500,00	360,00	210,00
Bavaria 40 Cruiser	8500,00	12,35	11,99	10,75	3,99	2,10	2600,00	360,00	210,00
Bavaria 42 Cruiser	9200,00	12,99	12,83	11,40	3,99	2,10	3000,00	360,00	210,00
Jeanneau SO 39i performance	7330,00	11,86	11,62	10,71	3,88	2,20	2100,00	355,00	130,00
Jeanneau SO 42i performance	8410,00	12,85	12,59	11,60	4,13	2,13	2553,00	355,00	130,00
Beneteau Oceanis 37	6515,00	11,48	11,13	10,40	3,92	1,90		346,00	130,00
Beneteau Oceanis 40	7680,00	12,17	11,82	10,35	3,96	1,95		360,00	200,00
J 122	6800,00	12,19		10,55	3,63	2,20	2540,00		
Elan 380	6650,00	11,34	11,34	10,63	3,65	2,05	2300,00	250,00	110,00
Elan Impression 384	7600,00	11,55	11,25		3,91	1,80		240,00	165,00
Elan 410	7500,00	12,27	12,27	11,28	3,91	2,10	2500,00	355,00	145,00
Grand Soleil 40	7650,00	12,55	11,99	10,53	3,85	2,40	2550,00	360,00	180,00
Hallberg - Rassy 372	7500,00	11,35	11,35	10,25	3,60	1,99	2900,00	360,00	270,00
Hallberg - Rassy 37	7500,00	11,32	11,32	10,20	3,55	1,90	3200,00	400,00	340,00
Hallberg - Rassy 40	10000,00	12,40	12,4	10,60	3,82	1,99	4100,00	460,00	445,00
Dufour 385	6980,00	11,72	11,36	9,84	3,93	1,95	1950,00	320,00	160,00
Dufour 40 Performance	7900,00	12,35	12,06	10,74	3,90	2,10	2690,00	330,00	160,00
Dufour 425	8820,00	12,90	12,60	11,23	4,16	2,10	2440,00	440,00	160,00
Hanse 400	7900,00	12,10	11,99	10,80	4,04	1,98	2685,00	325,00	140,00

Veleros	PVP (€)	S.A.(m ²)	Mayor (m ²)	Génova (m ²)	I (m)	J (m)	P (m)	E (m)	Pot.Mot. (CV)
Bavaria 38' Cruiser	91345	69,00							27,30
Bavaria 39' Cruiser	98437	82,70							27,00
Bavaria 40' Cruiser	105126	84,50							27,30
Bavaria 42' Cruiser	122841	92,90							38,00
Jeanneau SO 39i performance	120424	77,00	39,00	38,00					40,00
Jeanneau SO 42i performance	138668	89,50	42,0	47,50					54,00
Beneteau Oceanis 37	94900	65,00	33,00	32,00	13,98	4,55	13,25	3,90	29,00
Beneteau Oceanis 40	115900	78,40	38,50	39,90	15,00	3,95	14,02	4,80	40,00
J 122	229040	80,00			16,59	4,63	15,65	5,36	40,00
Elan 380	136000	87,00	43,00	44,00	14,98	4,16	14,61	4,96	29,00
Elan Impression 384	118500	76,02	37,91	38,11	13,96	3,90	13,00		29,00
Elan 410	167900	105,90	50,70	55,20	16,66	4,63	16,16	5,43	40,00
Grand Soleil 40	203131	98,00							40,00
Hallberg - Rassy 372	220700	73,20							55,00
Hallberg - Rassy 37	222700	69,10							55,00
Hallberg - Rassy 40	304300	80,80							55,00
Dufour 385	117420	74,10	31,5	42,60	14,03	4,39	12,80	4,25	29,00
Dufour 40 Performance	146000	82,35	41,60	40,75	14,66	4,19	14,25	5,25	40,00
Dufour 425	147500	84,00	38,00	46,00	14,70	4,75	13,68	4,7	40,00
Hanse 400	148000	105,60	52,20	53,40	16,50	4,62	16,20	5,57	40,00

Mínimo PVP :	91.345 €
Máximo PVP :	304.300 €

Veleros	LOA/Bmáx	Bmáx/Tmáx	Lwl/▼ 1/3	Lastre/Δ (%)	▼/Pot.Mot.(%)	Sup.V/▼ 1/3 :	Lwl/Tmáx	LOA/Lwl	Pot.Mot. (Kw)
Bavaria 38' Cruiser	3,00	2,00	5,17	29,17	25,73	36,029	5,08	1,18	20,08
Bavaria 39' Cruiser	3,01	1,98	5,33	30,12	29,99	41,183	5,36	1,11	19,86
Bavaria 40' Cruiser	3,09	1,90	5,31	30,59	30,38	41,747	5,12	1,15	20,08
Bavaria 42' Cruiser	3,26	1,90	5,49	32,61	23,62	44,702	5,43	1,14	27,95
eanneau SO 39i performan	3,06	1,76	5,56	28,65	17,88	39,967	4,87	1,11	29,42
anneau SO 42i performan	3,11	1,94	5,75	30,36	15,19	44,374	5,45	1,11	39,72
Beneteau Oceanis 37	2,93	2,06	5,61		21,92	35,090	5,47	1,10	21,33
Beneteau Oceanis 40	3,07	2,03	5,29		18,73	40,065	5,31	1,18	29,42
J 122	3,36	1,65	5,61	37,35	16,59	42,576	4,80	1,16	29,42
Elan 380	3,11	1,78	5,70	34,59	22,37	46,647	5,19	1,07	21,33
Elan Impression 384	2,95	2,17			25,57	38,985			21,33
Elan 410	3,14	1,86	5,81	33,33	18,29	54,549	5,37	1,09	29,42
Grand Soleil 40	3,26	1,60	5,39	33,33	18,66	50,147	4,39	1,19	29,42
Hallberg - Rassy 372	3,15	1,81	5,28	38,67	13,30	37,705	5,15	1,11	40,45
Hallberg - Rassy 37	3,19	1,87	5,25	42,67	13,30	35,593	5,37	1,11	40,45
Hallberg - Rassy 40	3,25	1,92	4,96	41,00	17,74	37,814	5,33	1,17	40,45
Dufour 385	2,98	2,02	5,19	27,94	23,48	39,094	5,05	1,19	21,33
Dufour 40 Performance	3,17	1,86	5,44	34,05	19,27	41,690	5,11	1,15	29,42
Dufour 425	3,10	1,98	5,48	27,66	21,51	40,992	5,35	1,15	29,42
Hanse 370	3,00	2,04	5,47	33,99	19,27	53,460	5,45	1,12	29,42
Mínimo L/B:	2,93	Mínimo Lwl/▼ 1/3:	4,96	Mínimo ▼/Pot.Mot.(%):	13,30	Mínimo Lwl/T:	4,39		
Máximo L/B:	3,36	Máximo Lwl/▼ 1/3:	5,81	Máximo ▼/Pot.Mot.(%):	30,38	Máximo Lwl/T:	5,47		
Mínimo B/T:	1,60	Mínimo Lastre/Δ (%):	27,66	Mínimo Sup.V/▼ 1/3:	35,09	Mínimo L/Lwl:	1,07		
Máximo B/T:	2,17	Máximo Lastre/Δ (%):	42,67	Máximo Sup.V/▼ 1/3:	54,55	Máximo L/Lwl:	1,19		

El material de la Orza es Plomo, cuya densidad es :

pacero = 11340 Kg/m³
 ▼orza = 0,238 m³
 Δorza = 244,048 Kg

Fn	0,314	
v (diseño)	3,22	m/seg
	6,25	Nudos
	11,58	Km/h

Dimensiones principales del Velero

Lc=LOA:	12,19	metros
Lwl:	10,70	metros
Bmáx:	3,95	metros
Tc :	0,53	metros
Tmáx:	2,10	metros
Ffpr:	1,50	metros
Δr:	8900,00	Kg
Lastre:	2700,00	Kg
T.Combus.:	181,65	Kg
P.M.:	1000,00	Kg
Δt:	9900,00	Kg
Δdiseño:	9540,00	Kg
Δorza:	244,057	Kg
Δcarena:	9120,434	Kg
I:	17,40	metros
J:	4,10	metros
P:	16,20	metros
E:	5,20	metros
S.A.:	77,79	m ²
Cp:	0,514	
Tk :	1,57	m

Parámetros del Velero :

LOA/Bmáx :	3,087
Bmáx/Tmáx :	1,881
Lastre/Δ(%):	30,34
Lwl/Tmáx :	5,095
Lmáx/Lwl :	1,139
Lwl/▼ ¹ / ₈ :	5,087
Lwl/Tc :	20,19
Ffpr/Lwl :	0,140
Sup.V/▼ ¹ / ₈ :	36,98

ANEXO B

CÁLCULO DEL APAREJO

I	17,4	m.	AM	42,12	m2.			
J	4,1	m.	AF	35,67	m2.	Fs	1,296	m.
P	16,2	m.	As	77,79	m2.	n	6	
E	5,2	m.				Fs(2)	1,845	m.
						Δ(Rosca)	8900	Kg
						δRM	3185,82	Nxm.
						GZ30°	0,809	m.
						RM(30°)	70632,981	Nxm.
						RM	82879,26648	Nxm.

B	3,95	mt.
Loa	12,19	mt.
Lwl	10,7	mt.
Cb	0,43	

FUERZAS EN LOS OBENQUES (FORCES ON THE SHROUDS)

a1	19,245	m.	T1	4306,535	N.	Thu	3275,216	N.
a2	8,445	m.	T2	9814,004	N.	Thl	650,386	N.
d1	4,9225	m.	Thead	3925,602	N.	Tbu	908,461	N.
d2	0,9775	m.	Tboom	3238,621	N.			

BD	1,655	m.
I1	5,900	m.
I2	5,900	m.
I3	5,6	m.

$$\text{Como: } BD + 0,6P = 11,375 \quad y \quad I1 + I2 = 11,8$$

$$BD + 0,6P < I1 + I2 \quad \rightarrow \quad \text{Estamos en el caso (2)}$$

Dimensioning Forces F1, F2, F3						
Type of Rig	Load Case 1			Load Case 2		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
M - 2 / F - 2	0	0	4306,535	1558,846	3275,216	0

Shroud Tension

Datos		
β_1	13	°
β_2	13	°
β_3	11	°
γ_1	1	°
γ_2	3	°

Load Case 1

D3	22569,874
V2	22185,607
C2	3145,430
D2	13982,731
V1	35839,099
C1	3681,056
D1	16363,811

Load Case 2

D3	0,000
V2	0,000
C2	0,000
D2	14559,683
V1	14188,680
C1	3027,589
D1	20388,595

Para la determinación de la carga de diseño se seleccionará el valor máximo de cada caso

Dimension Load

PD1	57088,065	N.
PD1	50971,487	N.
PD2	33487,271	N.
PD3	67709,623	N.
PV1	114685,118	N.
PV2	66556,820	N.

→

Single Lower Shrouds

→

Double Lower Shrouds

D1	20388,595
D2	14559,683
D3	22569,874
C1	3681,056
C2	3145,430
V1	35839,099
V2	22185,607

FUERZAS EN LOS STAYS (FORCES ON THE STAYS)

Double Lowers

α_a	22	°
α_f	13	°

Stay **Pfo** 64598,025 N. → Forestay 1x19 stainless steel, type AISI - 316, Wire 10 mm.

BackStay **Pa** 38791,079 N. → Aft Stay 1x19 stainless steel, type AISI - 316, Wire 7 mm.

Inner Forestay (Trinqueta) **Pfi** 51678,420 N.

ESFUERZOS EN EL MÁSTIL (MAST STIFFNESS)

Transverse Moment of Inertia

b	1,566	m.			
k3	1				
k1	2,7	Panel 1			
	3,8	Panel 2 y Panel 3			
m	1	Para Aluminio			
I(n)	5,9	m.	Panel 1		
	5,9	m.	Panel 2		
	5,6	m.	Panel 3		
PT	79386,271	N.			

Panel 1		
Ix	7461277,412	mm ⁴ .

Panel 2			
Tenemos que corregir PT restando el siguiente valor			
19866,03632	PTcorregido	59520,234	N
Ix	7873217,546	mm ⁴ .	

Panel 3			
Tenemos que corregir PT restando el siguiente valor			
34052,55549	PTcorregido	45333,715	N
Ix	5402328,159	mm ⁴ .	

Resumen			
Panel 1	I_x	746,128	cm ⁴ .
Panel 2	I_x	787,322	cm ⁴ .
Panel 3	I_x	540,233	cm ⁴ .

Longitudinal Moment of Inertia

b 1,566 m.
k3 1
k2 0,9
m 1 Para Aluminio
h 17,764
PT 79386,271 N.

I_y 22545996,67 mm⁴.

Resumen		
I_y	2254,600	cm ⁴ .

Resumen				Resumen		
Panel 1	I_x	746,128	cm ⁴ .	I_y	2254,600	cm ⁴ .
Panel 2	I_x	787,322	cm ⁴ .			
Panel 3	I_x	540,233	cm ⁴ .			

Para Homogeneizar el Mástil se coge el valor máximo de I_x de los tres paneles:

I_x	787,322	cm ⁴ .
----------------------	---------	-------------------

BOTAVARA (BOOM)

HA	8,078	m.
d2	1,1	m.
d1	1,41	m.
σ(0,2)	210	N/mm ² .

F_v 18918,918 N.

F_h 24250,613 N.

El Módulo Resistente Requerido para la Sección Vertical de la Botavara (SMy) será de:

SM_y 111099,784 mm³.

SM_x 55549,892 mm³.

Resumen		
SM_x	55,550	cm ³
SM_y	111,100	cm ³

CRUCETAS (SPREADERS)

Spreader 1			Spreader 2		
C1	3681,056	N	C2	3145,430	
δ	2	°	δ	2	°
S1	1383,984	mm.	S2	1046,081	mm.
E (aluminio)	70000	N/mm ² .	E (aluminio)	70000	N/mm ² .
I1	8,063	cm ⁴ .	I2	3,936	cm ⁴ .
V1	35839,099	N	V2	22569,874	N
SM1	37,76801867	cm ³ .	SM2	17,97754975	mm ³ .
M1	7931283,92	Nxmm.	M2	3775285,447	Nxmm.

σ(0,2) 210 N/mm².

K 0,000761905

Resumen		
I1	8,063	cm ⁴
I2	3,936	cm ⁴
SM1	37,768	cm ³
SM2	17,978	cm ³
M1	7931283,920	Nxmm
M2	3775285,447	Nxmm

	Dim. (mm)	Iy (cm4)	Ix (cm4)	Peso (Kg/m)	SMy (cm3)	SMx (cm3)
Mástil	237/162	2360	1120	8.76	176	138
Botavara	200/117	1190	325	5.36	112	55.5
Cruceta 1	129/100	292	175	3.74	38	35
Cruceta 2	121/92	205	122	3.15	28.9	26.5

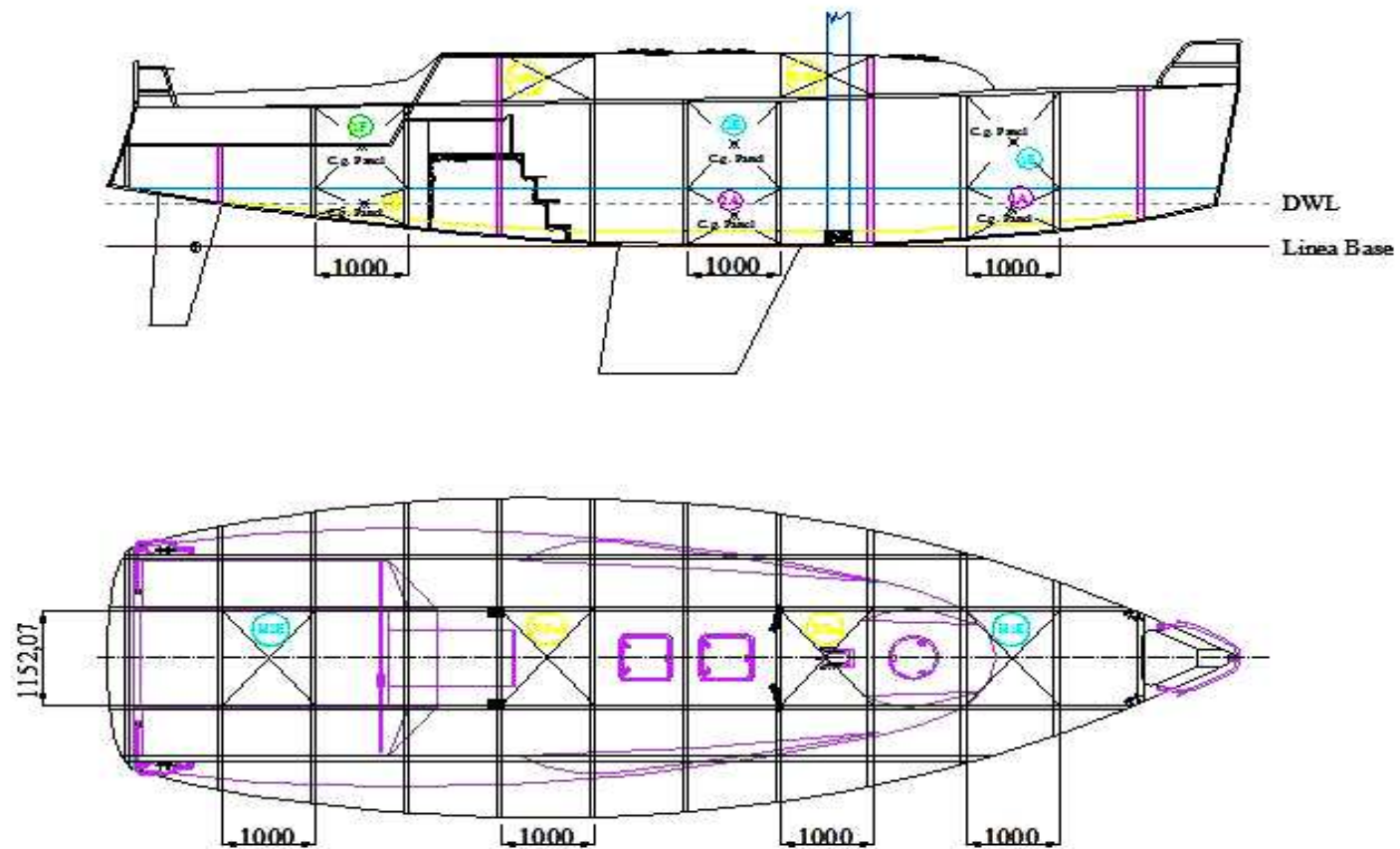
Cables (1x19) stainless steel, type AISI - 316

Cables (1x19) Acero Inoxidable AISI-316			
Cable	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (N)	Peso (Kg/m)
PD1	8	53500	0.327
PD2	7	40900	0.225
PD3	10	69100	0.475
PV1	12	120200	0.820
PV2	10	69100	0.475
Pfo	10	69100	0.475
Pa	7	40900	0.225

ANEXO C

ESCANTILLONADO

Normativa Aplicada: UNE EN-ISO 12215-5



ANEXO C

ESCANTILLONADO

CÁLCULO DE LAS PRESIONES DE DISEÑO

Categoría de Diseño **B**

C_b 0,43

Lescant.

11,445

PRESIÓN EN LOS FONDOS

(a 57°)	mldc	9548	Kg.
	$G_{zmax} < 60$	0,7	m.
	Lwl	10,7	m.

Comprobación: $5 \cdot Lwl^3$ 6125,215

Luego: mldc $> 5 \cdot Lwl^3$

X, medido desde Popa a Proa de Lwl.

Ksls	1
Kdc	0,8
ngc	3

PBSbase 59,153 KN/m2

PBS min 19,186 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)	Ad (m2)	Kar	PBS (KN/m2)
1A	8,499	0,7943	1,0000	1089,910	1,1730	1000,000	1,08991	0,4519	21,387
2A	5,514	0,5153	0,9296	1200,000	1,1400	1000,000	1,2	0,4267	19,186
1B	1,541	0,1440	0,6208	1336,620	1,0990	1000,000	1,33662	0,3983	19,186

Admáx	1A	2,96975952
	2A	3,6
	1B	4,466382561

PRESIÓN EN LOS COSTADOS

PDSbase 22,2882 KN/m2

PSS min 11,984 KN/m2

Paneles	Z (m)	h (m)	Kz	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)
1E	1,357	0,772	0,4311	8,513	0,7956	1,0000	1136,340	1,1591	1000
1F	1,212	0,707	0,4167	1,513	0,1414	0,6186	1030,770	1,1908	1000
2E	1,268	0,738	0,4180	5,514	0,5153	0,9296	1078,75	1,1764	1000

Paneles	Ad (m2)	Kar	PSS (KN/m2)				
1E	1,1363	0,4410	13,471	Admáx	3,228171489	20,870	
1F	1,0308	0,4665	11,984		PBS (KN/m2)	2,656216982	13,657
2E	1,0788	0,4546	12,745			2,909253906	19,999

PRESIÓN EN LA CUBIERTA

PDSbase 22,2882 KN/m2

PDS min 5 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)	Ad (m2)	Kar	PDS (KN/m2)
H1E	8,509	0,7952	1,0000	1000,00	1,2000	1152,070	1,1521	0,4547	8,1076
H2E	0,513	0,0479	0,5409	1000,00	1,2000	1152,070	1,1521	0,4547	5,0000

Admáx	H1E	2,5
	H2E	2,5

PRESIÓN EN LA SUPERESTRUCTURA

PDSbase 22,2882 KN/m2 **PDS min** 5 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	Kr	l (mm)	Ad (m2)	Kar	Ksup
J2Ea	6,5	0,6075	1,0000	1000	1,2000	1152,070	1,1521	0,4547	0,6700
J2Eb	6,538	0,6110	1,0000	537	1,3389	1000,000	0,5370	0,6379	0,5000
J1Fa	3,500	0,3271	0,7730	1000	1,2000	1152,070	1,1521	0,4547	0,6700
J1Fb	3,525	0,3294	0,7750	610	1,3170	1000,000	0,6100	0,6039	0,5000

Paneles	PSUP (KN/m2)
J2Ea	5,4321
J2Eb	5,6869
J1Fa	5,0000
J1Fb	5,0000

PRESIÓN EN LOS MAMPAROS

Mamparos Estancos	h (m)	hb (m)	PWB (KN/m2)	Mamparos Estructurales	h (m)	hb (m)	PTB (KN/m2)
Mamparo de Colisión, Pro:	1,6343	1,0895	15,257	Mamparo Aparejo	2,2885	1,5257	15,257
Mamparo de Popa	0,7287	0,4858	15,257	Mamparo de Motor	1,3332	0,8888	8,888

Mamparo de colisión, como mínimo como Mamparo estructural

CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOS PANELES

wfmin: Masa mínima de fibra seca para el laminado de FRP

V 7,7198

	K5	A	K7	K8	wfmin (Kg/m2)
Fondo	1	1,5	0,03	0,15	2,0718
Costado	1	1,5	0	0,15	0,7023

		σ_d (N/mm ²)	t (mm)			σ_d (N/mm ²)	t (mm)
	Panel 1A	93,66	4,2562		H1E	93,66	4,9845
Fondo	Panel 1B	93,66	3,8985	Cubierta	H2E	93,66	4,3067
	Panel 2A	93,66	4,0274				
	Panel 1E	93,66	6,7710		J2Ea	93,66	4,6230
Costado	Panel 1F	93,66	6,3181	Superestr.	J2Eb	93,66	0,4071
	Panel 2E	93,66	6,5639		J1Fa	93,66	4,4354
					J1Fb	93,66	0,5771

UTILIZAR EN EL LAMINADO, EL 50% DE MAT (CSM) Y 50% DE ROVING (WR)

Tipos de Tejidos de varios Gramajes:

Tejido	w (gr/m ²)	Ψ (Bolsa de Vacío)	t (mm)
MAT 300	300	0,36	0,5616
MAT 450	450	0,36	0,8424
MAT 600	600	0,36	1,1233
TEJIDO 450	450	0,58	0,4473
TEJIDO 500	500	0,58	0,4970
TEJIDO 600	600	0,58	0,5964
TEJIDO 800	800	0,58	0,7953

w: Es la masa de fibra

Ψ : Es la masa del contenido de fibra en el laminado (Masa seca de fibra dividido por la masa de la fibra más la resina, es decir, el laminado)

$\Psi = 0,4$				
σ_{ut} :	133,00	N/mm ²	0,133	Kpa
σ_{uc} :	132,00	N/mm ²	0,132	Kpa
σ_{uf} :	187,32	N/mm ²	0,187	Kpa
E:	10200	N/mm ²	10,20	Kpa
G:	2920	N/mm ²	2,920	Kpa
σ_{dto} :	66,50	N/mm ²		
σ_{dci} :	66,00	N/mm ²		

Laminación del Fondo

Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 450	300	0,5616
wr 600	600	0,5964
csm 450	300	0,5616
wr 800	450	0,4473
Total	3300	4,4658

Ψ : 0,4640

gr/m2	
MAT	1350
TEJIDO	1950
Resina (gr/m2)	
MAT	990
TEJIDO	3575,00
peso laminado (gr/m2):	
MAT+Resina	2340
TEJIDO+Resina	5525,00
Total	7865,00

50% de MAT: 4 Capas
50% de WR: 4 Capas

Laminación del Costado					Quilla				
Capa	gr/m2	t (mm)			Capa	gr/m2	t (mm)		
csm 300	300	0,5616	Ψ: 0,4652		csm 300	300	0,5616		
wr 450	450	0,4473							
csm 600	600	1,1233							
wr 800	800	0,7953	gr/m2		wr 450	450	0,4473	gr/m2	
csm 450	450	0,8424	MAT	2100	csm 450	450	0,8424	Resina (gr/m2)	
wr 800	800	0,7953	TEJIDO	3100	wr 600	600	0,5964	MAT	2420
csm 450	450	0,8424	Resina (gr/m2)		csm 450	450	0,8424	TEJIDO	8250,00
wr 800	600	0,5964	MAT	1540	wr 800	800	0,7953	peso laminado (gr/m2):	
csm 300	300	0,5616	TEJIDO	5683,33	csm 450	450	0,8424	MAT+Resina	5720
wr 450	450	0,4473	peso laminado (gr/m2):		wr 600	600	0,5964	TEJIDO+Resina	12750,00
			MAT+Resina	3640	csm 600	600	1,1233	Total	18470,00
			TEJIDO+Resina	8783,33	wr 800	800	0,7953	Ψ: 0,4608	
Total	5200	7,0131	Total	12423,33	csm 600	600	1,1233		
50% de MAT 5 Capas 50% de WR: 5 Capas					wr 800	800	0,7953		
					Total	7800	10,6513		
					50% de MAT: 7 Capas 50% de WR: 7 Capas				

Roda

Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
Total	7350	9,9405

gr/m2	
MAT	3000
TEJIDO	4350
Resina (gr/m2)	
MAT	2200
TEJIDO	7975,00
peso laminado (gr/m2):	
MAT+Resina	5200
TEJIDO+Resina	12325,00
Total	17525,00

Ψ: 0,4642

50% de MAT: 7 Capas

50% de WR: 7 Capas

CUBIERTA TIPO SANDWICH

Para: $\Psi = 0,4$

σ _{ut} :	133,00	N/mm ²	0,133	Kpa	σ _{dto} :	66,50	N/mm ²
σ _{uc} :	132,00	N/mm ²	0,132	Kpa	σ _{dci} :	66,00	N/mm ²
σ _{uf} :	187,32	N/mm ²	0,187	Kpa			
E:	10200	N/mm ²	10,20	Kpa			
G:	2920	N/mm ²	2,920	Kpa			

Núcleo de PVC reticulado rígido I				1 N/mm ² = 1 Mpa		1 KN/m ² = 1 Kpa	
ρc:	100	Kg/m ³					
30%	Alargamiento a la rotura						
τd:	0,6145736	N/mm ²			0,000614574	Kpa	
τu:	1,1174	N/mm ²	0,001117407	Kpa	91,13757338		
Gc:	30,5482	N/mm ²	0,030548239	Kpa			
σuc:	1,3186	N/mm ²	0,001318645	Kpa			
Eco:	89,9792	N/mm ²	0,089979228	Kpa			

k3: 0,028
 k1: 0,017
 Eio: 10200 N/mm²
 KSHC: 0,467
 k4: 0,7 Espesor mínimo del laminado tipo Sandwich
 k5: 1
 k6: 1
 wos: 0,6832 Kg/m²
 wis: 0,47824 Kg/m²

S _{Mo} /1cm:	0,058	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm:	0,059	cm ³ /cm
I/1cm:	0,075	cm ⁴ /cm

ts >= 5,7876 mm

$$ts = tc + 0,5(ti + to)$$

683,2 gr/m²
478,24 gr/m²

Son los Modulos de Inercia mínimos y Momento de Inercia minimo requeridos.

(do+dc)0,5: 5,78763 mm
 τd: 0,61457 N/mm²
 τu: 1,11741 N/mm²

Como el espesor máximo del laminado de cubierta calculado con los paneles de cubierta es de 5,84 mm, determinamos que el espesor de cada capa del laminado en Sandwich será de 3 mm, para satisfacer dicho espesor máximo calculado, ya que el espesor de la dos capas del Sandwich es de 6 mm en total, por lo que cumple con los requisitos calculados.

tc:	16	mm
ti = to:	3	mm
tt:	22	mm
ts:	19	mm
yo:	11	mm
yi:	11	mm
I:	0,54600	cm ⁴ /cm
S _{Mo} :	0,49636	cm ³ /cm
S _{Mi} :	0,49636	cm ³ /cm

(Cumple)
(Cumple)
(Cumple)

REFUERZOS DEL CASCO

Bh:	3,95	m
VMAX:	9,8133	Knots

Lh: 12,19 m

mLDC: 9548 Kg

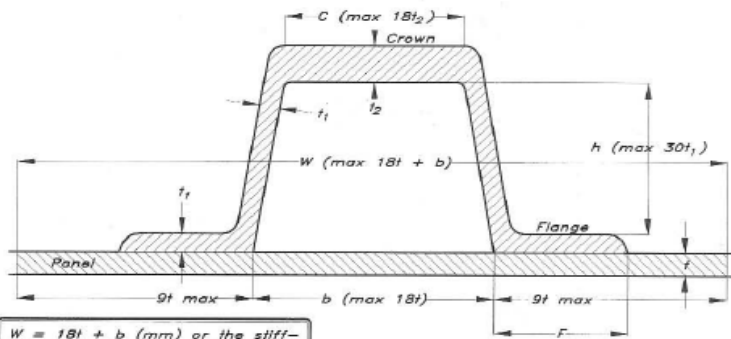
Ancho Plancha Codillo (C):	158	mm	(en la intersección del costado con el espejo de popa)
Ancho Plancha Quilla (K):	316	mm	(A cada lado del plano de crujía)
Ancho Plancha Roda (S):	158	mm	(A cada lado del plano de crujía)

f1:	0,69400	C1(C):	0
c(C):	1,25	C1(K):	0
c(K):	1,50	C1(S):	0
c(S):	1,50	C2(C):	0,06
to(C):	3	C2(K):	0,06
to(K):	3	C2(S):	0
to(S):	3		

tmin(Chine):	9,0225	mm
tmin(Keel):	10,6270	mm
tmin(Stem):	9,8913	mm

Contenido de fibra en masa de Ψ : 0,35 (Para los Refuerzos)

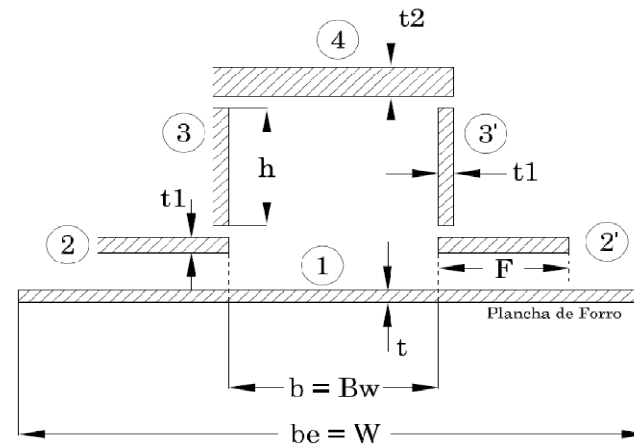
σ_{ut} :	107,00	N/mm ²	0,1070	Kpa
σ_{uc} :	124,50	N/mm ²	0,1245	Kpa
σ_{uf} :	168,495	N/mm ²	0,1685	Kpa
E:	8300	N/mm ²	8,3000	Kpa
G:	2835	N/mm ²	2,8350	Kpa
σ_{dto} :	53,50	N/mm ²	0,0535	Kpa
τ_u :	66,00	N/mm ²	0,066	Kpa
τ_d :	33	N/mm ²	0,033	Kpa



$W = 18t + b$ (mm) or the stiffening member spacing in mm, whichever is less.

For a stiffener along an opening:
 $W = 9t + b$ (mm) or 1/2 the stiffening member spacing in mm, whichever is less.

W = effective width of plating in mm
 t = thickness of plating
 b = net width of stiffening member, mm, but not more than $18t$
 F = flange, $0.2h$ or 50mm whichever is greater, but not more than $9t$



Teorema de Steiner:

$$I_{nn} = \sum I_p + \sum A_i (y_i - y_g)^2$$

Módulo Resistente:

$$SM = I_{nn} / y_{\text{máx}}$$

VAGRA DE COSTADO

P:	13,471	KN/m ²
s:	1113,125	mm
lu:	2400	mm
σ_d :	53,50	N/mm ²
cu:	193	mm
cu/lu:	0,08042	
KCS:	0,83221	
ETC:	8300	N/mm ²

SM:	111,9125	cm ³	(Requerido)
I:	98,5918	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	5,4525	cm ²	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
 Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

KSA: 5

t:	7,0131	mm	W = be:	220,00	mm
h:	70	mm	t1:	6	mm
F:	50	mm	t2:	12	mm
Bw:	80	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	yi - yg) ² (mm ²)	*(yi - yg) ² (mm ³)	Ip (mm ⁴)
1	1542,8712	3,5065	5410,1169	1102,3128	1700726,564	6323,5708
2	300	10,0131	3003,9152	712,6001	213780,0245	900
2'	300	10,0131	3003,9152	712,6001	213780,0245	900
3	420	48,0131	20165,4813	127,8127	53681,35142	171500
3'	420	48,0131	20165,4813	127,8127	53681,35142	171500
4	1104	89,0131	98270,4080	2735,8580	3020387,21	13248
TOTAL	4086,8712		150019,3181		5256036,526	364371,5708

yg:	36,7076	mm
ymáx:	58,3054	mm
Aseccion:	2544	mm ²
Iln:	5620408,096	mm ⁴

SM(real):	96,3960	cm ³	(Cumple)
I (real):	562,0408	cm ⁴	(Cumple)

VARENGAS

P: 19,186 KN/m²
 s: 1000 mm
 lu: 1460 mm
 σd: 53,50 N/mm²
 cu: 0 mm
 cu/lu: 0,00000
 KCS: 1,00000
 ETC: 8300 N/mm²
 KSA: 5

SM:	63,6761	cm ³	(Requerido)
I:	37,4079	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	4,2441	cm ²	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

t:	4,4658	mm	W = be:	149,00	mm
h:	50	mm	t1:	6	mm
F:	30	mm	t2:	12	mm
Bw:	60	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	yi - yg) ² (mm ²)	*(yi - yg) ² (mm ²)	Ip (mm ⁴)
1	665,4022	2,2329	1485,7721	1188,5069	790835,0841	1105,8569
2	180	10,0131	1802,3491	712,6001	128268,0147	900
2'	180	10,0131	1802,3491	712,6001	128268,0147	900
3	300	48,0131	14403,9152	127,8127	38343,82244	171500
3'	300	48,0131	14403,9152	127,8127	38343,82244	171500
4	864	66,4658	57426,4397	885,5484	765113,8351	10368
TOTAL	2489,4022		91324,7405		1889172,593	356273,8569

yg:	36,6854	mm
ymáx:	35,7804	mm
Aseccion:	1824	mm ²
Iln:	2245446,45	mm ⁴

SM(real):	62,7564	cm ³	(Cumple)
I (real):	224,5446	cm ⁴	(Cumple)

VAGRA DE FONDO

P: 19,186 KN/m²
 s: 1033,427 mm
 lu: 2700 mm
 σd: 53,50 N/mm²
 cu: 0 mm
 cu/lu: 0,00000
 KCS: 1,00000
 ETC: 8300 N/mm²
 KSA: 5

SM:	225,0493	cm ³	(Requerido)
I:	244,4981	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	8,1111	cm ²	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

t:	4,4658	mm	W = be:	189,00	mm
h:	100	mm	t1:	8	mm
F:	80	mm	t2:	16	mm
Bw:	100	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	*Ai*(yi - yg) ² (mm ⁴)	Ip (mm ⁴)
1	844,0337	2,2329	1884,6372	1188,5069	1003139,805	1402,7312
2	640	10,0131	6408,3525	712,6001	456064,0523	900
2'	640	10,0131	6408,3525	712,6001	456064,0523	900
3	800	48,0131	38410,4406	127,8127	102250,1932	171500
3'	800	48,0131	38410,4406	127,8127	102250,1932	171500
4	1856	120,4658	223584,5000	7015,4303	13020638,65	39595
TOTAL	5580,0337		315106,7234		15140406,94	385797,3979

yg:	56,4704	mm
ymáx:	71,9954	mm
Asección:	4736	mm ²
Iln:	15526204,3	mm ⁴

SM(real):	215,6555	cm ³	(Cumple)
I (real):	1552,6204	cm ⁴	(Cumple)

CUADERNAS

P: 13,471 KN/m²
 s: 1000 mm
 lu: 2080 mm
 σd: 53,50 N/mm²
 cu: 270 mm
 cu/lu: 0,12981
 KCS: 0,66774
 ETC: 8300 N/mm²
 KSA: 5

SM:	60,5916	cm ³	(Requerido)
I:	41,4394	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	4,2453	cm ²	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

t:	7,0131	mm	W = be:	170,00	mm
h:	40	mm	t1:	6	mm
F:	30	mm	t2:	12	mm
Bw:	30	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	* (yi - yg) ² (mm ²)	Ip (mm ⁴)
1	1192,2186	3,5065	4180,5449	1102,3128	1314197,8	4886,3956
2	180	10,0131	1802,3491	712,6001	128268,0147	900
2'	180	10,0131	1802,3491	712,6001	128268,0147	900
3	240	48,0131	11523,1322	127,8127	30675,05795	171500
3'	240	48,0131	11523,1322	127,8127	30675,05795	171500
4	504	59,0131	29742,5776	497,5322	250756,2266	6048
TOTAL	2536,2186		60574,0851		1882840,172	355734,3956

yg:	23,8836	mm
ymáx:	41,1294	mm
Aseccion:	1344	mm ²
Iln:	2238574,57	mm ⁴

SM(real):	54,4276	cm ³	(Cumple)
I (real):	223,8575	cm ⁴	(Cumple)

BULARCAMAS

Pondremos 5 Bulárcamas, y dentro de las cuales las podremos dividir en Bulárcamas de centro (Fondo) y de Costado

Bulárcamas de Centro

P:	19,186	KN/m ²
s:	2000	mm
lu:	1460	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	20	mm
cu/lu:	0,01370	
KCS:	1,00000	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

SM:	127,3521	cm ³	(Requerido)
I:	74,8157	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	8,4882	cm ²	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

t:	4,4658	mm	W = be:	139,00	mm
h:	50	mm	t1:	12	mm
F:	30	mm	t2:	24	mm
Bw:	50	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	yi - yg) ² (mm ²)	*yi - yg) ² (mm ²)	Ip (mm ⁴)
1	620,7443	2,2329	1386,0559	1188,5069	737758,9039	1031,6383
2	360	10,0131	3604,6983	712,6001	256536,0294	900
2'	360	10,0131	3604,6983	712,6001	256536,0294	900
3	600	48,0131	28807,8305	127,8127	76687,64488	171500
3'	600	48,0131	28807,8305	127,8127	76687,64488	171500
4	1776	78,4658	139355,2371	1743,7444	3096890,045	85248
TOTAL	4316,7443		205566,3504		4501096,298	431079,6383

yg:	47,6207	mm
ymáx:	42,8451	mm
Aseccion:	3696	mm ²
Iln:	4932175,94	mm ⁴

SM(real):	115,1165	cm ³	(Cumple)
I (real):	493,2176	cm ⁴	(Cumple)

Bulárcamas Laterales

P:	13,471	KN/m ²
s:	2000	mm
lu:	2080	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	270	mm
cu/lu:	0,12981	
KCS:	0,66774	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

SM:	121,1831	cm ³	(Requerido)
I:	82,8788	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	8,4906	cm ²	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

t:	7,0131	mm	W = be:	190,00	mm
h:	40	mm	t1:	12	mm
F:	30	mm	t2:	24	mm
Bw:	50	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	*Ai*(yi - yg) ² (mm ³)	Ip (mm ⁴)
1	1332,4796	3,5065	4672,3737	1102,3128	1468809,306	5461,2657
2	360	10,0131	3604,6983	712,6001	256536,0294	900
2'	360	10,0131	3604,6983	712,6001	256536,0294	900
3	480	48,0131	23046,2644	127,8127	61350,1159	171500
3'	480	48,0131	23046,2644	127,8127	61350,1159	171500
4	1776	71,0131	126119,1782	1176,8625	2090107,816	85248
TOTAL	4788,4796		184093,4771		4194689,413	435509,2657

yg:	38,4451	mm
ymáx:	44,5680	mm
Aseccion:	3456	mm ²
Iln:	4630198,68	mm ⁴

SM(real):	103,8907	cm ³	(Cumple)
I (real):	463,0199	cm ⁴	(Cumple)

REFUERZOS DE CUBIERTA

BAOS

P: 5,000 KN/m ²	σd: 53,50 N/mm ²	KCS: 0,84720
s: 1000 mm	cu: 145 mm	ETC: 8300 N/mm ²
lu: 1910 mm	cu/lu: 0,07592	KSA: 5

SM:	24,0610	cm3	(Requerido)
I:	17,0205	cm4	(Requerido)
Aw:	1,4470	cm2	(Requerido)

Dimensiones del Refuerzo para el Módulo mínimo,
Momento de inercia y Superficie de cizalla requeridos:

t:	6,0000	mm	W = be:	160,00	mm
h:	50	mm	t1:	5	mm
F:	30	mm	t2:	10	mm
Bw:	40	mm			

Elemento	Ai (mm2)	yi (mm)	Ai*yi (mm3)	yi - yg)² (mm2)	*(yi - yg)² (mm	Ip (mm4)
1	960,0000	3,0000	2880,0000	1136,2037	1090755,567	2880,0000
2	150	10,0131	1501,9576	712,6001	106890,0123	900
2'	150	10,0131	1501,9576	712,6001	106890,0123	900
3	250	48,0131	12003,2627	127,8127	31953,18537	171500
3'	250	48,0131	12003,2627	127,8127	31953,18537	171500
4	500	66,0000	33000,0000	858,0435	429021,7328	4167
TOTAL	2260,0000		62890,4406		1797463,695	351846,6667

yg:	27,8276	mm
ymáx:	43,1724	mm
Aseccion:	1300	mm2
Iln:	2149310,36	mm4

SM(real):	49,7844	cm3	(Cumple)
I (real):	214,9310	cm4	(Cumple)

VAGRAS DE CUBIERTA

P: 5,000 KN/m²
 s: 730 mm
 lu: 4900 mm
 σd: 53,50 N/mm²
 cu: 65 mm
 cu/lu: 0,01327
 KCS: 1,00000
 ETC: 8300 N/mm²
 KSA: 5

SM:	136,4508	cm ³	(Requerido)
I:	269,0335	cm ⁴	(Requerido)
Aw:	2,7098	cm ²	(Requerido)

Dimensiones

t:	6,0000	mm	W = be:	260,00	mm
h:	120	mm	t1:	6	mm
F:	90	mm	t2:	12	mm
Bw:	140	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	* (yi - yg) ² (mm ²)	Ip (mm ⁴)
1	1560,0000	3,0000	4680,0000	1136,2037	1772477,796	4680,0000
2	540	10,0131	5407,0474	712,6001	384804,0441	900
2'	540	10,0131	5407,0474	712,6001	384804,0441	900
3	720	48,0131	34569,3966	127,8127	92025,17386	171500
3'	720	48,0131	34569,3966	127,8127	92025,17386	171500
4	1824	138,0000	251712,0000	10260,1460	18714506,37	21888
TOTAL	5904,0000		336344,8879		21440642,6	371368,0000

yg:	56,9690	mm
ymáx:	87,0310	mm
Aseccion:	4344	mm ²
Iln:	21812010,60	mm ⁴

SM(real):	250,6234	cm ³	(Cumple)
I (real):	2181,2011	cm ⁴	(Cumple)

MAMPAROS

PTB: 15,257 KN/m²

$\Psi = 0,35$

σ_{ut} :	107,00	N/mm ²	0,107	Kpa
σ_{uc} :	124,50	N/mm ²	0,1245	Kpa
σ_{uf} :	168,495	N/mm ²	0,168	Kpa
E:	8300	N/mm ²	8,30	Kpa
G:	2835	N/mm ²	2,835	Kpa
σ_{dto} :	53,50	N/mm ²	0,054	Kpa
σ_{dci} :	62,25	N/mm ²	0,062	Kpa

1 N/mm² = 1 Mpa

1 KN/m² = 1 Kpa

Núcleo de PVC reticulado rígido I

ρ_c :	100	Kg/m ³		
30%	Alargamiento a la rotura			
τ_u :	1,1174	N/mm ²	0,001117407	Kpa
Gc:	30,5482	N/mm ²	0,030548239	Kpa
σ_{uc} :	1,3186	N/mm ²	0,001318645	Kpa
Eco:	89,9792	N/mm ²	0,089979228	Kpa
τ_d :	0,6145736	N/mm ²	0,000614574	Kpa

MAMPARO 1 - Pique de Proa

k2: 0,444801
 k3: 0,023586
 k1: 0,017
 Eio: 8300 N/mm2
 KSHC: 0,41682
 k4: 0,9
 k5: 1
 k6: 1

l:	1640,06	mm
b:	1132,55	mm
l/b:	1,4481	
hb:	1093,373333	mm

Módulos y momentos Requeridos		
S _{Mo} /1cm:	0,271	cm3/cm
S _{Mi} /1cm:	0,233	cm3/cm
I/1cm:	0,309	cm4/cm

$$t_s \geq 11,7191 \text{ mm}$$

Espesor mínimo del laminado tipo Sandwich

$$t_s = t_c + 0,5(t_i + t_o)$$

wos:	0,8784	Kg/m2	878,4	gr/m2
wis:	0,61488	Kg/m2	614,88	gr/m2

(do+dc)0,5:	11,71913	mm
τ_d :	1,11741	N/mm2
τ_u :	2,03165	N/mm2

t_c:	12	mm
t_i = t_o:	3	mm
t _t :	18	mm
t _s :	15	mm
y _o :	9	mm
y _i :	9	mm
I:	0,34200	cm4/cm
S _{Mo} :	0,38000	cm3/cm
S _{Mi} :	0,38000	cm3/cm

(Cumple)

(Cumple)

(Cumple)

MAMPARO 2 - Camarote de Proa

k2: 0,430205
 k3: 0,022459
 k1: 0,017
 Eio: 8300 N/mm2
 KSHC: 0,40655
 k4: 0,9
 k5: 1
 k6: 1

l:	3173,91	mm
b:	2308,84	mm
hb:	2115,94	mm
l/b:	1,3747	

Módulos y momentos Requeridos		
S _{Mo} /1cm:	1,090	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm:	0,937	cm ³ /cm
I/1cm:	2,491	cm ⁴ /cm

$t_s \geq 23,3018 \text{ mm}$

Espesor mínimo del laminado tipo Sandwich

$t_s = t_c + 0,5(t_i + t_o)$

wos:	0,8784	Kg/m ²	878,4	gr/m ²
wis:	0,61488	Kg/m ²	614,88	gr/m ²

(do+dc)0,5:	23,30182	mm
τ_d :	1,11741	N/mm ²
τ_u :	2,03165	N/mm ²

t_c:	23	mm
t_i = t_o:	6	mm
t _t :	35	mm
t _s :	29	mm
y _o :	17,5	mm
y _i :	17,5	mm
I:	2,55900	cm ⁴ /cm
S _{Mo} :	1,46229	cm ³ /cm
S _{Mi} :	1,46229	cm ³ /cm

(Cumple)

(Cumple)

(Cumple)

MAMPARO 3 - Camarote de Popa

k2: 0,425858
 k3: 0,022126
 k1: 0,017
 Eio: 8300 N/mm2
 KSHC: 0,40363
 k4: 0,9
 k5: 1
 k6: 1

l:	2194,18	mm
b:	1619,33	mm
l/b:	1,3550	
hb:	1462,786667	mm

Módulos y momentos Requeridos		
SMo/1cm:	0,531	cm3/cm
SMi/1cm:	0,456	cm3/cm
I/1cm:	0,847	cm4/cm

$$ts \geq 21,9856 \text{ mm}$$

Espesor mínimo del laminado tipo Sandwich

$$ts = tc + 0,5(ti + to)$$

wos:	0,8784	Kg/m2	878,4	gr/m2
wis:	0,61488	Kg/m2	614,88	gr/m2

(do+dc)0,5:	21,98557	mm
τ_d :	1,11741	N/mm2
τ_u :	2,03165	N/mm2

tc:	18	mm
ti = to:	4	mm
tt:	26	mm
ts:	22	mm
yo:	13	mm
yi:	13	mm
I:	0,97867	cm4/cm
SMo:	0,75282	cm3/cm
SMi:	0,75282	cm3/cm

(Cumple)

(Cumple)

(Cumple)

MAMPARO 4 - Pique de Popa

k2: 0,445096
 k3: 0,028897
 k1: 0,017
 Eio: 8300 N/mm2
 KSHC: 0,46500
 k4: 0,9
 k5: 1
 k6: 1

l:	3235,91	mm
b:	706,921	mm
l/b:	4,5775	
hb:	2157,273333	mm

Módulos y momentos Requeridos		
SMo/1cm:	0,218	cm3/cm
SMi/1cm:	0,257	cm3/cm
I/1cm:	0,092	cm4/cm

$t_s \geq 8,1604 \text{ mm}$

Espesor mínimo del laminado tipo Sandwich

$t_s = t_c + 0,5(t_i + t_o)$

wos:	0,8784	Kg/m2	878,4	gr/m2
wis:	0,61488	Kg/m2	614,88	gr/m2

(do+dc)0,5:	8,16036	mm
τ_d :	1,11741	N/mm2
τ_u :	2,03165	N/mm2

tc:	8	mm
ti = to:	3	mm
tt:	14	mm
ts:	11	mm
yo:	7	mm
yi:	7	mm
I:	0,18600	cm4/cm
SMo:	0,26571	cm3/cm
SMi:	0,26571	cm3/cm

(Cumple)
(Cumple)
(Cumple)

ANEXO D

CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA Y POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD

LAMINADO

Zonas	gr/m ²	A (m2)	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Fondo	12423,33	7,78	96,654	5,717	0,245	0	552,5683	23,6801	0
Costado	12423,33	30,284	376,2282	5,626	1,238	0	2116,6600	465,7705	0
Cubierta	10912	36,311	454,3111	5,439	2,127	0	2470,9982	966,3198	0
Quilla	18470,00	8,052	148,7204	5,112	0,0846	0	760,2589	12,5817	0
Roda	17525,00	0,327	5,7387	11,107	1,277	0	63,7394	7,3283	0
TOTAL		82,754	1081,6520				5964,2247	1475,6805	0

REFUERZOS

Zonas	L (m)	A (m2)	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Varenga 1	1,4	0,002184	4,72	0,26	0,585	0	1,2266	2,7600	0
Varenga 2	1,4	0,002184	4,72	1,26	0,45	0	5,9445	2,1230	0
Varenga 3	1,4	0,002184	4,72	2,26	0,313	0	10,6624	1,4767	0
Varenga 4	1,4	0,002184	4,72	3,26	0,211	0	15,3803	0,9955	0
Varenga 5	1,4	0,002184	4,72	4,26	0,132	0	20,0982	0,6228	0
Varenga 6	1,4	0,002184	4,72	5,26	0,12	0	24,8160	0,5661	0
Varenga 7	1,4	0,002184	4,72	6,26	0,12	0	29,5339	0,5661	0
Varenga 8	1,4	0,002184	4,72	7,26	0,12	0	34,2518	0,5661	0
Varenga 9	1,4	0,002184	4,72	8,26	0,182	0	38,9697	0,8587	0
Varenga 10	1,4	0,002184	4,72	9,26	0,268	0	43,6875	1,2644	0
L. Fondo 1	9,84	0,001424	21,6208	5,32	0,215	0,73	115,0225	4,6485	15,7832
L. Fondo 2	9,84	0,001424	21,6208	5,32	0,215	-0,73	115,0225	4,6485	-15,7832
L. Costado1	11,7	0,000876	15,8145	4,865	0,7364	1,871	76,9376	11,6452	29,5890
L. Costado2	11,7	0,000876	15,8145	4,865	0,7364	-1,811	76,9376	11,6452	-28,6401
Cuaderna 1	0,4813	0,002184	1,6219	-0,7398	1,087	1,308	-1,1998	1,7630	2,1215

Cuaderna 2	1,164	0,002184	3,9226	0,26	1,217	1,588	1,0199	4,7738	6,2291
REFUERZOS									
Zonas	L (m)	A (m2)	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Cuaderna 3	1,284	0,002184	4,3270	1,26	1,221	1,768	5,4520	5,2832	7,6501
Cuaderna 4	1,4	0,002184	4,7179	2,26	1,226	1,881	10,6624	5,7841	8,8743
Cuaderna 5	1,5	0,002184	5,0549	3,26	1,23	1,938	16,4789	6,2175	9,7963
Cuaderna 6	1,578	0,002184	5,3177	4,26	1,237	1,937	22,6535	6,5780	10,3004
Cuaderna 7	1,597	0,002184	5,3817	5,26	1,2445	1,878	28,3080	6,6976	10,1069
Cuaderna 8	1,618	0,002184	5,4525	6,26	1,252	1,753	34,1328	6,8266	9,5583
Cuaderna 9	1,65	0,002184	5,5604	7,26	1,2595	1,557	40,3682	7,0033	8,6575
Cuaderna 10	1,625	0,002184	5,4761	8,26	1,267	1,284	45,2326	6,9382	7,0313
Cuaderna 11	1,587	0,002184	5,3481	9,26	1,2745	0,927	49,5229	6,8161	4,9576
Cuaderna 12	1,58	0,002184	5,3245	10,26	1,282	0,536	54,6290	6,8260	2,8539
Cuaderna 13	0,4813	0,002184	1,6219	-0,7398	1,087	-1,308	-1,1998	1,7630	-2,1215
Cuaderna 14	1,164	0,002184	3,9226	0,26	1,217	-1,588	1,0199	4,7738	-6,2291
Cuaderna 15	1,284	0,002184	4,3270	1,26	1,221	-1,768	5,4520	5,2832	-7,6501
Cuaderna 16	1,4	0,002184	4,7179	2,26	1,226	-1,881	10,6624	5,7841	-8,8743
Cuaderna 17	1,5	0,002184	5,0549	3,26	1,23	-1,938	16,4789	6,2175	-9,7963
Cuaderna 18	1,578	0,002184	5,3177	4,26	1,237	-1,937	22,6535	6,5780	-10,3004
Cuaderna 19	1,597	0,002184	5,3817	5,26	1,2445	-1,878	28,3080	6,6976	-10,1069
Cuaderna 20	1,618	0,002184	5,4525	6,26	1,252	-1,753	34,1328	6,8266	-9,5583
Cuaderna 21	1,65	0,002184	5,5604	7,26	1,2595	-1,557	40,3682	7,0033	-8,6575
Cuaderna 22	1,625	0,002184	5,4761	8,26	1,267	-1,284	45,2326	6,9382	-7,0313
Cuaderna 23	1,587	0,002184	5,3481	9,26	1,2745	-0,927	49,5229	6,8161	-4,9576
Cuaderna 24	1,58	0,002184	5,3245	10,26	1,282	-0,536	54,6290	6,8260	-2,8539
Bul.centro1	1,4	0,003696	7,9841	0,26	0,585	0	2,0759	4,6707	0,0000
Bul.centro2	1,4	0,003696	7,9841	3,26	0,45	0	26,0282	3,5928	0,0000
Bul.centro3	1,4	0,003696	7,9841	5,26	0,313	0	41,9964	2,4990	0,0000
Bul.centro4	1,4	0,003696	7,9841	7,26	0,211	0	57,9646	1,6846	0,0000

Bul.centro5	1,132	0,003696	6,4557	10,16	0,405	0	65,5901	2,6146	0,0000
REFUERZOS									
Zonas	L (m)	A (m2)	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Bul.lateral1	1,164	0,003936	7,0693	0,26	1,217	1,588	1,8380	8,6033	11,2260
Bul.lateral2	1,5	0,003936	9,1099	3,26	1,23	1,938	29,6982	11,2051	17,6549
Bul.lateral3	1,597	0,003936	9,6990	5,26	1,2375	1,878	51,0166	12,0025	18,2147
Bul.lateral4	1,65	0,003936	10,0209	7,26	1,245	1,557	72,7514	12,4760	15,6025
Bul.lateral5	1,58	0,003936	9,5957	10,26	1,2525	0,536	98,4522	12,0187	5,1433
Bul.lateral6	1,164	0,003936	7,0693	0,26	1,217	-1,588	1,8380	8,6033	-11,2260
Bul.lateral7	1,5	0,003936	9,1099	3,26	1,23	-1,938	29,6982	11,2051	-17,6549
Bul.lateral8	1,597	0,003936	9,6990	5,26	1,2375	-1,878	51,0166	12,0025	-18,2147
Bul.lateral9	1,65	0,003936	10,0209	7,26	1,245	-1,557	72,7514	12,4760	-15,6025
Bul.lateral10	1,58	0,003936	9,5957	10,26	1,2525	-0,536	98,4522	12,0187	-5,1433
Bao 1	2,534	0,001300	5,0830	-0,7398	1,442	0	-3,7602	7,3296	0,0000
Bao 2	3,236	0,001300	6,4911	0,26	1,26	0	1,6877	8,1788	0,0000
Bao 3	3,596	0,001300	7,2132	1,26	1,26	0	9,0887	9,0887	0,0000
Bao 4	3,823	0,001300	7,6686	2,26	1,56	0	17,3309	11,9629	0,0000
Bao 5	3,936	0,001300	7,8952	3,26	2,341	0	25,7384	18,4827	0,0000
Bao 6	3,935	0,001300	7,8932	4,26	2,39	0	33,6251	18,8648	0,0000
Bao 7	3,816	0,001300	7,6545	5,26	2,385	0	40,2627	18,2560	0,0000
Bao 8	3,568	0,001300	7,1571	6,26	2,385	0	44,8031	17,0696	0,0000
Bao 9	3,174	0,001300	6,3667	7,26	2,362	0	46,2224	15,0382	0,0000
Bao 10	2,628	0,001300	5,2715	8,26	2,245	0	43,5426	11,8345	0,0000
Bao 11	1,914	0,001300	3,8393	9,26	1,904	0	35,5518	7,3100	0,0000
Bao 12	1,132	0,001300	2,2707	10,26	1,946	0	23,2972	4,4187	0,0000
L. Cubierta1	9,124	0,004344	61,1563	3,875	2,341	1,242	236,9806	143,1668	75,9561
L. Cubierta2	10,903	0,004344	73,0805	4,531	2,39	0,606	331,1279	174,6625	44,2868
L. Cubierta3	9,124	0,004344	61,1563	3,875	2,341	-1,242	236,9806	143,1668	-75,9561
L. Cubierta4	10,903	0,004344	73,0805	4,531	2,39	-0,606	331,1279	174,6625	-44,2868

TOTAL (Escantillonado)	2873,0229				15306,2366	4049,9284	0,9489
CAMAROTE DE PROA							
Zonas	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Mamparo pique proa	30	10,16	1,17	0	304,8000	35,1000	0,0000
Cama	60	9,13	0,51	0	547,8000	30,6000	0,0000
Asiento Br	30	7,711	0,558	0,766	231,3300	16,7400	22,9800
Asiento Er	30	7,711	0,558	-0,766	231,3300	16,7400	-22,9800
Armario Br	50	7,68	1,319	1,139	384,0000	65,9500	56,9500
Armario Er	50	7,68	1,319	-1,139	384,0000	65,9500	-56,9500
Puerta	25	7,23	1,207	-0,25	180,7500	30,1750	-6,2500
Mamparo de camarote de proa	25	7,23	1,207	0	180,7500	30,1750	0,0000
SALÓN							
Zonas	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Sofá	120	6,054	0,66	1,153	726,4800	79,2000	138,3600
Sillón	40	6,28	0,55	0,047	251,2000	22,0000	1,8800
Mesa	55	6,34	0,9	0,584	348,7000	49,5000	32,1200
Mesa de cartas	30	5,667	0,9	-1,094	170,0100	27,0000	-32,8200
Armario	50	7,056	1,145	-1,086	352,8000	57,2500	-54,3000
Estanterías	15	5,94	1,451	1,584	89,1000	21,7650	23,7600
Sillón mesa de cartas	15	6,262	0,65	-1,094	93,9300	9,7500	-16,4100
COCINA							
Zonas	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Encimera	45	4,895	1,12	0,543	220,2750	50,4000	24,4350
Nevera	20	4,321	0,75	1,386	86,4200	15,0000	27,7200
Horno	15	3,706	0,65	1,124	55,5900	9,7500	16,8600
Fregadero	5	4,921	0,995	1,026	24,6050	4,9750	5,1300
Cajonera	15	4,314	1,465	1,769	64,7100	21,9750	26,5350
Microondas	8	3,673	1,56	1,764	29,3840	12,4800	14,1120

BAÑO							
Zonas	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Plataforma de ducha	7	4,815	0,265	-1,233	33,7050	1,8550	-8,6310
W.C.	15	3,654	0,545	-1,4	54,8100	8,1750	-21,0000
Lavavo	5	4,112	1,09	-1,724	20,5600	5,4500	-8,6200
Puerta	25	4,153	1,15	-1,083	103,8250	28,7500	-27,0750
CAMAROTE DE POPA BR							
Zonas	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Mamparo divisorio	25	3,405	1,4	1,148	85,1250	35,0000	28,7000
Armario	35	2,935	1,5	1,636	102,7250	52,5000	57,2600
Cama	50	1,639	0,495	0,855	81,9500	24,7500	42,7500
Puerta	25	3,385	1,15	0,696	84,6250	28,7500	17,4000
Asiento	20	2,972	0,558	1,246	59,4400	11,1600	24,9200
CAMAROTE DE POPA ER							
Zonas	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Mamparo divisorio	25	3,405	1,4	-1,148	85,1250	35,0000	-28,7000
Armario	35	2,935	1,5	-1,636	102,7250	52,5000	-57,2600
Cama	50	1,639	0,495	-0,855	81,9500	24,7500	-42,7500
Puerta	25	3,385	1,15	-0,696	84,6250	28,7500	-17,4000
Asiento	20	2,972	0,558	-1,246	59,4400	11,1600	-24,9200
Suelo	80	6,821	0,26	0	545,6800	20,8000	0,0000
Suelo Cubierta	66	5,1	1,785	0	336,6000	117,8100	0,0000
TOTAL (Habilitación)	1241,0000				6544,2740	1041,8250	135,8060
LASTRE							
Elementos	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Orza	2700	5,400	-0,741	0	14580,0000	-2000,7000	0,0000
MÁQUINAS Y EQUIPOS							
Elementos	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)

Motor Volvo Penta D2-55	255	3,118	0,42	0	795,0900	107,1000	0,0000
Batería de Servicio	410	7,222	0,535	-1,072	2961,0200	219,3500	-439,5200
Batería de arranque	65	2,24	0,37	-0,17	145,6000	24,0500	-11,0500
MÁQUINAS Y EQUIPOS							
Elementos	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Generador	260	4,886	0,61	0,541	1270,3600	158,6000	140,6600
Bomba de presión	25	5,8	0,14	0	145,0000	3,5000	0,0000
Pala del timón (RUD40)	17	-0,193	-0,186	0	-3,2810	-3,1620	0,0000
Mecha del timón (RUD40)	35	0,084	0,705	0	2,9400	24,6750	0,0000
Bombas de ahique	30	6,26	0,14	0	187,8000	4,2000	0,0000
Calentador	40	2,24	0,37	0,17	89,6000	14,8000	6,8000
Ancla	10	11,01	1,98	0	110,1000	19,8000	0,0000
Cadena (50 mt)	70	10,675	1,45	0	747,2500	101,5000	0,0000
Caja de cadena	15	10,675	1,45	0	160,1250	21,7500	0,0000
Molinete	15	10,9	2,05	0	163,5000	30,7500	0,0000
TOTAL (Máquinas y Equipos)	1247,0000				6775,1040	726,9130	-303,1100
CARGA							
Elementos	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Tanque de combustible	200	6,445	0,395	1,179	1289,0000	79,0000	235,8000
Tanque de agua dulce	360	8,797	0,367	0	3166,9200	132,1200	0,0000
Tanque de aguas grises	250	4,765	0,46	-1,72	1191,2500	115,0000	-430,0000
Persona 1	100	-0,316	2,39	0	-31,6000	239,0000	0,0000
Persona 2	100	4,313	1,37	0,75	431,3000	137,0000	75,0000
Persona 3	100	6,357	1,115	1,019	635,7000	111,5000	101,9000
Persona 4	100	6,447	1,287	-1,049	644,7000	128,7000	-104,9000
Persona 5	100	1,869	0,86	1,033	186,9000	86,0000	103,3000
Persona 6	100	1,869	0,86	-1,033	186,9000	86,0000	-103,3000
Provisiones	150	5,35	0,15	0	802,5000	22,5000	0,0000
Pertrechos camarote proa	60	8,3	0,412	0	498,0000	24,7200	0,0000

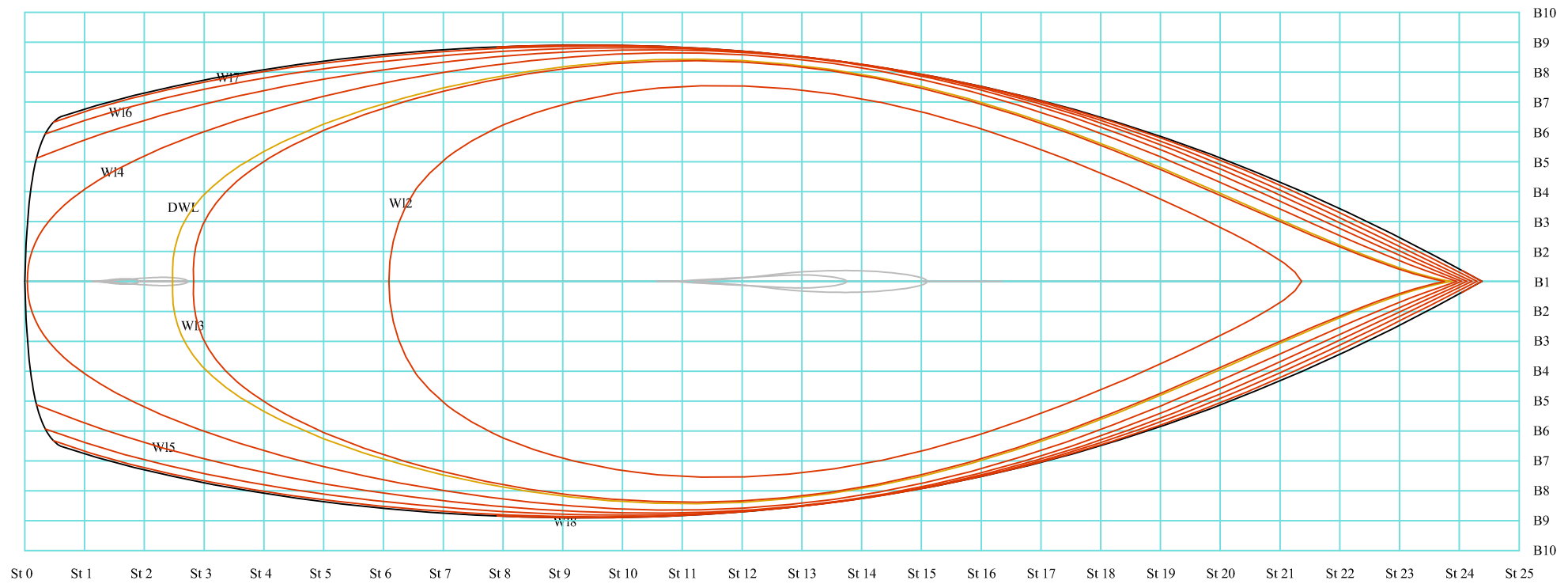
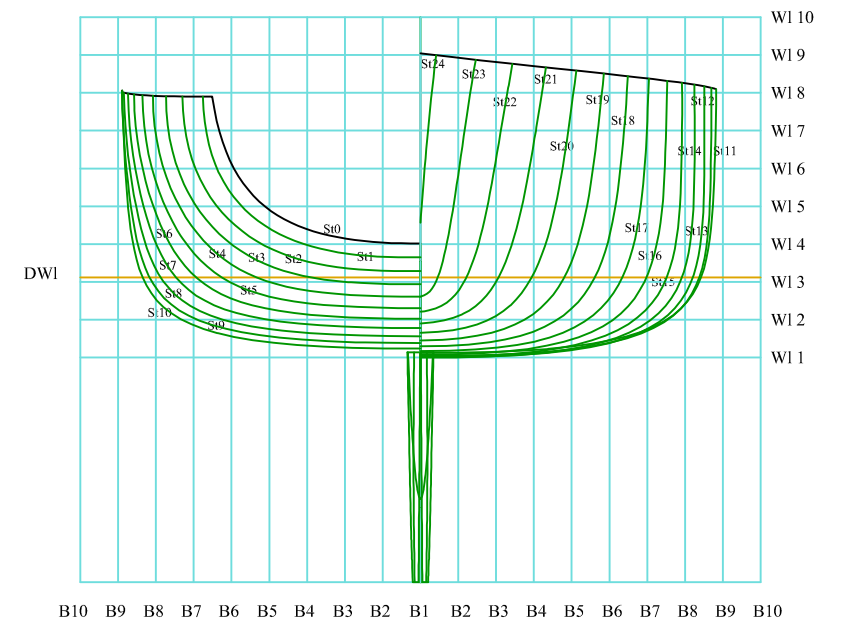
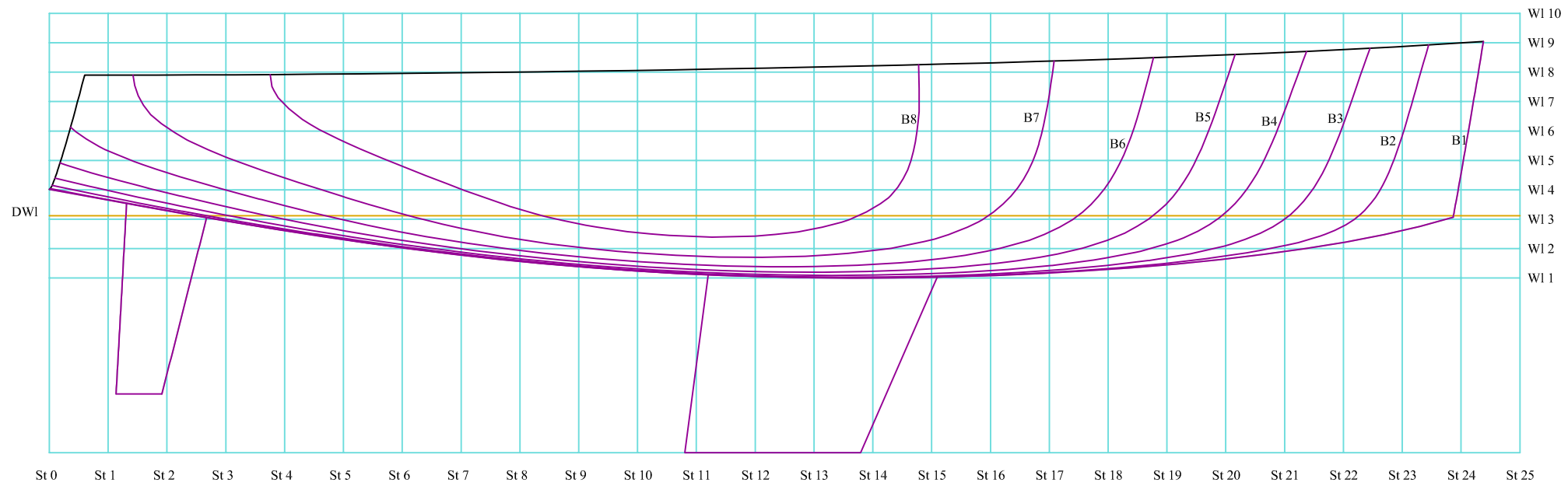
Pertrechos de baño	50	4,109	0,779	-1,724	205,4500	38,9500	-86,2000
Pertrechos de salón	70	4,827	1,306	-0,765	337,8900	91,4200	-53,5500
Pertrechos de cocina	50	4,314	1,474	1,769	215,7000	73,7000	88,4500
Pertrechos camarote popa Br	50	2,465	0,37	0,82	123,2500	18,5000	41,0000
Pertrechos camarote popa Er	50	2,465	0,37	-0,82	123,2500	18,5000	-41,0000
TOTAL (Carga)	1890,0000				10007,1100	1402,6100	-173,5000
VELAS Y APAREJOS							
Elementos	P (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Mástil	172,63	6,909	8,608	0	1192,7236	1486,0276	0,0000
Jarcia, crucetas y anclajes	20	6,909	11,135	0	138,1800	222,7000	0,0000
Botavara	28,5	4,128	3,476	0	117,6480	99,0660	0,0000
Vela Mayor	27	5,137	8,726	0	138,6990	235,6020	0,0000
Vela de Proa	23	8,392	8,175	0	193,0160	188,0250	0,0000
Rueda y Pedestal	80	-0,0197	2,03	0	-1,5760	162,4000	0,0000
Carro de la mayor	10	1,987	1,68	0	19,8700	16,8000	0,0000
Carros de génova	20	4,881	1,782	0	97,6200	35,6400	0,0000
Winche 1 (40AEST)	17	2,846	2,479	0,65	48,3820	42,1430	11,0500
Winche 2 (40AEST)	17	2,846	2,479	-0,65	48,3820	42,1430	-11,0500
Winche 3 (48AEST)	24	0,64	2,005	1,43	15,3600	48,1200	34,3200
Winche 4 (48AEST)	24	0,64	2,005	-1,43	15,3600	48,1200	-34,3200
Winche 5 (54AEST)	29	1,884	2,106	1,451	54,6360	61,0740	42,0790
Winche 6 (54AEST)	29	1,881	2,106	-1,451	54,5490	61,0740	-42,0790
Escotillas	18,6	5,283	2,398	0	98,2638	44,6028	0,0000
TOTAL (Velas y Aparejos)	539,7333				2231,1134	2793,5374	0,0000

PESO Y POSICIÓN DEL C.D.G. EN ROSCA				
Elementos	P (Kg)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Estructura + 3% de margen	2959,2135	15765,4237	4171,4263	0,9773
Habilitación + 10% de margen	1365,1000	7198,7014	1146,0075	149,3866
Lastre	2700	14580,0000	-2000,7	0,0000
Máquinas y Equipos + 5% de margen	1309,3500	7113,8592	763,2587	-318,2655
Velas y Aparejos + 5% de margen	566,7200	2342,6691	2933,2143	0,0000

TOTAL BARCO EN ROSCA			
PESO (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
8900,384	5,281	0,788	-0,019

PESO Y POSICIÓN DEL C.D.G. EN MÁXIMA CARGA				
Elementos	P (Kg)	PxLCG (Kg.m)	PxVCG (Kg.m)	PxTCG (Kg.m)
Estructura + 3% de margen	2959,2135	15765,4237	4171,4263	0,9773
Habilitación + 10% de margen	1365,1000	7198,7014	1146,0075	149,3866
Lastre	2700	14580,0000	-2000,7	0,0000
Máquinas y Equipos + 5% de margen	1309,3500	7113,8592	763,2587	-318,2655
Velas y Aparejos + 5% de margen	566,7200	2342,6691	2933,2143	0,0000
Carga	1890,0000	10007,1100	1402,6100	-173,5000

TOTAL BARCO EN MAXIMA CARGA			
PESO (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)
10790,384	5,283	0,780	-0,032

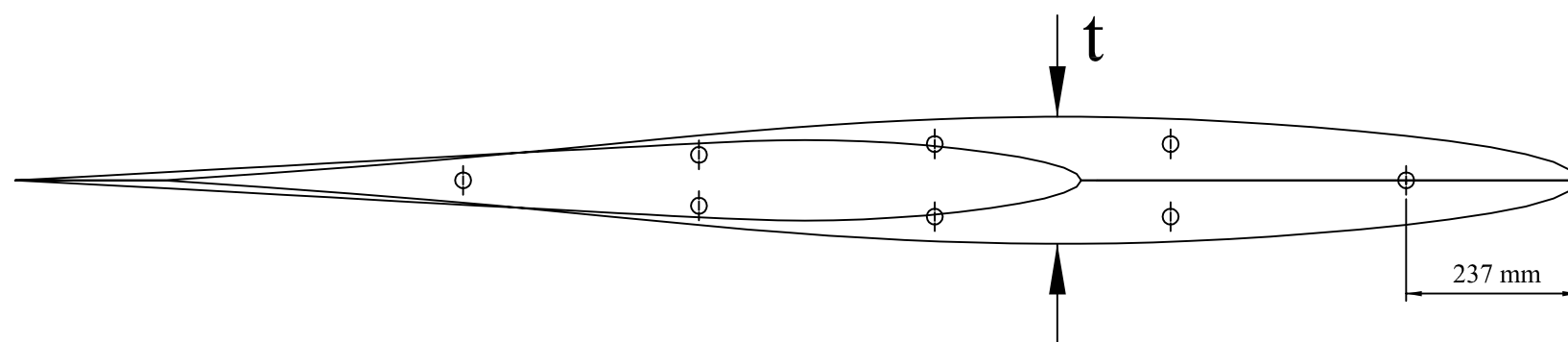
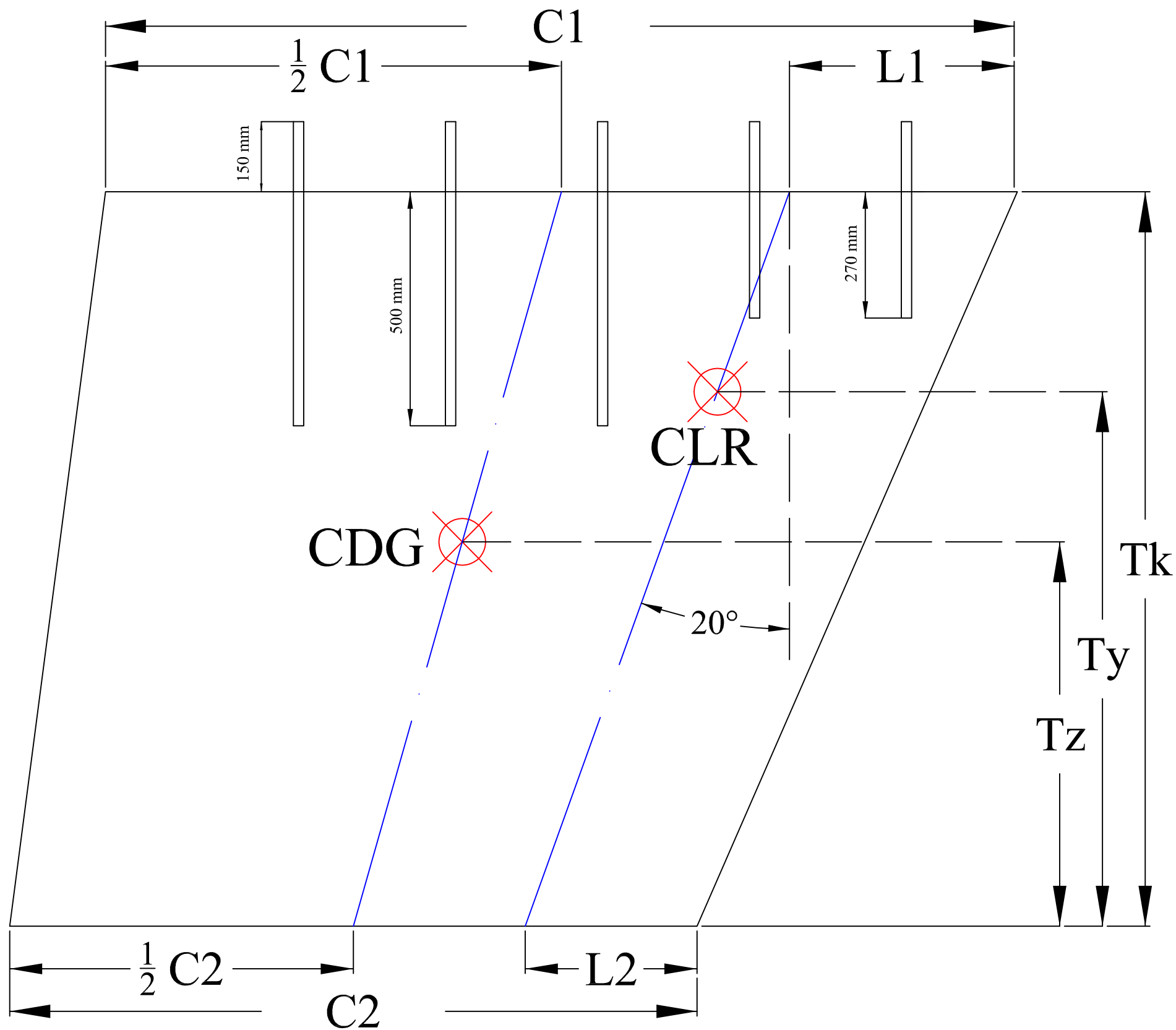


Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmax)	3.95 mt
Manga de Flotación (Bwl)	3.71 mt
Calado Total (Tmax)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0,53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg
Desplz. Rosca (Ar)	8900 Kg
Lastre	2700 Kg
Coef. Prismático (Cp)	0.529
Número de Froude (Fn)	0.314
LCB (A Pp de la Maestra)	3.17%
Número de Pasajeros	6

ESPACIADOS DE SECCIONES	
Cuadernas	500 mm
Líneas de Agua	250 mm
Longitudinales	250 mm

Los calados, T_{máx} y T_c, están referidos al desplazamiento de diseño (Ad)

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL		
Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 50	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE FORMAS
Nº de Plano:	1	



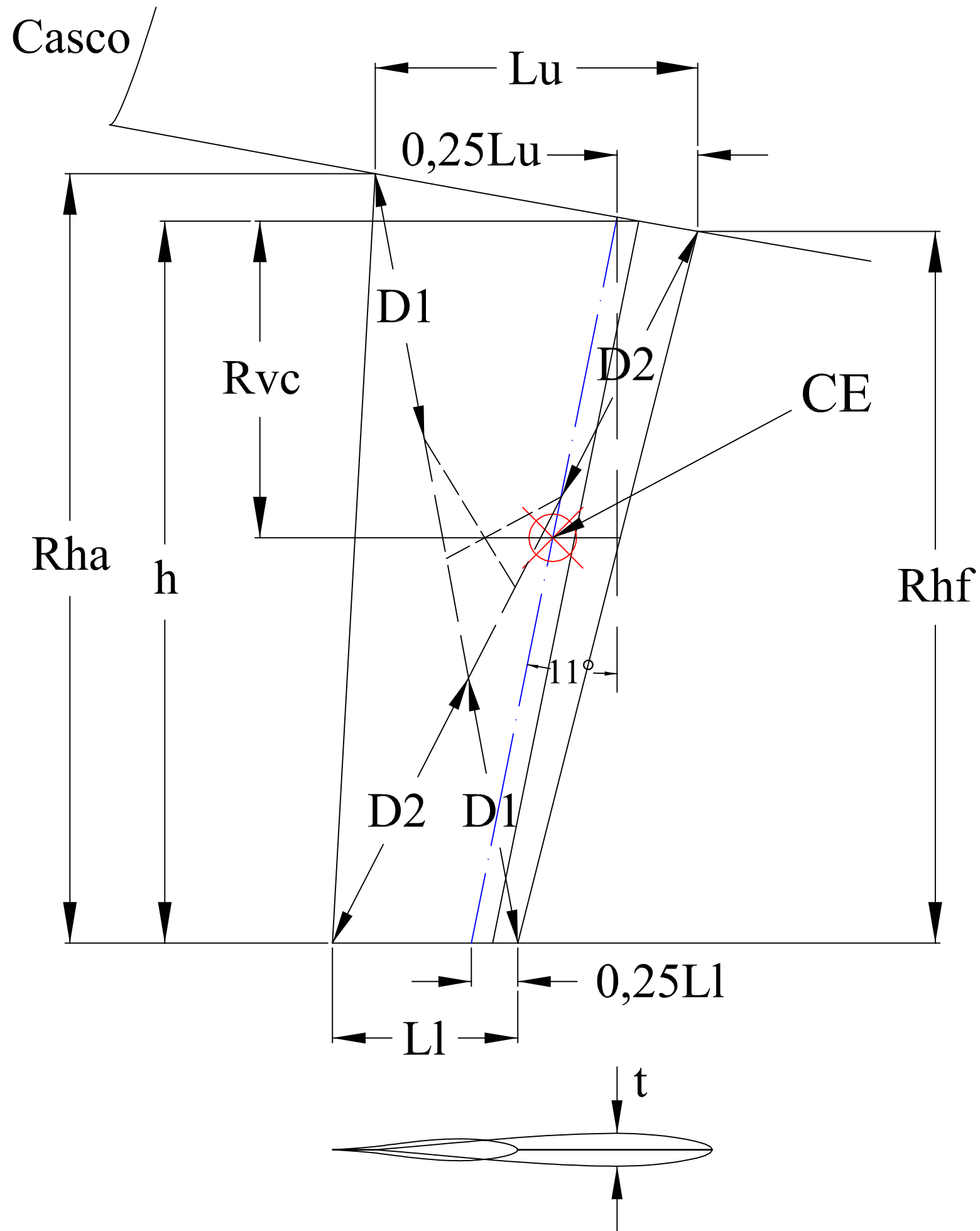
La distancia horizontal entre los centros de los pernos es de 325 mm.

Pernos de Acero inoxidable AISI-316
Orza de Plomo

Tk	1.57 mt
C1	1.95 mt
C2	1.47 mt
Cuerda Media (C)	1.71 mt
t (máximo)	0.175 mt
L1	0.487 mt
L2	0.367 mt
Ty	1.143 mt
Tz	0.822 mt
Ángulo de Barrido	20°
Relación de Aspecto	0.918
Relación de Afinamiento	0.754
Superficie Proyectada	2.685 m ²
Lastre	2700 Kg
Desplz. Orza (Ak)	244.05 Kg
Diámetro de los Pernos	22.249 mm

Seccion Naca 65 - 010

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL		
Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 10	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE ORZA
Nº de Plano:	2	

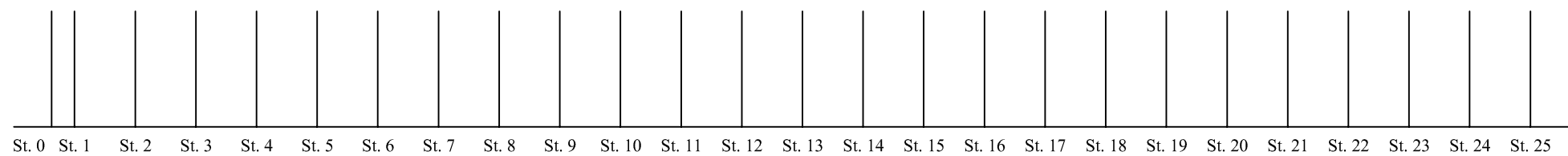
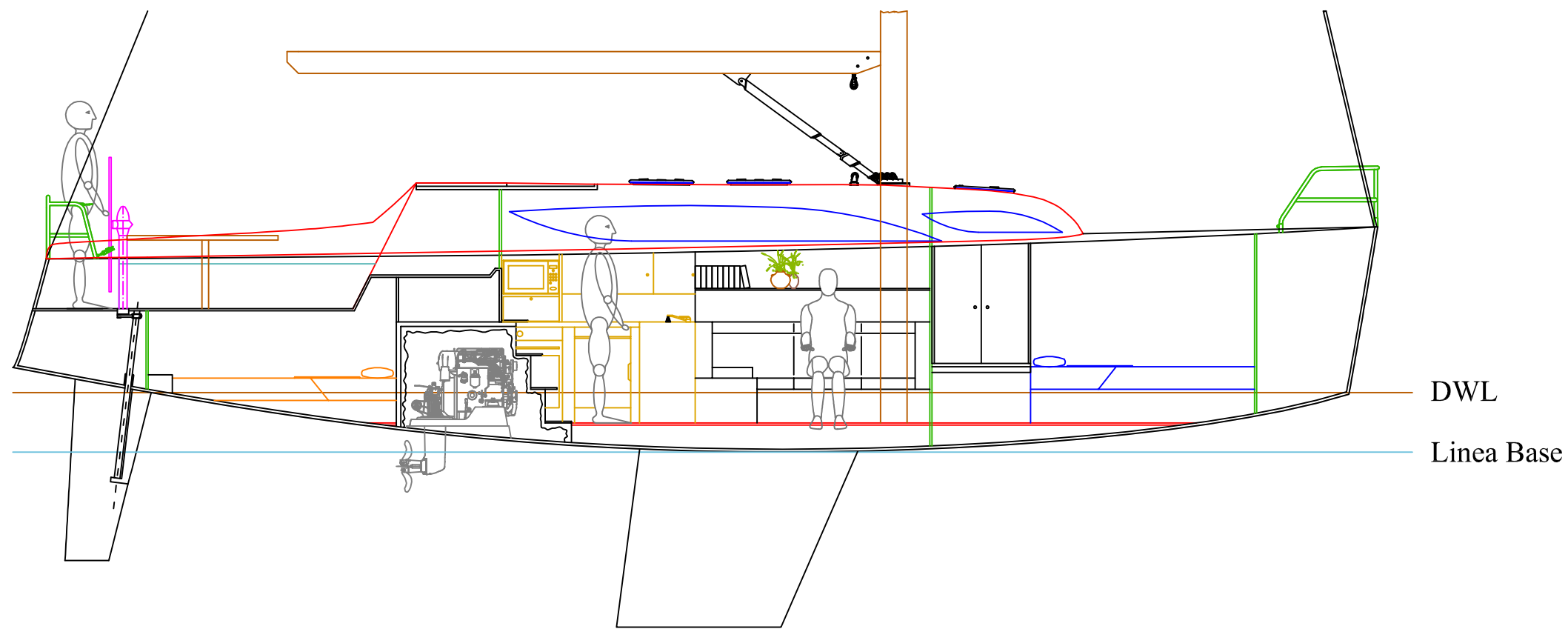


CE: Centro de Empuje

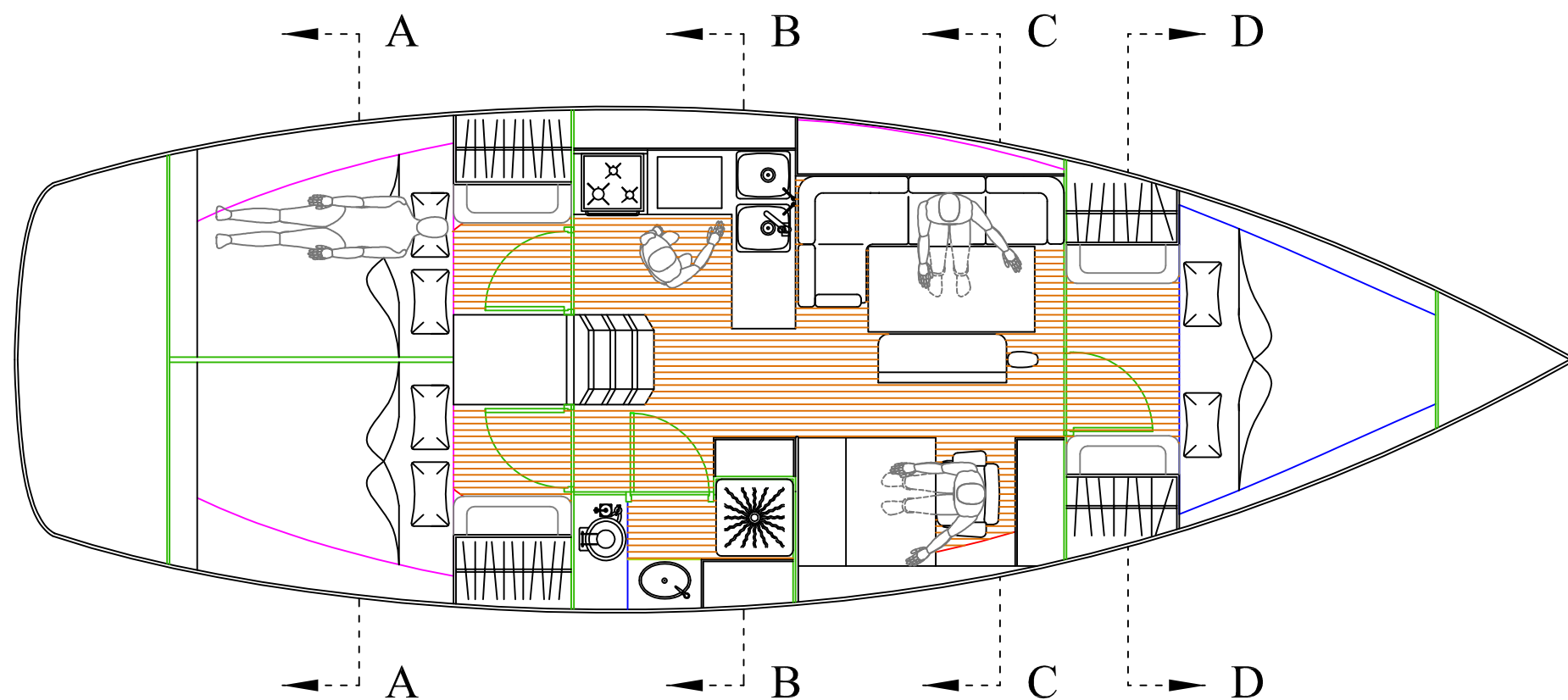
tr (altura del timón)	1.55 mt
C1 (cuerda superior)	0.71 mt
h	1.524 mt
Lu	0.679 mt
L1	0.39 mt
Cuerda Media (C)	0.55 mt
t (máximo)	69.1 mm
Rha	1.62 mt
Rhf	1.50 mt
Rvc	0.70 mt
D1	0.568 mt
D2	0.628 mt
Relación de Aspecto	2.818
Relación de Afinamiento	0.549
Superficie Proyectada	0.8525 m ²
Ángulo de Barrido	11°
Diámetro de la mecha	7.785 cm

Seccion Naca 0010

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL		
Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 10	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE TIMON
Nº de Plano:	3	



Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmáx)	3.95 mt
Calado Total (Tmáx)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0.53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg
Desplz. Rosca (Ar)	8900 Kg
Lastre	2700 Kg
Tanque de Agua Potable	360 l
Tanque de Combustible	210 l
Número de Pasajeros	6
Potencia de Motor	55 CV

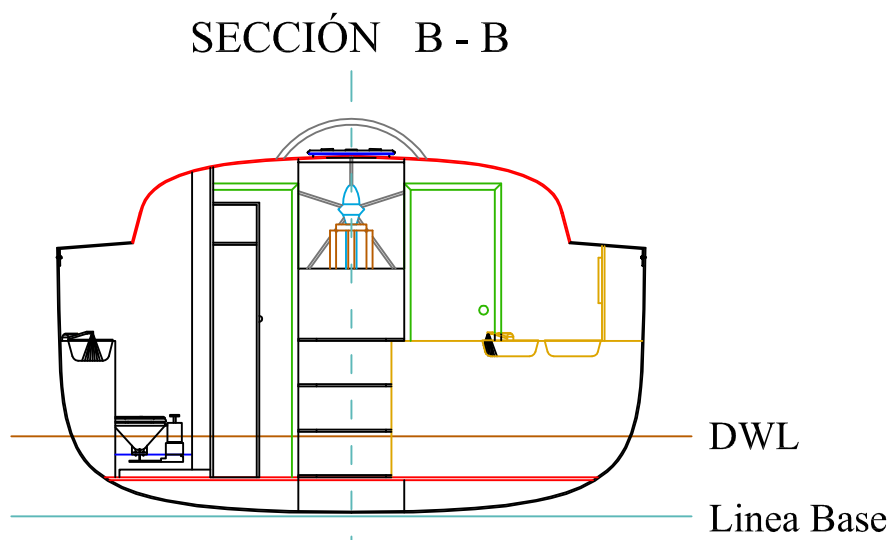
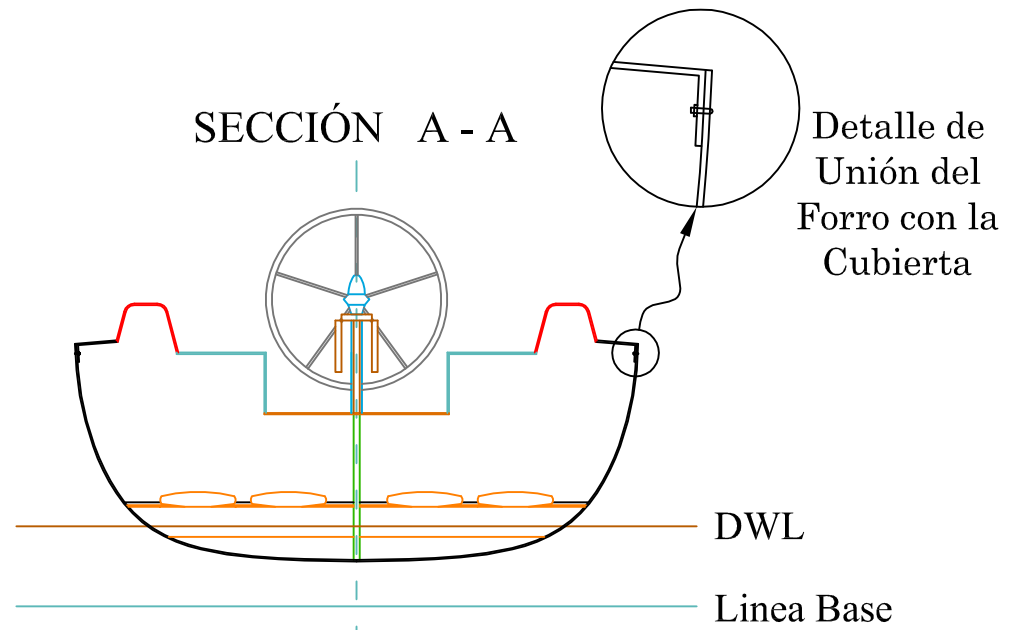
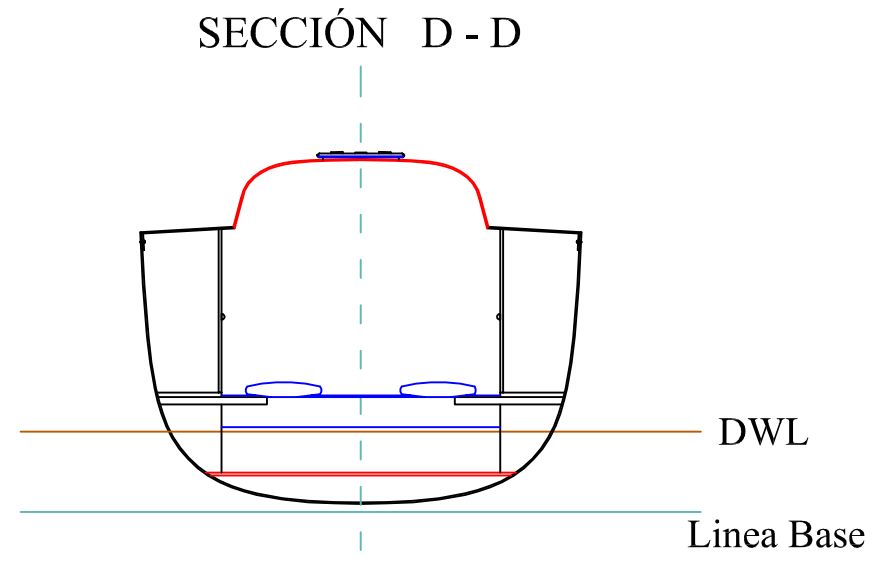
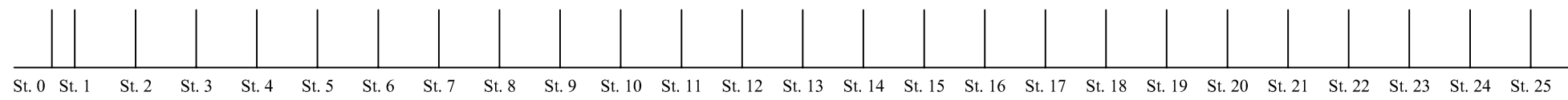
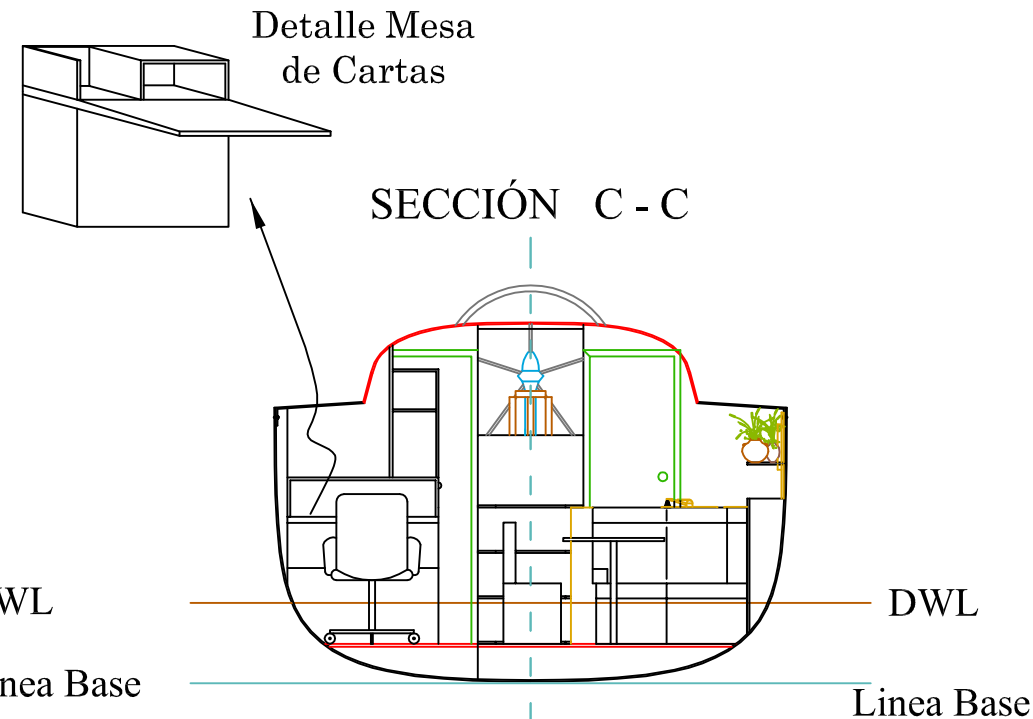
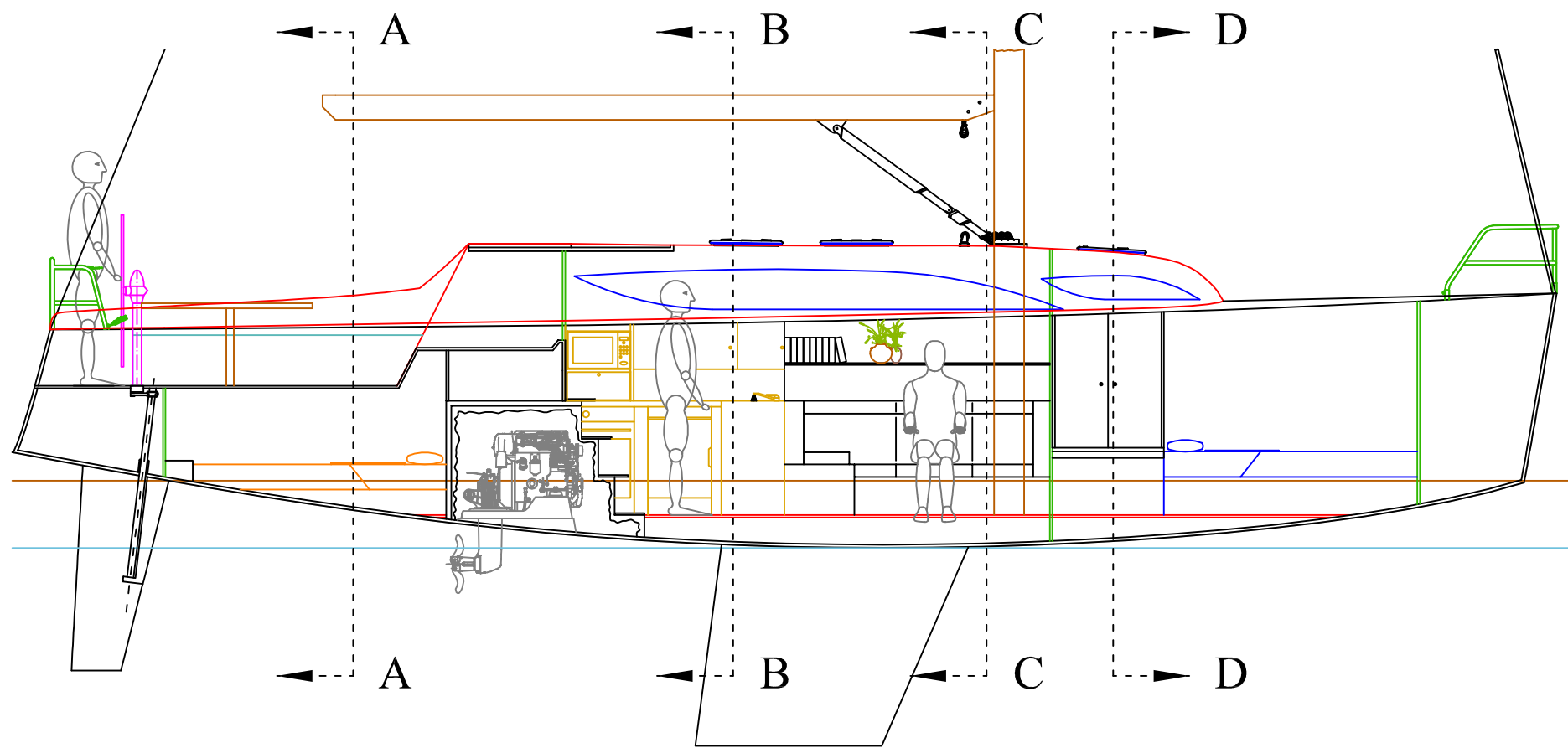


Espaciado de Cuadernas (St): 500 mm

Los calados, Tmáx y Tc, están referidos al desplazamiento de diseño

Las secciones se muestran en el plano N° 5

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL	
Autor: Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala: 1 / 50	
Fecha: 05 de Septiembre de 2009	PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE INTERIORES - 1
Nº de Plano: 4	

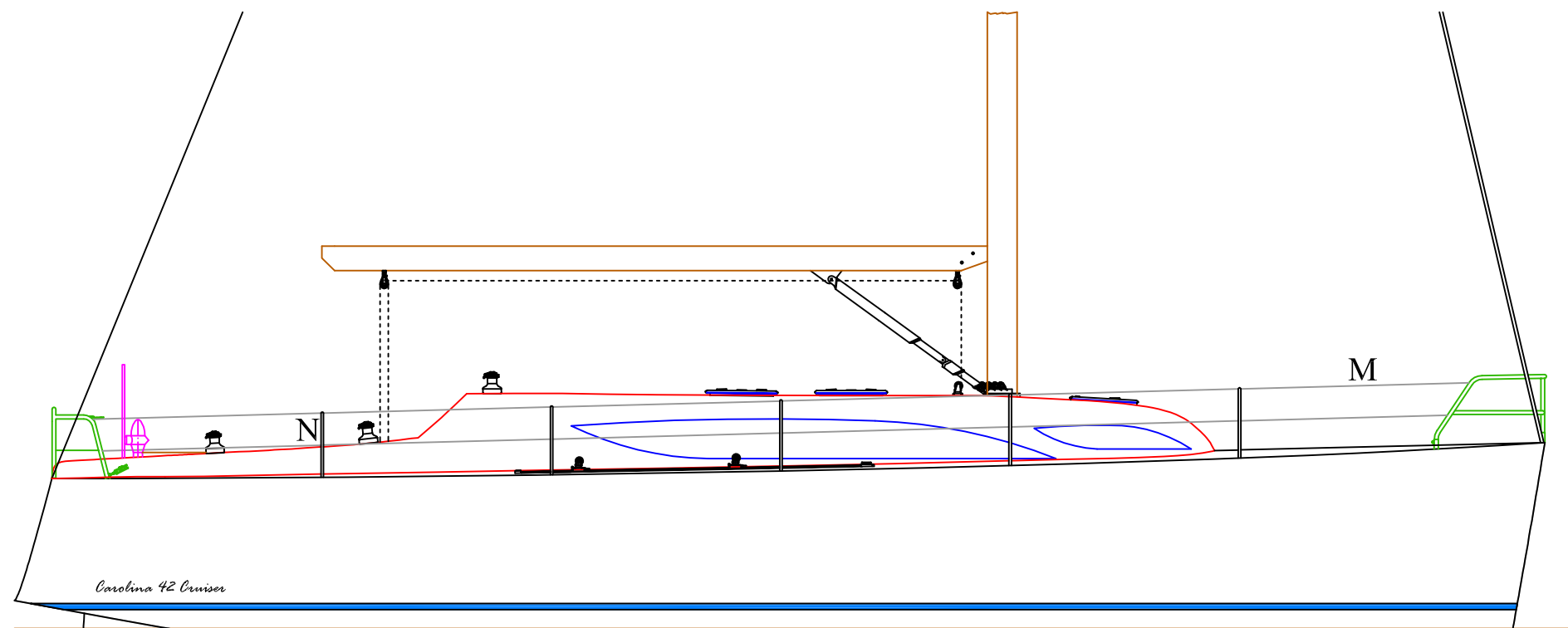


Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmáx)	3.95 mt
Calado Total (Tmáx)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0.53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg

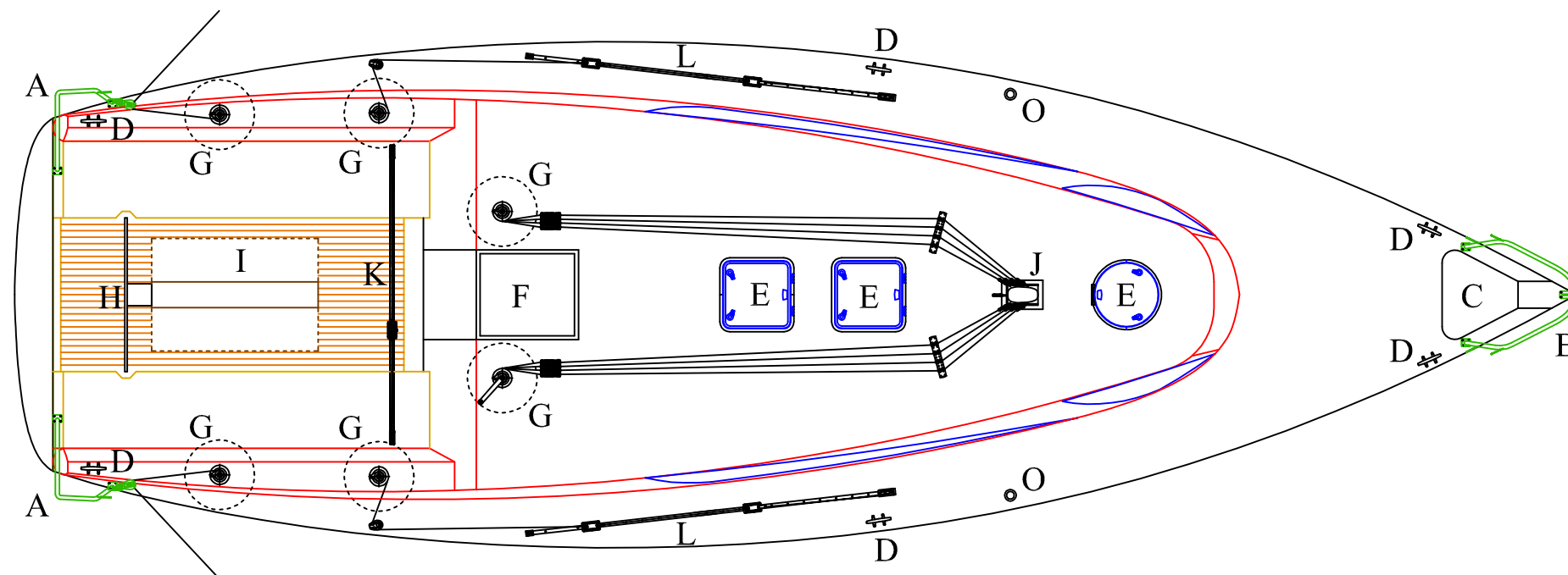
Espaciado de Cuadernas (St): 500 mm

Los calados, Tmáx y Tc, están referidos al desplazamiento de diseño

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL		
Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 50	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE INTERIORES - 2
Nº de Plano:	5	



A	Púlpito de popa
B	Púlpito de proa
C	Escotilla de caja de cadenas
D	Cornamusas
E	Escotillas
F	Escotilla de acceso interior
G	Winches
H	Rueda de timón y pedestal
I	Mesa bañera
J	Fogonadura del mástil
K	Carro de la mayor
L	Carros de Génova
M	Guardamancebos
N	Candeleros
O	Cadenotes



Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmáx)	3.95 mt
Calado Total (Tmáx)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0.53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg
Número de Pasajeros	6
Potencia de Motor	55 CV

Los calados, Tmáx y Tc, están referidos al desplazamiento de diseño

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL		
Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 50	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE EXTERIORES
Nº de Plano:	6	

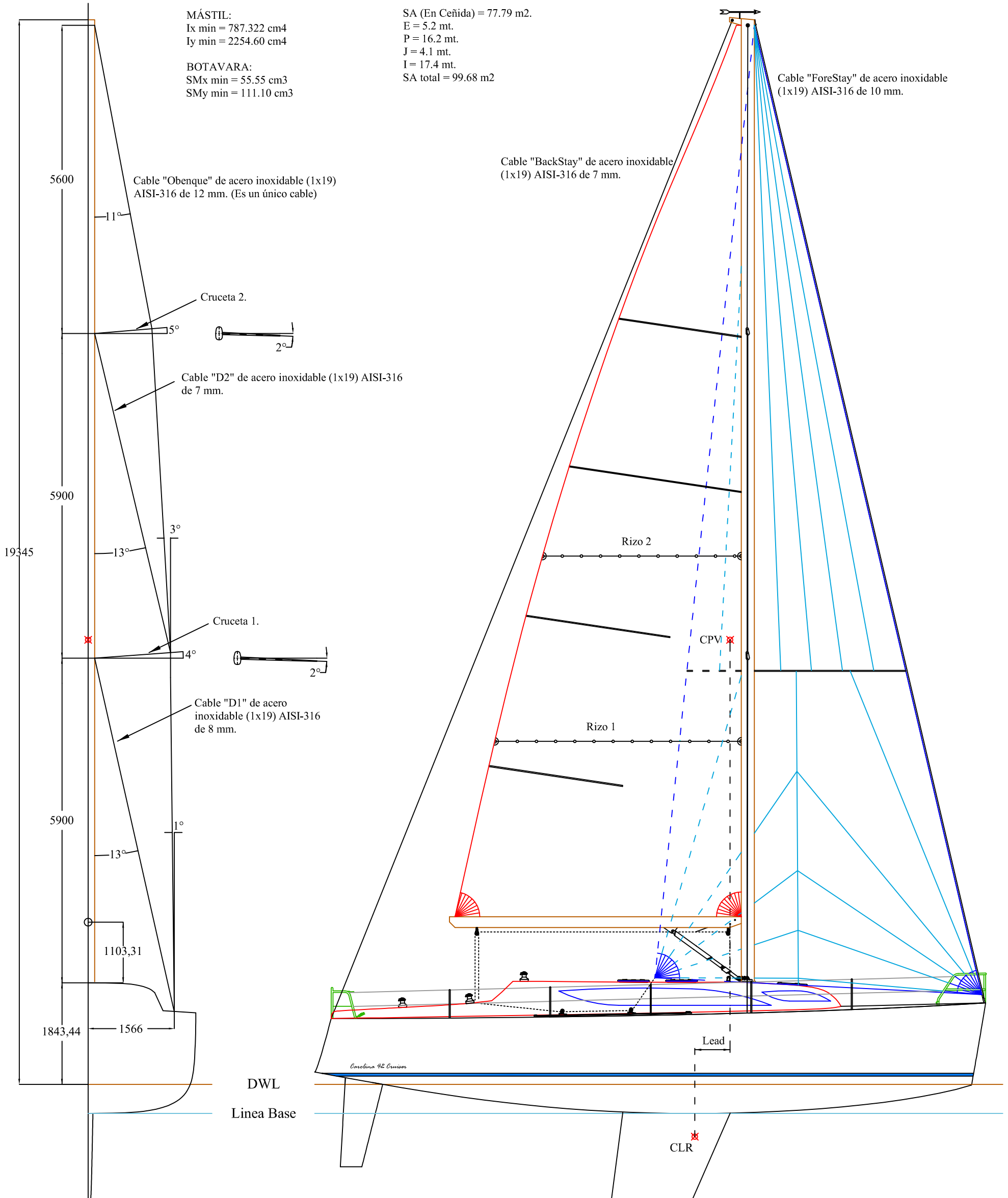
REQUERIMIENTOS DE PALOS

MÁSTIL:
 $I_x \text{ min} = 787.322 \text{ cm}^4$
 $I_y \text{ min} = 2254.60 \text{ cm}^4$

BOTAVARA:
 $SM_x \text{ min} = 55.55 \text{ cm}^3$
 $SM_y \text{ min} = 111.10 \text{ cm}^3$

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

SA (En Ceñida) = 77.79 m².
 E = 5.2 mt.
 P = 16.2 mt.
 J = 4.1 mt.
 I = 17.4 mt.
 SA total = 99.68 m²



Cables (1x19) de Acero Inoxidable AISI-316

Cable	Diámetro (mm)	Carga de Rotura (N)	Peso (Kg/m)
D1	8	53500	0.327
D2	7	40900	0.225
D3	10	69100	0.475
V1	12	120200	0.820
V2	10	69100	0.475
Forestay	10	69100	0.475
Backstay	7	40900	0.225

	Dim. Primp (mm)	I_y (cm ⁴)	I_x (cm ⁴)	Peso (Kg/m)	SM_y (cm ³)	SM_x (cm ³)
Mástil	237/162	2360	1120	8.76	176	138
Botavara	200/117	1190	325	5.36	112	55.5
Cruceta 1	129/100	292	175	3.74	38	35
Cruceta 2	121/92	205	122	3.15	28.9	26.5

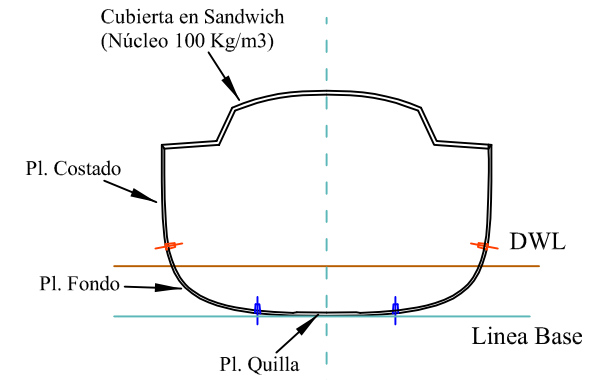
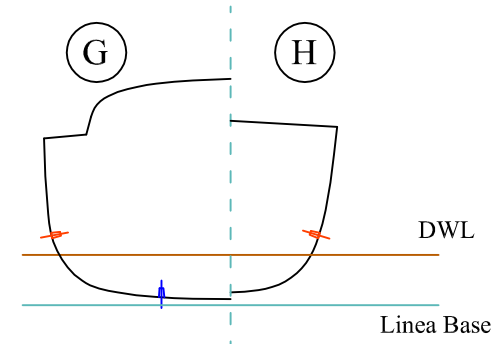
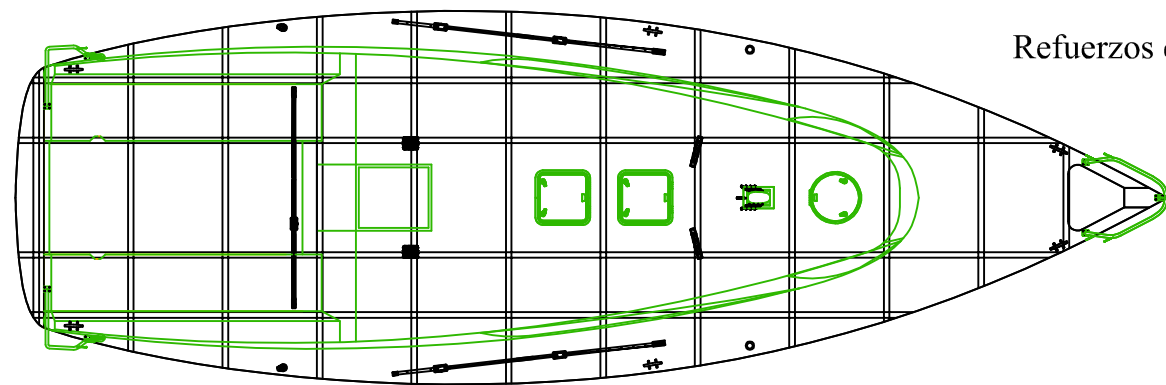
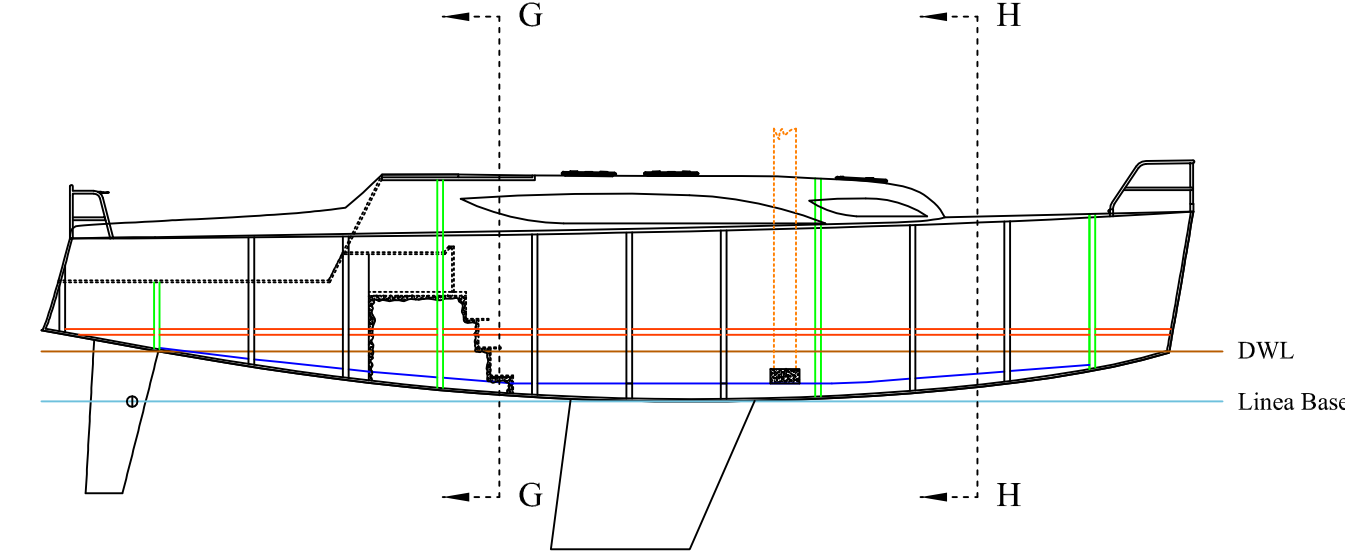
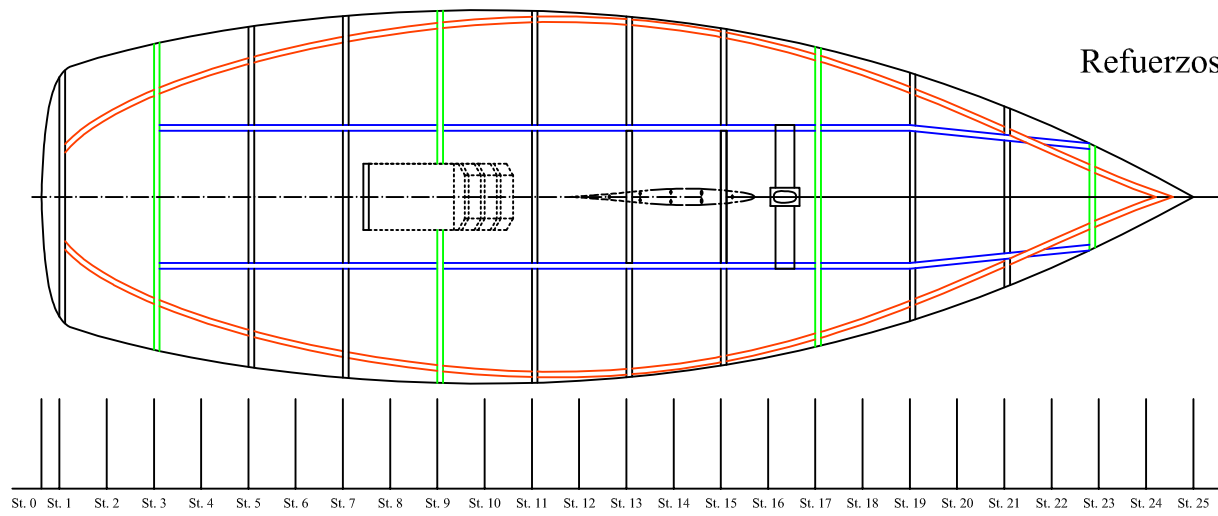
Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmáx)	3.95 mt
Calado Total (Tmáx)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0.53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL

Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 70	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO VELICO
Nº de Plano:	7	

Lead = 0.641 m.
 Las Cotas estan en milímetros.
 La distancia entre CLR y CPV es de 9029 mm.
 La altura del Centro de Presión Vélica (CPV) sobre la Línea de Agua es de 8078 mm.
 Los calados, Tmáx y Tc, están referidos al desplazamiento de diseño.

Plano realizado aplicando la Normativa UNE EN-ISO 12215-5



Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmáx)	3.95 mt
Calado Total (Tmáx)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0.53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg

Los calados, Tmáx y Tc, están referidos al desplazamiento de diseño

ELEMENTO	ESPESOR
Pl. Cubierta	(3+16+3) mm
Pl. Costado	7.01 mm
Pl. Fondo	7.01 mm
Pl. Quilla	10.65 mm

SECUENCIA DE LAMINADO

Laminado del Fondo		
Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
csm 600	600	1.12
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 600	600	0.59
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
TOTAL	5200	7.01

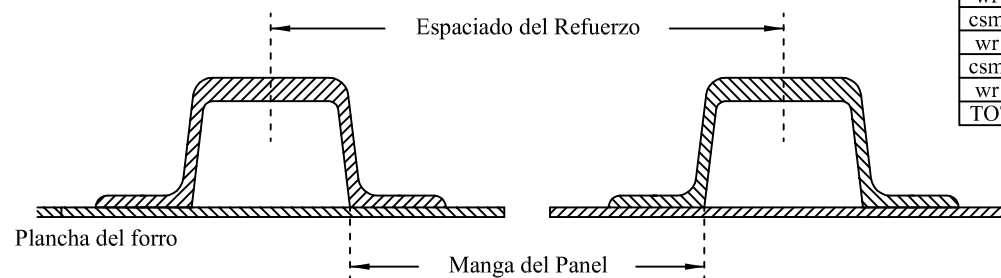
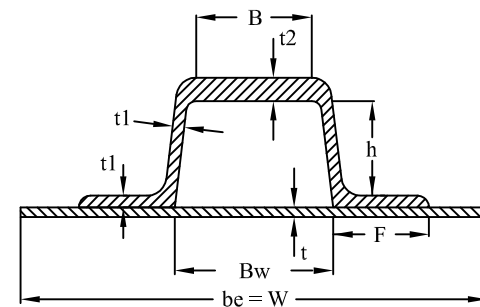
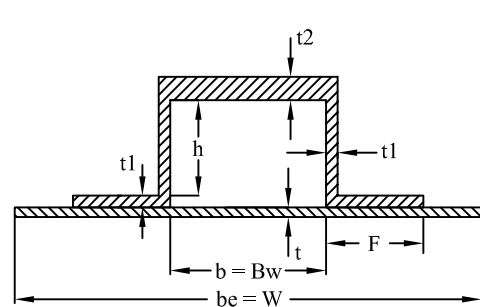
Laminado del Costado		
Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
csm 600	600	1.12
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 600	600	0.59
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
TOTAL	5200	7.01

Laminado de la Quilla		
Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
csm 450	450	0.84
wr 450	450	0.45
csm 450	450	0.84
wr 600	600	0.59
csm 450	450	0.84
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 600	600	0.59
csm 600	600	1.12
wr 800	800	0.79
csm 600	600	1.12
wr 800	800	0.79
TOTAL	7800	10.65

Laminado de la Roda		
Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
csm 600	600	1.12
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 800	800	0.79
csm 450	450	0.84
wr 600	600	0.59
csm 450	450	0.84
wr 600	600	0.59
csm 450	450	0.84
wr 450	450	0.45
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
TOTAL	7350	9.94

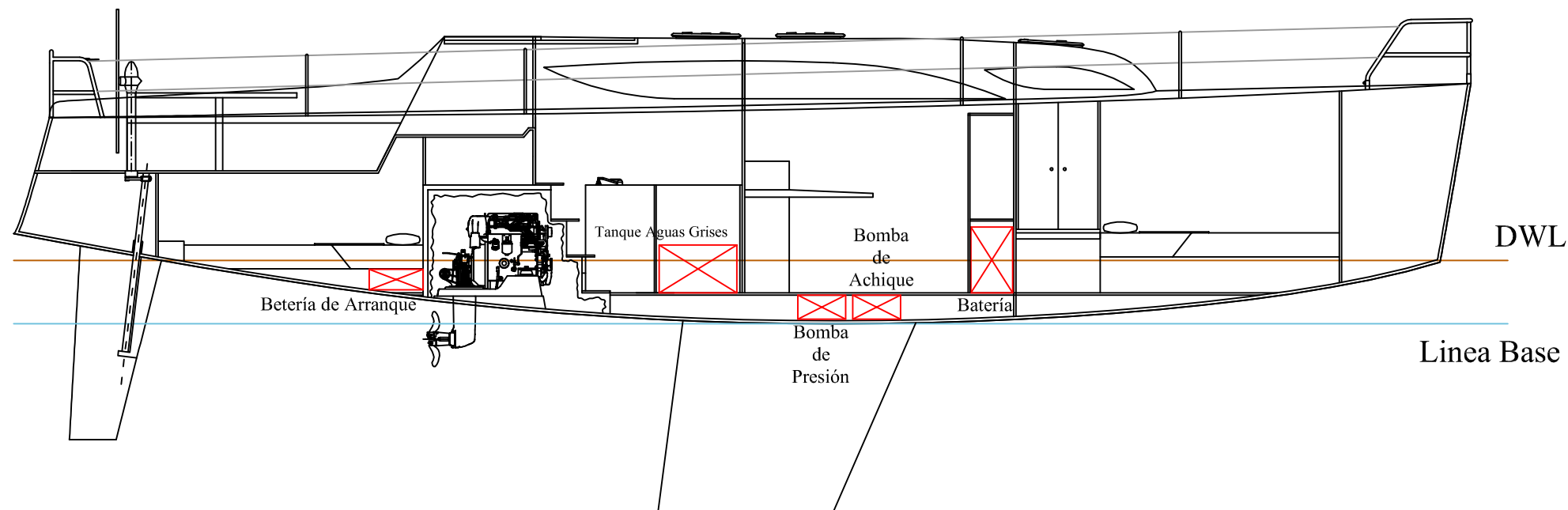
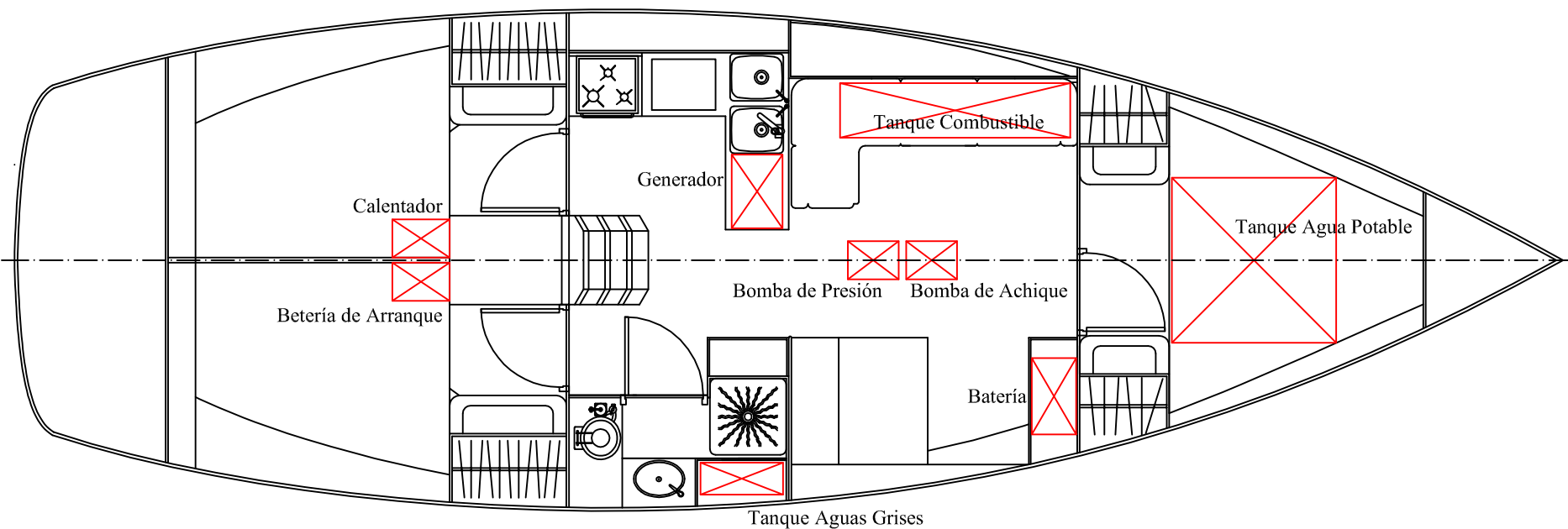
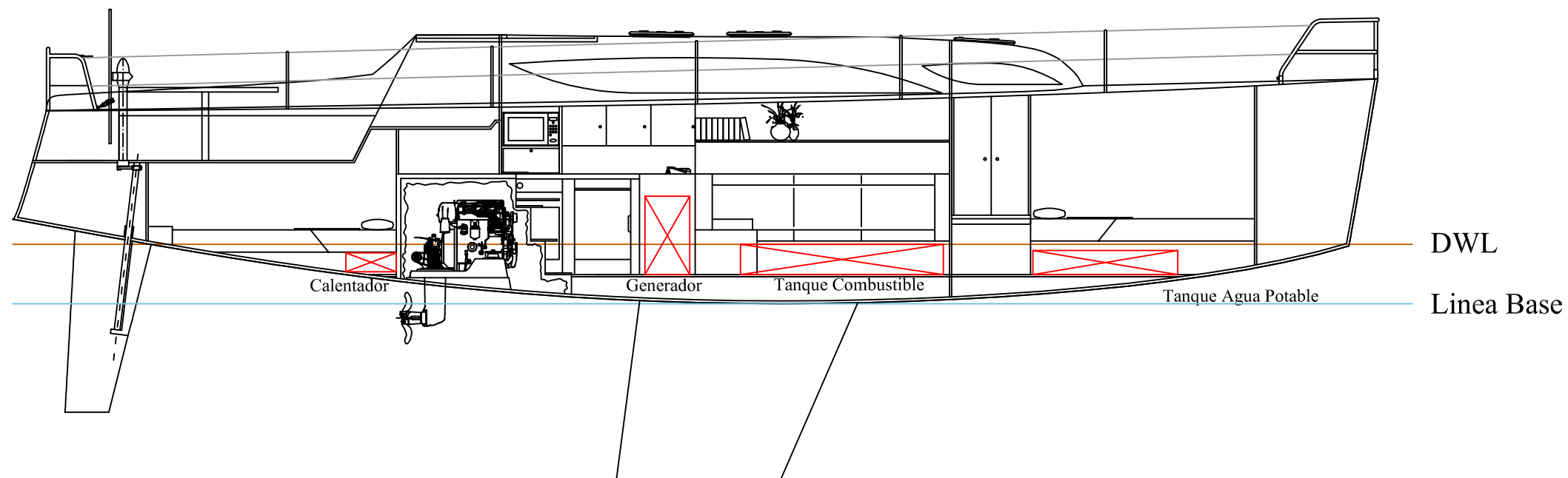
Laminado de la Cubierta		
Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
csm 450	450	0.84
wr 450	450	0.45
csm 300	300	0.56
wr 600	600	0.59
csm 300	300	0.56
wr 450	450	0.45
csm 450	450	0.84
wr 800	800	0.79
TOTAL	4550	6.10

t, es el espesor de capa



Refuerzos	t (mm)	h (mm)	F (mm)	Bw (mm)	W (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	SM (cm3)	I (cm4)
Varengas	4.46	60	40	70	159	6	12	83.53	382.54
Cuadernas	7.01	60	40	70	210	6	12	78.57	426.87
Longitudinales de fondo	4.46	60	40	70	159	4	8	49.38	224.09
Longitudinales de costado	7.01	50	30	60	200	3	6	26.65	126.92
Bulárcamas de centro	4.46	50	30	50	139	12	24	152.48	712.22
Bulárcamas laterales	7.01	50	30	60	200	12	24	167.36	878.33
Baos de cubierta	6	50	30	40	160	5	10	34.55	159.78
Vagras de cubierta	6	120	90	140	260	6	12	299.04	2705.64

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL	
Autor: Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala: 1 / 80	
Fecha: 05 de Septiembre de 2009	PLANO DE ESCANTILLONADO
Nº de Plano: 8	

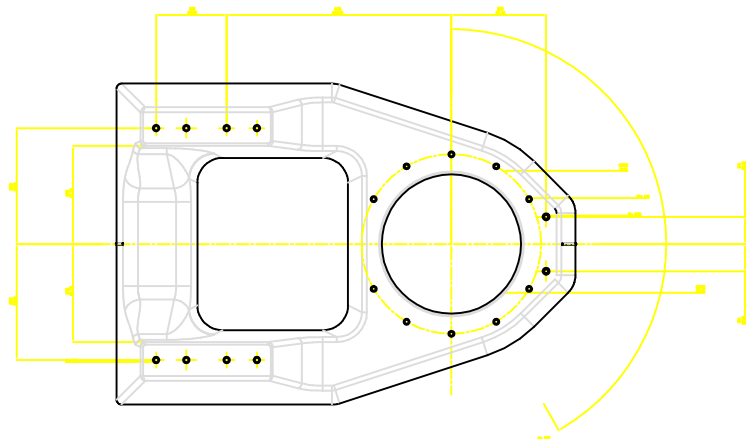
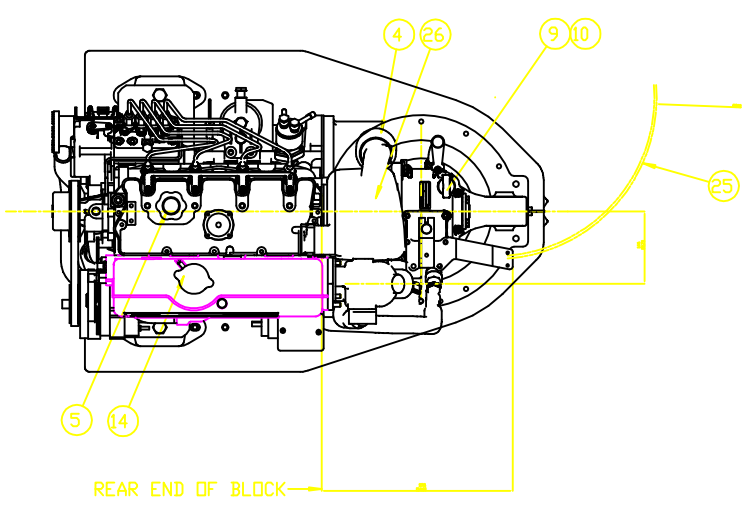
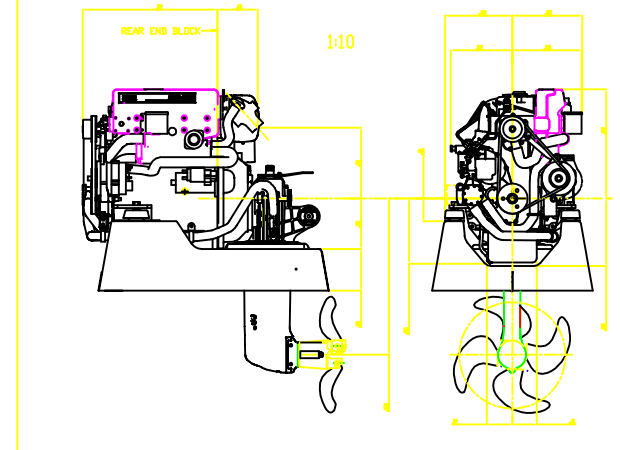
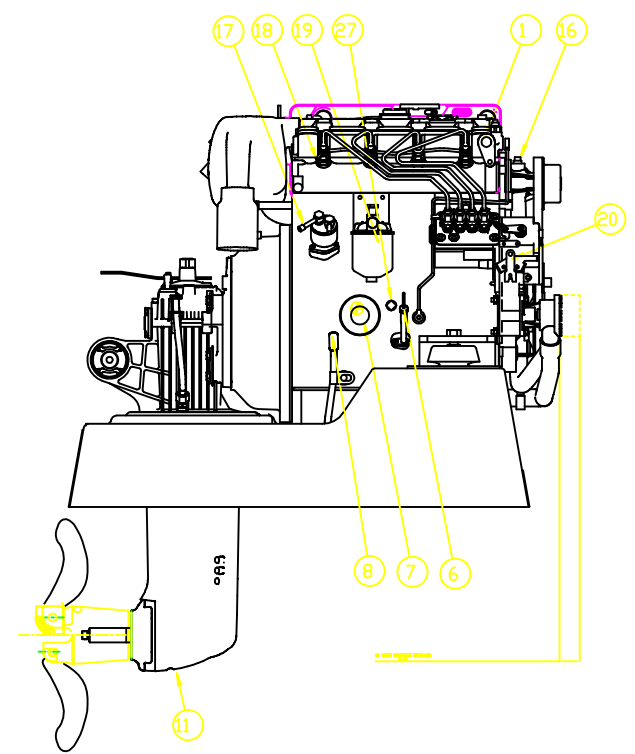
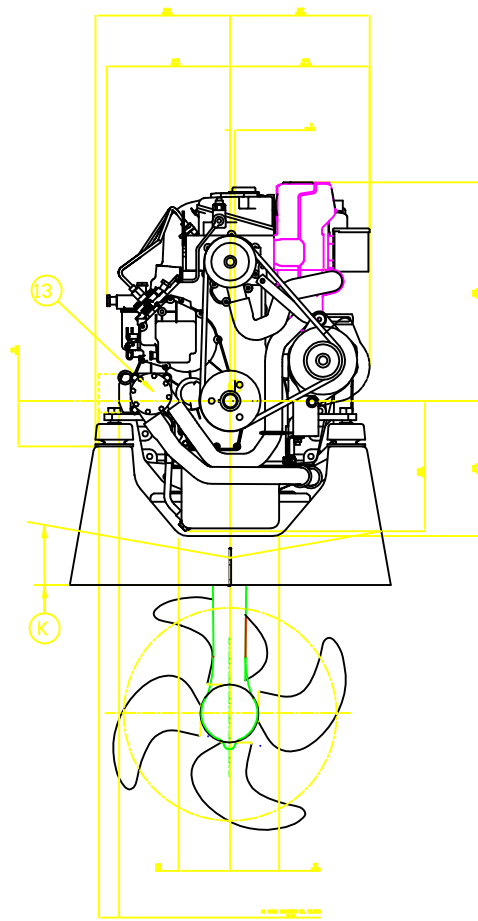
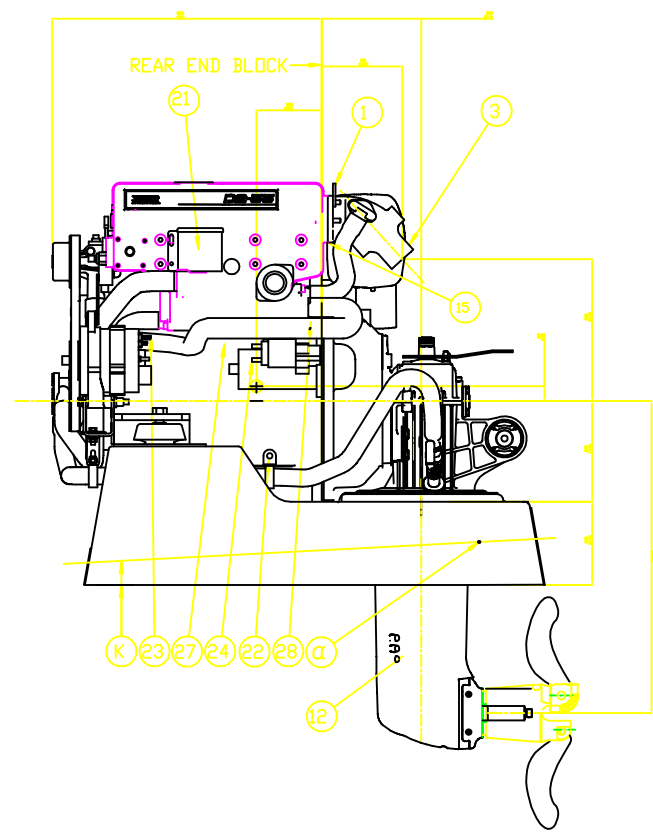


Eslora Total (Loa)	12.19 mt
Eslora de Flotación (Lwl)	10.70 mt
Manga Máxima (Bmáx)	3.95 mt
Calado Total (Tmáx)	2.10 mt
Calado de Casco (Tc)	0.53 mt
Desplz. Diseño (Ad)	9548 Kg
Desplz. Rosca (Ar)	8900 Kg
Lastre	2700 Kg
Tanque de Agua Potable	360 l
Tanque de Combustible	210 l
Número de Pasajeros	6
Potencia de Motor	55 CV

Los calados, Tmáx y Tc, están referidos al desplazamiento de diseño

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL

Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 50	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE TANQUES Y EQUIPOS
Nº de Plano:	9	

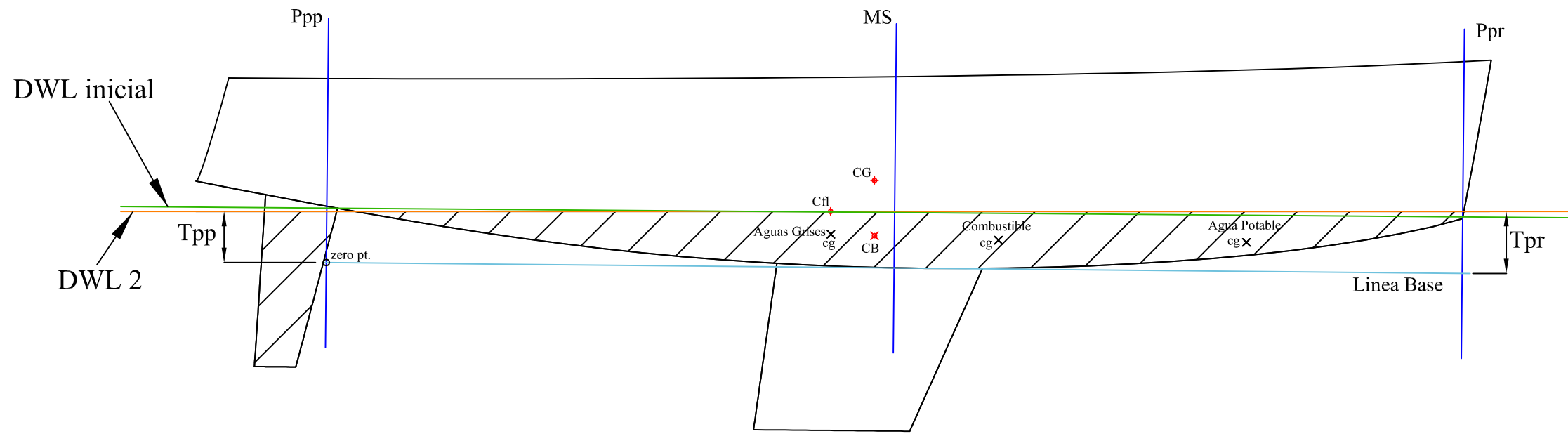


- (K) LOWER EDGE TO BE CUT ACC. TO HULL FORM
- α REF POINT. SEE INST HANDBOOK PUBL No 5292
- 1 LIFTING EYE
- 3 EXHAUST ELBOW FOR HOSE I.D 57
- 4 AIR FILTER
- 5 OIL FILLING
- 6 OIL DIPSTICK ENGINE
- 7 OIL FILTER
- 8 OIL DRAIN FOR PUMP, ENGINE
- 9 OIL DIPSTICK S-DRIVE
- 10 OIL FILLER CAP S-DRIVE
- 11 OIL DRAIN S-DRIVE
- 12 WATER INLET
- 13 SEA WATER PUMP
- 14 WATER FILLER CAP FRESH WATER
- 15 HEAT WATER OUTLET
- 16 HEAT WATER INLET
- 17 FUEL CONNECTION FOR HOSE I.D 9
- 18 FUEL RETURN CONNECTION FOR HOSE I.D 9
- 19 FUEL FILTER
- 20 SPEED CONTROL LEVER
- 21 CONNECTION BOX FOR EXTENTION CABLE
- 22 BATTERY MINUS (-) CONNECTION
- 23 PLUS (+) CONNECTION FOR CHARGING DIS TRIBUTOR
- 24 STARTER BATTERY PLUS (+) CONNECTION
- 25 CONTROL CABLE
- 26 AIR INLET SILENCER
- 27 WATER DRAIN, FRESH WATER
- 28 WATER DRAIN, SEA WATER

SCALE 1:5

<p>VOLVO PENTA</p>		<p>ENGINE DIMENSIONS D2-55 / 130S</p>	<p>Escator 145</p>
<p>3591365</p>	<p>01</p>	<p>1:10</p>	<p>1:10</p>

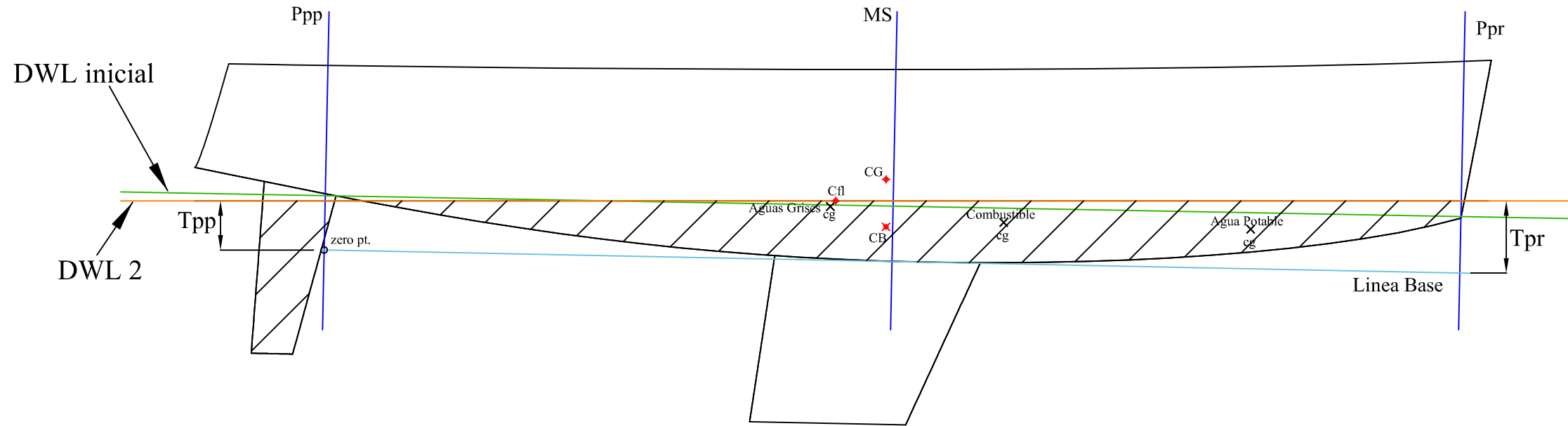
Condición Mínima Operativa



Carga Mínima Operativa	
Peso	9446 Kg
Asiento (+, Hacia Pp)	-0,103 m
Tpp	0,482 m
Tpr	0,584 m

DWL 2, Es la flotación resultante tras cargar el barco en la condición correspondiente

Condición de Máxima Carga



Carga Máxima	
Peso	10340 Kg
Asiento (+, Hacia Pp)	-0,217 m
Tpp	0,464 m
Tpr	0,681 m

E. U. DE INGENIERÍA TÉCNICA NAVAL

Autor:	Javier Bolaños García	VELERO DE CRUCERO DE 12 METROS DE ESLORA Y 220000 € DE PVP
Escala:	1 / 50	
Fecha:	05 de Septiembre de 2009	PLANO DE FLOTACION DE EQUILIBRIO EN LAS DISTINTAS CONDICIONES DE CARGA
Nº de Plano:	11	

