

Diseño de velero oceánico con orza abatible

Trabajo Final de Master (Master Thesis)



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:
Raúl Rodríguez Martínez

Dirigido por:
Inmaculada Ortigosa Barragán

Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Barcelona, 05/07/2022

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica

Versión	Fecha	Modificaciones
1	11/02/22	Creación del documento
2	30/06/22	Revisión 0
3	05/07/22	Revisión 1

Escrito por:	
Autor/a:	Raúl Rodríguez Martínez
Fecha:	05/07/2022

Revisado y aprobado por:	
Tutor/a:	Inmaculada Ortigosa Barragán
Fecha:	05/07/2022
Revisado y aprobado por:	
Co-Tutor/a:	
Data:	

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia, que me ha dedicado todo tiempo y esfuerzo con tal de educarme y formarme lo mejor posible como profesional y como persona.

También a los profesores y compañeros que he tenido en la universidad, por haberme ayudado a mantener la pasión por esta disciplina.

Resumen

El siguiente trabajo tiene como objetivo el diseño de un velero oceánico cuyo casco está fabricado mediante aluminio naval y que dispone de orza abatible.

Este tipo de veleros tienen unas características diferenciadoras y en el proyecto se trata de analizarlas y comprobar su viabilidad.

En los capítulos de este trabajo se desarrollan las principales características del diseño.

Se realiza el diseño de la embarcación en base principalmente al cumplimiento de las normas ISO-UNE.

También se analizan los puntos más críticos de este tipo de embarcaciones y su comportamiento en el mar.

Los principales cálculos de arquitectura naval se realizan mediante el software informático MAXSURF y sus respectivos módulos. Los planos generales y de detalle se realizan mediante AutoCAD.

Abstract

The objective of the following work is the design of an oceanic sailboat whose hull is made of aluminum and has a folding daggerboard.

This type of sailboats has differentiating characteristics and it is what is analyzed and verified to perform their viability.

The main characteristics of the design are developed in the chapters of this work.

The design of the boat is carried out based on compliance mainly with ISO-UNE standards.

The most critical points of this type of vessel and its behavior at sea are also analyzed.

The main naval architecture calculations are carried out using the MAXSURF computer software and its respective modules. The plans are made using AutoCAD.

Barcelona, 20/5/2022

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
TABLA DE CONTENIDOS	V
LISTADO DE FIGURAS	VIII
LISTADO DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1. MEMORIA EXPLICATIVA	1
1.1. PRESENTACIÓN	1
1.1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.2. TEORÍA E HISTORIA DE VELEROS DE ALUMINIO	1
1.1.3. DISEÑOS DE VELEROS CON ORZA MÓVIL	2
1.2. METODOLOGÍA	3
1.2.1. SOFTWARE UTILIZADO	4
1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	4
1.4. NORMATIVA APLICADA	4
CAPÍTULO 2. DIMENSIONAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN.	7
2.1. INTRODUCCIÓN	7
2.2. ESTUDIO PRELIMINAR – ESTADÍSTICO	7
2.2.1. ANÁLISIS MEDIANTE REGRESIONES	8
2.3. DIMENSIONES INICIALES	16
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LAS FORMAS, LOS APÉNDICES: ORZA Y TIMÓN.	18
3.1. INTRODUCCIÓN	18
3.2. DISEÑO DE LA CARENA MEDIANTE MAX SURF	18
3.3. PESOS Y DESPLAZAMIENTO	20
3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS APÉNDICES	22
CAPÍTULO 4. DISPOSICIÓN GENERAL	33

4.1. INTRODUCCIÓN.....	33
4.2. DISPOSICIÓN INTERIOR.....	33
4.3. DISEÑO DE EXTERIORES.....	37
4.4. DEPÓSITOS.....	38
CAPÍTULO 5. SISTEMAS	39
5.1. INTRODUCCIÓN.....	39
5.2. SISTEMA ELÉCTRICO Y SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA CORROSIÓN.....	39
5.3. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN DE LA EMBARCACIÓN.....	41
5.4. SISTEMA DE AGUA.....	43
5.5. SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	43
5.6. SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES.....	44
5.7. SISTEMA HIDRÁULICO.....	44
CAPÍTULO 6. RESISTENCIA AL AVANCE Y SISTEMA DE PROPULSIÓN.	46
6.1. INTRODUCCIÓN.....	46
6.2. BASE DEL ANÁLISIS.....	46
6.3. SELECCIÓN DE LA HÉLICE.....	53
6.4. AUTONOMÍA.....	57
CAPÍTULO 7. PLANO VÉLICO Y ARBOLADURA.	58
7.1. INTRODUCCIÓN.....	58
7.2. DISEÑO DEL PLANO VÉLICO.....	58
7.3. DISEÑO DEL APAREJO.....	59
7.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA JARCIA.....	60
7.5. DIMENSIONAMIENTO DEL MÁSTIL.....	66
7.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA BOTAVARA.....	67
7.7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CRUCETAS.....	69
CAPÍTULO 8. CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.	71
8.1. INTRODUCCIÓN.....	71
8.2. CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.....	72
8.2.1. CÁLCULO DE FACTORES DE AJUSTE DE LA PRESIÓN.....	72
8.2.2. CÁLCULO DE PRESIONES.....	75
8.2.3. REQUISITOS DE LOS ELEMENTOS DE REFUERZO.....	78
8.2.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CASCO.....	79
8.2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REFUERZOS TRANSVERSALES PRINCIPALES.....	81

8.2.6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES DE FONDO.....	83
8.2.7. DIMENSIONAMIENTO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES DE COSTADO.....	85
8.3. PESO DEL CASCO.....	87
CAPÍTULO 9. CÁLCULOS DE INGENIERÍA NAVAL.	90
9.1. INTRODUCCIÓN.....	90
9.2. CRITERIOS INICIALES	90
9.3. CONDICIONES DE CARGA	92
9.4. REQUISITOS.....	97
9.4.1. APERTURAS INUNDABLES.	97
9.4.2. ALTURA DE INUNDACIÓN.....	97
9.4.3. ANGULO DE INUNDACIÓN (ΦD)	97
9.4.4. ENERGÍA MÍNIMA DE ADRIZAMIENTO	98
9.4.5. ANGULO DE ESTABILIDAD NULA ($\Phi V(R)$)	98
9.4.6. ÍNDICE DE ESTABILIDAD (STIX).....	98
9.4.7. DETECCIÓN Y ACHIQUE DEL AGUA	98
9.5. RESULTADOS.....	98
9.6. OTROS.....	107
9.6.1. CARACTERÍSTICAS PARA MARGEN DE DESPLAZAMIENTOS.	107
9.6.2. CURVAS KN.....	108
CAPÍTULO 10. CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	112
CAPÍTULO 11. ANEXOS	113
11.1. ANEXO I. DISTRIBUCIÓN DE PESOS.....	113
11.2. ANEXO II. LISTADO DE EMBARCACIONES ANALIZADAS	119
CAPÍTULO 12. PLANOS	125

Listado de Figuras

Figura 1. Espiral genérica de diseño del buque	3
Figura 2. Regresión de distribución $Disp = f(L_{OA})$	8
Figura 3. Regresión de distribución $L_{WL} = f(L_{OA})$	9
Figura 4. Regresión de distribución $Ballast = f(L_{OA})$	9
Figura 5. Regresión de distribución $Beam = f(L_{OA})$	10
Figura 6. Regresión de distribución $SA = f(L_{OA})$	10
Figura 7. Regresión de distribución $Ballast = f(Disp)$	11
Figura 8. Regresión de distribución $Disp = f(L_{OA})$ (Aluminio)	12
Figura 9. Regresión de distribución $L_{WL} = f(L_{OA})$ (Aluminio)	13
Figura 10. Regresión de distribución $Ballast = f(L_{OA})$ (Aluminio)	13
Figura 11. Regresión de distribución $Beam = f(L_{OA})$ (Aluminio)	14
Figura 12. Regresión de distribución $Ballast = f(Disp)$ (Aluminio)	14
Figura 13. Vista perspectiva del diseño	19
Figura 14. Curva de áreas	19
Figura 15. Taper ratio y ángulo de barrido optimos.	24
Figura 16. Incremento del arrastre en función de Taper ratio y relación de aspecto.	24
Figura 17. Perfil NACA-63015 de la orza	25
Figura 18. Coeficiente de sustentación C_L en función del ángulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-63015.	26
Figura 19. Coeficiente de arrastre C_D en función del ángulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-63015	27
Figura 20. Perfil NACA-0009 de los timones	28
Figura 21. Coeficiente C_L en función del angulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-0009	28
Figura 22. Coeficiente C_D en función del angulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-0009	29

Figura 23. Detalles de pala y eje de un timón	32
Figura 24. Resistencia al avance mediante Maxsurf Resistance	49
Figura 25. Curva B_p - δ hélices B3-50 series Wageningen	53
Figura 26. Características del motor principal	55
Figura 27. Curva de potencia del motor	55
Figura 28. Curva de par del motor	56
Figura 29. Curva de consumo del motor	57
Figura 30. Distintos casos para el cálculo de jarcia.	60
Figura 31. Representación de fuerzas en diferentes alturas del mástil.	62
Figura 32. Denominación de obenques y ángulos respectivos.	63
Figura 33. Cargas de rotura para cable trenzado 1x19	65
Figura 34. K_L en función de la posición longitudinal.	73
Figura 35. Valores de KAR mínimos para categoría de diseño A.	73
Figura 36. Dimensión h_B para el cálculo de presión.	77
Figura 37. Vista en perspectiva de la estructura principal	81
Figura 38. Detalle del refuerzo transversal. Varenga	83
Figura 39. Detalle del refuerzo longitudinal de fondo	85
Figura 40. Detalle del refuerzo longitudinal de costado.	87
Figura 41. Disposición de los tanques en perspectiva	91
Figura 42. Disposición de los tanques en planta	92
Figura 43. Grafica de límites de alturas de inundación. CAT. A y B.	97
Figura 44. Grafica GZ para Condición mínima operativa " m_{MO} "	100
Figura 45 Grafica GZ para Carga máxima " m_{LDC} "	101
Figura 46. Grafica GZ para Condición de Llegada en carga " m_{LA} "	103
Figura 47. Grafica GZ para Condición mínima operativa con orza intermedia " $m_{MO,50\%}$ "	105
Figura 48. Grafica GZ para Condición mínima operativa con orza elevada " $m_{MO,0\%}$ "	106
Figura 49. Curvas KN con apéndices.	109

Listado de tablas

Tabla 1. Ecuaciones de regresiones para todo tipo de materiales	11
Tabla 2. Ecuaciones con mejor R^2	12
Tabla 3. Ecuaciones de regresiones para embarcaciones de aluminio	15
Tabla 4. Ecuaciones con mejor R^2 para embarcaciones de aluminio	15
Tabla 5. Dimensiones resultantes para todo tipo de casco	15
Tabla 6. Dimensiones resultantes para cascos de aluminio.....	16
Tabla 7. Datos hidrostáticos del modelado de formas	22
Tabla 8. Coeficientes del Delft Serie III.....	47
Tabla 9. Rangos de aplicación de las series Delft.....	48
Tabla 10. Comprobación de valores de las series Delft	48
Tabla 11. Valores de Resistencia al avance mediante Maxsurf Resistance	50
Tabla 12. Coeficientes del Delft para apéndices	50
Tabla 13. Dimensiones del aparejo	59
Tabla 14. Medidas de dimensiones y ángulos de los obenques	63
Tabla 15. Tensiones de los obenques	64
Tabla 16. Cargas máxima admisibles y factor de seguridad utilizado de obenques.....	64
Tabla 17. Medidas de dimensiones y ángulos de los estáis.....	64
Tabla 18. Cargas máximas admisibles para estáis.....	65
Tabla 19. Comprobación de selección de jarcia fija.....	66
Tabla 20. Perfiles de Botavaras ZSPARS	68
Tabla 21. Datos iniciales para el cálculo del escantillonado	72
Tabla 22. Características de los refuerzos transversales primarios	80
Tabla 23. Características de los refuerzos longitudinales de costado	80
Tabla 24. Características de los refuerzos longitudinales de fondo.....	81

Tabla 25. Características de los componentes del refuerzo transversal.....	82
Tabla 26. Características del refuerzo transversal.	82
Tabla 27. Características de los componentes del refuerzo longitudinal de fondo.....	84
Tabla 28. Características del refuerzo longitudinal de fondo.	84
Tabla 29. Características de los componentes del refuerzo longitudinal de costado.....	86
Tabla 30. Características del refuerzo longitudinal de costado.	86
Tabla 31. Elementos del casco	89
Tabla 32. Características de los tanques	91
Tabla 33. Condición de carga mínima operativa “ m_{MO} ”	93
Tabla 34. Condición de carga máxima “ m_{LDC} ”	95
Tabla 35. Condición de llegada en carga “ m_{LA} ”	96
Tabla 36. Resultados para Condición mínima operativa “ m_{MO} ”	99
Tabla 37. Resultados para Carga máxima “ m_{LDC} ”	101
Tabla 38. Resultados para Condición de llegada en carga “ m_{LA} ”	103
Tabla 39. Resultados para Condición mínima operativa con orza intermedia “ $m_{MO,50\%}$ ”	104
Tabla 40. Resultados para Condición mínima operativa con orza elevada “ $m_{MO,0\%}$ ”	106
Tabla 41. Características en función del desplazamiento	108
Tabla 42. Características KN con apéndices.	109
Tabla 43. Comparativa resumen de condiciones de carga	110
Tabla 44. Listado de planos	125

CAPÍTULO 1. Memoria explicativa

1.1. Presentación

1.1.1. Introducción

La motivación de este proyecto se basa en el reto de diseñar una embarcación propulsada a vela con cualidades de navegación oceánica destinada al crucero de largas singladuras.

El potencial cliente es un armador con la idea de realizar travesías oceánicas, con la autonomía y comodidad suficientes para tal fin. La tripulación, dado que no se va a diseñar como una embarcación dedicada al chárter, es de 6 personas para esta categoría de navegación.

Se busca, por lo tanto, en el diseño una embarcación sólida para hacer frente a condiciones de viento y mar presente en todo tipo de mar y se ha elegido como material para su casco el aluminio naval, por considerarse adecuado para estos requisitos.

Siendo el calado del velero una característica que limita la capacidad de navegación en aguas someras o aguas afectadas por mareas que puedan provocar el descenso de niveles del mar, se diseña la siguiente embarcación con una orza abatible.

1.1.2. Teoría e historia de veleros de aluminio

Durante los últimos 40 años en los que el diseño de los veleros de crucero ha evolucionado y hoy en día la construcción mediante PRFV se ha hecho con el mercado, los veleros de aluminio también han tenido su mercado.

Las cualidades del aluminio han evolucionado en los últimos años y las aleaciones presentes son muy resistentes al ambiente marino. También la evolución de las pinturas y su aplicación han hecho que los veleros de aluminio sean una opción muy válida.

Atrás quedan los días en los que la corrosión en el aluminio era difícil de controlar y los problemas de condensación se convertían en sufrimiento para los armadores.

Los sistemas de control de protección catódica pueden predecir muy anticipadamente algún problema latente que pueda producir corrosión en el casco. Un correcto aislamiento interno evita los problemas de condensación en climas tropicales.

Los cascos de aluminio también penalizaban el diseño de esloras pequeñas y medianas en los que el desplazamiento era muy superior al de las embarcaciones de PRFV.

La evolución y el uso de sistemas informáticos han favorecido que estructuralmente el casco de aluminio pueda competir con la fibra de vidrio en peso.

Como ventajas del aluminio se puede destacar las siguientes:

- La deformación que sufre por impactos los hace más resistente ante varadas involuntarias o el choque con OFNIs u fauna marina.
- Existe la posibilidad de realizar una varada sin apoyos si el diseño lo considera.
- Los posibles defectos que se puedan generar ante un impacto son visibles.
- Las reparaciones son más sencillas, aunque las características del aluminio exigen una soldadura muy controlada.
- El reciclaje del casco al finalizar la vida útil de la embarcación ofrece una ventaja sobre otros materiales para los que no existe actualmente un método eficiente para su reciclaje.
- No existe la problemática de los problemas de hidrólisis del PRFV.
- No son necesarios moldes para su fabricación.

Entre los aspectos importantes a tener en cuenta o peculiaridades del aluminio podemos destacar.

- Condensación. El casco debe estar aislado para evitar condensaciones, especialmente con este material de construcción debido a su poco aislamiento térmico.
- Corrosión. La corrosión al aluminio debe controlarse desde el diseño del proyecto hasta toda la vida útil de la embarcación en la que deberá vigilarse
- Pintura. Hay que tomar especial precaución en cuanto a las tareas de pintura del aluminio, el cual, requiere de unas condiciones y materiales especiales si se quiere buscar un buen acabado y adherencia longeva.
- Soldadura. La soldadura, definida en el apartado correspondiente a la fabricación de la norma ISO se debe realizar por especialistas y con materiales y procesos estandarizados.
- Fabricación de largas series. No es una característica que aporte ventaja a este tipo de embarcaciones, aunque los planos de fabricación puedan ser utilizados para una serie de veleros iguales abaratando sustancialmente el proceso.

1.1.3. Diseños de veleros con orza móvil

La utilidad de orza se puede definir como con función hidrodinámica y por otro lado con función de estabilidad.

En el primer caso es necesario en rumbos cerrados que el efecto de "lift" compense el efecto provocado en las velas y así se pueda ceñir correctamente. En rumbos más abiertos también sirve para evitar una excesiva deriva.

En el caso de la afectación a la estabilidad, se produce este efecto si esta parte de la embarcación es lastrada.

El lastre de este tipo de veleros puede ser independiente de la orza, ser incluido en la orza o una combinación de ambas.

Con la orza totalmente elevada, se reduce el efecto pivotante de la orza y se evita una posible orzada navegando con mar de popa. Además se reduce notablemente la superficie mojada de la obra viva.

En cuanto a la maniobrabilidad, el diseño de doble timón también ayuda a que aunque la embarcación escore, se tenga capacidad suficiente debido al timón sumergido.

1.2. Metodología

Los capítulos del proyecto representan el cálculo y selección final del diseño de la embarcación, y han sido desarrollados aplicando la técnica de la espiral de diseño.

En la siguiente Figura 1 se puede apreciar el proceso seguido.



Figura 1. Espiral genérica de diseño del buque

Partiendo de un diseño preliminar se ajusta posteriormente después de cada disciplina, el diseño volviendo al inicio y comprobando que los requisitos anteriormente calculados se cumplen. Así se consigue optimizar el diseño.

Por lo tanto el orden de los capítulos aquí representados es el final de una serie de iteraciones y cálculos que han sido necesarios durante el desarrollo.

1. 2.1. Software utilizado

Para el desarrollo de los distintos capítulos se ha utilizado el programa informático Max Surf de Bentley con sus diferentes módulos que principalmente han sido:

- Modeler. Generación de formas.
- Resistance. Cálculo de resistencia al avance.
- Structure. Apoyo al diseño del escantillado.
- Stability. Cálculos de estabilidad.

En paralelo se han realizado los planos en 2 dimensiones mediante el software AutoCAD de Autodesk.

1.3. Especificaciones técnicas.

Los requisitos iniciales como punto de partida en el diseño de la embarcación de este proyecto son:

- Eslora total. Se define inicialmente una eslora total (L_{OA}) de 14,5 metros.
- Categoría y zona de navegación. La embarcación no tiene limitaciones en la zona de navegación, por lo tanto, según la norma ISO, se le asigna una Categoría de navegación A para soportar vientos de fuerza Beaufort igual o menor a 10 y alturas de ola correspondientes de aproximadamente 7 m, y sobrevivir en las más severas condiciones.
- Tripulación. La tripulación para la categoría A es de 6 personas.
- Otros. Diseño con orza abatible para acceso a aguas poco profundas.

1.4. Normativa aplicada

El diseño de la embarcación se va a realizar cumpliendo con los estándares de las normas españolas y europeas UNE-EN-ISO que son válidas para embarcaciones propulsadas a vela de hasta 24 metros.

Se han consultado la información disponible en sociedades de clasificación, así como las normas publicadas por el ministerio de fomento en forma de órdenes ministeriales y las normas internacionales para comprobar el cumplimiento del reglamento prevenciones de riesgo de

abordajes y el convenio MARPOL que controla la prevención contaminación en el medio marino provocado por buques.

Se citan a continuación las normas aplicadas:

- UNE-EN ISO 12215-5: Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 5: Presiones de diseño, tensiones de diseño y determinación del escantillón

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

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 o acero, de madera encolada o de cualquier otro material conveniente para la construcción de embarcaciones de una eslora de casco (L_H), comprendida entre 2,5 m y 24 m, determinada de acuerdo con la Norma ISO 8666. Esta norma solo se aplica a las embarcaciones en estado intacto.

Solo se debe aplicar a las embarcaciones que tengan una velocidad máxima de ≤ 50 nudos en condiciones de carga máxima (mLDC).

- UNE-EN ISO 12215-6: Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 6: Dispositivos estructurales y detalles de construcción.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta parte de la Norma ISO 12215 concierne a los detalles y componentes estructurales que no estén incluidos explícitamente en las Normas ISO 12215-5, ISO 12215-7, ISO 12215-8 e ISO 12215-9.

Esta norma se aplica a las pequeñas embarcaciones, tanto monocascos como multicascos, construidas con plástico reforzado con fibra (FRP), aluminio o aleaciones ligeras de acero, madera u otros materiales adecuados para construir una embarcación, con una eslora de casco, de acuerdo con la Norma ISO 8666, de hasta 24 m.

Esta parte de la Norma ISO 12215 cumple dos funciones. Por una parte, ofrece un soporte a la Norma ISO 12215-5 facilitando aclaraciones complementarias y cálculos de procedimientos y formulas.

Por otra parte, ofrece un buen número de ejemplos de disposiciones y detalles estructurales que muestran los principios de buena práctica.

Estos principios dan una norma que puede tomarse como referencia frente a otras disposiciones y detalles estructurales alternativos, utilizando los criterios de equivalencia que se especifican en esta parte de la Norma ISO 12215.

- UNE-EN ISO 12215-9: Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y Escantillonado. Parte 9: Veleros. Apéndices y puntos de amarre.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta parte de la norma 12215 define las cargas y especifica los escantillones de los apéndices de las embarcaciones de las naves monocasco con una eslora, LH de hasta 24 m, medida de acuerdo con la norma ISO 8666. Proporciona:

Los esfuerzos de diseño

Los componentes estructurales a evaluarse

Los casos de carga y las cargas de diseño de la quilla orza y sus adjuntos

Los métodos de cálculo y guía de modelado y los medios para el cumplimiento de sus disposiciones.

- UNE-EN ISO 12217-2: Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de estabilidad y la flotabilidad. Parte2: Embarcaciones de propulsión a vela de eslora superior a 6 m.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta parte de la Norma UNE-EN ISO 12215 especifica requisitos para los materiales del núcleo para uso estructural y materiales que están integrados en construcción tipo sándwich. Es aplicable a pequeñas embarcaciones con una eslora del casco (L_H) de acuerdo con la Norma ISO 8666 de hasta 24 m.

- Real Decreto 339/2021, de 18 de mayo, por el que se regula el equipo de seguridad y de prevención de la contaminación de las embarcaciones de recreo.
- UNE-EN ISO 12215-8: Timones

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta parte de la Norma ISO 12215 da los requisitos relativos al escantillonado de los timones instalados en pequeñas embarcaciones de una eslora de casco, LH, igual o inferior a 24 m, medida de acuerdo con la Norma ISO 8666. Se aplica solamente a los monocascos.

Esta parte de la Norma ISO 12215 no prescribe los requisitos relativos a las características del timón necesarias para una maniobrabilidad apropiada.

Esta parte de la Norma ISO 12215 tiene solamente en cuenta las cargas de presión que se ejercen sobre el timón debidas a las maniobras de la embarcación. Las cargas sobre el timón o su quilla, cuando exista, producidas por una varada o apoyo en dique, cuando sean relevantes, están fuera del campo de aplicación de esta norma y tienen que considerarse por separado.

- NBS/DNV: Jarcia

Se utiliza la norma NBS para el cálculo de los distintos elementos de la jarcia.

CAPÍTULO 2. Dimensionamiento de la embarcación.

2.1. Introducción.

En el presente capítulo se definen las dimensiones iniciales de la embarcación en base al análisis de embarcaciones similares.

2.2. Estudio preliminar – estadístico.

El dimensionamiento general de la embarcación a diseñar, parte de un estudio estadístico de embarcaciones similares, de los cuales se pueden obtener los datos iniciales desde los que comenzar el diseño.

Se han seleccionado embarcaciones similares y se han extraído los datos más representativos.

Las embarcaciones seleccionadas para que tengan similitud se han mantenido en un rango de esloras con margen de tolerancia. Así, las esloras abarcan longitudes desde 35 a 55 pies para una eslora total del casco (L_{OA}) dada en las condiciones iniciales del casco de 48 pies o 14,5 metros.

Con respecto al tipo de lastre de las embarcaciones, se han seleccionado embarcaciones con quilla de deriva y en algunos casos de orza lastrada.

Otro aspecto importante y que influirá en los datos estadísticos es el material del casco. Se analizan los datos observando diferencias entre materiales de construcción.

Los diseños de las embarcaciones a analizar son posteriores al año 2000, pues se ha considerado importante que el diseño sea lo más contemporáneo debido a la evolución en los veleros de recreo en cuanto a formas y así tener unos valores más ajustados.

Los datos analizados y sus unidades para las embarcaciones que se representan en las gráficas y tablas de este capítulo son:

- Eslora total. L_{OA} (m)
- Eslora de flotación. L_{WL} (m)
- Peso del lastre. *Ballast* (Tn)

- Manga máxima. *Beam*.(m)
- Superficie vélica. *SA* (m²)
- Calado máximo. *Max Draft* (m)
- Calado mínimo. *Min Draft* (m)
- Desplazamiento en rosca. *Disp* (Tn).
- Material de construcción.
- Material de lastre.
- Tipo de casco/lastre.
- Año de construcción (primera unidad).

En el anexo se muestran la tabla correspondiente al estudio de embarcaciones tipo.

2.2.1. Análisis mediante regresiones

Los resultados gráficos y las fórmulas correspondientes se muestran a continuación.

Las fórmulas obtenidas para las regresiones se han realizado a partir de una regresión

Siendo R^2 es el coeficiente de determinación que va de 0 a 1, con valores más cercanos a 1 significa que la recta del modelo se ajusta totalmente a los valores dados; se han considerado como aceptable valores del R superiores a 0,6.

Para todos los tipos de material de construcción.

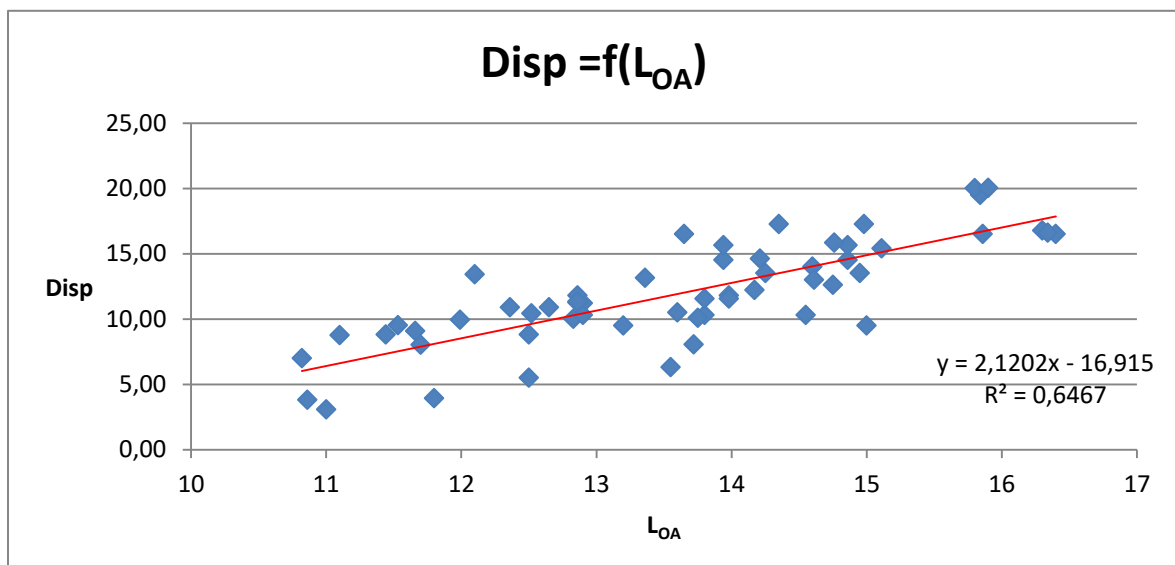


Figura 2. Regresión de distribución $Disp = f(L_{OA})$

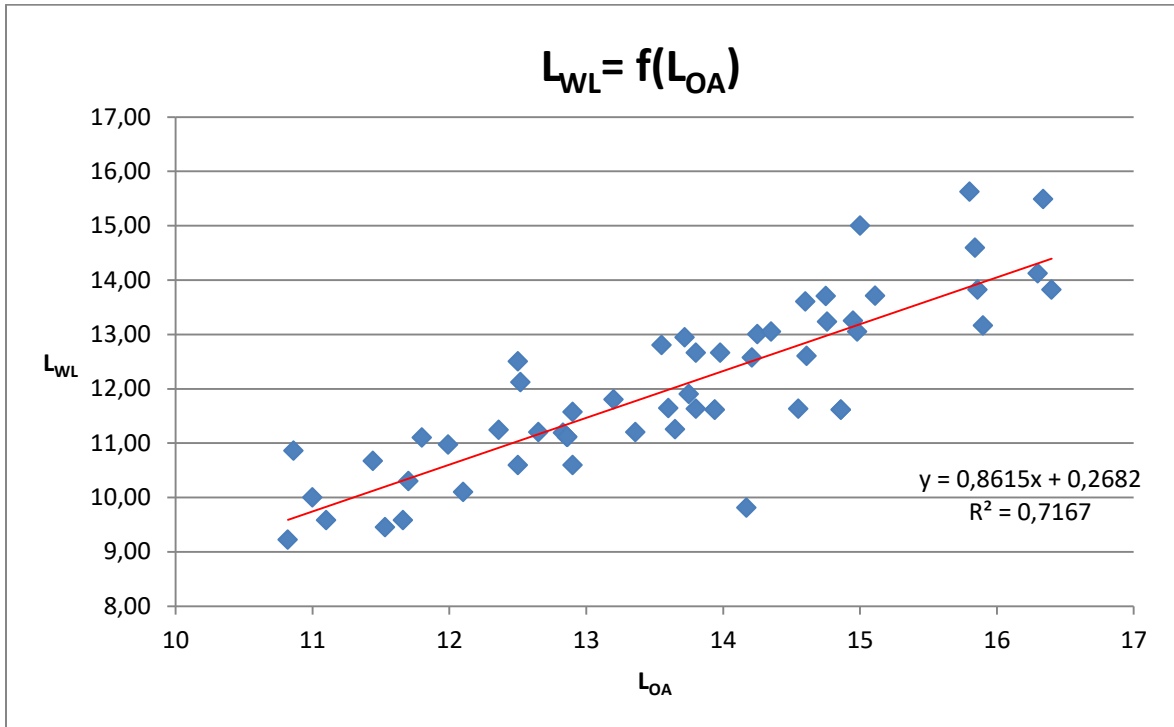


Figura 3. Regresión de distribución $L_{WL} = f(L_{OA})$

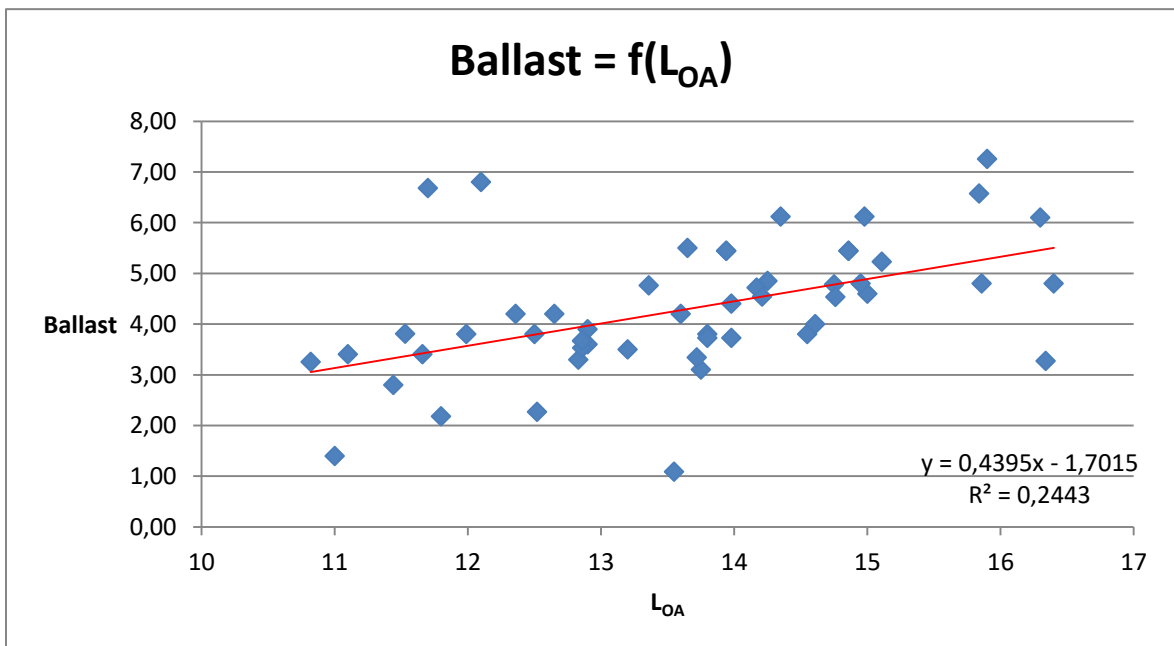


Figura 4. Regresión de distribución $Ballast = f(L_{OA})$

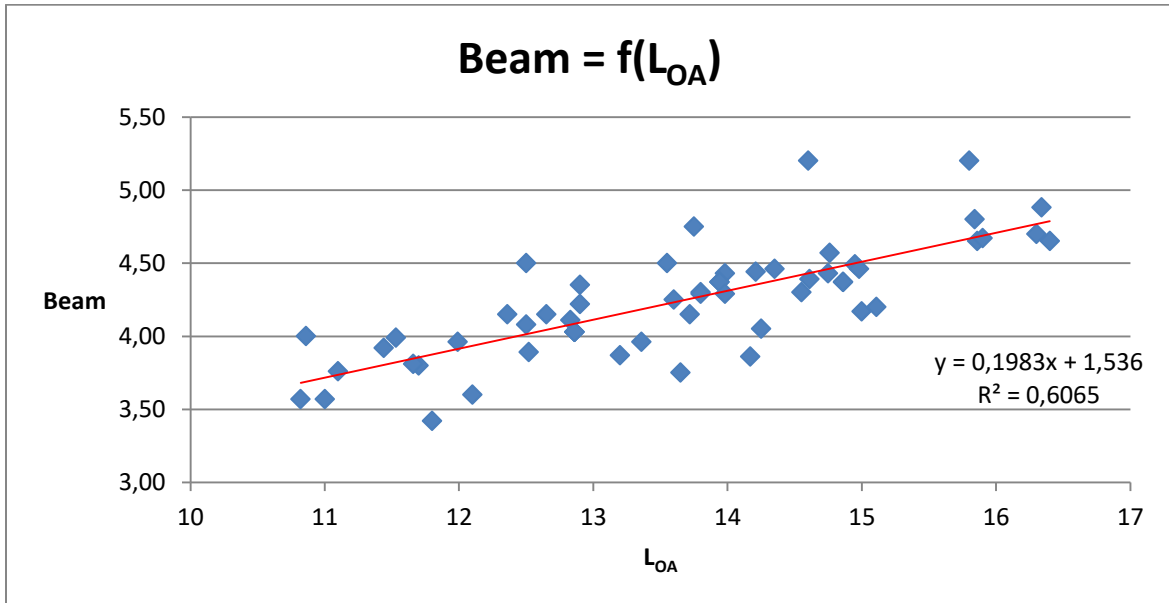


Figura 5. Regresión de distribución Beam = f(L_{OA})

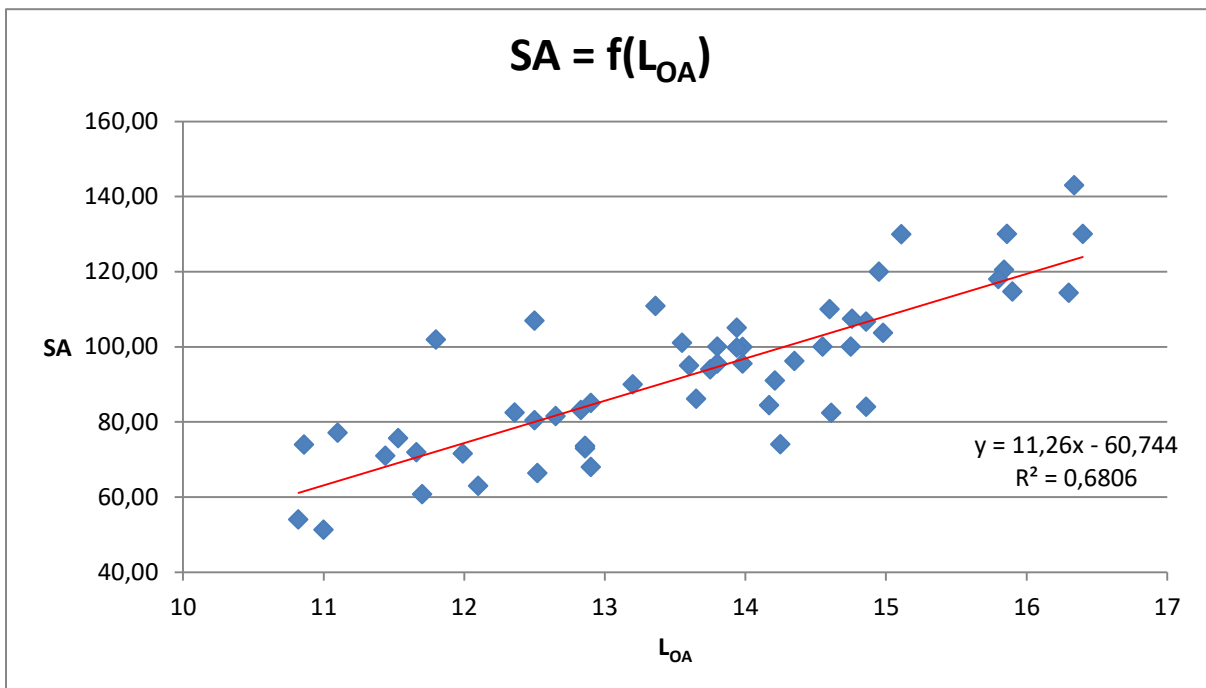


Figura 6. Regresión de distribución SA = f(L_{OA})

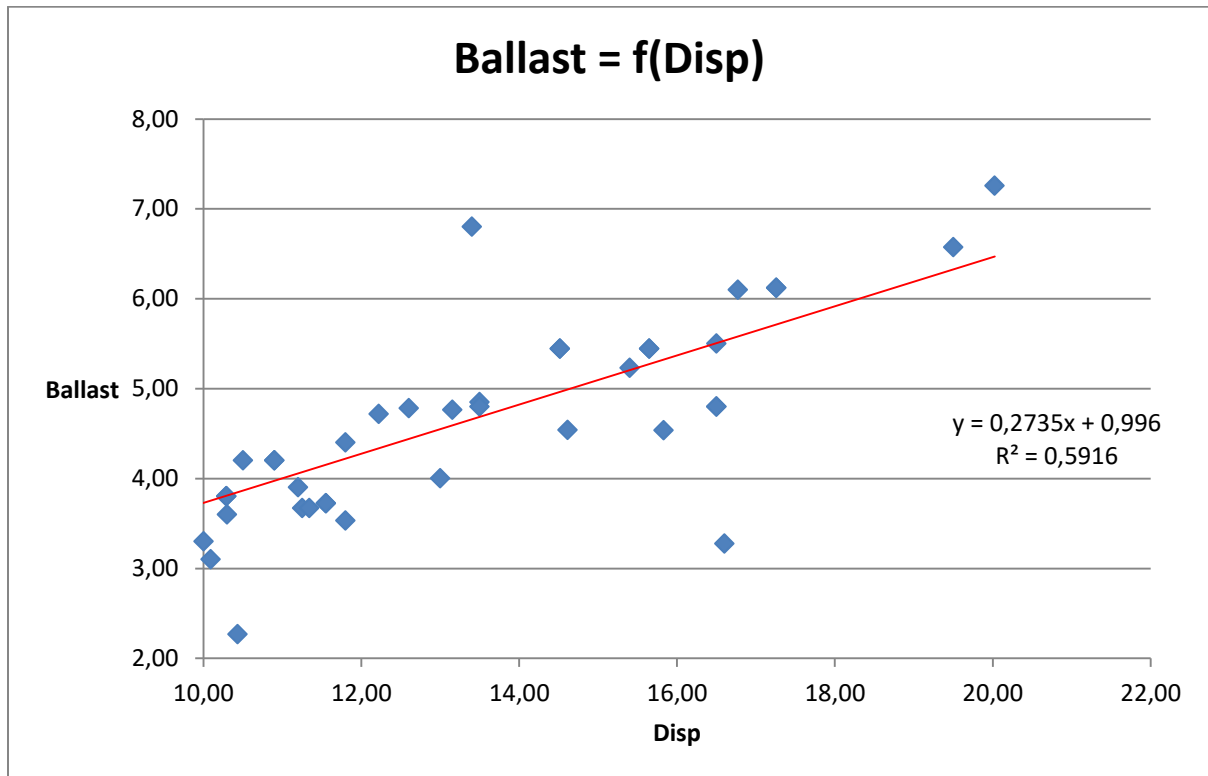


Figura 7. Regresión de distribución Ballast = f(Disp)

Relación	R ²	R	Ecuación	Tipo de regresión
D= f(L)	0,679	0,824	D = 2,1202L - 16,915	regresión aceptable
L _{wl} =f(L)	0,716	0,846	L _{wl} = 0,8615L + 0,2682	regresión aceptable
Ballast=f(L)	0,244	0,494	Ballast = 0,4395L - 1,7015	regresión no aceptable
Beam=f(L)	0,606	0,778	Beam = 0,1983L + 1,536	regresión aceptable
SA=f(L)	0,680	0,824	SA = 11,26L - 60,744	regresión aceptable
Ballast=f(D)	0,591	0,769	Ballast = 0,2735D + 0,996	regresión aceptable

Tabla 1. Ecuaciones de regresiones para todo tipo de materiales

A continuación se muestran las ecuaciones que tienen mejores resultados.

R (mayores)	Ecuaciones
0,846	$L_{WL} = 0,8615L + 0,2682$
0,824	$SA = 11,26L - 60,744$
0,824	$D = 2,1202L - 16,915$

Tabla 2. Ecuaciones con mejor R^2

En cuanto a embarcaciones de aluminio como material del casco.

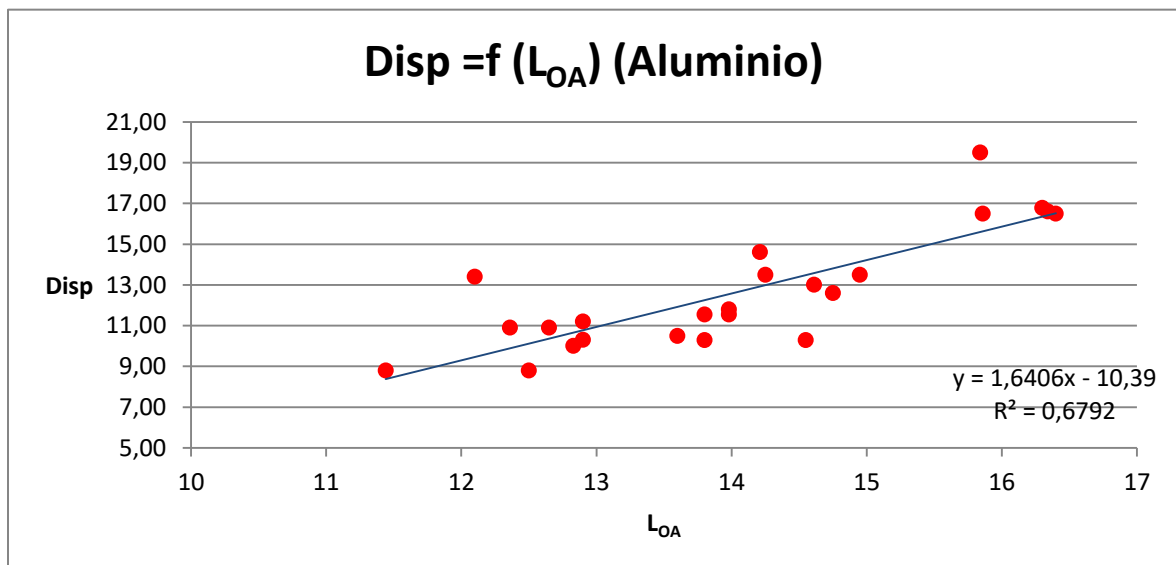


Figura 8. Regresión de distribución $Disp = f (L_{OA})$ (Aluminio)

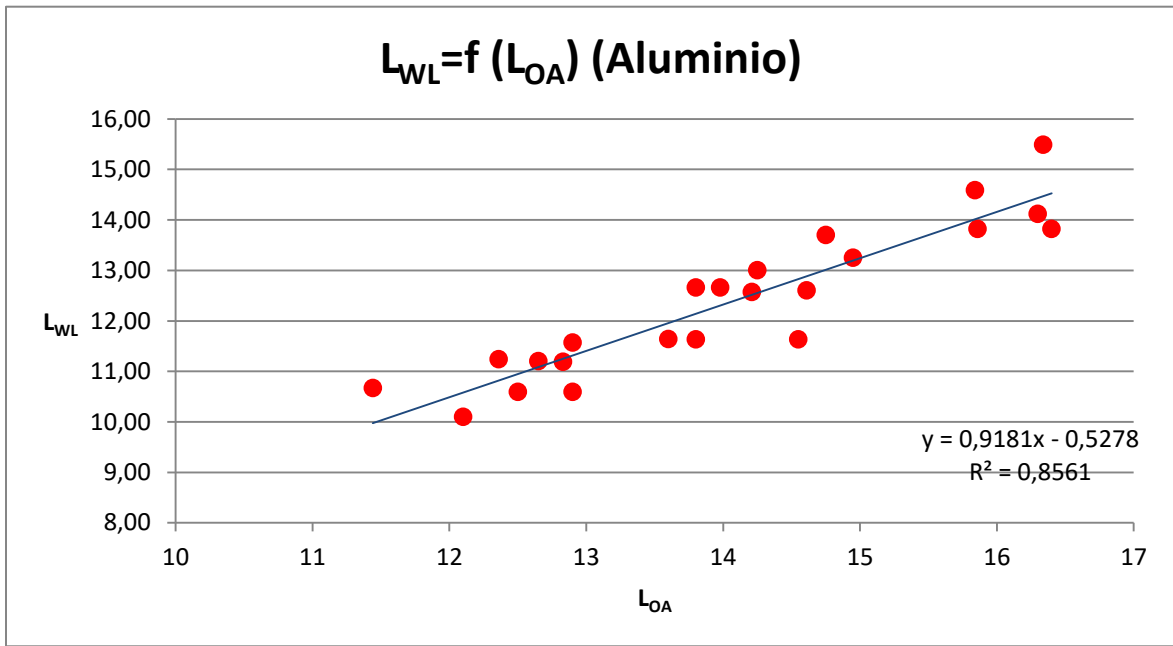


Figura 9. Regresión de distribución L_{WL}=f (L_{OA}) (Aluminio)

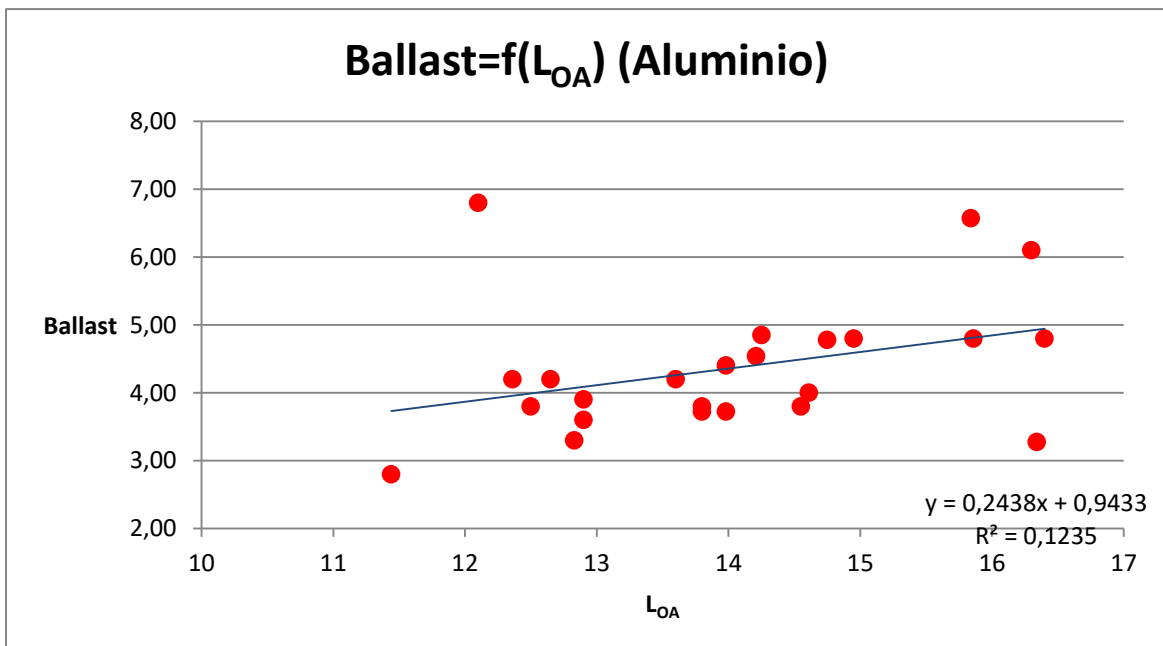


Figura 10. Regresión de distribución Ballast=f(L_{OA}) (Aluminio)

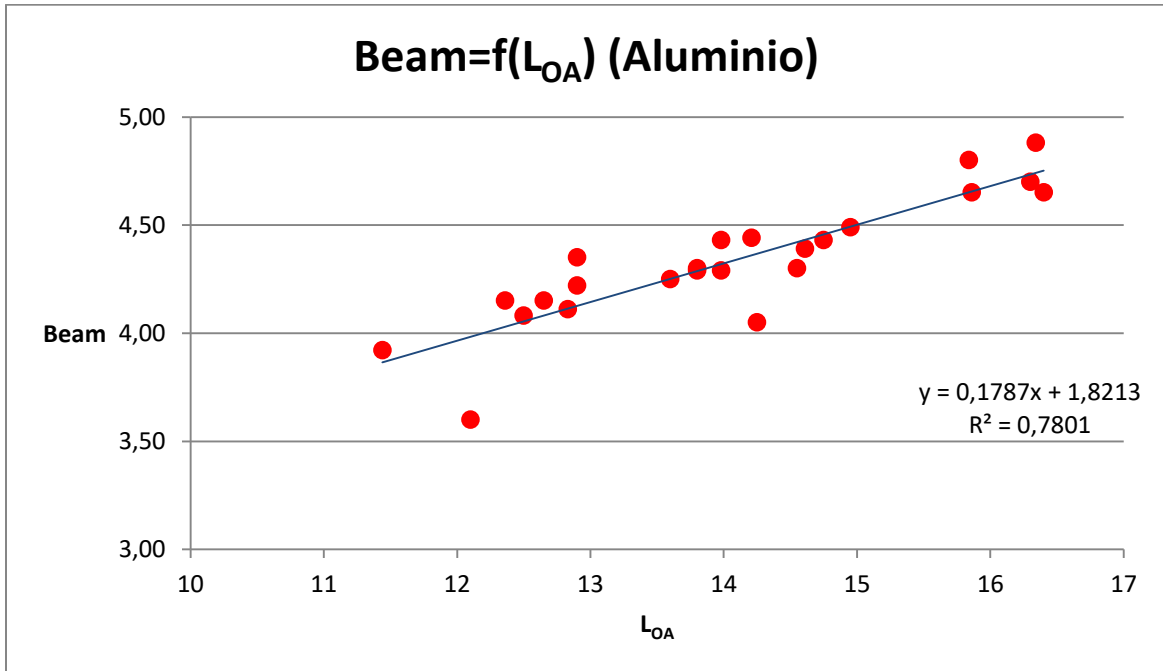


Figura 11. Regresión de distribución Beam=f(L_{OA}) (Aluminio)

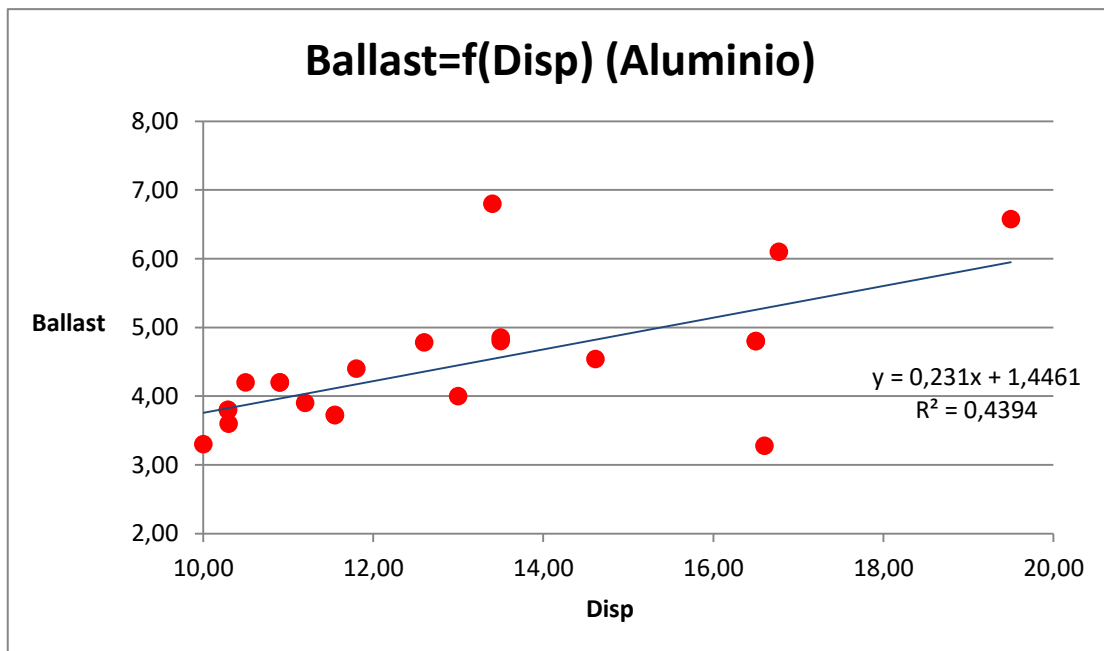


Figura 12. Regresión de distribución Ballast=f(Disp) (Aluminio)

Relación	R ²	R	Ecuación	Tipo de regresión
D=f(L)	0,679	0,824	D = 1,6406L - 10,39	regresión aceptable
L _{WL} =f(L)	0,856	0,925	L _{WL} = 0,9181L - 0,5278	regresión aceptable
Ballast=f(L)	0,123	0,351	Ballast = 0,2438L + 0,9433	regresión no aceptable
Beam=f(L)	0,780	0,883	Beam = 0,1787L + 1,8213	regresión aceptable
Ballast=f(D)	0,439	0,662	Ballast = 0,231D + 1,4461	regresión aceptable

Tabla 3. Ecuaciones de regresiones para embarcaciones de aluminio

R (mayores)	Ecuaciones
0,925	L _{WL} = 0,9181L - 0,5278
0,883	Beam = 0,1787L + 1,8213
0,824	D = 1,6406L - 10,39

Tabla 4. Ecuaciones con mejor R2 para embarcaciones de aluminio

TODO TIPO DE CASCO		
L	14,50	m
Disp	13,8	Tn
L_{WL}	12,7	m
Beam	4,4	m
SA	102,5	m ²
Ballast	4,8	Tn

Tabla 5. Dimensiones resultantes para todo tipo de casco

CASCO DE ALUMINIO		
L	14,5	m
Disp	13,4	Tn
L_{WL}	12,8	m
Beam	4,4	m
Ballast	4,5	Tn

Tabla 6. Dimensiones resultantes para cascos de aluminio

2.3. Dimensiones iniciales

Según los resultados obtenidos se definen los parámetros iniciales de diseño como los siguientes:

Loa (Eslora casco):

Es la longitud de la embarcación del extremo de proa al extremo de popa. Esta característica es el valor de inicio del proyecto y es un requisito que no se va a modificar.

Para el proyecto se establece un valor de 14,5 m

Bmax (Manga máxima):

Es el valor máximo de la distancia horizontal medida transversalmente entre babor y estribor a lo largo del plano de la embarcación.

Esta característica es importante para el diseño de las formas pues influye directamente en la resistencia al avance de la embarcación así como en la estabilidad de la embarcación.

También hay que tener en cuenta que esta característica puede afectar a la habitabilidad interior.

La manga máxima será de 4,4 m

L_{WL} (eslora de flotación):

La eslora de flotación es la longitud medida longitudinalmente entre la intersección de la línea de flotación en proa y en popa.

Es un valor vital para el diseño del proyecto pues su valor influye en la resistencia al avance y el comportamiento dinámico.

A partir de la eslora de flotación se define también la velocidad de diseño de la embarcación que para este diseño de tipo crucero y para el que se ha seleccionado un número de Froude de 0,375 es: $V = F_n \times L_{WL}$

El valor de L_{WL} calculado por regresiones es: 12,8 m, pero con la intención de aprovechar más la carena de la embarcación se va a dar un valor más alto a esta característica como se ve en el capítulo siguiente de formas.

D (Desplazamiento Rosca):

El desplazamiento en rosca, está definido como la suma de todos los elementos de la embarcación a excepción de tripulación, carga, y fluidos para el consumo.

Estos elementos no incluidos son definidos como peso muerto.

El valor del Desplazamiento calculado mediante las regresiones es 13,4 Tn

Lastre

El lastre está definido por el peso añadido a la embarcación que no es parte estructural y que tiene la función de mejorar la estabilidad transversal.

El valor calculado para este proyecto es de 4,5 Tn

Para este proyecto y dado que se han analizado embarcaciones con diferentes tipos de lastre o una combinación de lastre fijo, quilla lastrada y quilla de deriva, no será un valor a tener en cuenta inicialmente y solo se usa a modo de referencia.

Velocidad

Se define la velocidad de diseño dependiente del N^o de Froude. No se van a utilizar para este diseño valores mayores de 0,4 pues aplican a diseño de embarcaciones de planeo, así pues se selecciona como se ha descrito anteriormente para un N^o de Froude de 0,375, y la velocidad resultante es: $V = F_N \times L_{WL}$

CAPÍTULO 3. Desarrollo de las formas, los apéndices: orza y timón.

3.1. Introducción

En el capítulo 3, se diseñan a partir de las dimensiones iniciales, las formas del buque y se comprueba que cumplen con los datos y requisitos iniciales.

Las formas de la embarcación se desarrollarán mediante el Software MAXSURF, y en concreto con su aplicación Modeler.

Mediante transformación paramétrica se logran las líneas de agua que cumplen con los requisitos de diseño del apartado anterior.

Los parámetros de los apéndices principales, orza y timones, se diseñan para la embarcación del presente proyecto.

Se realiza el cálculo del eje de timón y rodamientos de apoyo, según la norma EN ISO 12215-8:2009.

3.2. Diseño de la carena mediante Max surf

Se han logrado los valores de las características del buque por medio de sucesivas transformaciones paramétricas de un diseño inicial.

Se realiza el diseño de la carena, y se representan en este caso a modo representativo los apéndices. Estos apéndices no se usan en la computación que realiza el software para dar las características.



Figura 13. Vista perspectiva del diseño



Figura 14. Curva de áreas

3.3. Pesos y desplazamiento

Como punto inicial se parte del valor de Desplazamiento en rosca de la embarcación calculado en el apartado anterior en el análisis 13,4 Tn.

Seguidamente se realiza una estimación del peso muerto de la embarcación.

- Peso muerto:

Tripulantes: $6 \times 75 = 450$ kg

Combustible: 400 kg

Agua dulce: 400 kg

Aguas negras: 100 kg

Pertrechos: 550kg

Total: 1900 kg

Desplazamiento máximo.

Peso muerto + peso en rosca= $1900 + 13400 = 15300$ kg

Desplazamiento de diseño de la carena.

Para el diseño en el software Maxsurf, dado que se han obviado los apéndices, se calcula el desplazamiento a minorar debido a los volúmenes de éstos, pues generarían los empujes correspondientes.

Desplazamiento de la orza.

La orza va estar construida en hierro fundido debido a su facilidad de construcción.

Las medidas iniciales de la orza serán de 1,9 metros de calado y 0,77 metros de cuerda, el perfil a utilizar se prevé que sea tipo NACA-63015.

Para estas dimensiones de la orza y su perfil, se obtiene un volumen de 0,96 m³ y dada la densidad del hierro fundido (720 kg/m³), se obtienen 690 kg de lastre en la orza

Dado que, cuando la orza está desplegada, el cajón que la ubica en el casco se inunda, se ha considerado que ambos efectos se equilibran.

Desplazamientos de timones y arbotante.

Para el cálculo del desplazamiento debido a los timones, se tendrá en cuenta que se seleccionan perfiles tipo NACA 0009 y que tienen unas dimensiones iniciales de: 925mm de altura y 625mm de cuerda.

El arbotante se ha diseñado inicialmente con un área lateral $0,5 \text{ m}^2$ y un espesor medio de 0,2 metros, para albergar el eje de la hélice y sea lo suficientemente reforzado en el caso de varadas.

La resultante de volúmenes de ambos apéndices es de $0,127 \text{ m}^3$, que debido a la densidad de agua de mar, resulta en 130 Kg.

Se realizan posteriormente los diseño en el software teniendo en cuenta que la carena sin apéndices debe desplazar 13270 kg que resulta en un total de 13400 kg según especificaciones.

Displacement	13272	kg
Volume (displaced)	12,948	m^3
Draft Amidships	0,680	m
Immersed depth	0,679	m
WL Length	13,127	m
Beam max extents on WL	3,588	m
Wetted Area	37,791	m^2
Max sect. area	1,638	m^2
Waterpl. Area	33,787	m^2
Prismatic coeff. (Cp)	0,602	
Block coeff. (Cb)	0,405	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,756	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,717	
LCB length	-0,665	from amidsh. (+ve fwd) m
LCF length	-1,096	from amidsh. (+ve fwd) m
LCB %	-5,069	from amidsh. (+ve fwd) % Lbp
LCF %	-8,351	from amidsh. (+ve fwd) % Lbp
KB	0,439	m
KG fluid	0,053	m
BMt	2,019	m
BML	26,386	m
GMt corrected	2,405	m
GML	26,772	m

KMt	2,458	m
KML	26,825	m
Immersion (TPc)	0,346	tonne/cm
MTc	0,271	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	556,996	kg.m
Length:Beam ratio	3,659	
Beam:Draft ratio	5,282	
Length:Vol ^{0.333} ratio	5,590	
Precision	Medium	73 stations

Tabla 7. Datos hidrostáticos del modelado de formas

Se genera el plano de formas correspondiente el cual se adjunta el ANEXO de planos

3.4. Dimensionamiento de los apéndices

Orza

La orza va a desempeñar una función de lastrado, la cual se analiza en capítulo del cálculo de estabilidad y sobre todo una función hidrodinámica que contrarrestará el efecto sobre la superficie vélica.

La elección del perfil hidrodinámico define el empuje y la resistencia generados, así es importante la elección con respecto a los ángulos de ataque a los que se somete el perfil.

Los perfiles utilizados tienen unas características que los definen como son la cuerda media, la posición en la que el espesor es máximo, y también se pueden obtener los coeficientes de sustentación y de resistencia que se definen como C_L Y C_D (*Lift* y *Drag*) respectivamente en las gráficas de este capítulo.

Para una simplificación en la selección del perfil se utilizarán para la orza, y para los timones perfiles NACA¹ simétricos, ya que tienen un uso muy extendido, información y experiencia contrastada.

Para la orza se selecciona el perfil de la serie 63, en concreto el perfil NACA 63-015 que tiene el punto de máxima velocidad y mínima presión a un 30% de la cuerda, y una relación entre el espesor y la cuerda del 15%.

Las dimensiones seleccionadas proporcionan una superficie (A_K) de 1,5m². Se considera para la eslora de flotación de diseño (L_{WL}) de 13,13 m, que los valores del Area de la orza (A_K) tienen que ser de entre un 1,4% y 2,3% de la superficie vélica². Por lo que las dimensiones seleccionadas están dentro de los criterios establecidos.

La profundidad de la orza es de 1,95m. El calado de la embarcación es de 2,5 metros con la orza totalmente desplegada.

Así, la cuerda media (C_M) será de: 0,77m.

La relación de aspecto (A_r) seleccionada es de 2,5

El taper ratio (TR), definido como la relación entre la cuerda superior e inferior es de 1.

Según la gráfica siguiente, que relaciona el taper ratio (TR), con el ángulo de barrido óptimo da como resultado que el ángulo de barrido es de -15° , y así se diseña la orza en su posición totalmente desplegada, teniendo en cuenta que será la posición más habitual de navegación.

¹ National Advisory Committee for Aeronautics

² Según ref. en Principles of Yacht Design, Lars Larsson

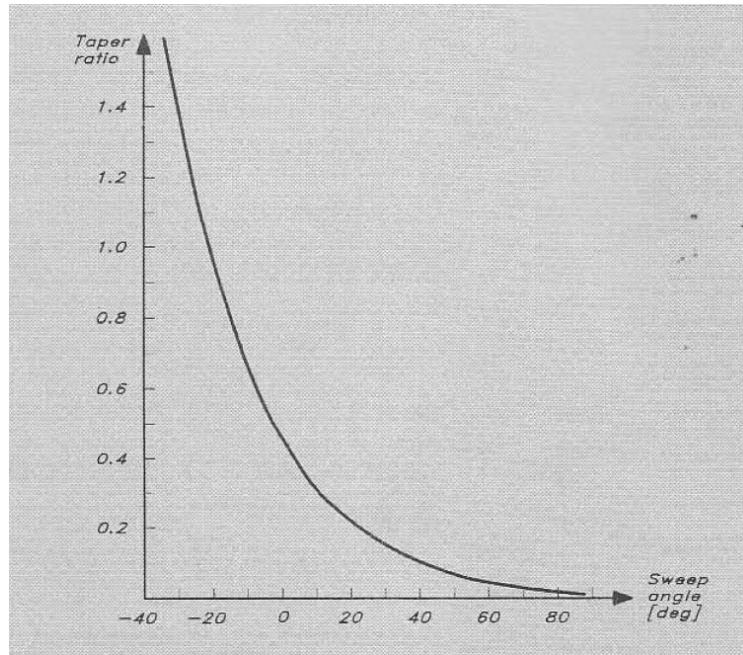


Figura 15. Taper ratio y ángulo de barrido optimos.

(Fuente: Lars Larsson y Rolf Eliasson, Principles of Yacht Design)

Dado esta relación de aspecto y su taper ratio (TR), el incremento en % de la fuerza de arrastre no supera el 2%.

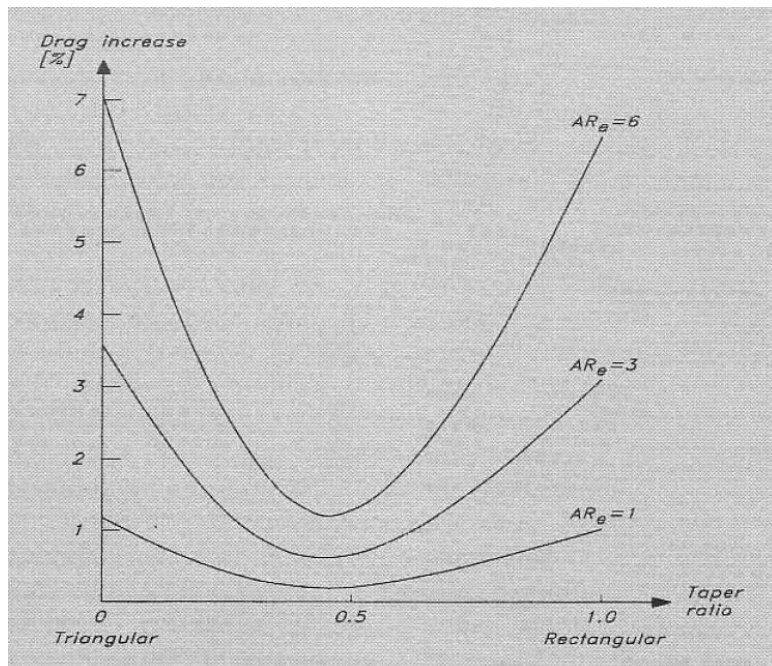


Figura 16. Incremento del arrastre en función de Taper ratio y relación de aspecto.

(Fuente: Lars Larsson y Rolf Eliasson, *Principles of Yacht Design*)

Este perfil tiene la característica de disponer de un coeficiente de resistencia bajo para ángulos de ataque bajo, lo cual se considera propicio para el uso. Si se selecciona un perfil con mayor relación entre espesor y cuerda sí que se puede prolongar la zona de coeficiente de resistencia plano hasta mayores ángulos de ataque, pero por contra, el valor del coeficiente en esta zona se incrementaría.

Para el margen entre 0 y 6º de Angulo de ataque se obtiene un mejor coeficiente de sustentación.

Se adjuntan a continuación las gráficas para visualizar ambos coeficientes. C_L y C_D para diferentes números de Reynolds.

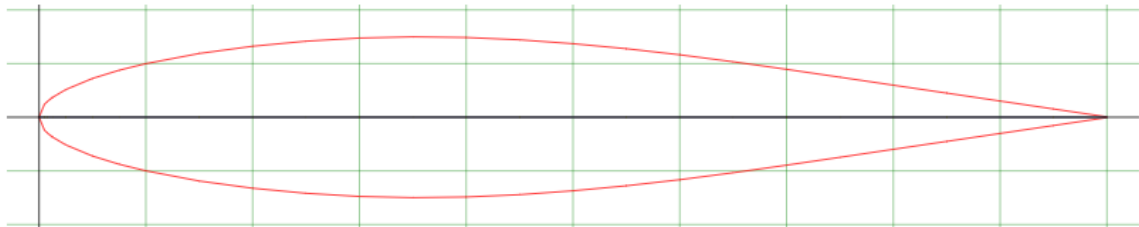


Figura 17. Perfil NACA-63015 de la orza

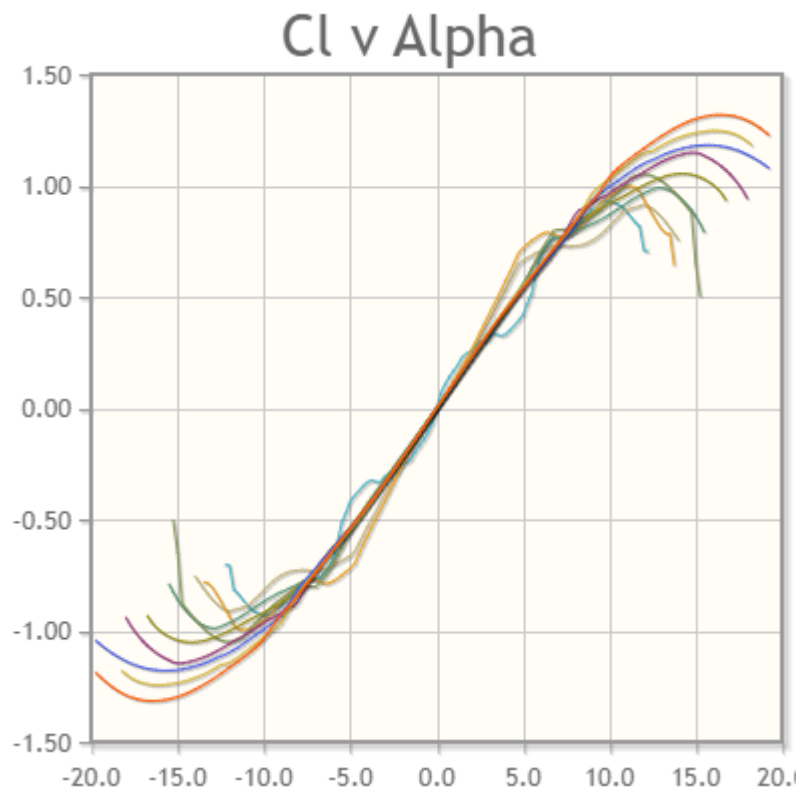


Figura 18. Coeficiente de sustentación C_l en función del ángulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-63015.

(Fuente: <http://airfoiltools.com/>)

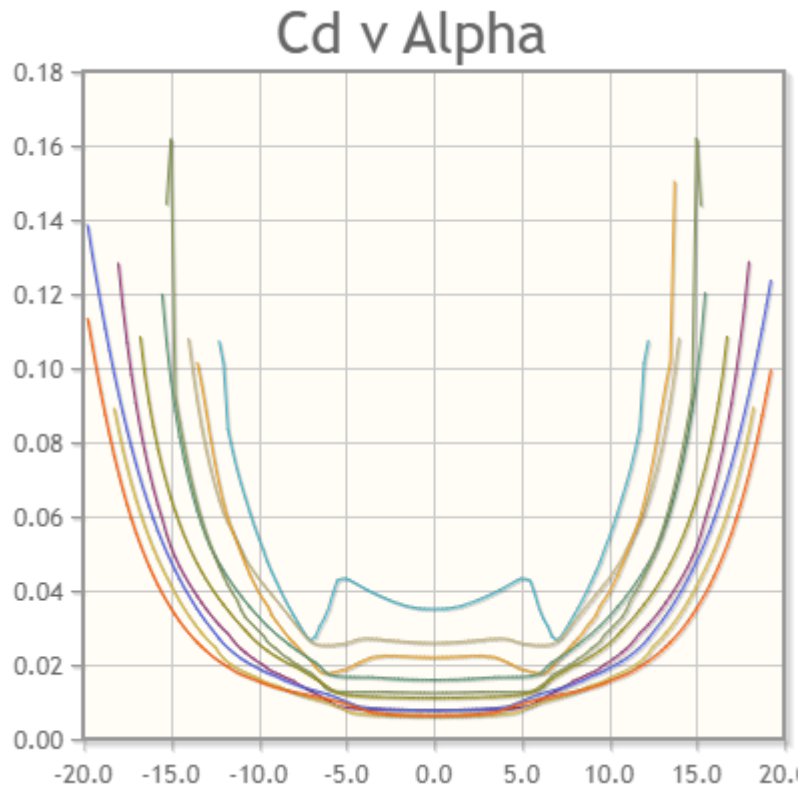


Figura 19. Coeficiente de arrastre C_D en función del ángulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-63015

(Fuente: <http://airfoiltools.com/>)

Timones

Se seleccionan unos perfiles para las palas de los timones tipo NACA-0009 con un espesor del 9% con respecto a la cuerda.

Los perfiles NACA de 4 cifras como el seleccionado se consideran propicios para este uso pues se destaca su comportamiento antes ángulos de incidencia mayores que en el caso de la orza al ser un elemento móvil que se usa para la corregir el rumbo. Se va a priorizar en este caso la eficacia de su coeficiente "Lift"

Se puede observar como para este perfil se cuenta con valores de C_L un 20% superiores al perfil seleccionado para la orza.

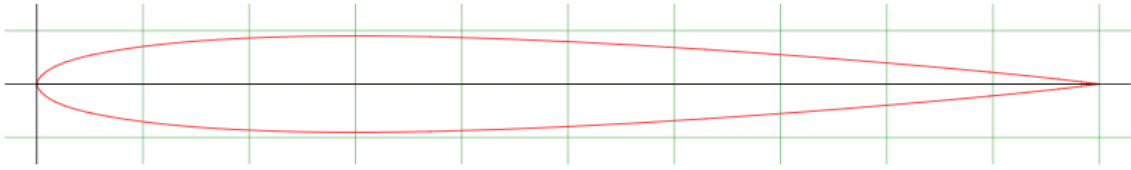


Figura 20. Perfil NACA-0009 de los timones

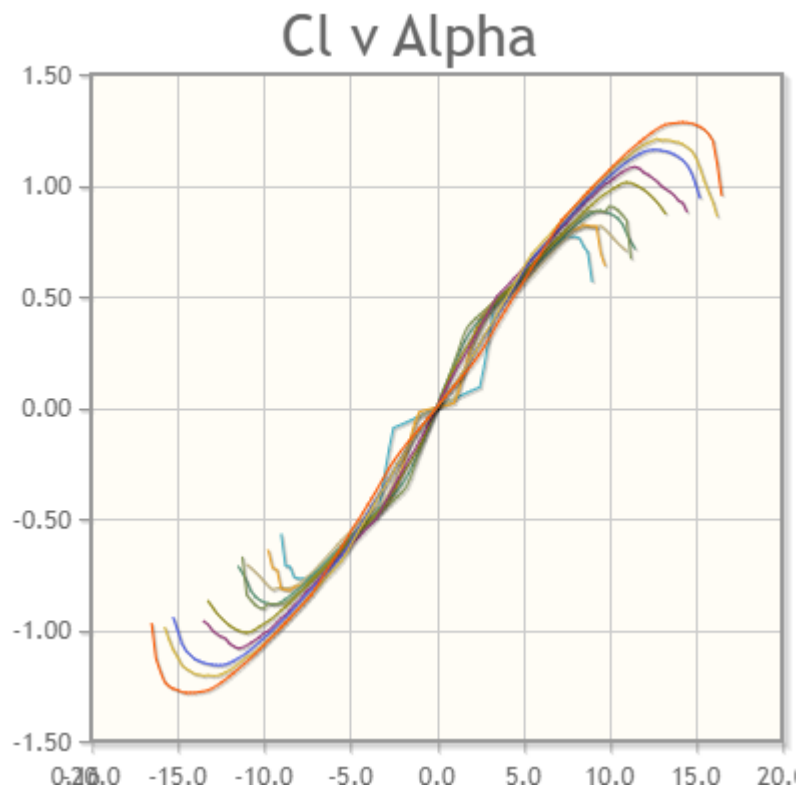


Figura 21. Coeficiente C_L en función del ángulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-0009

(Fuente: <http://airfoiltools.com/>)

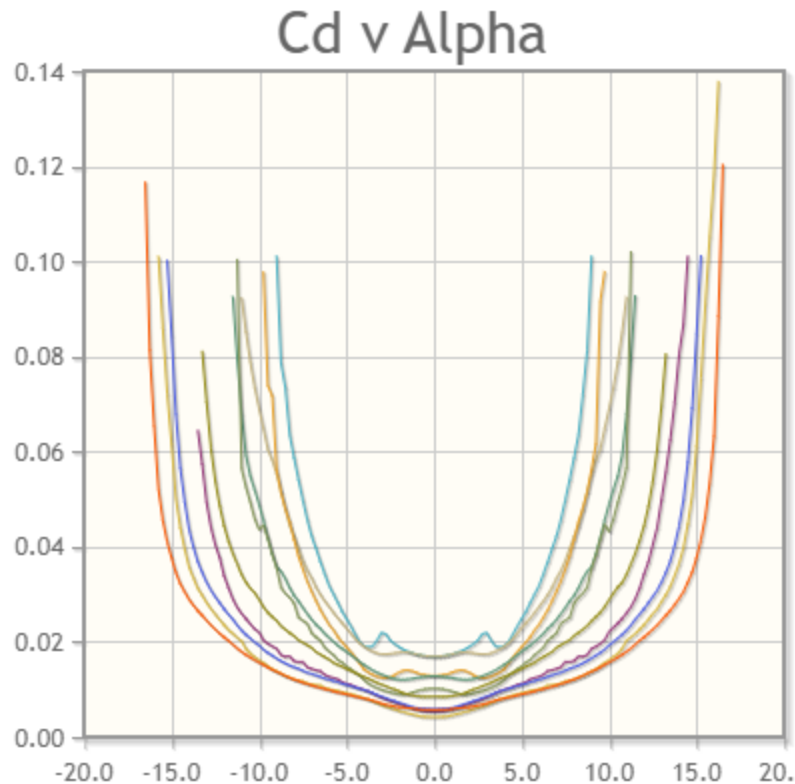


Figura 22. Coeficiente C_d en función del ángulo de ataque para diferentes números de Reynolds del perfil NACA-0009

(Fuente: <http://airfoiltools.com/>)

Se ha optado en el diseño por 2 timones de forma trapezoidal, situados en la popa de embarcación a estribor y babor.

Dado este tipo de perfil y su forma se confieren unas palas de timón con la robustez necesaria para evitar daños por varadas involuntarias o golpes con objetos semisumergidos.

Se consigue con esta disposición que con escoras importantes el timón de barlovento no ejerza resistencia, mientras que para el timón que si está sumergido se consigue una mejor eficiencia. Los timones están inclinados 15° con respecto a la vertical.

Para el área resultante, se inicia el cálculo partiendo de los 105m^2 de superficie vélica. El timón o timones deberían tener una superficie de entre 0,7 y $1,2\%$ ³ de la superficie vélica para la eslora de flotación de este proyecto.

³ Según ref. en Principles of Yacht Design, Lars Larsson

Condicionante para las palas, resulta la dimensión de más calado con la orza elevada, para que en caso de varada no sean afectados los timones.

El calado de las palas de timón tiene el mismo valor que el arbotante del eje de la hélice, el cual servirá de apoyo en caso de varada accidental o voluntaria.

Se seleccionan palas de $0,58 \text{ m}^2$ de superficie proyectada. Por lo que la superficie total cumple los criterios vistos.

El calado de las palas es de 0,925.

Así, la cuerda media será de: 0,625m

La relación de aspecto Ar seleccionada es de 1,48

La proporción es de 1,1% con respecto a la superficie vélica por lo que está dentro del margen establecido.

Se fabricarán las palas de timón en aluminio naval igual que el casco, siendo el eje de las palas y la estructura de refuerzo de las mismas de acero inoxidable AISI-316. Internamente, para rigidizar la pala de timón y transmitir los esfuerzos al eje, se completa con material de relleno.

Eje de la pala del timón

Para el cálculo del eje de la pala, se procede con los siguientes cálculos.

Se calcula la fuerza que se genera sobre la pala.

$$F_1 = 23 \times L_{WL} \times K_{SEA} \times K_{LD}^2 \times K_{GAP} \times K_{USE} \times A$$

Siendo:

L_{WL} ; Eslora de flotación

$K_{SEA}=1$

$K_{LD}=5,27$ con 6,15 mínimo,

$K_{GAP}=1$

$K_{USE}=1$

La resultante es:

$$F_1 = 9183 \text{ N}$$

La reacción axial sobre los cojinetes es para el cojinete superior:

$$R_U = F \times \frac{Z_b}{h_U}$$

$$R_U = 9565 \text{ N}$$

Y para el cojinete inferior:

$$R_H = R_U + F$$

$$R_H = 18748 \text{ N}$$

El momento M_H aplicado sobre la pala es:

$$M_H = F \times Z_b$$

$$M_H = 4591 \text{ Nm}$$

El par torsor T de diseño del timón.

$$T = F \times r$$

$$T = 574 \text{ Nm}$$

El momento equivalente debido a momento flector y torsor es:

$$M_{eq} = \sqrt{M^2 + 0,75 \times T^2}$$

$$M_{eq} = 4618 \text{ Nm}$$

El diámetro mínimo d del eje viene dado por:

$$d = 21,68 \times \left(\frac{M_{eq}}{\delta_d} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Siendo su valor mínimo:

$$d = 61,55 \text{ mm}$$

Se opta por un eje de 62 mm.

Se muestra en la siguiente figura, el detalle constructivo de la vista lateral de la pala de timón y su eje.

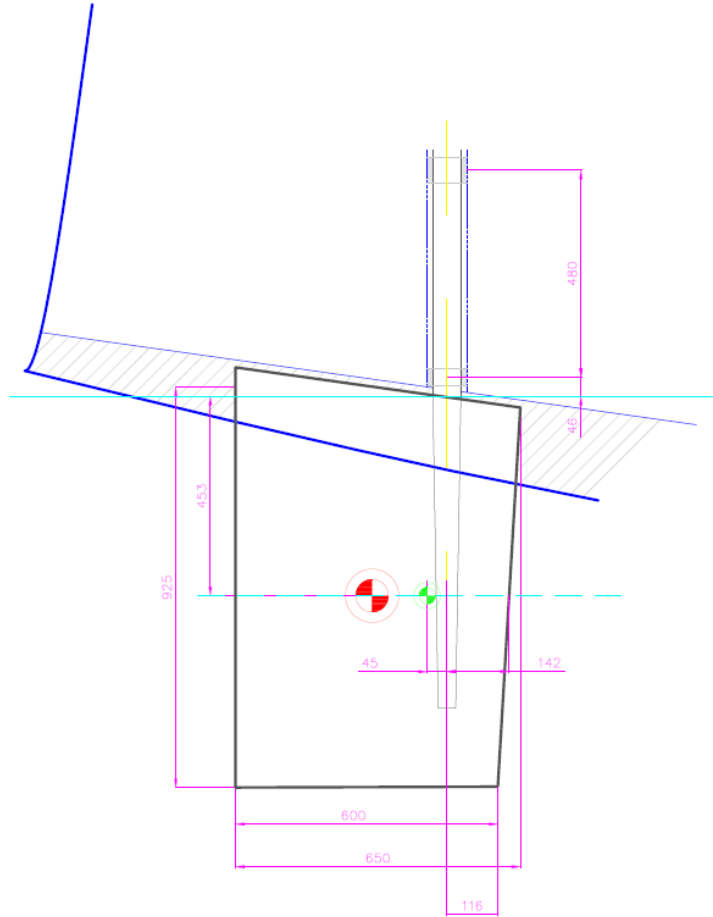


Figura 23. Detalles de pala y eje de un timón

CAPÍTULO 4. DISPOSICIÓN GENERAL

4.1. Introducción

La disposición de los elementos interiores es un paso importante dentro de la espiral de diseño, pues va a definir la habitabilidad de la embarcación. Esta habitabilidad define el confort y ergonomía de la tripulación así como los espacios para sistemas y almacenamiento.

Además, esta distribución influye en el reparto de pesos del proyecto de ahí la importancia de una selección de materiales y su disposición adecuadas.

Con respecto al diseño de los exteriores, se destaca la habitabilidad de la bañera para acomodar a la tripulación de forma segura ante los diferentes estados de la mar, la seguridad en cuanto a los accesos por pasillos laterales hacia proa o pie de mástil cuando así sea requerido y los accesos a la plataforma de baño.

4.2. Disposición interior

Para definir los espacios interiores se ha tenido en cuenta que la embarcación está diseñada para una tripulación máxima de 6 personas en categoría A y con capacidad para realizar largas singladuras. Para ello se ha diseñado un interior con la máxima amplitud y comodidad posible.

Los armarios para estibar los pertrechos se disponen en los costados del salón, cocina y mesa de cartas.

El acceso a los diferentes espacios interiores es de fácil acceso, con una escalera de acceso desde la bañera exterior que a su vez, se puede abatir para acceder al motor.

Se ha optado por el diseño con 2 camarotes amplios con capacidad para 2 personas, un salón comedor con sofás convertibles en literas y un baño completo.

El diseño de cocina y mesa de cartas, ambos a babor y estribor respectivamente le confiere de una disposición clásica, así como la mesa de salón de grandes dimensiones donde se ubica la orza cuando está plegada en el interior de su cajón.

Desde el baño se da acceso a un cuarto de equipos técnicos.

Se dispone de numerosas escotillas para que la iluminación en el interior sea confortable y se pueda ventilar cuando las condiciones del mar lo permitan.

La altura interior permite que la tripulación pueda desplazarse por el interior completamente erguida. Se obtienen de las siguientes alturas máximas libres interiores:

Mesa de cartas y cocina: 2050mm

Salón: 1950mm

Camarote de proa: 1900mm

Camarote de popa: 2000mm

MATERIALES

Los mamparos y carpintería interior como mobiliario, puertas y suelos están fabricados con madera contrachapada fenólica marina.

Los colchones de camarotes son de espuma especial náutica para evitar retener la humedad e intentar la máxima transpirabilidad.

Los asientos y cojines de salón, están fabricados con espuma especial para evitar la retención de humedad y cubiertos de textil compuesto de mezcla de poliéster y poliuretano.

SALON

La distribución del salón es la siguiente:

Sofás a ambos costados convertibles en litera que le dan versatilidad y una mesa central que alberga el cajón de la orza abatible.

En la parte superior de los sofás a ambos costados se ubican estanterías para estibas varias.

CAMAROTE DE POPA

Se dispone del camarote de popa con cama de dimensiones 220x150 cm y un armario de 80x40 cm en el acceso al camarote.

Se disponen estanterías en el costado de babor para múltiples estibas.

CAMAROTE DE PROA

Se dispone del camarote de popa con cama de dimensiones 200x170 cm y un armario de 85x50 cm a cada banda

El costado de babor tiene una banqueta bajo el armario y el acceso al camarote se realiza mediante puerta corredera sobre el mamparo.

COCINA.

Debido al uso que se va a dar a la embarcación la zona de cocina debe tener comodidad y estiba suficiente, por lo que dispone de un amplio fregadero de 2 senos en acero inoxidable, encimera de cuarzo y frigorífico congelador con capacidad de 180 litros y acceso tanto frontal como superior.

Para el horno y quemadores para cocinar que son de gas propano, se dispone de un equipo compacto basculante ENO.

MESA DE CARTAS

Está Ubicada en el costado de babor. Se confiere mediante asiento de 60x40 cm con forma curvada para mejorar estabilidad de la tripulación que esté sentada en estados de escora o balanceo.

La mesa para cartas, libros u otros usos tiene dimensiones de 75 x50 cm.

Se puede accionar con facilidad todos los equipos electrónicos desde el asiento pues el panel para montaje de electrónica está en mismo costado y frente a la mesa de cartas.

ASEO

Está situado en el costado de estribor frente a la mesa de cartas. Consta de lavabo encastrado sobre mueble de dimensiones 70x50 cm con almacenamiento interior y un espejo en el frontal.

La ducha con mampara abatible de policarbonato y sumidero en suelo.

El WC de accionamiento manual y el depósito de aguas negras asociado se sitúan en el costado de estribor.

Sobre el panel trasero se encuentra la abertura para acceso a cuarto de equipos técnicos.

VENTILACION

Para evitar condensaciones y permitir una buena renovación del aire cuando la climatología lo permita se debe tener una buena capacidad de ventilación.

La luminosidad también se ha tenido en cuenta para mejorar habitabilidad y hacer más acogedor el interior.

Se definen a continuación los elementos por estancia que influyen tanto en la ventilación como en la luminosidad.

SALON:

2 escotillas laterales de 60x20 cm fijas con persiana plegable por costado.

2 escotillas de cubierta de 60x60 cm practicables con persianas plegables y aireadores incorporados,

2 aireadores tipo caja dorada

CAMAROTE DE POPA:

1 escotilla lateral de 30x20 cm practicable con persiana plegable.

CAMAROTE DE PROA:

2 escotillas en cubierta de 60x60 cm practicable con persiana plegable y aireador solamente en la de popa.

1 escotilla lateral fija de 60x20 cm con persiana plegable por costado.

COCINA:

1 escotilla lateral de 60x20 cm practicable con persiana plegable.

MESA DE CARTAS:

1 escotilla lateral de 30x20 cm practicable con persiana plegable.

ASEO:

1 escotilla lateral de 30x20 cm practicable con persiana plegable.

CUARTO DE MOTOR/MAQUINAS.

Bajo la escalera de acceso al interior se ubica el compartimento motor. La escalera es abatible para facilitar acceso al interior.

También desde aseo y camarote de popa se puede acceder al motor y reductor mediante paneles desmontables para facilitar mantenimiento de los componentes.

CUARTO DE SERVICIOS.

A popa del aseo se encuentra el cuarto para usos múltiples y en el que se pueden instalar distintos equipos técnicos adicionales. El acceso se realiza desde el panel trasero del aseo así como desde el asiento de bañera de babor.

4.3. Diseño de exteriores

BAÑERA

La bañera dispone de dos amplios bancos de 300x60 cm a cada banda, forrados con láminas de madera de teca y una bitácora central con mesa plegable.

La bañera está abierta hacia popa para facilitar la posible evacuación de agua embarcada.

Los respaldos hacen de barrera para proteger a la tripulación.

El acceso a la plataforma de baño se realiza a popa de la bañera mediante asiento escamoteable.

La disposición de los winches para realizar las maniobras de la jarcia de labor, se diseña al estilo clásico, 2 winches en el plano de la sobreestructura y dos winches a cada costado sobre los respaldos para las maniobras sobre escotas de génova, mayor y spinnaker.

Los instrumentos se han dispuesto sobre el pedestal de la bitácora, así como el mando de motor.

Se dispone de una rueda de timón de dimensión suficiente para ser manejada desde ambos bancos y a su vez, permitir el acceso a la plataforma de baño desde la bañera

CUBIERTA

Los pasillos laterales permiten el paso hacia proa sin obstáculos.

Los escoteros de la vela de proa dispuestos a ambos laterales sobre cubierta.

La sobre estructura de cubierta se ha diseñado con líneas planas como se puede ver en el plano adjunto favoreciendo además los accesos a pie de mástil durante navegación.

POZO DE ANCLAS

El pozo de ancla, de grandes dimensiones se ubica a proa y cuenta con mamparo estanco para asegurar su estanqueidad ante colisiones u otros.

En su interior de 1,4 m³ se almacenan 100 metros de cadena de calibre 10mm y existe lugar para estiba adicional de pertrechos de fondeo u otros. Empotrado sobre cubierta se dispone del molinete de 1200W para la maniobra del fondeo.

4.4. Depósitos

Los depósitos de agua se han dispuesto bajo los asientos del salón, y otro depósito en proa.

El depósito de aguas negras se sitúa en el costado de estribor del baño, y se permite su descarga por gravedad. La toma en cubierta para su descarga está sobre su vertical.

Los depósitos de combustible se ubican, en la parte inferior del camarote de popa y del cuarto para equipos.

La representación y ubicación de los depósitos así como su volumen se dan en la Figura 39 del apartado 9.2 del presente proyecto.

CAPÍTULO 5. SISTEMAS

5.1. Introducción.

Los sistemas auxiliares que se van a diseñar principalmente son:

SISTEMA ELÉCTRICO Y SISTEMA DE PROTECCIÓN DE LA CORROSION

SISTEMA DE AGUA

SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES

SISTEMA HIDRAULICO

Estos sistemas se diseñan para cumplir con los requisitos de diseño de la embarcación y la normativa vigente en el área de comercialización.

El diseño de los sistemas se compone del dimensionamiento de los equipos, la selección de materiales y su disposición en la embarcación.

5.2. Sistema eléctrico y sistema de protección de la corrosión

Se dimensiona el equipo eléctrico en base a las necesidades de energía en las distintas situaciones de uso de la embarcación.

El sistema se compone de un banco de baterías de servicio con autonomía para proporcionar energía a los equipos de la embarcación.

Los componentes principales instalados en el sistema son:

- Baterías de servicio.
- Batería de motor
- Alternador motor

- Separador de carga
- Motor de arranque
- Tomas de 12
- Generador auxiliar
- Inversor 2kva
- Cargador de baterías 40ª
- Molinete 1200W
- Toma de corriente puerto
- Panel principal. (Con los elementos de protección y señalización)

La disposición y el esquema unifilar se adjuntan en el capítulo de planos, planos 12.6 y 12.7

En este tipo de embarcación, el dimensionamiento de la instalación eléctrica se basa principalmente en analizar la autonomía de la embarcación en los diferentes estados de carga. Se ha buscado disponer de un mínimo de 2 días de autonomía sin necesidad de arranque de motor principal ni generador.

Para el banco de baterías de servicio se selecciona una batería de capacidad 5000Wh, de tecnología Litio Ferrofosfato o similar, dado su buena longevidad, rendimiento y densidad energética.

Se realiza un balance de consumos para los siguientes estados y como se puede comprobar el consumo más desfavorable es para la navegación a vela, para el cual se dispone de una autonomía de aproximadamente 58 horas.

En cuanto al fondeo la autonomía de las baterías dan servicio durante 84 horas.

Esta autonomía calculada se verá mermada dependiendo del uso de los equipos y la tripulación a bordo, por lo que se ha realizado una estimación.

Hay que destacar que cargas extras no contempladas aumentarán el consumo.

En el caso de disponer de equipos extras para la generación, como pueden ser placas solares o aerogeneradores que se ofrecen como una posibilidad, montando un arco de aluminio en popa, se incrementaría la autonomía previamente calculada

Para la navegación a motor, se comprueba que con el alternador del propio motor se puede cargar las baterías y dar servicio a los consumos.

	fondeado		Nav. a vela	
Energía diaria	1371	Wh	1982	Wh
Autonomía	84	h	58	h

Para la Batería de motor se selecciona la recomendada por el fabricante del motor, en este caso una batería de ácido-plomo, tipo GEL, de 74Ah y 1000A de Intensidad de pico.

Se instala un separador de carga electrónico sin caída de tensión con 3 salidas para que la carga de las baterías se realice de forma independiente desde el alternador del motor.

El cargador de baterías de 40 A, dispone también de 3 salidas independientes para las baterías.

Para alimentar las cargas de 230Vac desde el barco de baterías, se dispone un Inversor de 2000 VA, con capacidad suficiente para alimentar equipos auxiliares como microondas en cocina u otro dispositivo de esa potencia.

La toma de corriente del puerto dispone de protección magnetotérmico y diferencial instalada en el panel principal para un fácil acceso.

La alimentación del molinete del ancla, se realiza desde la batería del motor y se instala relé de control para evitar la manipulación del molinete del ancla con el motor parado. Así se asegura que el alternador del motor alimentará este molinete durante su uso puntual en fondeos.

Como opción se monta una hélice de proa de 4 kW, con un empuje de 75 kgf, la batería de alimentación será igual que la batería de motor de plomo-ácido tipo gel con una capacidad de 74 Ah y una corriente de 1000 A. La batería se sitúa lo más cercana a la hélice de proa y su carga se realizará a través del cargador y por medio del motor principal y el separador de baterías.

En el panel eléctrico principal, se disponen de todos los elementos magnetotérmicos de protección para los sistemas de 12 Vcc y 230 Vca, así como también de las correspondientes señalizaciones de posición de interruptores, los indicadores de nivel de los depósitos de agua, y combustible, así como los voltímetros y amperímetros de las baterías.

5.3. Protección contra la corrosión de la embarcación

La corrosión galvánica se da cuando existen metales con diferentes potenciales los cuales se conectan mediante un electrolito que en este caso puede ser agua salada o dulce en menor medida. Un metal actúa como ánodo y es el que pierde material y el otro como cátodo.

En una embarcación como la de este proyecto que se compone de un casco de aluminio, se tienen que tener en cuenta el minimizar las posibles causas para que no se produzca esta corrosión.

Para intentar minimizar la conducción el casco se pintará de pintura aislante Epoxi y servirá de base para una posterior aplicación del antifouling.

La sentina y cubierta también se pintarán para conseguir el aislamiento necesario.

En cuanto a la instalación eléctrica, se instala un aislador galvánico en la toma de tierra para evitar corrientes parásitas externas

Para la protección global de la obra viva se pueden optar por 2 métodos diferentes:

- Montaje de ánodos de sacrificio.
- Instalación de un sistema de corriente impresa.

El montaje de ánodos de sacrificio consiste en la instalación de ánodos de un material que para el proyecto que aplica es Zinc, los cuales se disuelven con el tiempo y los cuales se tienen que sustituir cuando pierden parte de su masa.

Tienen las ventajas que su instalación es sencilla y es un sistema pasivo y que el control a tener en cuenta es simplemente visual.

El sistema de corriente impresa se basa en la generación de una corriente continua controlada con la finalidad de mantener un potencial negativo en todos los elementos del casco.

Tiene la ventaja de que no se requieren múltiples ánodos para su funcionamiento, el inconveniente es que el sistema tiene unos costes más elevados.

Se puede afirmar que si el sistema funciona correctamente el control sobre la protección de la embarcación es más preciso.

Se opta por el sistema de corriente impresa para la embarcación del proyecto.

El sistema de corriente impresa se compone de:

Regulador/controlador. Es la fuente de CC que genera la corriente necesaria sobre el ánodo de titanio. También se puede visualizar el estado del sistema.

Ánodo de titanio. Es el ánodo que genera la tensión positiva necesaria, y tiene una vida útil de más de 20 años.

Electrodo de referencia. Su montaje se realiza para que se pueda controlar continuamente el grado de protección de la embarcación.

Para la conexión de masa de los equipos se instala una placa general para todas las partes metálicas de embarcación así como los negativos de las baterías que se ubica en la sala de máquinas del motor en una zona elevada parcialmente para conseguir que sea totalmente seca.

Se adjunta esquema unifilar en plano anexo.

5.4. Sistema de agua

El sistema se compone de 3 depósitos fabricados de polietileno realizados a medida.

Cumpliendo con las normas CE ISO8099 y la ISO10088.

Los depósitos están dispuestos bajos los asientos del salón y en el camarote de proa bajo la cama.

Cada depósito tiene su toma en cubierta para llenado y su toma de aireación.

Al ser realizados en polietileno se adaptan a las formas de la embarcación.

Por la parte superior disponen de una boca para registro y limpieza.

El grupo de presión automático de agua dulce para la embarcación se ubica en la parte posterior del asiento del salón de babor. Se disponen en la misma ubicación las válvulas de aspiración desde los diferentes depósitos y el manifold de salida hacia los distintos consumidores.

El termo de agua caliente de 40l, con calentamiento mediante resistencias eléctrica y mediante agua de refrigeración del motor. Se ubica en la zona más próxima al grupo de agua.

Los puntos de suministro de agua dulce fría y caliente son: cocina, aseo y plataforma de baño.

La capacidad de los depósitos es la siguiente:

- Depósitos de salón babor y estribor, 103 l cada uno.
- Depósito de proa bajo cama camarote, 202 l

La capacidad de agua dulce total es de 400 litros.

5.5. Sistema de combustible.

El sistema se compone principalmente de dos depósitos en popa, babor y estribor respectivamente.

En la salida de cada tanque se disponen llaves de aislamiento y un doble prefiltro/separador de agua de gasoil.

La toma de cubierta es única para el gasoil y en la entrada de cada tanque se han instalado válvulas de corte en cada depósito.

Las capacidades de los depósitos de combustibles son:

Depósitos de babor y estribor, cada uno de 244 litros.

Por lo tanto se obtiene un volumen total de gasoil de 488 litros, que dado el consumo previsto a motor resulta en unas autonomías que se pueden ver en el siguiente capítulo.

5.6. Sistema de aguas residuales

Es depósito está situado sobre el panel lateral del aseo y tiene el registro en la parte frontal.

La descarga se realiza por gravedad lo que simplifica el sistema.

Toma exterior para extracción homologada según normas MARPOL.

La capacidad del tanque de aguas negras, es de 100 litros.

Considerando según la normativa que la capacidad debe ser como mínimo igual al número de tripulantes por 6 l/día y 3 días, resulta en que se pueden embarcar cómodamente 8 personas y disponer de un volumen extra de reserva.

5.7. Sistema hidráulico

Piloto automático y sistema de elevación de la orza están provistos de actuadores hidráulicos, accionados por motor-bombas eléctricas, compactos.

Ambos actuadores son independientes debido a su separación y por lo tanto no se ha considerado viable la instalación de una centralita hidráulica común.

Para el accionamiento de los timones, el actuador hidráulico seleccionado tiene las siguientes características:

Empuje máximo	585 kg
Recorrido máximo	254 mm
Tiempo entre máximos	10 segundos
Par máximo del timón	1,270 Nm

En cuanto al accionamiento de la orza, el actuador hidráulico va ubicado dentro del propio cajón de la orza en la parte superior. Las características que tiene el actuador son:

Empuje máximo	1500 kg
Recorrido máximo	580 mm
Tiempo entre máximos	30 segundos

CAPÍTULO 6. Resistencia al avance y sistema de propulsión.

6.1. Introducción

En el siguiente capítulo se analiza la resistencia al avance de la embarcación.

Este cálculo nos permitirá dimensionar la planta propulsora así como adecuar el tamaño de los tanques de gasoil para así cumplir con la autonomía definida.

Es también importante de cara a definir la forma definitiva del casco de la embarcación con el hándicap de conseguir unas líneas con la mejor hidrodinámica posible resultante en un rendimiento óptimo.

6.2. Base del análisis

La resistencia al avance de una embarcación está definida, según la hipótesis de Froude, por la suma de las resistencias de fricción de placa plana equivalente y la resistencia residual.

La resistencia de fricción se calcula como:

$$R_f = C_f \times \rho \times \frac{1}{2} \times S \times V^2$$

Siendo:

S, la superficie mojada del casco;

ρ , la densidad del agua salada;

V, la velocidad de la embarcación;

Donde, C_f es el coeficiente de fricción y según la ITTC-57:

$$C_f = \frac{0,075}{[\log_{10}(R_e) - 2]^2}$$

Se calcula el coeficiente de fricción siendo $L = 0.7 * L_{WL}$ para el cálculo del nº de Reynolds y con una viscosidad cinemática de $1,19 * 10^{-6}$

Por otro lado, la resistencia residual, que engloba a las resistencias debidas a las formas y las resistencias debidas a la presión, se va a calcular mediante las series de Delft.

Las series sistemáticas de Delft son una serie de datos obtenidos mediante ensayo de modelos de embarcaciones realizados en canales de ensayo y modificando características en cuanto a forma y dimensiones y a través de los cuales se obtiene una fórmula para poder calcular la resistencia residual en función de la velocidad o número de Froude.

Existen varias series que han evolucionado con el diseño de las embarcaciones a través de los últimos años. Para este diseño se ha optado la serie III.

La fórmula resultante es de tipo polinómico, cuya fórmula y coeficientes se dan a continuación.

$$C_r = A_0 + \left(A_1 \times \frac{LCB}{L_{wl}} + A_2 \times C_P + A_3 \times \frac{\nabla^{\frac{2}{3}}}{A_w} + A_4 \times \frac{B_{WL}}{L_{WL}} \right) \times \frac{\nabla^{\frac{1}{3}}}{L_{WL}}$$

$$+ \left(A_5 \times \frac{\nabla^{\frac{2}{3}}}{S_m} + A_6 \times \frac{LCB}{LCF} + A_7 \times \left(\frac{LCB}{L_{WL}} \right)^2 + A_8 \times C_P^2 \right) \times \frac{\nabla^{\frac{1}{3}}}{L_{WL}}$$

Fn	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
0,1	-0,0014	0,0403	0,047	-0,0227	-0,0119	0,0061	-0,0086	-0,0307	-0,0553
0,15	0,0004	-0,1808	0,1793	-0,0004	0,0097	0,0118	-0,0055	0,1721	-0,1728
0,2	0,0014	-0,1071	0,0637	0,009	0,0153	0,0011	0,0012	0,1021	-0,648
0,25	0,0027	0,0463	-0,1263	0,015	0,0274	-0,0299	0,011	-0,0595	0,122
0,3	0,0056	-0,8005	0,4891	0,0269	0,0519	-0,0313	0,0292	0,7314	-0,3619
0,35	0,0032	-0,1011	-0,0813	-0,0382	0,032	-0,1481	0,0837	0,0223	0,1587
0,4	-0,0064	2,3095	-1,5152	0,0751	-0,0858	-0,5349	0,1715	-2,455	1,1865
0,45	-0,0171	3,4017	-1,9862	0,3242	-0,145	-0,8043	0,2952	-3,5284	1,3575
0,5	-0,0201	7,1576	-6,3304	0,5829	0,163	-0,3966	0,5023	-7,1579	5,2534
0,55	0,0495	1,5618	-6,0661	0,8641	1,1702	1,761	0,9176	-2,1191	5,4281
0,6	0,0808	-5,3233	-1,1513	0,9663	1,6084	2,7459	0,8491	4,7129	1,1089

Tabla 8. Coeficientes del Delft Serie III

Se revisa que los parámetros que definen la embarcación diseñada cumplan los criterios para poder realizar el análisis mediante las series sistemáticas de Delft.

Los rangos de aplicación para el uso de los polinomios son los siguientes y se muestra que nuestro diseño está dentro de esas tolerancias.

Rangos de aplicación de las series Delft		
2,76	<L/B<	5,00
2,46	<B/T<	19,32
4,34	<L/V ^{1/2} <	8,5
-6,0%	<LCB<	0,0%
0,52	<C _p <	0,60

Tabla 9. Rangos de aplicación de las series Delft

Para el presente proyecto:

Cumplimiento series Delft	
L/B	3,64
B/T	5,3
L/V^{1/2}	5,59
LCB	-5,197%
C_p	0,598

Tabla 10. Comprobación de valores de las series Delft

Mediante el software Maxsurf-Resistance y cálculo analítico mediante Excel, se obtienen los siguientes resultados de Resistencia y potencia sin incluir los apéndices (timones, quilla y arbotante).

Mediante Excel y utilizando la ecuación polinómica dada, la resistencia al avance del casco es de 2630N

Con el Software Maxsurf, se representa a continuación la Resistencia en Newtons en función de la velocidad y el número de Froude.

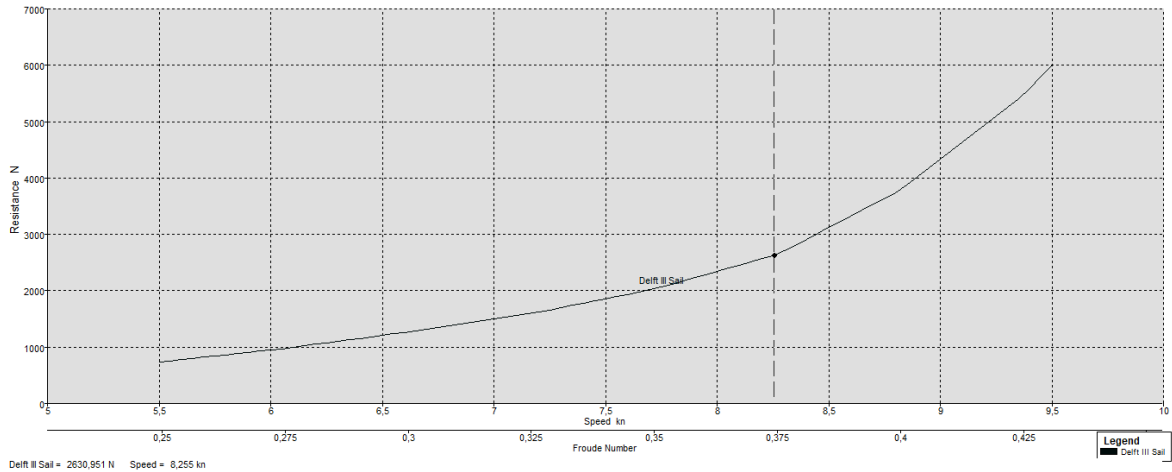


Figura 24. Resistencia al avance mediante Maxsurf Resistance

Y los valores

Vel(nudos)	NºFroude	Resist (N)	Potencia(W)
5,5	0,249	735,07	2079,84
5,6	0,254	776,74	2237,7
5,7	0,258	819,78	2403,87
5,8	0,263	863,03	2575,09
5,9	0,268	906,49	2751,38
6	0,272	950,15	2932,79
6,1	0,277	997,05	3128,87
6,2	0,281	1049,8	3348,4
6,3	0,286	1102,75	3574,02
6,4	0,29	1155,91	3805,77
6,5	0,295	1209,27	4043,66
6,6	0,299	1262,83	4287,74
6,7	0,304	1320,52	4551,54
6,8	0,308	1379,17	4824,66
6,9	0,313	1438,03	5104,53
7	0,317	1497,09	5391,18
7,1	0,322	1556,35	5684,65
7,2	0,326	1621,84	6007,29
7,3	0,331	1700,16	6384,85
7,4	0,336	1778,68	6771,23
7,5	0,34	1857,4	7166,47
7,6	0,345	1936,32	7570,59
7,7	0,349	2015,44	7983,61
7,8	0,354	2120,48	8508,77
7,9	0,358	2231,77	9070,16
8	0,363	2343,26	9643,81
8,1	0,367	2454,95	10229,77
8,2	0,372	2566,83	10828,04

8,3	0,376	2706,77	11557,61
8,4	0,381	2913,23	12589,04
8,5	0,385	3119,89	13642,57
8,6	0,39	3326,74	14718,23
8,7	0,394	3533,79	15816,05
8,8	0,399	3741,03	16936,06
8,9	0,404	4026,26	18434,47
9	0,408	4333,36	20063,47
9,1	0,413	4640,65	21724,97
9,2	0,417	4948,14	23419,01
9,3	0,422	5255,82	25145,61
9,4	0,426	5591,81	27040,77
9,5	0,431	6004,58	29345,72

Tabla 11. Valores de Resistencia al avance mediante Maxsurf Resistance

Para los apéndices se realiza se calcula por una parte la orza, en la que utilizan también las series sistemáticas de Delft para apéndices con la siguiente fórmula para la resistencia residual:

$$\frac{R_{RO}}{\nabla_a \times \rho \times g} = A_0 + A_1 \times \frac{T}{B_{wl}} + A_2 \times \frac{(T_H + Z_{cba})^3}{\nabla_a} + A_3 \times \frac{\nabla_C}{\nabla_a}$$

Siendo,

∇_a , Volumen del apéndice

∇_C , Volumen del apéndice

ρ , Densidad del fluido

g , Aceleración de la gravedad

T , Calado

T_H , Calado del casco

B_{wl} , Manga máxima en la línea de flotación

Z_{cba} , Calado del apéndice

Fn	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
A0	0,00104	-0,0055	-0,01110	-0,00713	-0,03581	-0,00470	0,00553	0,04822	0,01021
A1	0,00172	0,00597	0,01421	0,02632	0,08649	0,11592	0,07371	0,0066	0,14173
A2	0,00117	0,0039	0,00069	-0,00232	0,00999	-0,00064	0,05991	0,07048	0,06409
A3	-0,00008	-0,00009	0,00021	0,00039	0,00017	0,00035	-0,00114	-0,00035	-0,00192

Tabla 12. Coeficientes del Delft para apéndices

Posteriormente se realiza el cálculo de la resistencia de fricción de la orza al igual que la carena.

$$R_{f,ORZA} = C_f \times \rho \times \frac{1}{2} \times S \times V^2$$

Siendo:

S, la superficie mojada del apéndice;

ρ , la densidad del agua salada;

V, la velocidad de la embarcación;

Donde, C_f es el coeficiente de fricción y según la ITTC-57:

$$C_f = \frac{0,075}{[\log_{10}(R_e) - 2]^2}$$

La resistencia total de la orza es la suma de:

$$R_{T,ORZA} = R_{f,ORZA} + R_{R,ORZA}$$

$$R_{T,ORZA} = 98 + 77 = 175 \text{ N}$$

Con respecto a los otros apéndices se considera que la R_t está compuesta de la resistencia viscosa y se considera un factor de forma (1+k) de un 1,15

La resistencia resultante para los timones es:

$$R_{f,TIMON} = C_f \times \rho \times \frac{1}{2} \times S_T \times V^2$$

$$R_{f,TIMON} = 26 * 1,15 = 30$$

y para el arbotante:

$$R_{f,ARB} = C_f \times \rho \times \frac{1}{2} \times S_T \times V^2$$

$$R_{f,ARB} = 32 * 1,15 = 36,8 \text{ N}$$

A estos valores se le añadirá la resistencia aerodinámica.

Para la resistencia debida al viento se utiliza la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que se calcula para viento de proa, con la finalidad de obtener los valores de dimensionamiento del grupo propulsor:

$$R_W = C_D \times \rho_{AIRE} \times \frac{1}{2} \times A_{FRONTAL} \times V^2$$

En la que C_D , Coeficiente de arrastre se ha definido como 1,2 para el cálculo.

Los componentes que afectan a la resistencia debida al viento son el casco, el mástil y la jarcia.

Para un viento aparente de 8,3 nudos, provocado por la velocidad de avance de la embarcación, la resistencia debida al viento es de:

$$R_{W,1} = R_{WC,1} + R_{WM,1} + R_{WJ,1}$$

$$R_{W,1} = 84 + 63 + 15 = 162 \text{ N}$$

En el caso de un viento de proa de 20 nudos, el viento resultante sobre la embarcación es de 28,3 nudos y la resistencia debida a este viento:

$$R_{W,2} = R_{WC,2} + R_{WM,2} + R_{WJ,2}$$

$$R_{W,2} = 972 + 736 + 177 = 1885 \text{ N}$$

Resistencia total

Para la resistencia total se calcula en dos hipótesis de funcionamiento.

Navegando en aguas tranquilas, sin viento. En este caso las resistencias a tener en cuenta serán, las resistencias de la carena, la de los apéndices y la del viento aparente.

La resistencia total es de 3100 N y una potencia de 13,2 kW

En el escenario de mar formado y oleaje, las resistencias a tener en cuenta son: Resistencia de la carena y apéndices, viento aparente con viento de proa de 20 nudos y las fuerzas externas de las olas sobre la embarcación.

En este caso la resistencia es de 6274N, una potencia de 26,7 kW

Una estimación para la potencia del motor puede ser estimar que la potencia requerida es de 4-5kw por cada tonelada de desplazamiento de la embarcación.

Así el motor debería tener entre: 50 y 70 kW.

Se selecciona un motor Volvo Penta D2-75 con una potencia máxima de 75 HP/ 55 kW

Una vez obtenidos los valores de potencia EHP, se continúa con el dimensionamiento de la planta propulsora.

Como reductor/inversor se selecciona el MS25A mecánico con eje de salida en ángulo de 8° y Con relación de velocidades Ratio: 2,74:1.

6.3. Selección de la hélice

La selección de la hélice se realiza utilizando las series sistemáticas de hélices Troost desarrolladas en MARIN (Wageningen).

Para el cálculo del paso y diámetro de la hélice se utilizan los diagramas de $B_U-\delta$, de MARIN. En este caso en concreto se dispone del diagrama $B_U-\delta$ B3-50, de las hélices con relación de Áreas=0,50 y 3 palas.

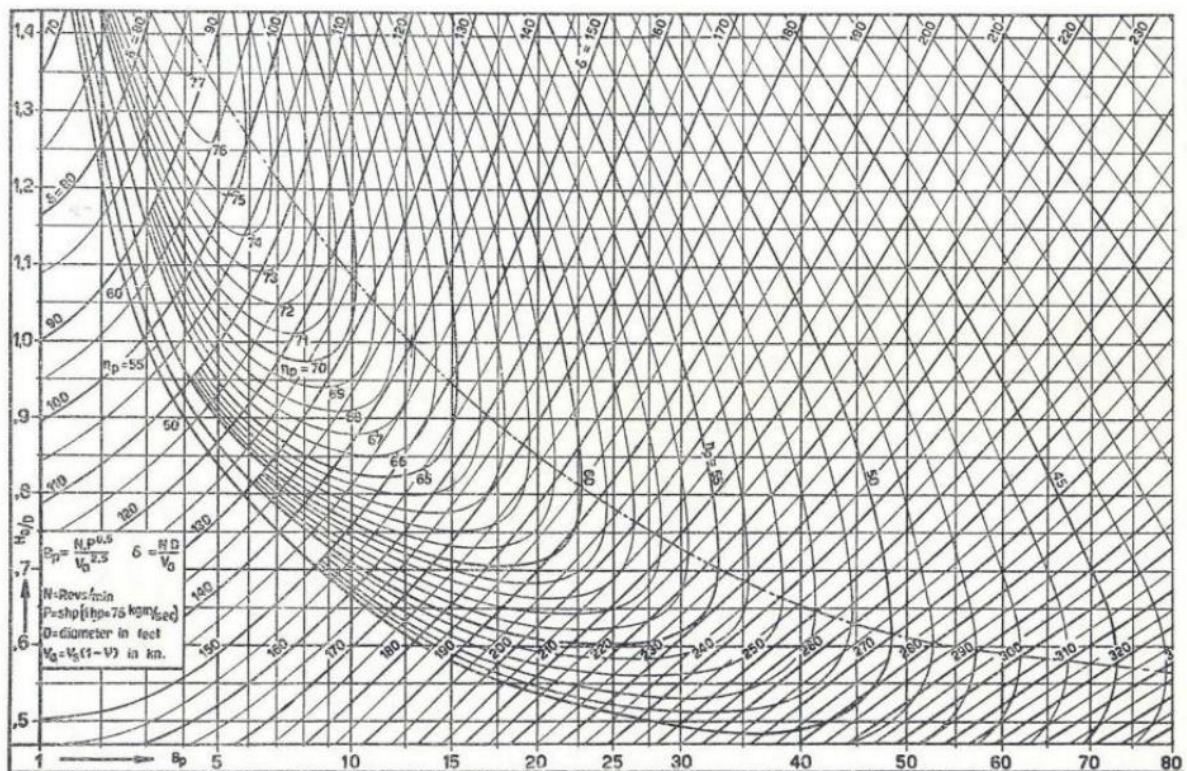


Figura 25. Curva $B_p-\delta$ hélices B3-50 series Wageningen

Se realiza el cálculo siguiente:

Para el caso de oleaje y viento en el que previamente se ha calculado la resistencia al avance en 6274 N y con unas revoluciones de motor de 2800 rpm que corresponden a las dadas para un 90% del MCR, se realizan los siguientes cálculos.

$$B_U = 13,36 \times \sqrt{\left(\frac{T \times W^2}{\rho \times V_A^4}\right)}$$

$$B_U = 31$$

Según la gráfica:

$$P/D=0,725$$

$$n_o=0,56$$

$$\delta = 225$$

Se selecciona un diámetro de $D=0,55$ m

La potencia es $P_{D,1}=64$ hp

Según las gráficas del fabricante del motor puede generar 74 hp, por lo que se considera correcto.

La hélice se define como de 3 palas plegable 22" diámetro y 16" de paso la relación es de 0,73.

Se comprueba posteriormente que las características calculadas son válidas en cuanto a rendimiento para un uso en aguas tranquilas, es decir, sin mar ni viento. En el que se consideran que las revoluciones del motor serán de 2200 rpm.

La velocidad de avance de la embarcación se ha incrementado hasta los 9 nudos o 4,63 m/s.

En este caso la resistencia total, que se corresponden a un número de Froude 0,4 es:

$$R_T=5123\text{N}$$

Para este caso y dado el $P/D=0,73$ el cual difiere como del ideal para este B_U que es de $P/D=0,85$.

El diámetro es de 22" y el paso de 16"

Y siendo $B_U=19$

La resultante es:

$$P_{D,2}=53 \text{ hp}$$

Según las gráficas del fabricante del motor puede generar 65 hp a estas.

Como se puede ver en las gráficas del motor que se adjuntan, existe margen de potencia a las revoluciones dadas en potencia.

Technical Data

Engine designation	D2-75
Crankshaft power, kW (hp)	55 (75)
Propeller shaft power, kW (hp)	53 (72)
Engine speed, rpm	2700-3000
Displacement, l (in ³)	2.2 (134.2)
Number of cylinders	4
Bore/stroke, mm (in.)	84/100 (3.31/3.94)
Compression ratio	23.3:1
Dry weight with reverse gear HS25A/MS25, kg (lb)	264/258 (582/569)
Dry weight with saildrive 150S, kg (lb)	264 (582)
Emission compliance	BSO, EU RCD Stage II, US EPA Tier 3
Rating	R5*

Figura 26. Características del motor principal

(Fuente: <https://www.volvopenta.com>)

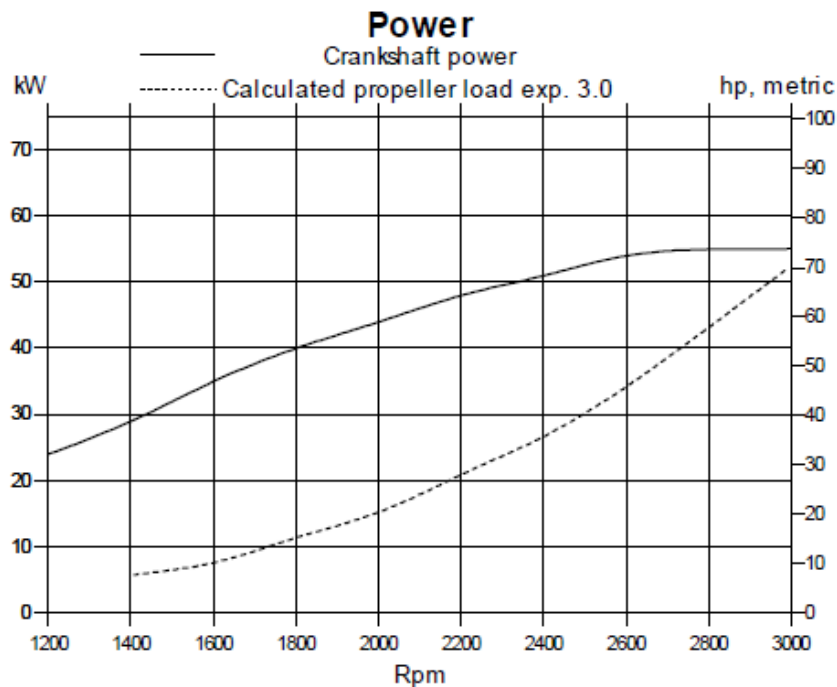


Figura 27. Curva de potencia del motor

(Fuente: <https://www.volvopenta.com>)

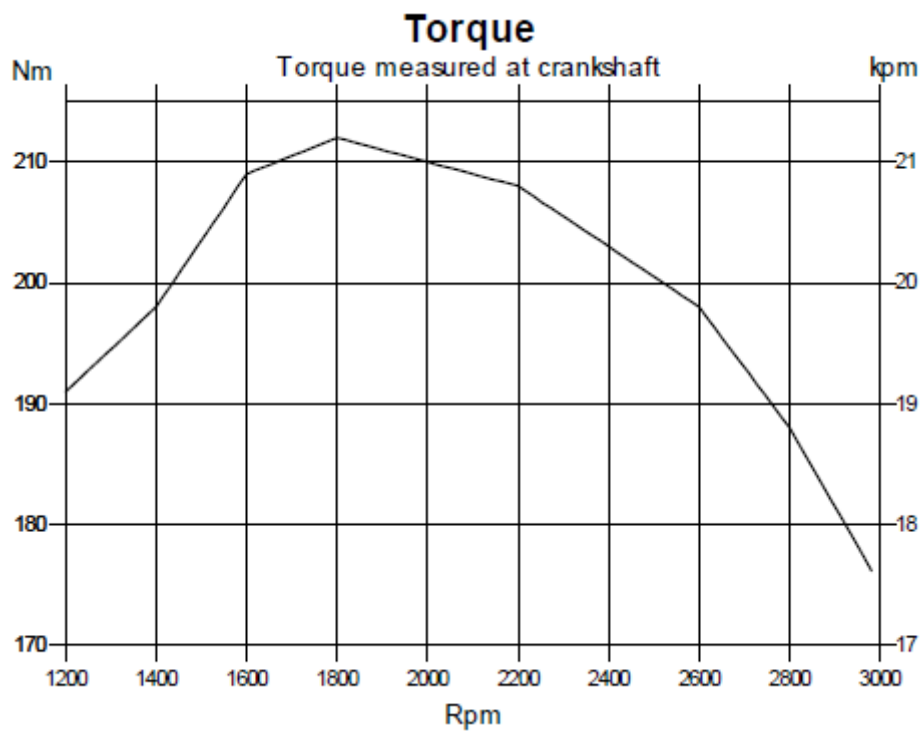


Figura 28. Curva de par del motor

(Fuente: <https://www.volvopenta.com>)

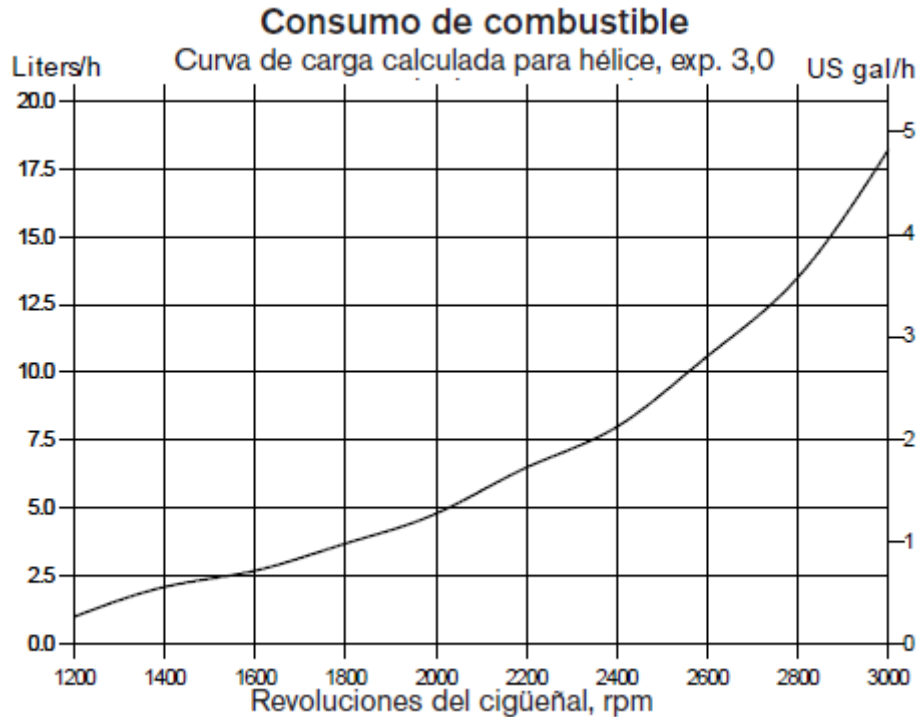


Figura 29. Curva de consumo del motor

(Fuente: <https://www.volvopenta.com>)

6.4. Autonomía

Conocida la potencia necesaria y las revoluciones a las que el motor debe funcionar para el cálculo máximo de la autonomía se considerarán dos casos extremos aunque en la práctica el patrón será el que realice el seguimiento del consumo y haga una estimación de la autonomía dependiendo de los distintos factores que influyen como velocidad, meteorología y nunca siendo recomendable apurar los tanques hasta el límite inferior.

En el primer caso se considera que en las condiciones de oleaje y con unas revoluciones de giro del motor de 2800 rpm, el consumo es de 13 litros a la hora, que resulta en una autonomía de 37 horas y 308 millas.

En el caso de aguas tranquilas, y con la previsión que de que el motor se pueda utilizar a unas revoluciones de 2100 rpm al que le corresponden 6 litros por hora de consumo de combustible, la autonomía es de 81 horas y unas 729 millas.

CAPÍTULO 7. Plano vélico y arboladura.

7.1. Introducción.

En este capítulo se diseña el plano vélico de la embarcación así como la arboladura y jarcia que necesarias para sostener la superficie de velas.

El diseño de los componentes de este capítulo es importante también desde el punto de vista de la estabilidad pues son pesos que afectarán debido a la altura de su centro de gravedad.

Se ha optado por un aparejo tipo Sloop por ser el más común actualmente para esloras de este tipo y por ser una embarcación diseñada con la finalidad de crucero se optará por un aparejo a tope de mástil.

Se consideran velas fabricadas en material tipo laminados simples como pueden ser Carbono, Kevlar o Mylar, para así reducir el peso y facilitar el manejo y la longevidad.

Los demás componentes son analizados en el capítulo y seleccionados con un margen de seguridad suficiente.

Los cálculos utilizados en este capítulo se basan principalmente en normas NBS (publicadas por DNV) por su facilidad de uso y aplicabilidad.

7.2. Diseño del plano vélico

El plano vélico de la embarcación tiene que estar diseñado de acuerdo con la resistencia de la embarcación y su estabilidad.

Se ha seleccionado una superficie vélica inicial de 105m², según el estudio estadístico del capítulo 2.

Para ubicar el centro de presiones vélico se realiza de forma gráfica sobre el plano vélico, y el CPV vendrá marcado por los centroides de ambas velas para una configuración de ceñida que es la más crítica. Se anexa plano vélico.

Se ha optado por una vela de proa tipo génova con un solape del 120% para conseguir mayor superficie vélica.

Se optará por un diseño del aparejo con las siguientes dimensiones:

P	17,2
E	6,36
I	17,45
J	6,23

Tabla 13. Dimensiones del aparejo

En el anexo de planos se representa el plano vélico.

El área de la vela mayor es de 54,7m²

Para la vela de proa se establece un área de 54,4m²

La superficie total es de 109 m², el incremento con respecto al estudio estadístico se considera aceptable teniendo en cuenta el solape de la vela de proa que se ha definido.

El CPV se sitúa alineado con el Centro hidrodinámico del casco, es decir con un *lead*⁴ nulo. Dada la versatilidad de movimiento de la orza, con la que este centro hidrodinámico se puede ajustar desplazándolo a popa, se podrá adaptar a las condiciones de escora y velocidad. De esta forma se puede ajustar la sensibilidad del timón. Hay que tener en cuenta que cuando la distancia es positiva, el comportamiento de la embarcación se considera blando, es decir, tiene tendencia a caer. En cambio cuando esta distancia es negativa, por ejemplo, si la embarcación escora, toda embarcación se vuelve ardiente, con tendencia a orzar.

En el apartado de estabilidad, se comprueba hasta que valores de posición de orza se puede utilizar según se requiera.

7.3. Diseño del aparejo

Se diseñará el mástil pensando en el uso de crucero mediante un mástil a tope con 2 pisos de crucetas.

La jarcia se va a dimensionar para un momento adrizante a 30º.

⁴ Se usa el vocablo inglés dado su extendido uso.

Se calcula el momento adrizante a 30° para el buque en rosca y se añadirá el momento adrizante debido a la tripulación.

$$RM_{30^\circ} = GZ_{30^\circ} \times \Delta_{ROSCA} \times g$$

El GZ_{30° se calcula con el Software MAXSURF y resulta en un valor de 0,89

$$RM_{30^\circ} = 117867 \text{ Nm}$$

Se calcula el par adrizante debido a la tripulación.

$$\delta RM = 75 \times n \times (3,4 \times B - 4,9 \times F_S)$$

$$\delta RM = 3424,5 \text{ Nm}$$

El F_S se ha tomado como 1,5

El RM total es de 138753 Nm

Gráficamente se calcula la dimensión HA (medida entre el CPV y la línea de flotación) que es de 8,2m para posteriores cálculos.

7.4. Dimensionamiento de la jarcia

Según la figura siguiente se toman las dimensiones indicadas.

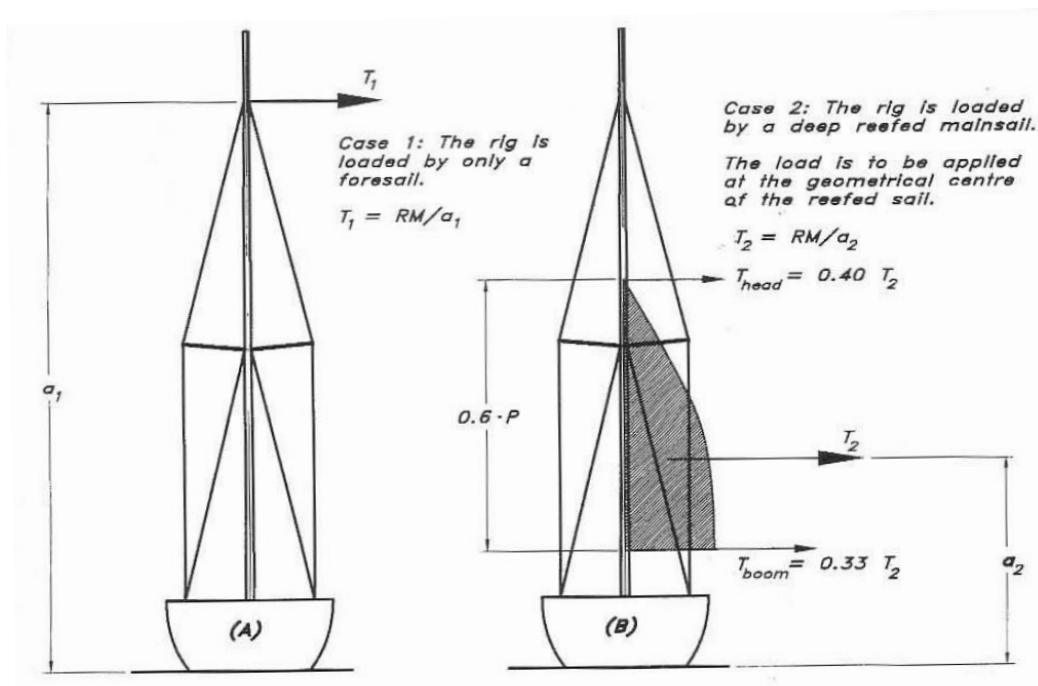


Figura 30. Distintos casos para el cálculo de jarcia.

(Fuente: Lars Larsson y Rolf Eliasson, Principles of Yacht Design)

Calculo de Obenques.

Para el caso 1, en el que se supone que la vela de proa es la única utilizada al 100%, se toma la dimensión $a_1 = 20$ m, desde el tope de mástil hasta la línea de flotación y se considera la fuerza debida a la vela de proa solamente. La fuerza T_1 es la aplicada a la altura del puño de driza.

$$T_1 = \frac{RM_{30^\circ}}{a_1}$$

$$T_1 = 5893 \text{ N}$$

Para el caso 2, en el que se considera la vela mayor rizada, se toma la distancia $a_2 = 6,5$ m, desde el centro geométrico de la vela rizada hasta la línea de flotación, considerando la vela mayor rizada con el puño de driza a una distancia de del 60% de P, es decir 10,32 m. La Fuerza T_2 es la aplicada en el centro geométrico de la vela rizada.

$$T_2 = \frac{RM_{30^\circ}}{a_2}$$

$$T_2 = 18133 \text{ N}$$

La fuerza en el puño de driza es:

$$T_H = 0,6 \times T_2$$

$$T_H = 7253 \text{ N}$$

La fuerza a la altura del pinzote de la botavara es:

$$T_B = 0,33 \times T_2$$

$$T_B = 5985 \text{ N}$$

Las fuerzas descompuestas a las crucetas 1 y 2 de TH son T_{HS} y T_{HI} respectivamente en la cruceta 2 superior y en la cruceta 1 inferior:

$$T_{HS} = 3059 \text{ N}$$

$$T_{HI} = 4194 \text{ N}$$

La fuerza anteriormente calculada a la altura de la botavara T_B , se tralada a la primera cruceta resultando en T_{BS}

$$T_{BS} = 798 \text{ N}$$

Las fuerzas resultantes son F_3 , F_2 , F_1 , y son las dadas en cada altura de las uniones de los obenques en el tope de mástil y en la cruceta correspondiente:

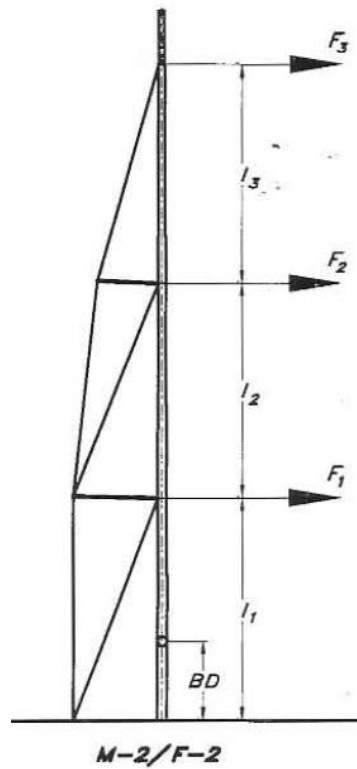


Figura 31. Representación de fuerzas en diferentes alturas del mástil.

(Fuente: Lars Larsson y Rolf Eliasson, *Principles of Yacht Design*)

$$F_3 = T_1$$

$$F_2 = T_{HS}$$

$$F_3 = T_{HI} + T_{BS}$$

$$F_3 = 5893 \text{ N}$$

$$F_2 = 3059 \text{ N}$$

$$F_3 = 4991 \text{ N}$$

A continuación se toman medidas de los diferentes obenques y sus ángulos según figura:

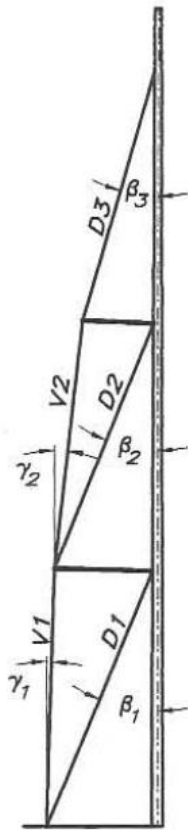


Figura 32. Denominación de obenques y ángulos respectivos.

(Fuente: Lars Larsson y Rolf Eliasson, Principles of Yacht Design)

Datos		
D3	5,6	m
β_3	14	°
V2	5,52	m
D2	5,77	m
β_2	18	°
γ_2	4	°
V1	8	m
D1	8,23	m
β_1	14	°
γ_1	1	°

Tabla 14. Medidas de dimensiones y ángulos de los obenques

Las tensiones que tendrán q soportar con sus respectivos coeficientes de seguridad son:

Tensiones de la obenques		
D3	24361	N
V2	23695	N
C2	5893	N
D2	28971	N
V1	51306	N
C1	9710	N
D1	60770	N

Tabla 15. Tensiones de los obenques

Los valores máximos para la selección son los siguientes, teniendo en cuenta que los coeficientes de seguridad

Cargas máxima admisibles			Fs
PD1	151926	N	2.5
PD2	66634	N	2.3
PD3	73082	N	3
Pv1	164180	N	3.2
Pv2	71084	N	3

Tabla 16. Cargas máxima admisibles y factor de seguridad utilizado de obenques

Cálculo de Estáis.

Toman los datos:

Dimensiones de estáis		
h_{WL}	20	m
α_F	15	º
α_B	26	º

Tabla 17. Medidas de dimensiones y ángulos de los estáis.

Y las respectivas cargas máximas respectivas de estay y back-estay:

$$P_{ESTAY} = 15 \times \frac{RM}{(l + fs)}$$

$$P_{BACK-ESTAY} = P_{STAY} \times \frac{\sin \alpha_F}{\sin \alpha_B}$$

Siendo l , la distancia desde el tope de mástil hasta cubierta y tomando un f_s de valor 1

Cargas máxima admisibles		
P_{ESTAY}	112807	N
$P_{BACK-ESTAY}$	66603	N

Tabla 18. Cargas máximas admisibles para estáis

Selección de Jarcia Fija.

Los obenques y estáis son de cable trenzado 1x19 de acero inoxidable 316.

Según la siguiente tabla de esfuerzos admisibles:

Diámetro del cable, mm	Carga de rotura kN
Ø 3	8
Ø 4	14
Ø 5	22
Ø 6	31
Ø 7	43
Ø 8	56
Ø 10	88
Ø 12	126
Ø 14	171
Ø 16	216

Cargas de rotura para diversas dimensiones de un cable trenzado 1 x 19.

Figura 33. Cargas de rotura para cable trenzado 1x19

Los diámetros nominales para cada obenque y estáis son:

	Esfuerzo (N)	Diámetro (mm)	Máximo (N)
Obenques D1	151926	14	171000
Obenques D2-D3-V2	73082	10	88000
Obenques V1	164000	14	171000
Estay	112808	12	126000
Back-Estay	66603	10	88000

Tabla 19. Comprobación de selección de jarcia fija.

Se comprueba que con los diámetros seleccionados se cumple con los esfuerzos máximos calculados.

7.5. Dimensionamiento del mástil

La rigidez transversal del mástil será:

$$I_x = K_1 \times m \times PT \times l(n)^2$$

$$K_1 = 2,7 \times K_3$$

$$K_3 = 1,35 ; \text{ Por ser mástil sobre cubierta no pasante}$$

$$m = 1 ; \text{ Por ser mástil de aluminio}$$

$$PT = 1,5 \times \frac{RM}{b}$$

$$b = 1,8m ; \text{ Longitud del mástil al arraigo lateral del obenque}$$

$$l(n) = l(1) = 7,5m ; \text{ Longitud del panel más cercano a cubierta.}$$

$$I_x = 2370 \text{ mm}^4$$

La rigidez longitudinal del mástil será, para una configuración de 2 obenques bajos:

$$I_Y = K_2 \times K_3 \times m \times PT \times I^2$$

$K_2 = 0,9$; Disposición con 2 obenques bajos

$K_3 = 1,35$; Por ser mástil sobre cubierta no pasante

$m = 1$; Por ser mástil de aluminio

$$PT = 1,5 \times \frac{RM}{b}$$

$I = 17,45 \text{ m}$; Dado inicialmente

$$I_Y = 4326 \text{ mm}^4$$

Se elige el fabricante ZSPARS para la arboladura.

Los datos para mástiles estándar son:

El perfil del mástil seleccionado será el Z1250. Con unas características que cumplen con las inercias calculadas y un peso por metro lineal de 11,76 Kg/ml.

Las dimensiones del mástil son 310 x 182 mm.

7.6. Dimensionamiento de la botavara

Para el dimensionamiento de la botavara y el pinzote, que es una de las zonas que más esfuerzos concentra, según la figura anterior podemos calcular las fuerzas horizontales y verticales, y los módulos de la sección de la botavara:

$$SM_V = 600 \times RM \times \frac{(E - d_1)}{(\sigma_{0,2} \times HA)}$$

$E = 6,3 \text{ m}$; dado inicialmente.

$d_1 = 1 \text{ m}$; distancia del mástil hasta arraigo de la contra

$\sigma_{0,2} = 210 \frac{N}{\text{mm}^2}$; límite fluencia del aluminio del mástil

$$SM_V = 256234 \text{ mm}^3$$

$$SM_H = 0,5 \times SM_V \text{ mm}^3$$

$$SM_H = 128117 \text{ mm}^3$$

$$F_V = F_H = 0,5 \times RM \times \frac{E}{(H \times d_{1,2})}$$

$$F_V = F_H = 0,5 \times RM \times \frac{E}{(H \times d_{1,2})}$$

$$F_V = F_H = 36488 \text{ N}$$

Las botavaras del fabricante ZSPARS disponibles son:

Perfil	Dimensiones	Inercias	Espesor	Kg/ml
Z120	71 61	45 24	1.5	1.2
Z160	94 68	60 32	1.5	1.5
Z204	118 86	125 68	2	2.3
Z360	145 105	380 150	2.5	3.6
Z480	180 125	750 300	3	4.8
Z690	232 145	1660 462	2.9	6.9

Tabla 20. Perfiles de Botavaras ZSPARS

Se selecciona la botavara Z360 por cumplir con los requisitos.

7.7. Dimensionamiento de las crucetas

Las crucetas, con el fin de favorecer el comportamiento longitudinal del mástil y repartir sus esfuerzos por las crucetas en esta dirección, se optará por un ángulo para las crucetas del 22%.

Las crucetas seleccionadas serán unas crucetas ZSPARS Z341 según recomendación del fabricante.

Las características, Momento de Inercia y Módulo de la sección de la cruceta en la zona del arraigo al mástil serán, según las formulas de la figura adjunta:

- Para las crucetas bajas de longitud 17500 mm:

Momento de Inercia, $I_{C,B}$

$$I_{C,B} = \frac{0,8 \times C_{(B)} \times S_{(B)}^2}{E \times \cos \delta}$$

$C_{(B)} = N$; calculado anteriormente en tabla 15

$S_{(B)} = 1750 \text{ mm}$; Longitud de la cruceta

$\delta = 22^\circ$; Ángulo de la cruceta

$$I_{C,B} = 345093 \text{ mm}^4$$

Módulo de la sección, SM_B

$$SM_B = k \times V_{(B)} \times S_{(B)} \times \cos \delta$$

$$k = \frac{0,16}{\sigma_{0,2}}$$

$V_{(B)} = V1$; Calculado anteriormente en tabla 15

$\delta = 22^\circ$; Ángulo de la cruceta

$$SM_B = 67369 \text{ mm}^3$$

- Para las crucetas altas de longitud 1400 mm:

Momento de Inercia, $I_{C,A}$

$$I_{C,A} = \frac{0,8 \times C_{(A)} \times S_{(A)}^2}{E \times \cos \delta}$$

$C_{(A)} = N$; Calculado anteriormente en tabla 15

$$S_{(A)} = 1400 \text{ mm} ; \text{ Longitud de la cruceta}$$

$$\delta = 22^{\circ} ; \text{ Angulo de la cruceta}$$

$$I_{C,B} = 24890 \text{ mm}^4$$

Módulo de la sección, SM_A

$$SM_A = k \times V_{(A)} \times S_{(A)} \times \cos \delta$$

$$k = \frac{0,16}{\sigma_{0,2}}$$

$$V_{(A)} = D3 ; \text{ Calculado anteriormente en tabla 15}$$

$$\delta = 22^{\circ} ; \text{ Angulo de la cruceta}$$

$$SM_B = 25590 \text{ mm}^3$$

CAPÍTULO 8. Cálculo del escantillonado.

8.1. Introducción

En este capítulo se realiza el dimensionamiento y el cálculo del peso de estructura de aluminio para la embarcación cuyas características principales han sido proporcionadas anteriormente.

El material a utilizar ha sido definido como *Aluminio 5086-H111*. Se selecciona este material pues es una aleación de Aluminio–Magnesio al 4% que tiene un buen comportamiento contra fenómenos de intemperie y posee una soldabilidad también muy buena, características que lo hacen ideal para aplicaciones de construcción naval.

El sufijo H111 hace referencia al recocido y el endurecimiento parcial por deformación en frío, que es llevado a cabo en la fabricación mediante estirado o aplanado.

Se realizan los cálculos del escantillonado basándose en la norma ISO 12215-5:2008. Construcción de cascos y escantillones, Parte 5: Presiones de diseño, tensiones de diseño y determinación del escantillón

Con los datos de escantillonado se obtiene el peso de la estructura.

8.2. Cálculo del escantillonado.

DATOS INICIALES

Se realizan los cálculos partiendo de los siguientes datos obtenidos de los anteriores ejercicios:

Eslora de casco (Loa)	14,5 m
Desplazamiento máximo (Δ)	13,8 ton
Velocidad de diseño	9 nudos
Eslora de flotación	13,4 m
Manga en pantoque (B_0)	3,75 m
Calado (T)	0,7 a 2,5 m

Tabla 21. Datos iniciales para el cálculo del escantillonado

8.2.1. Cálculo de factores de ajuste de la presión

Se comienza el cálculo del escantillonado obteniendo los valores de los factores de ajuste para el cálculo de la presión.

Se tomarán los siguientes valores

k_{DC} , Factor de categoría de diseño

$k_{DC} = 1$; Definido por la categoría de diseño A

n_{CG} , Factor de carga dinámica

$n_{CG} = 3$; dado que aplica a veleros

k_L , Factor longitudinal de distribución de presión

$$k_L = \frac{1 - 0,167 \times n_{CG}}{0,6} \times \frac{x}{L_{WL}} + 0,167 \times n_{CG}; \text{ sin ser } > 1 \text{ para } \frac{x}{L_{WL}} \leq 0,6$$

$$k_L = 1; \text{ para } \frac{x}{L_{WL}} > 0,6$$

$k_L=1$, se asigna el más restrictivo para los cálculos.

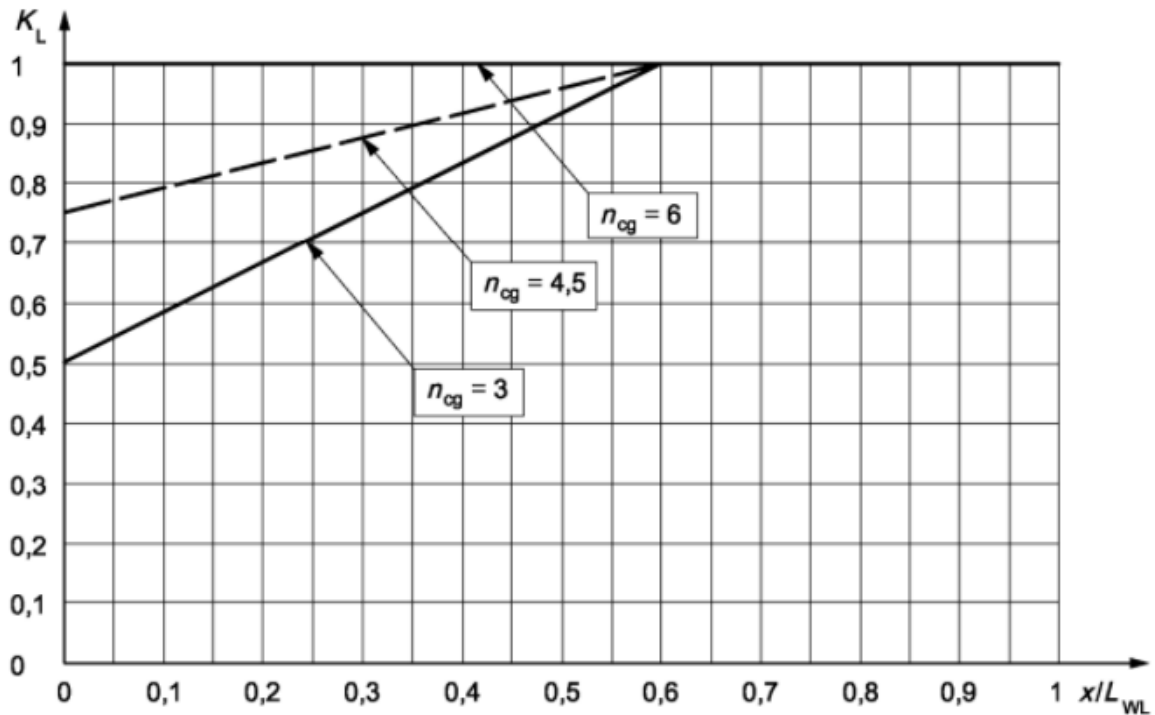


Figura 34. K_L en función de la posición longitudinal.

(Fuente: norma ISO 12215-5:2008)

k_{AR} , Factor de reducción de presión según la superficie

$$k_{AR} = \frac{k_R \times 0,1 \times m_{LDC}^{0,15}}{A_D^{0,3}}$$

Siendo sus valores mínimos los indicados en la siguiente figura:

Categoría de diseño	Paneles de una sola capa y refuerzos de fondo y costados Paneles de una sola capa o tipo sandwich y refuerzos de cubiertas y superestructuras	Paneles tipo sandwich de fondo y costados ^a		
		$\frac{x}{L_{WL}} \leq 0,4$	$0,4 < \frac{x}{L_{WL}} < 0,6$	$\frac{x}{L_{WL}} \geq 0,6$
A	0,25 todas las embarcaciones casco y cubierta	0,4 todas las embarcaciones	Interpolación entre los valores $\frac{x}{L_{WL}} = 0,4$ y $0,6$	0,5 fondo de veleros y costado 0,5 fondo embarcaciones a motor 0,4 costado embarcaciones a motor

Figura 35. Valores de K_{AR} mínimos para categoría de diseño A.

(Fuente: norma ISO 12215-5:2008)

Y siendo k_R , Factor estructural

$k_R = 1,5 - 3 \times 10^{-4} \times b$; para paneles.

$k_R = 1 - 2 \times 10^{-4} \times l_u$; para refuerzos.

Por lo tanto obtenemos para los refuerzos:

$$k_{R,REFUERZOS} = 0,86$$

$$k_{AR,REFUERZOS} = 0,58$$

Y para los paneles

$$k_{R,PANEL} = 1,35$$

$$k_{AR,PANEL} = 0,77$$

Se utilizan los siguientes valores:

$b=500$ dimensión más corta de los espacios sin refuerzo

$l_u=700$ dimensión más larga de los espacios sin refuerzo

Área de diseño para chapas

$$A_{D,CHAPA} = 0,375$$

Área de diseño para refuerzos

$$A_{D,REFUERZO} = 0,21$$

k_Z , Factor de reducción de presión en el costado

$$k_Z = \frac{(Z - h)}{Z};$$

k_{SUP} , Factor de reducción de presión para superestructuras y casetas

$$k_{SUP} = 1$$

k_{SLS} , Factor de corrección de presión por el efecto de "slamming"

$$k_{SLS} = 1; \text{ Al cumplirse la condición de } m_{LDC} > 5 \times L_{WL}^3$$

8.2.2. Cálculo de presiones

Se comienza el cálculo del escantillonado realizando el cálculo de las presiones externas sobre el casco de la embarcación.

Existen dos principales presiones sobre el exterior del casco de la embarcación rápida. Uno es debido al impacto de las olas sobre el casco (slamming) el otro debido a la acción de la columna de agua sobre el casco.

Para los veleros se define la Presión de diseño de los fondos como la mayor de las siguientes:

$$P_{BS} = P_{BS,BASE} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L$$

$$P_{BS,MIN} = 0,35 \times m_{LDC}^{0,33} + 1,4 \times L_{WL} \times k_{DC}$$

$$P_{BS,BASE} = (2 \times m_{LDC}^{0,33} + 18) \times k_{SLS}$$

Se obtienen los siguientes valores:

$$P_{BS} = 50,93 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{BS,MIN} = 27,19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

En cuanto a la presión en los costados se define:

$$P_{SS} = [(P_{DS,BASE} + k_Z) \times (P_{BS,BASE} - P_{DS,BASE})] \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L$$

$$P_{SS,MIN} = 1,4 \times L_{WL} \times k_{DC}$$

Se obtienen

$$P_{SS} = 57,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{SS,MIN} = 20,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

La presión en la cubierta se define:

$$P_{DS} = P_{DS,BASE} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_L$$

$$P_{DS,MIN} = 5$$

$$P_{DS,BASE} = 0,5 \times m_{LDC}^{0,33} + 12$$

Se obtienen

$$P_{DS} = 18,51 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$P_{DS,MIN} = 5$$

La presión en las superestructuras se define:

$$P_{SUPS} = P_{DS,BASE} \times k_{AR} \times k_{DC} \times k_{SUP}$$

Resultando en:

$$P_{SUPS} = 18,51 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

En cuando a los mamparos estancos, la presión de los mamparos estancos estará definida por:

$$P_{WB} = 7 \times h_B$$

Resultando en:

$$P_{WB} = 14 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

La presión de los mamparos estructurales o de colisión estará definida por:

$$P_{TB} = 10 \times h_B$$

Resultando en:

$$P_{TB} = 23 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Siendo h_B , la medida representada en las siguientes figuras:

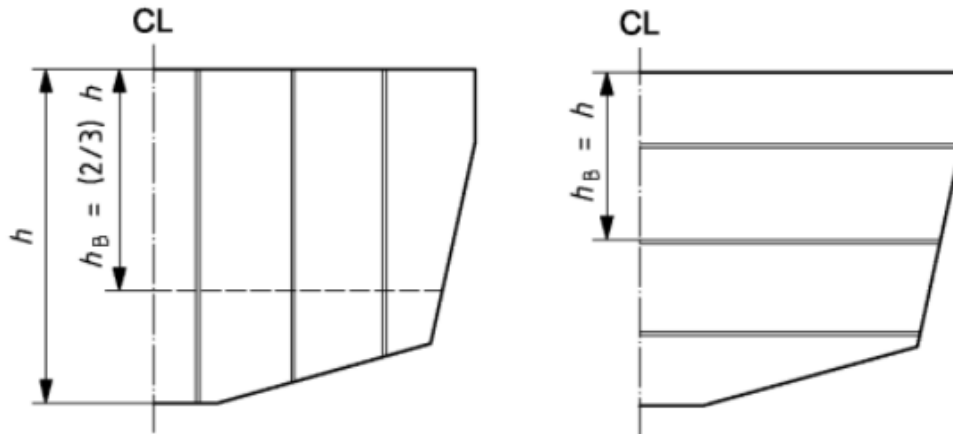


Figura 36. Dimensión h_B para el cálculo de presión.

(Fuente: norma ISO 12215-5:2008)

DIMENSIONAMIENTO DE LAS CHAPAS DE COSTADO:

El espesor requerido para las chapas de costado está definido por:

$$t = b \times k_c \times \sqrt{\frac{P \times k_2}{1000 \times \sigma_d}}$$

$$t = 6,83 \text{ mm}$$

Habiendo tomado:

$$\sigma_d = 0,6 \times \sigma_{uw}$$

$k_2 = 0,468$; En función del alargamiento del panel isotrópico

$k_c = 1$; Como factor de curvatura

Siendo su valor mínimo:

$$t_{\text{MIN}} = k_5 \times (A + k_7 \times V + k_8 + m_{LDC}^{0,33})$$

$$t_{\text{MIN}} = 4 \text{ mm}$$

Debido a que el material empleado es aluminio las siguientes constantes se han tomado como:

$$A = 1$$

$$k_5 = 2,36 \times \sqrt{\frac{125}{\sigma_y}}$$

$$k_7 = 0,02$$

$$k_8 = 0,1$$

DIMENSIONAMIENTO DE LA CUBIERTA:

$$t_{\text{MIN,CUBIERTA}} = 1,35 + 0,06 \times L_{\text{WL}}$$

$$t_{\text{MIN,CUBIERTA}} = 2,2 \text{ mm}$$

8.2.3. Requisitos de los elementos de refuerzo

Factores de ajuste de las propiedades de los refuerzos

k_{CS} , Factor de ajuste por curvatura de los refuerzos

$$k_{\text{CS}} = 1; \text{ Dada la curvatura de los refuerzos}$$

k_{SA} , Factor de superficie de cizalla de los refuerzos

$$k_{\text{SA}} = 5; \text{ Por estar unidos al costado}$$

Tensión de diseño de los refuerzos

σ_d , tensión de diseño en tracción y compresión

$$\sigma_d = 0,7 \times \sigma_{yw}$$

τ_d , tensión de diseño al cizallamiento

$$\tau_d = 0,4 \times \sigma_{yw}$$

Siendo por lo tanto para el aluminio seleccionado:

$$\sigma_d = 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \tau_d = 58 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Se calculan finalmente los valores mínimos que tendrán que tener los refuerzos siendo estos:

A_W , Superficie del alma

$$A_W = \frac{k_{SA} \times P \times s \times l_u}{\tau_d} \times 10^{-6}$$

SM, Modulo de inercia

$$SM = \frac{83,33 \times k_{CS} \times P \times s \times l_u^2}{\sigma_d} \times 10^{-9}$$

Se ha tenido en cuenta para los cálculos el calor de chapa del costado asociada al refuerzo.

Así, los valores mínimos para cuadernas y varengas son:

$$A_{WT,MIN} = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$SM_{T,MIN} = 16,6 \text{ cm}^3$$

En el caso de los refuerzos longitudinales de fondo los valores mínimos son:

$$A_{WL,MIN} = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$SM_{L,MIN} = 12,9 \text{ cm}^3$$

En el caso de los refuerzos longitudinales de costado los valores mínimos son:

$$A_{WC,MIN} = 0,8 \text{ cm}^2$$

$$SM_{C,MIN} = 8,31 \text{ cm}^3$$

8.2.4. Diseño estructural del casco.

Se ha seleccionado, 19 soportes primarios transversales (*varenga/cuaderna*) con separación máxima de 0,7 m en las posiciones centrales y albergar espacio para el cajón de la orza abatible y 6 longitudinales (3 en fondo y 3 en costados de babor y estribor) con una separación de 0,5 m.

El espesor para todo forro del casco seleccionado por encima del valor mínimo de la norma y estandarizado es de 7 mm.

	Material	Área (m ²)	Perímetro (m)	Peso (Tn)	CG _L (m)	CG _H (m)
st 0	5086-H111	1,023	20,275	0,019	0,529	1,387
st 1	5086-H111	1,257	20,772	0,024	1,129	1,343
st 2	5086-H111	1,284	21,201	0,024	1,729	1,315
st 3	5086-H111	1,301	21,477	0,025	2,329	1,294
st 4	5086-H111	1,311	21,633	0,025	2,929	1,28
st 5	5086-H111	1,315	21,684	0,025	3,529	1,27
st 6	5086-H111	1,313	21,64	0,025	4,129	1,263
st 7	5086-H111	1,305	21,503	0,025	4,729	1,26
st 8	5086-H111	1,291	21,273	0,024	5,329	1,26
st 9	5086-H111	1,266	20,853	0,024	6,079	1,263
st 10	5086-H111	1,232	20,273	0,023	6,829	1,27
st 11	5086-H111	1,19	19,589	0,022	7,529	1,281
st 12	5086-H111	1,139	18,744	0,022	8,229	1,295
st 13	5086-H111	1,074	17,658	0,02	8,979	1,317
st 14	5086-H111	0,996	16,37	0,019	9,729	1,344
st 15	5086-H111	0,905	14,873	0,017	10,479	1,38
st 16	5086-H111	0,801	13,148	0,015	11,229	1,426
st 17	5086-H111	0,683	11,173	0,013	11,979	1,484
st 18	5086-H111	1,559	4,956	0,029	12,729	1,552
proa	5086-H111	0,383	2,856	0,007	13,729	1,809

Tabla 22. Características de los refuerzos transversales primarios

	Material	Área (m ²)	Perímetro (m)	Peso (Tn)	CG _L (m)	CG _T (m)	CG _H (m)
Stringer 15	5086-H111	0,966	27,081	0,018	7,264	1,338	0,942
Stringer 16	5086-H111	0,964	27,062	0,018	7,258	1,513	1,312
Stringer 17	5086-H111	0,963	27,055	0,018	7,257	1,618	1,713
Stringer 15b	5086-H111	0,966	27,081	0,018	7,264	-1,338	0,942
Stringer 16b	5086-H111	0,964	27,062	0,018	7,258	-1,513	1,312
Stringer 17b	5086-H111	0,963	27,055	0,018	7,257	-1,618	1,713

Tabla 23. Características de los refuerzos longitudinales de costado

	Material	Área (m ²)	Perímetro (m)	Peso (Tn)	CG _L (m)	CG _T (m)	CG _H (m)
Stringer 12	5086-H111	1,686	27,032	0,025	7,465	0,393	0,358
Stringer 13	5086-H111	1,676	27,07	0,024	7,411	0,766	0,486
Stringer 14	5086-H111	1,665	27,089	0,024	7,357	1,1	0,695
Stringer 12b	5086-H111	1,686	27,032	0,025	7,465	-0,393	0,358
Stringer 13b	5086-H111	1,676	27,07	0,024	7,411	-0,766	0,486
Stringer 14b	5086-H111	1,665	27,089	0,024	7,357	-1,1	0,695

Tabla 24. Características de los refuerzos longitudinales de fondo

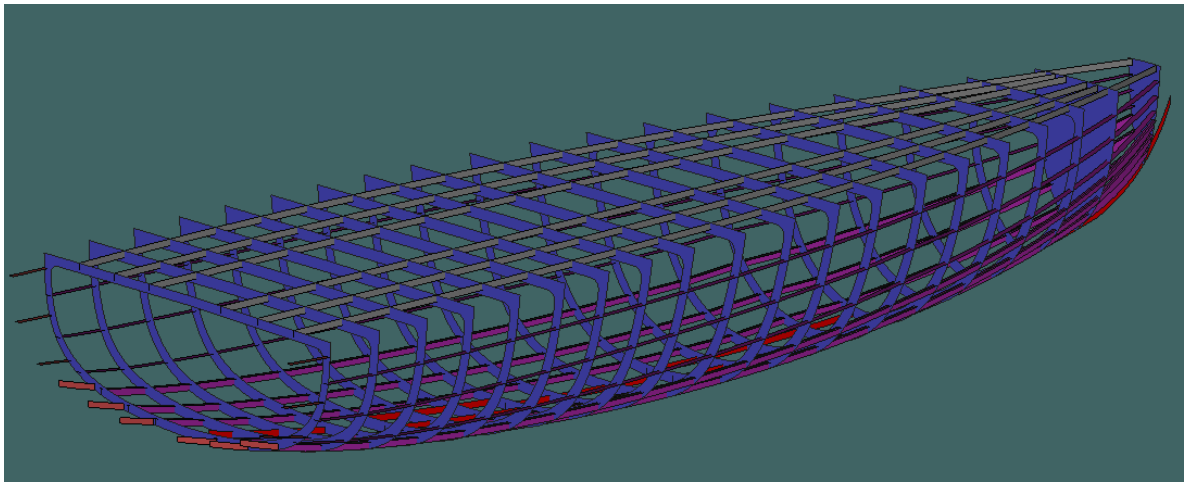


Figura 37. Vista en perspectiva de la estructura principal

8.2.5. Dimensionamiento de los refuerzos transversales principales.

En el caso de los refuerzos principales se calcula el modulo resistente mínimo que deben tener los refuerzos así como su área correspondiente.

$$A_{WT,MIN} = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$SM_{T,MIN} = 16,6 \text{ cm}^3$$

Los valores reales calculados para los refuerzos transversales que actúan como varengas y cuadernas, y que han sido seleccionados como un perfil macizo de altura continua 100 mm alrededor del casco y cubierta y 7 mm de espesor, son:

$$A_{WT,REAL} = 36,4 \text{ cm}^2$$

$$SM_{T,REAL} = 23,75 \text{ cm}^3$$

	A	Y _G	A * Y _G	A * Y _G ²	I _P	I
Alma	7,00	5,70	39,90	227,43	58,33	285,76
Chapa asociada	29,40	0,35	10,29	3,60	1,20	4,80
Total	36,40		50,19	231,03	59,53	290,57

Tabla 25. Características de los componentes del refuerzo transversal.

Siendo en la tabla:

A, Área del elemento (cm²)

Y_G, Distancia del centro de gravedad del elemento a la base. (cm)

I_P, Momento propio (cm⁴), $I_P = \frac{1}{12} \times a \times b^3$

I, Momento de inercia referenciado según Steiner (cm⁴), $I = I_P + A \times Y_G^2$

Y ₀	1,38
Y _{MAX}	9,32
I _{XX}	290,57
I _{Y0}	221,36
SM	23,75

Tabla 26. Características del refuerzo transversal.

Y₀, Distancia del centro de gravedad del conjunto a la base (cm)

Y_{MAX}, Distancia del extremo del conjunto a la base (cm)

I_{XX}, Momento de inercia total referenciado (cm⁴), $I_{XX} = I_{P,T} + A_T \times Y_{G,T}^2$

I_{Y0}, Momento propio total (cm⁴), $I_{Y0} = I_{XX} - A_T \times Y_0^2$

SM, Modulo resistente (cm³), $SM = \frac{I_{Y0}}{Y_{MAX}}$

Se ha incluido según la norma, una parte del forro (B_p) considerada como adyacente en los cálculos y definida por:

$$B_p = 60 \times t$$

Siendo t , el espesor de la chapa que se ha definido como 7 mm.

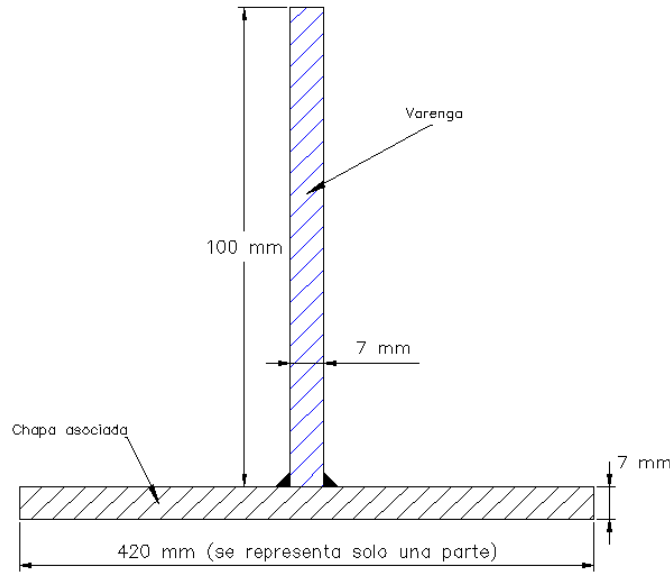


Figura 38. Detalle del refuerzo transversal. Vanga

Por lo tanto se considera la selección como correcta.

$$A_{WT,REAL} > A_{WT,MIN}$$

$$SM_{T,REAL} > SM_{T,MIN}$$

8.2.6. Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales de fondo.

En el caso de los refuerzos longitudinales se calcula el modulo resistente mínimo que deben tener los refuerzos así como su área correspondiente.

$$A_{WL,MIN} = 1,25 \text{ cm}^2$$

$$SM_{L,MIN} = 12,9 \text{ cm}^3$$

Los valores reales calculados para los refuerzos longitudinales de fondo con perfil T (70x50x7/3) continuo con un alma de altura de 70 mm, un ala de anchura 50 mm y un espesor de 7 mm y 3 mm respectivamente son:

$$A_{WL,REAL} = 35,59 \text{ cm}^2$$

$$SM_{L,REAL} = 21,1 \text{ cm}^3$$

	A	Y _G	A* Y _G	A* Y _G ²	I _p	I
Ala	1,50	7,55	11,33	85,50	0,01	85,52
Alma	4,69	4,05	18,99	76,93	17,54	94,47
Chapa asociada	29,40	0,35	10,29	3,60	1,20	4,80
Total	35,59		40,61	166,03	18,76	184,79

Tabla 27. Características de los componentes del refuerzo longitudinal de fondo.

Siendo en la tabla:

A, Área del elemento (cm²)

Y_G, Distancia del centro de gravedad del elemento a la base. (cm)

I_p, Momento propio (cm⁴), $I_p = \frac{1}{12} \times a \times b^3$

I, Momento de inercia referenciado según Steiner (cm⁴), $I = I_p + A \times Y_G^2$

Y₀	1,14
Y_{MAX}	6,56
I_{XX}	184,79
I_{Y0}	138,45
SM	21,11

Tabla 28. Características del refuerzo longitudinal de fondo.

Y₀, Distancia del centro de gravedad del conjunto a la base (cm)

Y_{MAX}, Distancia del extremo del conjunto a la base (cm)

I_{XX}, Momento de inercia total referenciado (cm⁴), $I_{XX} = I_{p,T} + A_T \times Y_{G,T}^2$

I_{Y0}, Momento propio total (cm⁴), $I_{Y0} = I_{XX} - A_T \times Y_0^2$

SM, Modulo resistente (cm³), $SM = \frac{I_{Y0}}{Y_{MAX}}$

Se ha incluido según la norma, una parte del forro (B_p) considerada como adyacente en los cálculos y definida por:

$$B_p = 60 \times t$$

Siendo t , el espesor de la chapa que se ha definido como 7 mm.

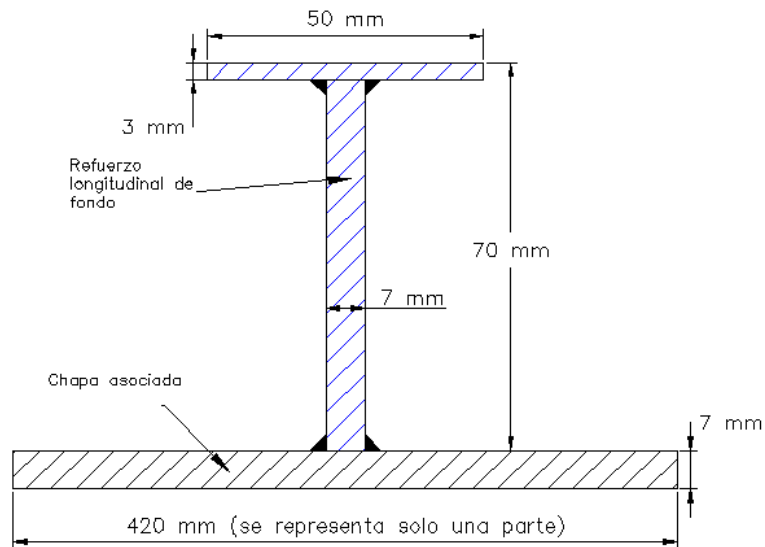


Figura 39. Detalle del refuerzo longitudinal de fondo

Por lo tanto se considera la selección como correcta.

$$A_{WL,REAL} > A_{WL,MIN}$$

$$SM_{L,REAL} > SM_{L,MIN}$$

8.2.7. Dimensionamiento de los refuerzos longitudinales de costado.

En el caso de los refuerzos longitudinales de costado, se diseñan con perfil continuo 70x7 mm, con un alma de altura de 70 mm y un espesor de 7 mm, y se calcula el modulo resistente mínimo que deben tener los refuerzos así como su área correspondiente.

$$A_{WC,MIN} = 0,8 \text{ cm}^2$$

$$SM_{C,MIN} = 8,31 \text{ cm}^3$$

Los valores reales calculados para los refuerzos longitudinales de costado son:

$$A_{WC,REAL} = 34,3 \text{ cm}^2$$

$$SM_{C,REAL} = 12,27 \text{ cm}^3$$

	A	Y _G	A* Y _G	A* Y _G ²	I _p	I
Alma	4,90	4,20	20,58	86,44	20,01	106,44
Chapa asociada	29,40	0,35	10,29	3,60	1,20	4,80
Total	34,30		30,87	90,04	21,21	111,25

Tabla 29. Características de los componentes del refuerzo longitudinal de costado.

Siendo en la tabla:

A, Área del elemento (cm²)

Y_G, Distancia del centro de gravedad del elemento a la base. (cm)

I_p, Momento propio (cm⁴), $I_p = \frac{1}{12} \times a \times b^3$

I, Momento de inercia referenciado según Steiner (cm⁴), $I = I_p + A \times Y_G^2$

Y ₀	0,90
Y _{MAX}	6,80
I _{XX}	111,25
I _{Y0}	83,46
SM	12,27

Tabla 30. Características del refuerzo longitudinal de costado.

Y₀, Distancia del centro de gravedad del conjunto a la base (cm)

Y_{MAX}, Distancia del extremo del conjunto a la base (cm)

I_{XX}, Momento de inercia total referenciado (cm⁴), $I_{XX} = I_{p,T} + A_T \times Y_{G,T}^2$

I_{Y0}, Momento propio total (cm⁴), $I_{Y0} = I_{XX} - A_T \times Y_0^2$

SM, Modulo resistente (cm³), $SM = \frac{I_{Y0}}{Y_{MAX}}$

Se ha incluido según la norma, una parte del forro (B_p) considerada como adyacente en los cálculos y definida por:

$$B_p = 60 \times t$$

Siendo t , el espesor de la chapa que se ha definido como 7 mm

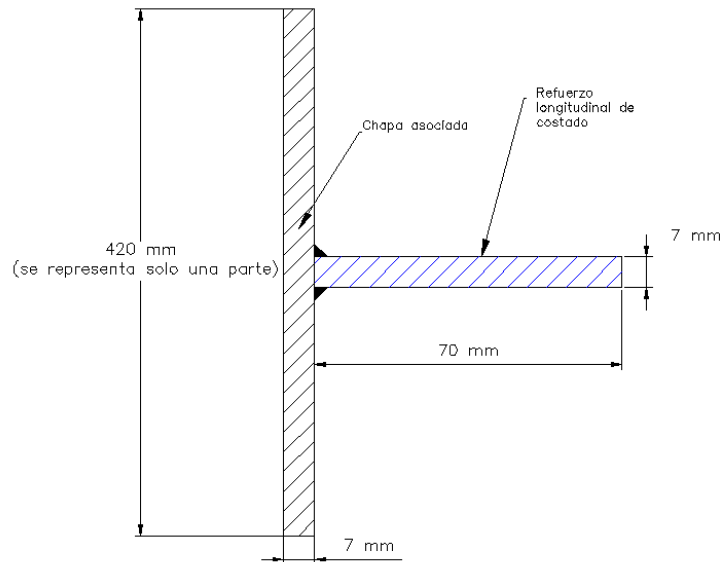


Figura 40. Detalle del refuerzo longitudinal de costado.

Por lo tanto se considera la selección como correcta.

$$A_{WC,REAL} > A_{WC,MIN}$$

$$SM_{C,REAL} > SM_{C,MIN}$$

8.3. Peso del casco.

Peso del forro y refuerzos

El peso del aluminio del conjunto es como se puede observar en la tabla adjunta y según los cálculos realizados de 3223 Kg.

En la siguiente tabla las filas que corresponden con elementos simétricos se dan para el del costado de estribor sus valores y se indican 2 en número. Siendo el centro transversal de ambos nulo aunque en la tabla se dé un valor.

Se han incluido refuerzos secundarios en la lista no calculados en el capítulo para poder estimar el peso total.

	u	Material	Área (m ²)	Perímetro (m)	Peso (Tn)	CG _L (m)	CG _T (m)	CG _H (m)
casco	2	5086-H111	41,795	33,043	0,903	6,303	1,182	0,889
arbotante	4	5086-H111	0,935	6,552	0,02	3,071	0,059	0,101
cubierta	2	5086-H111	24,252	31,109	0,262	5,665	0,974	2,102
St 0	1	5086-H111	1,023	20,275	0,019	0,529	0	1,387
St 1	1	5086-H111	1,257	20,772	0,024	1,129	0	1,343
St 2	1	5086-H111	1,284	21,201	0,024	1,729	0	1,315
St 3	1	5086-H111	1,301	21,477	0,025	2,329	0	1,294
St 4	1	5086-H111	1,311	21,633	0,025	2,929	0	1,28
St 5	1	5086-H111	1,315	21,684	0,025	3,529	0	1,27
St 6	1	5086-H111	1,313	21,64	0,025	4,129	0	1,263
St 7	1	5086-H111	1,305	21,503	0,025	4,729	0	1,26
St 8	1	5086-H111	1,291	21,273	0,024	5,329	0	1,26
St 9	1	5086-H111	1,266	20,853	0,024	6,079	0	1,263
St 10	1	5086-H111	1,232	20,273	0,023	6,829	0	1,27
St 11	1	5086-H111	1,19	19,589	0,022	7,529	0	1,281
St 12	1	5086-H111	1,139	18,744	0,022	8,229	0	1,295
St 13	1	5086-H111	1,074	17,658	0,02	8,979	0	1,317
St 14	1	5086-H111	0,996	16,37	0,019	9,729	0	1,344
St 15	1	5086-H111	0,905	14,873	0,017	10,479	0	1,38
St 16	1	5086-H111	0,801	13,148	0,015	11,229	0	1,426
St 17	1	5086-H111	0,683	11,173	0,013	11,979	0	1,484
St 18	1	5086-H111	1,559	4,956	0,029	12,729	0	1,552
St proa	1	5086-H111	0,383	2,856	0,007	13,729	0	1,809
Stringer 1	1	5086-H111	0,422	10,023	0,008	12,486	0	0,7
Stringer 2	1	5086-H111	0,108	3,193	0,002	1,574	0	0,4
Stringer 3	1	5086-H111	0,156	4,544	0,003	5,831	0	0,059
Stringer 4	2	5086-H111	0,203	5,946	0,004	8,281	0,2	0,073
Stringer 5	2	5086-H111	0,128	3,75	0,002	3,828	0,22	0,161
Stringer 6	2	5086-H111	0,031	1,101	0	0,296	1,415	0,821
Stringer 7	2	5086-H111	0,03	1,084	0	0,294	0,955	0,713
Stringer 8	2	5086-H111	0,029	1,067	0	0,29	0,465	0,658
Stringer 9	2	5086-H111	0,028	1,039	0	0,29	2,164	1,837

Stringer 10	2	5086-H111	0,028	1,041	0	0,289	2,085	1,371
Stringer 11	2	5086-H111	0,03	1,081	0	0,29	1,779	0,983
Stringer 12	2	5086-H111	1,686	27,032	0,025	7,465	0,393	0,358
Stringer 13	2	5086-H111	1,676	27,07	0,024	7,411	0,766	0,486
Stringer 14	2	5086-H111	1,665	27,089	0,024	7,357	1,1	0,695
Stringer 15	2	5086-H111	0,966	27,081	0,018	7,264	1,338	0,942
Stringer 16	2	5086-H111	0,964	27,062	0,018	7,258	1,513	1,312
Stringer 17	2	5086-H111	0,963	27,055	0,018	7,257	1,618	1,713
Stringer 18	2	5086-H111	0,855	24,568	0,016	6,628	0,462	2,087
Stringer 19	2	5086-H111	0,857	24,64	0,016	6,638	0,923	2,084
Stringer 20	2	5086-H111	0,934	26,843	0,018	7,168	1,299	2,09
Total			181,295		3,223	6,206	0	1,156

Tabla 31. Elementos del casco

Peso del material de aislamiento

Para el cálculo del peso del material del interior del casco, se incluyen los refuerzos de aluminio como partes a aislar y se toma como 2,5 kg/m² por lo que el peso total de esta partida es de [134m² +29,4 m² (de refuerzos) m²] x 2,5 kg/m² = 408,5 Kg.

Peso de la preparación exterior del casco

Para el cálculo del peso de la pintura exterior del casco, incluidas masillas, imprimaciones y antifouling se ha tomado 1,5 kg/m² y de 1 kg/m² para la obra muerta así el peso total de esta partida es de =1,5 kg/m² *134 m²+1 kg/m² *70 m²= 268 Kg.

Peso total

El peso total para el casco según el cálculo realizado es de 3832,5 kg.

Análisis de pesos

Según el peso calculado y comparado con el peso de referencia no se ha considerado necesario rehacer los cálculos de potencia y desplazamiento asociados.

No se ha tenido en cuenta el peso de la estructura del espejo de popa.

CAPÍTULO 9. Cálculos de ingeniería naval.

9.1. Introducción

En el este capítulo se realizan los cálculos para cumplir con los criterios de estabilidad y flotabilidad de la embarcación.

Los cálculos se realizan con el apoyo de la aplicación MAXSURF y se verifican con las formulas de la norma, para corroborar el cumplimiento cuando sea necesario.

Los criterios vienen incluidos en la norma EN ISO 12217-2:2013.

9.2. Criterios iniciales

Según se ha definido en los requisitos iniciales se indica que se diseña la embarcación para una categoría de diseño A.

Una embarcación a la que se le ha dado la categoría de diseño A se considera que se ha diseñado para operar con vientos de fuerza Beaufort igual o menor a 10 y las alturas de ola correspondientes de aproximadamente 7 m, y sobrevivir en las más severas condiciones. Estas condiciones se pueden encontrar en largos viajes, por ejemplo a través de los océanos, o costeros cuando no se tenga una protección contra el viento y las olas durante varios cientos de millas náuticas. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 28 m/s.

Disposición de tanques y lastres fijos.

Se definen en la lista siguiente con las densidades y permeabilidades indicadas para adaptarlos a las formas y refuerzos del casco.

	Permeabilidad	Densidad	Fluido
T. agua babor	80	1	Agua dulce
lastre fijo	100	10	Plomo
lastre fijo	100	10	Plomo
T. agua estribor	80	1	Agua dulce
T. agua proa	80	1	Agua dulce
T. aguas negras	95	1,025	Agua mar
T. gasoil babor pp	80	0,8524	Gasoil
T. gasoil estribor pp	80	0,8524	Gasoil

Tabla 32. Características de los tanques

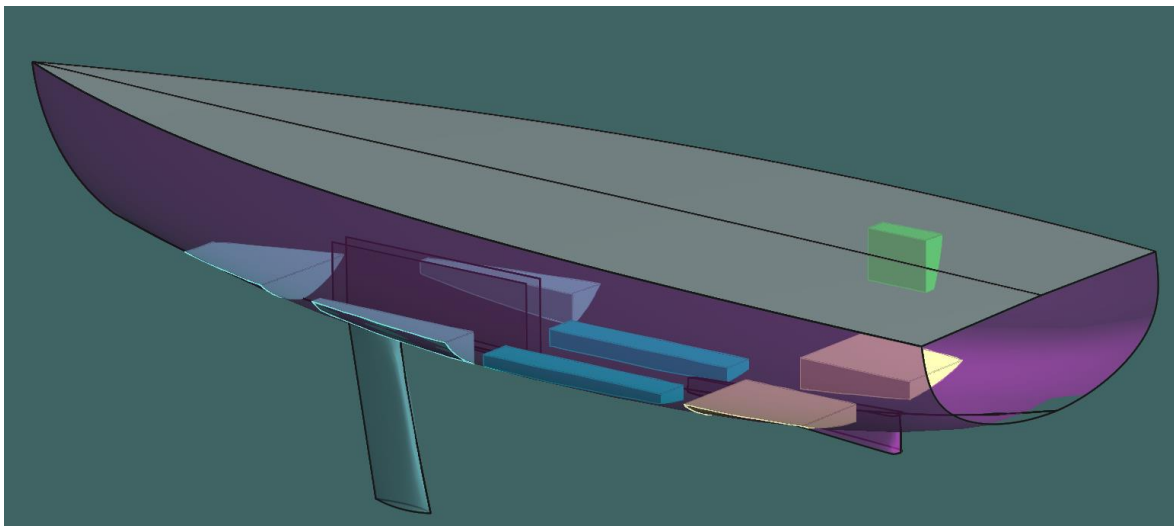


Figura 41. Disposición de los tanques en perspectiva

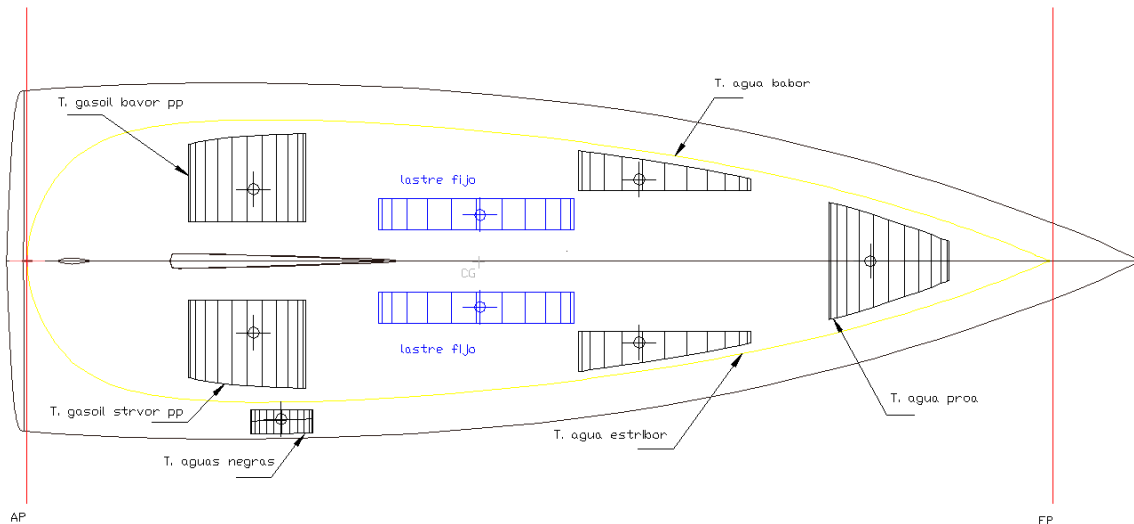


Figura 42. Disposición de los tanques en planta

9.3. Condiciones de carga

Condición mínima operativa “ m_{MO} ”; Carga máxima “ m_{LDC} ” Condición de llegada en carga “ m_{LA} ”
 Condición mínima operativa con orza en posición intermedia “ $m_{MO,50\%}$ ” Condición mínima operativa con orza en posición elevada “ $m_{MO,0\%}$ ”

Condición mínima operativa “ m_{MO} ”

Embarcación equipada en la condición de rosca con las siguientes adiciones:

a) la masa que representa la tripulación, situada en la línea de crujía próxima a la posición del puesto de control principal, de:

- 75 kg cuando $LH \leq 8$ m,
- 150 kg cuando $8 \text{ m} < LH \leq 16$ m,
- 225 kg cuando $16 \text{ m} < LH \leq 24$ m;

b) provisiones no comestibles y equipos normalmente llevados a bordo de la embarcación y no incluido como equipo normal en la lista del constructor;

EJEMPLOS Equipos interiores móviles, herramientas, piezas de repuesto, vajilla, material de cocina y cubertería, anclas adicionales o velas, y balsa de salvamento con su motor fuera borda si se lleva en la embarcación.

NOTA 1. Se excluyen los líquidos contenidos en los tanques principales (por ejemplo el combustible, el agua potable, las aguas grises y negras, las aguas de los tanques de viveros y de los tanques de cebos, etc.).

NOTA 2. Se excluyen las aguas de lastre de los tanques situados simétricamente con respecto a la línea de crujía y que están previstos por el constructor para utilizarse como lastre variable asimétrico cuando la embarcación se encuentre navegando.

NOTA 3. Los elementos de posicionamiento transversal variable (por ejemplo las quillas basculantes transversalmente, los lastres sólidos móviles, los mástiles abatibles) se posicionan simétricamente con relación al eje de crujía de la embarcación. Los elementos de posicionamiento longitudinal variable (por ejemplo los mástiles abatibles o las quillas) se posicionan de forma que el VCG sea el máximo.

NOTA 4. Todas las orzas o quillas se colocan en su posición más elevada salvo si pueden fijarse en su posición más baja y si se dan las adecuadas instrucciones en el manual del propietario.

NOTA 5. La masa en la condición mínima operativa se simboliza con m_{MO} y se expresa en kilogramos.

	Un.	M/Un	M (Tn)	Vol(m ³)	X _L	X _T	X _V
Desplazamiento en rosca	1	9,3	9,3		5,85	0	1,3
tripulación	1	0,15	0,15		3,06	0	2,053
pertrechos	1	0,15	0,15		3,06	0	0
orza abajo	1	0,7	0,7		8,66	0	-0,947
T. agua babor	0%	0,103	0	0	7,073	-0,6	0,159
lastre fijo	100%	1,766	1,766	0,177	5,794	-0,59	0,164
lastre fijo	100%	1,766	1,766	0,177	5,794	0,59	0,164
T. agua estribor	0%	0,103	0	0	7,073	0,6	0,159
T. agua proa	0%	0,202	0	0	10,269	0	0,129
T. aguas negras	0%	0,107	0	0	3,245	1,965	1,053
T. gasoil babor pp	0%	0,208	0	0	3,552	-0,334	0,159
T. gasoil estribor pp	0%	0,208	0	0	3,552	0,334	0,159
Total Loadcase			13,832	0,353	5,918	0	0,89

Tabla 33. Condición de carga mínima operativa " m_{MO} "

Condición de Carga máxima “ m_{LDC} ”

Carga para la que la embarcación se diseña para llevar en adición a la condición de rosca, que comprende:

- el número límite de tripulantes a razón de 75 kg cada uno;
- los efectos personales de la tripulación;
- las provisiones y la carga (si procede), las provisiones secas y los líquidos consumibles;
- el contenido de todos los depósitos instalados permanentemente llenos hasta el 95% de su capacidad máxima, incluyendo combustible, agua potable, aguas grises y negras, aceite lubricante e hidráulico, tanques y pozos para cebos o viveros, más el agua de lastre hasta el 100% de su capacidad;
- los líquidos consumibles en depósitos portátiles (agua potable, combustible) llenos hasta el 95% de su capacidad máxima;
- un chichorro o cualquier otra embarcación pequeña prevista para llevar a bordo, y cualquier motor destinado a la misma;
- la(s) balsa(s) de salvamento que se pueda(n) llevar a bordo en adición al material mínimo de seguridad reglamentario;
- las provisiones no comestibles y los equipos normalmente transportados a bordo y no incluidos en la lista del fabricante como equipo normal, como por ejemplo los equipos interiores móviles, las herramientas, las piezas de repuesto, las anclas y velas adicionales, y los chinchorros y sus motores si se llevan a bordo;
- un peso de margen que tenga en cuenta la masa máxima de los equipos y accesorios opcionales no incluidos en la lista básica del constructor.

NOTA 1 Las embarcaciones de salvamento no se incluyen como material esencial de seguridad en las embarcaciones de las categorías de diseño C y D.

NOTA 2 A título de información, conviene calcular un mínimo de 20 kg por persona para los efectos personales en las embarcaciones habitables.

NOTA 3 A título de información, la masa de las balsas de salvamento de las embarcaciones de recreo varía entre aproximadamente $(12 + 2 CL)$ (kg) y el doble de esta cantidad, de acuerdo con las especificaciones.

NOTA 4 A menos que se requiera otra cosa, los elementos de posicionamiento variable (por ejemplo las quillas que basculen transversalmente, los lastres sólidos móviles, los mástiles abatibles) se colocan simétricamente con respecto a la línea de crujía de la embarcación.

NOTA 5 Todas las orzas o quillas se colocan en su posición más elevada salvo si pueden fijarse en su posición más baja y si se dan las adecuadas instrucciones en el manual del propietario.

NOTA 6 La masa de la carga máxima se simboliza con m_L y se expresa en kilogramos.

	Un.	M/Un	M (Tn)	Vol(m3)	X_L	X_T	X_V
Desplazamiento en rosca	1	9,3	9,3		5,85	0	1,3
tripulación	6	0,075	0,45		3,06	0	2,053
pertrechos	1	0,55	0,55		3,06	0	0
orza abajo	1	0,7	0,7		8,66	0	-0,947
T. agua babor	100%	0,103	0,103	0,103	7,839	-1,04	0,418
T. agua estribor	100%	0,103	0,103	0,103	7,839	1,04	0,418
T. agua proa	100%	0,202	0,202	0,202	10,8	0	0,367
T. aguas negras	100%	0,107	0,107	0,104	3,252	2,02	1,39
T. gasoil babor pp	100%	0,208	0,208	0,244	2,896	-0,916	0,401
T. gasoil estribor pp	100%	0,208	0,208	0,244	2,896	0,916	0,401
lastre fijo	100%	1,766	1,766	0,177	5,794	-0,59	0,164
lastre fijo	100%	1,766	1,766	0,177	5,794	0,59	0,164
Total Loadcase			15,462	1,353	5,778	0,014	0,867

Tabla 34. Condición de carga máxima “ m_{LDC} ”

Condición de llegada en carga “ m_{LA} ”

Embarcación en la condición de carga máxima menos el 85% de la capacidad máxima de los depósitos fijos o portátiles de combustible, aceites y agua potable, y menos el 90% de las provisiones comestibles, pero incluyendo la combinación más desfavorable para la estabilidad de los accesorios o equipos opcionales.

	Un.	M/Un	M (Tn)	Vol(m3)	X_L	X_T	X_V
Desplazamiento en rosca	1	9,3	9,3		5,85	0	1,3
tripulación	6	0,075	0,45		3,06	0	2,053
pertrechos	1	0,45	0,45		3,06	0	0

orza abajo	1	0,7	0,7		8,66	0	-0,947
T. agua babor	85%	0,103	0,087	0,087	7,818	-1,033	0,401
lastre fijo	100%	1,766	1,766	0,177	5,794	-0,59	0,164
lastre fijo	100%	1,766	1,766	0,177	5,794	0,59	0,164
T. agua estribor	85%	0,103	0,087	0,087	7,818	1,033	0,401
T. agua proa	85%	0,202	0,172	0,172	10,782	0	0,351
T. aguas negras	85%	0,107	0,091	0,089	3,251	2,015	1,35
T. gasoil babor pp	85%	0,208	0,177	0,207	2,908	-0,895	0,384
T. gasoil estribor pp	85%	0,208	0,177	0,207	2,908	0,895	0,384
Total Loadcase			15,223	1,203	5,796	0,012	0,875

Tabla 35. Condición de llegada en carga "m_{LA}"

Condiciones para otras posiciones de la orza.

Se establecen 2 condiciones de carga diferentes a las indicadas por la normativa con la finalidad de analizar el comportamiento de la embarcación en diferentes posiciones de la orza elevable y así evaluar si se cumple la categoría de navegación "A" para cualquier posición.

Se analizan 2 condiciones de carga nuevas partiendo de la condición mínima operativa en posición intermedia de la orza y con la orza totalmente elevada.

Se dan como detalle de la modificación de la condición m_{MO}, la componente modificada.

Condición mínima operativa con orza en posición intermedia "m_{MO,50%}"

	Un.	M/Un	M (Tn)	Vol(m3)	X _L	X _T	X _V
orza 50%	1	0,7	0,7		8	0	-0,65

Condición mínima operativa con orza en posición elevada "m_{MO,0%}"

	Un.	M/Un	M (Tn)	Vol(m3)	X _L	X _T	X _V
orza 0%	1	0,7	0,7		7,66	0	-0,4

9.4. Requisitos

Una vez definidas las condiciones de cada situación de carga, se definen los requisitos que se deben cumplir en cuanto a flotabilidad y estabilidad.

9.4.1. Aperturas inundables.

Todos los elementos de tipo apertura que afectan a la inundación se diseñan cumpliendo con los requerimientos de la norma.

Ninguna apertura está instalada a menos de 0,2 m por encima de la línea de flotación a plena carga.

9.4.2. Altura de inundación

El ensayo se realiza en la condición de plena carga

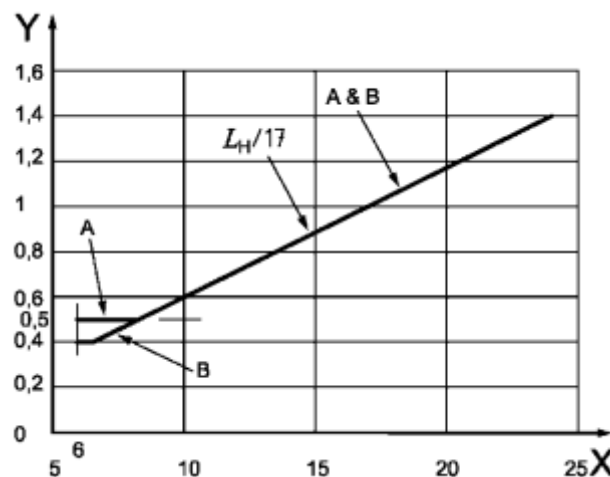


Figura 43. Gráfica de límites de alturas de inundación. CAT. A y B.

(Fuente: norma EN ISO 12217-2:2013)

Según la gráfica adjunta se sitúa para la eslora de casco del proyecto una altura de 0,85.

9.4.3. Angulo de inundación (φ_D)

Este requisito sirve para asegurar que existe un margen de escora suficiente en el caso de escora de embarcación hasta el límite de inundación

Se establece este límite en 40° para la categoría A

9.4.4. Energía mínima de adrizamiento

Se establece como criterio que $m_{MO} * A_{GZ} > 172000 \text{ kg} \times \text{m} \times \text{deg}$

9.4.5. Angulo de estabilidad nula ($\phi V(R)$)

Se establece como criterio que $\phi V(R) = (130 - 0,002m)$ pero siempre $\geq 100^\circ$

Siendo m la masa para cada condición de carga.

9.4.6. Índice de estabilidad (STIX)

Se establece que el valor mínimo debe ser $STIX > 32$

9.4.7. Detección y achique del agua

Se dispone de 2 bombas de achique en la sentina de la embarcación, totalmente independientes siendo una bomba manual y otra eléctrica.

9.5. RESULTADOS

Además de las 3 condiciones indicadas anteriormente por la norma, se ha realizado las dos condiciones para comprobar la estabilidad en los casos que la orza este en posición de izado intermedia y totalmente izada. Para ambos casos se realiza sobre la condición de mínima carga.

CONDICION 1. Condición mínima operativa “ m_{MO} ”

Norma	Criterio	Limite	Unidad	Valor	Result	Margen
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30	deg	30		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90	deg			
	angle of max. GZ	54,5	deg	54,5		
	shall not be less than (\geq)	0,2	m	0,831	Pass	315,5
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	54,5		

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (\geq)	25	deg	54,5	Pass	118,18
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT				Pass	
	spec. heel angle	0	deg			
	shall not be less than (\geq)	0,15	m	1,523	Pass	915,33
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than ($>$)	40	deg	117,8	Pass	194,4
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than ($>$)	103	deg	116,5	Pass	13,15
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	109	m ²			
	height of centroid of AS	8,5	m			
	LH, Stability calculated	14,529	m			
	BH, Stability calculated	4,541	m			
	LWL, Stability calculated	13,166	m			
	BWL, Stability calculated	3,608	m			
	height of immersed profile area centroid, Stability calculated	0	m			
	STIX value shall be greater than ($>$)	32	See ISO 12217-2	46,6	Pass	45,67

Tabla 36. Resultados para Condición mínima operativa "m_{MO}"

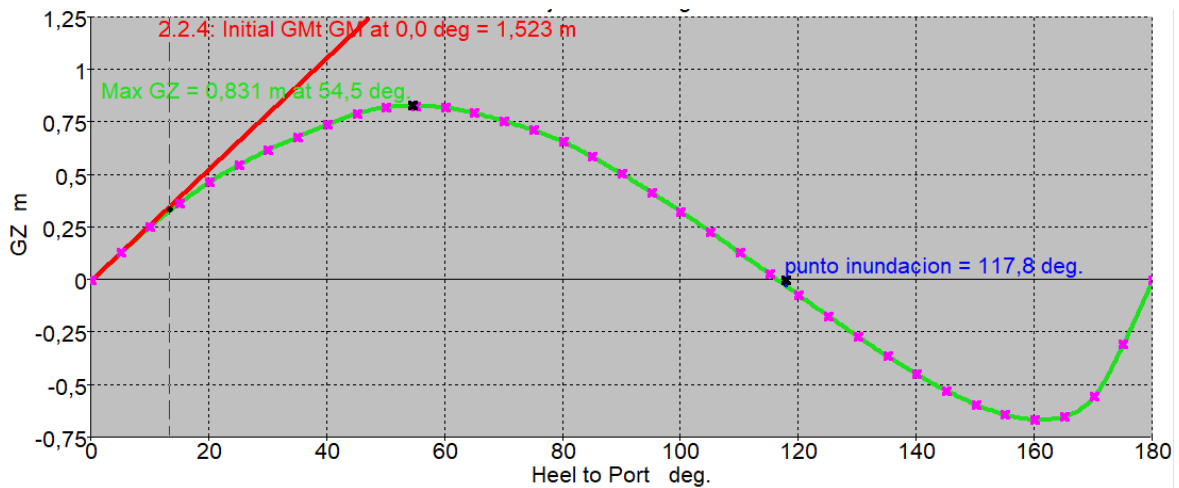


Figura 44. Grafica GZ para Condición mínima operativa “m_{MO}”

CONDICION 2. Condición de carga máxima “m_{LDC}”

Norma	Criterio	Limite	Unidad	Valor	Result	Margen
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30	deg	30		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90	deg			
	angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		
	shall not be less than (\geq)	0,2	m	0,861	Pass	330,5
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	52,7		
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (\geq)	25	deg	52,7	Pass	110,91
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0	deg			
	shall not be less than (\geq)	0,15	m	1,548	Pass	932

ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40	deg	109,4	Pass	173,51
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	103	deg	116,8	Pass	13,36
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	109	m ²			
	height of centroid of AS	8,5	m			
	LH, Stability calculated	14,529	m			
	BH, Stability calculated	4,541	m			
	LWL, Stability calculated	13,454	m			
	BWL, Stability calculated	3,705	m			
	height of immersed profile area centroid, Stability calculated	0	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32	See ISO 12217-2	49	Pass	52,98

Tabla 37. Resultados para Carga máxima "m_{LDC}"

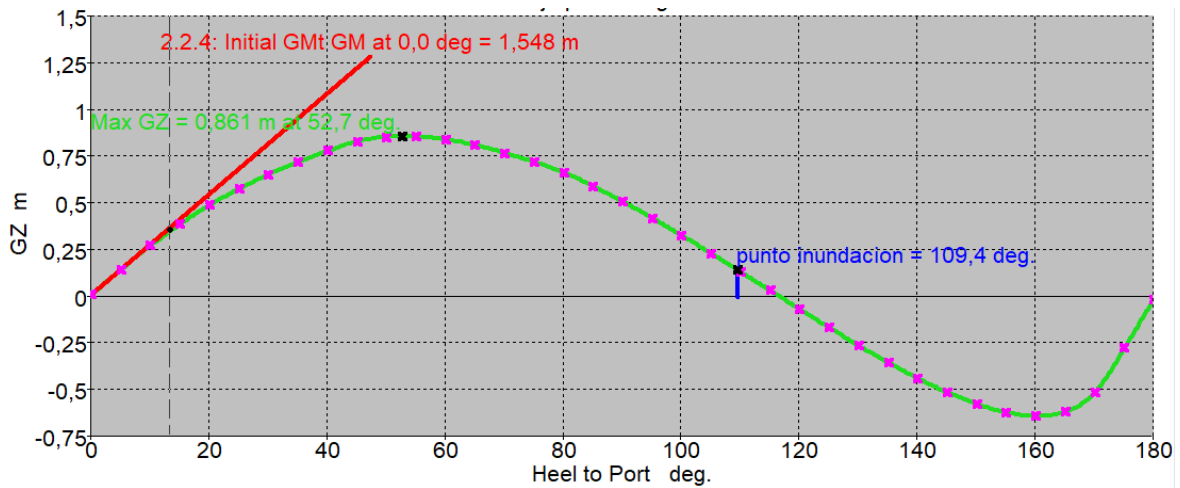


Figura 45 Grafica GZ para Carga máxima "m_{LDC}"

CONDICION 3. Condición de llegada en carga “m_{LA}”

Norma	Criterio	Limite	Unidad	Valor	Result	Margen
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30	deg	30		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90	deg			
	angle of max. GZ	52,7	deg	52,7		
	shall not be less than (\geq)	0,2	m	0,829	Pass	314,5
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	52,7		
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (\geq)	25	deg	52,7	Pass	110,91
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0	deg			
	shall not be less than (\geq)	0,15	m	1,509	Pass	906
ISO 12217- 2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than ($>$)	40	deg	110,6	Pass	176,47
ISO 12217- 2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than ($>$)	103	deg	115,1	Pass	11,77
ISO 12217- 2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	109	m ²			
	height of centroid of AS	8,5	m			
	LH, Stability calculated	14,529	m			
	BH, Stability calculated	4,541	m			
	LWL, Stability calculated	13,434	m			
	BWL, Stability calculated	3,691	m			
	height of immersed profile area centroid, Stability calculated	0	m			

	STIX value shall be greater than (>)	32	See ISO 12217-2	46,9	Pass	46,71
--	--------------------------------------	----	-----------------	------	-------------	--------------

Tabla 38. Resultados para Condición de Llegada en carga “m_{LA}”

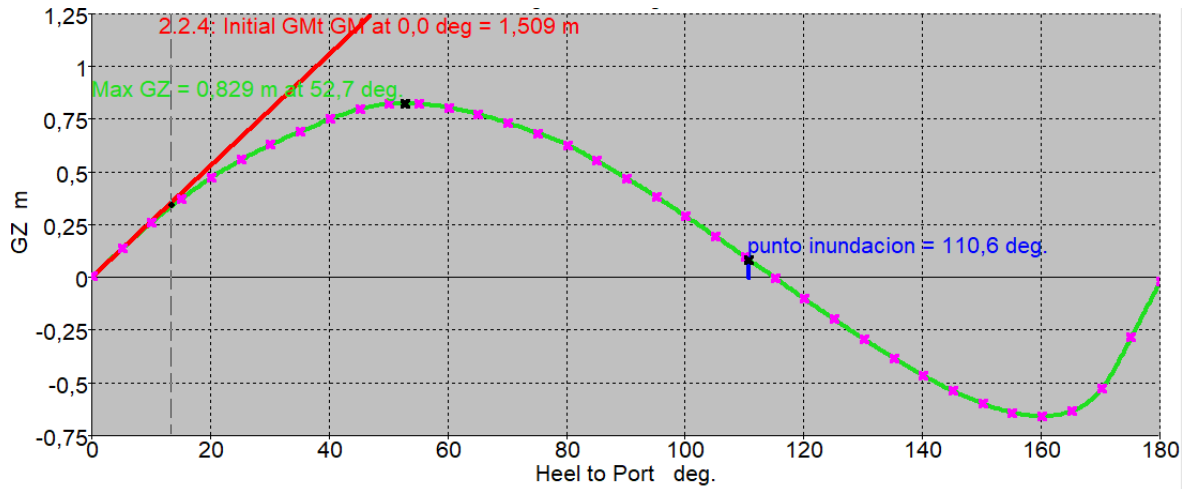


Figura 46. Grafica GZ para Condición de Llegada en carga “m_{LA}”

CONDICION 4. Condición mínima operativa con orza en posición intermedia “m_{MO,50%}”

Norma	Criterio	Limite	Unidad	Valor	Result	Margen
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30	deg	30		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90	deg			
	angle of max. GZ	54,1	deg	54,1		
	shall not be less than (>=)	0,2	m	0,821	Pass	310,5
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	54,1		
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	25	deg	54,1	Pass	116,36

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0	deg			
	shall not be less than (\geq)	0,15	m	1,516	Pass	910,67
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than ($>$)	40	deg	117,2	Pass	193,1
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than ($>$)	103	deg	115,8	Pass	12,38
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	109	m ²			
	height of centroid of AS	8,5	m			
	LH, Stability calculated	14,529	m			
	BH, Stability calculated	4,541	m			
	LWL, Stability calculated	13,175	m			
	BWL, Stability calculated	3,613	m			
	height of immersed profile area centroid, Stability calculated	0	m			
	STIX value shall be greater than ($>$)	32	See ISO 12217-2	45,9	Pass	43,31

Tabla 39. Resultados para Condición mínima operativa con orza intermedia "m_{MO,50%}"

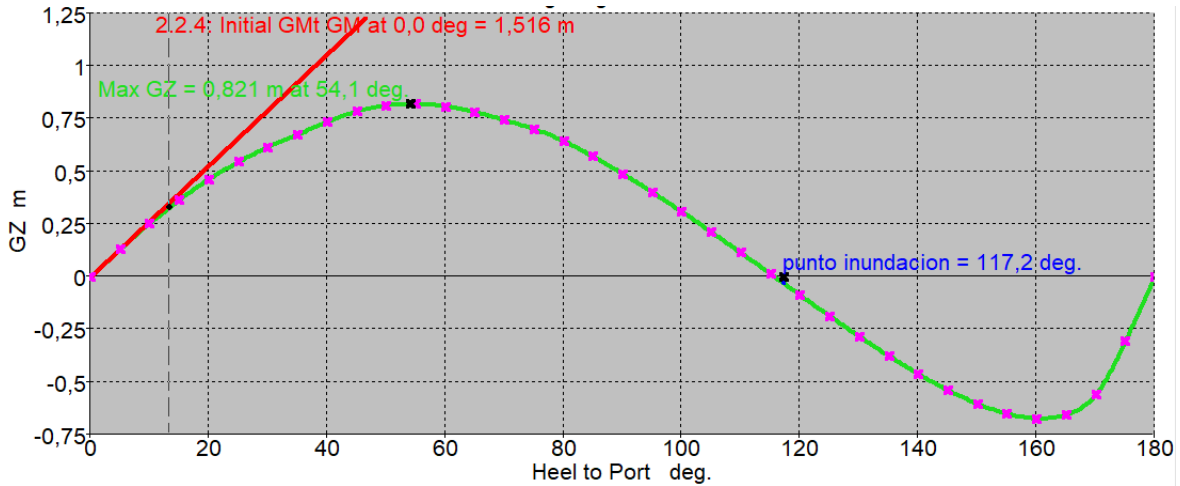


Figura 47. Grafica GZ para Condición mínima operativa con orza intermedia “m_{MO,50%}”

CONDICION 5. Condición mínima operativa con orza en posición elevada “m_{MO,0%}”

Norma	Criterio	Limite	Unidad	Valor	Result	Margen
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30	deg	30		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90	deg			
	angle of max. GZ	54,1	deg	54,1		
	shall not be less than (>=)	0,2	m	0,812	Pass	306
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	54,1		
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	25	deg	54,1	Pass	116,36
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT				Pass	
	spec. heel angle	0	deg			
	shall not be less than (>=)	0,15	m	1,508	Pass	905,33
ISO 12217-	6.2.3 Downflooding angle				Pass	

2:2002(E)						
	shall be greater than (>)	40	deg	117	Pass	192,42
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	103	deg	115,1	Pass	11,77
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	109	m ²			
	height of centroid of AS	8,5	m			
	LH, Stability calculated	14,529	m			
	BH, Stability calculated	4,541	m			
	LWL, Stability calculated	13,179	m			
	BWL, Stability calculated	3,617	m			
	height of immersed profile area centroid, Stability calculated	0	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32	See ISO 12217-2	45,2	Pass	41,3

Tabla 40. Resultados para Condición mínima operativa con orza elevada "m_{MO,0%}"

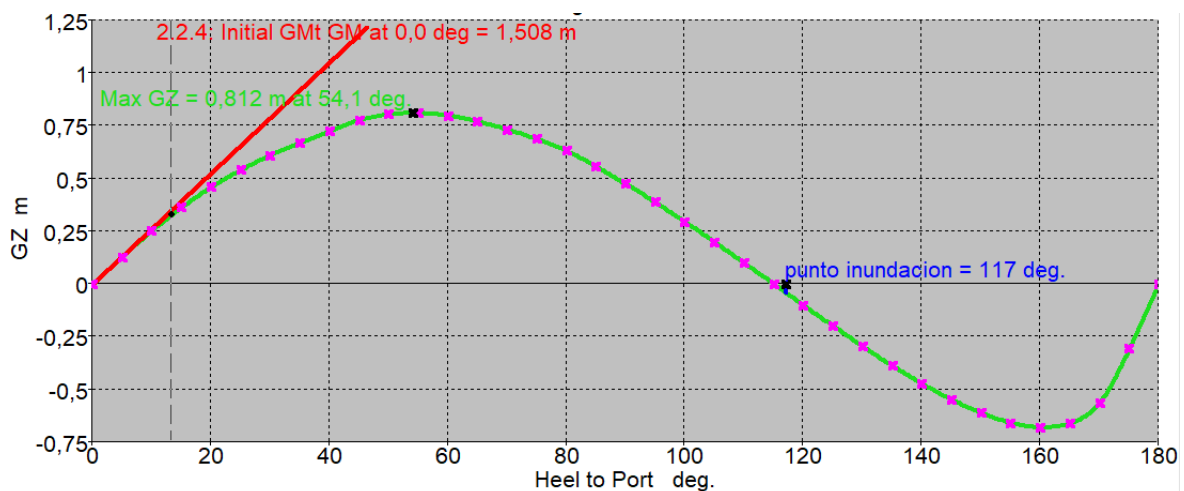


Figura 48. Grafica GZ para Condición mínima operativa con orza elevada "m_{MO,0%}"

9.6. OTROS

9.6.1. Características para margen de desplazamientos.

Desp (Tn)	13,4	13,8	14,2	14,6	15	15,4
Escora deg	0	0	0	0	0	0
calado a FP m	0,675	0,687	0,698	0,71	0,721	0,732
calado a AP m	0,675	0,687	0,698	0,71	0,721	0,732
calado a LCF m	0,675	0,687	0,698	0,71	0,721	0,732
Trim (+popa) m	0	0	0	0	0	0
WL m	13,098	13,17	13,24	13,311	13,38	13,448
Manga Max WL m	3,592	3,612	3,634	3,654	3,673	3,692
Area Obra viva m ²	43,936	44,458	44,967	45,479	45,974	46,467
Area flot. m ²	33,792	34,148	34,518	34,894	35,251	35,607
Coef. Prims. (Cp)	0,61	0,61	0,611	0,611	0,611	0,611
Coef. Bloq. (Cb)	0,1	0,102	0,103	0,105	0,106	0,107
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,754	0,755	0,756	0,757	0,757	0,758
Coef. Flotac. (Cwp)	0,718	0,718	0,717	0,717	0,717	0,717
LCB desde CM. (+ proa) % Lwl	-5,1	-5,168	-5,232	-5,294	-5,353	-5,411
LCF desde CM. (+ proa) % Lwl	-8,356	-8,39	-8,451	-8,522	-8,576	-8,637
KB m	0,416	0,423	0,431	0,438	0,446	0,453
KG m	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
BMt m	2,015	2	1,985	1,972	1,96	1,948
BML m	25,836	25,602	25,426	25,28	25,111	24,957
GMt m	1,75	1,743	1,736	1,731	1,725	1,721

GML m	25,572	25,345	25,176	25,038	24,877	24,73
KMt m	2,43	2,423	2,416	2,411	2,405	2,401
KML m	26,252	26,025	25,856	25,718	25,557	25,41
Immersion (TPc) Tn/cm	0,346	0,35	0,354	0,358	0,361	0,365
MTc Tn.m	0,261	0,266	0,272	0,278	0,284	0,29
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,409	0,42	0,43	0,441	0,452	0,462
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0

Tabla 41. Características en función del desplazamiento

9.6.2. Curvas KN.

Las siguientes curvas KN, son el resultado de la relación entre el brazo de adrizamiento KN, referenciado con la quilla del casco (K), y el desplazamiento, para diferentes ángulos de escora. Se han muestran los resultados dados por MAXSURF, con los apéndices incluidos.

Desp	13,4	13,6	13,8	14	14,2	14,4	14,6	14,8	15	15,2	15,4
Calado	0,676	0,681	0,687	0,693	0,698	0,704	0,71	0,715	0,721	0,726	0,732
Trimado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LCG	5,895	5,889	5,883	5,877	5,871	5,865	5,859	5,853	5,847	5,841	5,836
KN 10⁰	0,414	0,413	0,413	0,413	0,412	0,412	0,412	0,411	0,411	0,411	0,41
KN 20⁰	0,776	0,776	0,775	0,775	0,775	0,775	0,775	0,774	0,774	0,774	0,774
KN 30⁰	1,072	1,072	1,072	1,073	1,073	1,074	1,074	1,074	1,075	1,075	1,075
KN 40⁰	1,319	1,32	1,321	1,321	1,322	1,323	1,324	1,325	1,326	1,327	1,328
KN 50⁰	1,511	1,511	1,511	1,512	1,512	1,512	1,512	1,512	1,512	1,511	1,511
KN 60⁰	1,599	1,598	1,597	1,596	1,594	1,593	1,592	1,591	1,589	1,588	1,586
KN 70⁰	1,601	1,599	1,597	1,595	1,593	1,591	1,589	1,587	1,585	1,583	1,581
KN 80⁰	1,543	1,541	1,539	1,536	1,534	1,531	1,529	1,527	1,525	1,522	1,52
KN 90⁰	1,401	1,399	1,397	1,394	1,392	1,39	1,388	1,386	1,384	1,382	1,38

Tabla 42. Características KN con apéndices.

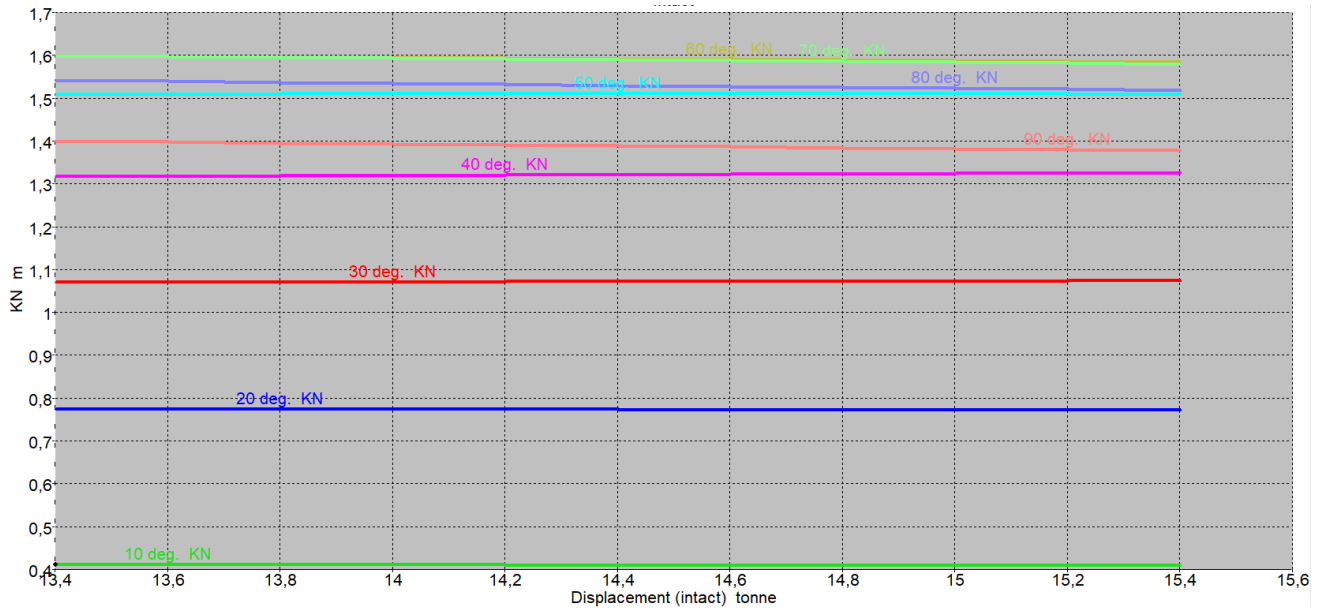


Figura 49. Curvas KN con apéndices.

CAPÍTULO 10. Conclusiones

Se ha comprobado a través de los capítulos anteriores la viabilidad del diseño de la embarcación.

El diseño de la embarcación con la disposición de la orza abatible es correcto desde el punto de vista de la estabilidad de embarcación para todas sus posiciones y condiciones de carga.

Se muestra en la siguiente tabla una comparativa entre las condiciones de carga mínima operativa “ m_{MO} ”, carga máxima “ m_{LDC} ” y mínima operativa con orza en posición elevada “ $m_{MO, 0\%}$ ”, con los valores de STIX, Angulo de estabilidad nula ($\phi V(R)$) y angulo de inundación (ϕD).

	m_{MO}	m_{LDC}	$m_{MO, 0\%}$
STIX	46,6	49	45,2
$\phi V(R)$	116,5 ⁰	116,8 ⁰	115,1 ⁰
ϕD	117,8 ⁰	109,4 ⁰	117 ⁰

Tabla 43. Comparativa resumen de condiciones de carga

En cuanto al STIX, que es representativo de la estabilidad y cualidades marineras de la embarcación, se puede observar que con la orza levantada, el valor disminuye en un 10%, siendo el decremento importante.

Para los ángulos de estabilidad nula, la variación es mínima en todas las condiciones de carga.

Para los ángulos de inundación, es evidente que en la condición de carga máxima y dado que el francobordo disminuye, el ángulo está afectado de la misma forma y es inferior al ángulo de estabilidad nula.

El cumplimiento de la norma habilita a la embarcación para todas las condiciones de carga en categoría A pero los comentarios anteriores deben tenerse en cuenta por el armador para adaptar y preparar si es posible la embarcación a las condiciones de mar presentes en cada momento.

Estas características le aporta gran versatilidad en cuando navegaciones en aguas poco profundas y se puede navegar con vientos portantes y orza elevada con total seguridad pues como se ha visto en el último capítulo la estabilidad cumple con margen suficientes las especificaciones de la categoría de navegación A.

En el caso de navegación en rumbos que requieran la orza como elemento de sustentación hidrodinámica y así poder ceñir de forma correcta, la posición extendida de la orza cumple con estas necesidades.

Dadas las dimensiones de la embarcación, y la tripulación autorizada, se ha conseguido un interior amplio y cómodo y el espacio requerido para la orza y su sistema de elevación no ha mermado estas características.

La opción de lastre fijo aporta la estabilidad necesaria y aligera la orza haciendo que ésta sea más fácil de mover y su sistema de elevación más simple por ser más liviana. La relación del lastre fijo y móvil en función al desplazamiento es de 0,33 coincidente con la fórmula de las regresiones vista en el capítulo 2.

El material elegido para el casco puede asegurar que una vez cumplida la vida útil de la embarcación, éste es totalmente reciclable, lo que es muy importante para la sostenibilidad del proyecto.

Bibliografía y referencias

- [1] Lars Larsson y Rolf Eliasson, Principles of Yacht Design. International Marine Publishing Co; N.º: 4 edición (3 enero 2014), 2017. ISBN 978-0-07-182640-2
- [2] Marchaj C.A., Sail Performance: Techniques to Maximise Sail Power Adlard Coles Nautical (20 diciembre 2002). ISBN 978-0713664072
- [3] Asociación Española de Normalización y Certificación. EN ISO 12215-5:2008: Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones. Parte 5: Presiones de diseño, tensiones de diseño y determinación del escantillón. Madrid: AENOR, 2008
- [4] Asociación Española de Normalización y Certificación. EN ISO 12215-6:2008: Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y de escantillones. Parte 6: Dispositivos estructurales y detalles de construcción. Madrid: AENOR, 2008
- [5] Asociación Española de Normalización y Certificación. EN ISO 12215-8:2009: Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones. Parte 8: Timones.) Madrid: AENOR, 2009
- [6] Asociación Española de Normalización y Certificación. EN ISO 12215-9:2012: Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y de escantillones. Parte 9: Veleros. Apéndices de las embarcaciones. Madrid: AENOR, 2012
- [7] Asociación Española de Normalización y Certificación. EN ISO 12217-1:2013: Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad. Parte 1: Embarcaciones no propulsadas a vela de eslora igual o superior a 6 m. Madrid: AENOR, 2013
- [8] Características técnicas de motores y reductores. Volvo penta. Disponible a: <https://www.volvopenta.com>.

CAPÍTULO 11. ANEXOS

11.1. Anexo I. Distribución de pesos

	peso(kg)	centros de gravedad (m)			momento (kg·m)		
		x	y	z	Mx	My	Mz
CASCO		x	y	z	Mx	My	Mz
pintura	268	0	6,21	0,90	0,00	1664,28	241,20
estructura casco	3223	0	6,21	1,16	0,00	20001,94	3725,79
suelos	240	0	5,56	0,40	0,00	1334,40	96,00
aislamiento	408,5	0	6,21	1,10	0,00	2536,79	449,35
forro interior costados y cub.	165	0	5,20	1,10	0,00	858,00	181,50
forro de mamparos	50	0	5,20	1,20	0,00	260,00	60,00
refuerzos arbotante	200	0	2,40	0,20	0,00	480,00	40,00
cajon orza	200	0	7,30	1,10	0,00	1460,00	220,00
SUBTOTAL CASCO	4754,5	0	6,0	1,1	0,00	28595	5014
APENDICES		x	y	z	Mx	My	Mz
timon1	34,5	1,2	0,42	0,34	41,4	14,49	11,73
timon2	34,5	-1,2	0,42	0,34	-41,4	14,49	11,73
SUBTOTAL APENDICES	69	0	0,4	0,3	0,00	29,0	23,5
ARBOLADURA		x	y	z	Mx	My	Mz
mastil	165	0	9,4	10,15	0	1551	1674,75

soporte interior	25,8	0	9	1,2	0	232,2	30,96
obenques	38	0	9,3	9	0	353,4	342
botavara	44	0	5	3,6	0	220	158,4
crucetas	23	0	9,3	10	0	213,9	230
stay	11	0	11,8	11	0	129,8	121
backstay	9	0	4,6	11	0	41,4	99
tensor back	4,8	0	0	2	0	0	9,6
enrollador	30	0	6,1	3	0	183	90
SUBTOTAL ARBOLADURA	350,6	0	8,3	7,9	0,00	2925	2756
ACASTILLAJE		x	y	z	Mx	My	Mz
plataforma proa	6	0	13,4	2,2	0	80,4	13,2
candeleros	8,4	0	6	2,4	0	50,4	20,16
lineas de vida	1,8	0	6	2,15	0	10,8	3,87
cornamusas	2,4	0	6,5	2,15	0	15,6	5,16
poleas de mastil	2	0	9,4	2,3	0	18,8	4,6
carros de genova	4	0	6,2	2,15	0	24,8	8,6
mordazas	2	0	4,4	3,4	0	8,8	6,8
winche	24	0	3,7	3,3	0	88,8	79,2
carro de mayor	3	0	1,6	1,5	0	4,8	4,5
pletinas de refuerzo	1	0	6,5	2,15	0	6,5	2,15
escotilla	5	0	7,6	2,3	0	38	11,5
portillo acceso cabina	3	0	4,2	2,1	0	12,6	6,3
ventiladores caja dorada	1	0	4,5	2,3	0	4,5	2,3
refuerzos cubierta	20	0	5,9	1,5	0	118	30
escalera plataforma baño	20	0	0	0,8	0	0	16
balsa	70	0	-1	0,8	0	-70	56
depositos	245	0,2	5,0	0,5	49	1225	122,62

SUBTOTAL ACASTILLAJE	418,6	0,12	3,9	0,9	49	1638	393
MOTOR		x	y	z	Mx	My	Mz
motor	230	0	4,2	0,5	0	966	115
eje	25	0	2,5	0,2	0	62,5	5
reductora	60	0	3,6	0,4	0	216	24
helice	20	0	1,39	0,1	0	27,8	2
refuerzos e insonoriz	50	0	4	0,6	0	200	30
SUBTOTAL MOTOR	385	0	3,8	0,5	0	1472	176
CABINA PROA		x	y	z	Mx	My	Mz
estructura de cama	64	0	11,2	0,67	0	716,8	42,88
armarios	43	0	9,75	1,17	0	419,25	50,31
asiento	24,5	-1	9,75	0,67	-24,5	238,875	16,415
colchon	15	0	11,2	1,07	0	168	16,05
puerta	15	0,7	9,2	1,2	10,5	138	18
varios	25	0	10,8	1,07	0	270	26,75
helice proa	75	0	10,2	0,4	0	765	30
bateria helice proa	40	0	10,2	0,5	0	408	20
SUBTOTAL C.PROA	301,5	-0,05	10,4	0,7	-14	3124	220
CABINA POPA		x	y	z	Mx	My	Mz
estructura de cama	55	-1,26	3	0,67	-69,03	165	36,85
armario	43,5	-1,8	4,5	1,4	-78,3	195,75	60,9
asiento	20	-1,5	4,5	1	-30	90	20
colchon	15	-1,26	3	0,67	-18,83	45	10,05
puerta	15	-1	5	1,4	-15	75	21
varios	50	-1	3	1,1	-50	150	55

SUBTOTAL CABINA POPA	198,5	-1,32	3,6	1,0	-261	721	204
POZO ANCLAS		x	y	z	Mx	My	Mz
molinete	10	0	12	2,3	0	120	23
ancla	35	0	13,4	2,2	0	469	77
puntera ancla	8	0	13,4	2,2	0	107,2	17,6
cadena y ancla respeto	240	0	12,7	1,2	0	3048	288
refuerzos soporte	10	0	12,2	1,1	0	122	11
SUBTOTAL POZO ANCLAS	303	0	12,8	1,4	0	3866	417
SALON		x	y	z	Mx	My	Mz
asientos	123	0	8	0,6	0	984	73,8
mesa	212	0	8,05	1	0	1706,6	212
estanterias	40	0	8,2	1,4	0	328	56
escalera	50	0	4,43	0,82	0	221,5	41
armario babor escalera	40	-0,9	4,5	1,19	-36	180	47,6
cojines	10	0	8	1	0	80	10
varios	50	0	6	0,8	0	300	40
armarios bajo sofa std	75	1,2	8,1	0,6	90	607,5	45
armarios bajo sofa prt	75	-1,2	7,75	0,6	-90	581,25	45
SUBTOTAL SALON	675	-0,05	7,4	0,8	-36	4989	570
MESA DE CARTAS		x	y	z	Mx	My	Mz
mesa	76	-1,65	6,14	0,82	-125,4	466,64	62,32
armario	50	-1,75	5,14	1,07	-87,5	257	53,5
mueble	75	-2	5,8	1,07	-150	435	80,25
asiento	8	-1,75	5,49	0,67	-14	43,92	5,36
cojin	5	-1,75	5,49	0,75	-8,75	27,45	3,75

equipos electricos	47	-1,75	5,8	1,2	-82,25	272,6	56,4
SUBTOTAL MESA DE CARTAS	261	-1,79	5,8	1,0	-468	1503	262
COCINA		x	y	z	Mx	My	Mz
mueble cocina	50	1,35	5,36	0,87	67,5	268	43,5
horno	45	1,35	5,4	0,87	60,75	243	39,15
fregadero	15	1,35	6	0,97	20,25	90	14,55
frigorifico	50	0,935	6,44	0,77	46,75	322	38,5
estanterias	20	1,8	6	1,7	36	120	34
armarios	20	1,8	6	1,67	36	120	33,4
encimera	20	1,28	6,2	1,07	25,6	124	21,4
SUBTOTAL COCINA	220	1,33	5,9	1,0	293	1287	225
BAÑO		x	y	z	Mx	My	Mz
lavabo	22	1,8	4,75	0,87	39,6	104,5	19,14
wc	19	2,6	3,9	0,67	49,4	74,1	12,73
armario	45	1,5	4,8	0,72	67,5	216	32,4
puerta	15	0,8	5	1,2	12	75	18
tuberia	10	1,7	4	0,7	17	40	7
encimera	15	1,5	4,8	1,1	22,5	72	16,5
espejo	3	1,8	4,95	1,87	5,4	14,85	5,61
mampara ducha	10	0,7	4	1,2	7	40	12
SUBTOTAL BAÑO	139	1,59	4,6	0,9	220	636	123
CABINA DE ESTIBA		x	y	z	Mx	My	Mz
equipos auxiliES	560	2	1,4	1,1	1120	784	616
SUBTOTAL CABINA DE ESTIBA	560	2	1,4	1,1	1120	784	616

INSTALACIONES		x	y	z	Mx	My	Mz
escape	13	-1	3,1	0,7	-13	40,3	9,1
tuberia gasoil	4	0	2,8	0,7	0	11,2	2,8
tuberia agua	5	0	3,2	0,7	0	16	3,5
toma de electricidad	2	-1	0,5	2	-2	1	4
baterias	75	0	3,6	0,6	0	270	45
cableado	10	0	3,5	0,6	0	35	6
bitacora	20	0	0,9	1,67	0	18	33,4
calentador	75	-1,5	7	0,8	-112,5	525	60
sistema hidraulico	35	-1,5	0,5	1	-52,5	17,5	35
sistema elevacion orza	35	0	9,1	1	0	318,5	35
piloto automatico	10	-1,5	0,5	1	-15	5	10
bombas de achique	5	0	6	0,3	0	30	1,5
sistema agua	20	-1,5	7	0,8	-30	140	16
guardines	20	0	0,8	0,8	0	16	16
varios	200	-1	3,5	1,1	-200	700	220
sistema gas	35	-1,5	0	1	-52,5	0	35
SUBTOTAL INSTALACIONES	564	-0,85	3,8	0,9	-478	2144	532
VELAS		x	y	z	Mx	My	Mz
vela mayor 50m2	40	0	6,5	4,5	0	260	180
vela foque	30	0	11,5	11	0	345	330
asimetrico	30	1,5	2	1	45	60	30
SUBTOTAL VELAS	100	0,45	6,7	5,4	45	665	540
TOTAL	9300 kg	0,0m	5,85m	1,3m	471	54377	12071

11.2. Anexo II. Listado de embarcaciones analizadas

NAME	LOA	LWL	BALL AST	BEA M	SA	MAX DRA FT	MIN DRA FT	DISP LACE MEN T	HULL CONSTRUCTION	BALLAST TYPE	HULL NAME	RIG NAME	FIRST BUILT
ALLURES 39.9	12,65	11,20	4,20	4,15	81,48	2,75	1,06	10,90	ALU	Lead	Swing Keel	Masthead Sloop	2013
ALLURES 40	12,5	10,59	3,80	4,08	80,45	2,60	0,95	8,80	ALU		Keel/Cbrd.	Fractional Sloop	2005
ALLURES 40.9	12,36	11,24	4,20	4,15	82,50	2,75	1,06	10,90	Aluminum	Lead	Keel/CB w/dual rudders	Fractional Sloop	2019
ALLURES 44	13,6	11,64	4,20	4,25	94,95	3,00	0,98	10,50	ALU	Lead	Keel/Cbrd.	Fractional Sloop	2005
ALLURES 45	13,98		4,40	4,43	99,96	3,00	1,05	11,80	ALU		Keel/CB w/dual rudders	Fractional Sloop	2011
ALLURES 45.9	14,75	13,70	4,78	4,43	100,00	2,90	1,06	12,60	Aluminum	Lead	Keel/CB w/dual rudders	Fractional Sloop	2018
ALLURES 51	16,3	14,12	6,10	4,70	114,36	3,10	1,10	16,77	ALU	Lead	Keel/Cbrd.	Fractional Sloop	2009
BESTEVAER 45ST PURE	14,25	13,00	4,85	4,05	74,04	2,95	1,30	13,50	Aluminium	Lead	Lifting keel with dual rudders	Fractional (9/10) Sloop	2016
BORÉAL 44	13,8	11,63	3,80	4,30	100,00	2,48	1,02	10,29	ALU	Lead	Twin Daggerboards	Cutter	2010
BORÉAL 47	14,55	11,63	3,80	4,30	100,00	2,48	1,02	10,29	Aluminium	Lead	Twin Daggerboards	Cutter	2017
BORÉAL 52	15,86	13,82	4,80	4,65	130,00	3,13	1,14	16,50	Aluminium	Lead	Keel/Cbrd.	Cutter	2014
BORÉAL 55	16,4	13,82	4,80	4,65	130,00	3,13	1,14	16,50	Aluminium	Lead	Twin Daggerboards	Cutter	2016
CABO RICO 42 PILOT	14,17	9,81	4,72	3,86	84,45	1,60	1,14	12,22	FG	Lead	Long Keel	Cutter	2005
EXPLORATION 45 (GARCIA)	14,21	12,57	4,54	4,44	91,00	2,90		14,61	Aluminum	Aluminum centerboard	Keel/CB w/dual rudders	Cutter	2014
EXPLORATION 52 (GARCIA)	15,84	14,59	6,57	4,80	120,50	2,90	1,27	19,50	Aluminum	Aluminum centerboard	Keel/CB w/dual rudders	Cutter	2016
FARR 36 OD - 2002	11	10,00	1,40	3,57	51,28	2,59	1,83	3,06	Epoxy/Carbon/Foam/Balsa Composite	Lead	Lifting Keel	Fractional Sloop	2002
FARR 400	11,8	11,10	2,18	3,42	101,91	2,90	1,98	3,92	Carbon/Epoxy Sandwich	Lead	Lifting Keel	Fractional Sloop	2010
FEELING 396 DI	11,7	10,30	6,68	3,80	60,76	2,20	0,90	8,02	FG		Keel/CB w/dual rudders	Fractional Sloop	2002

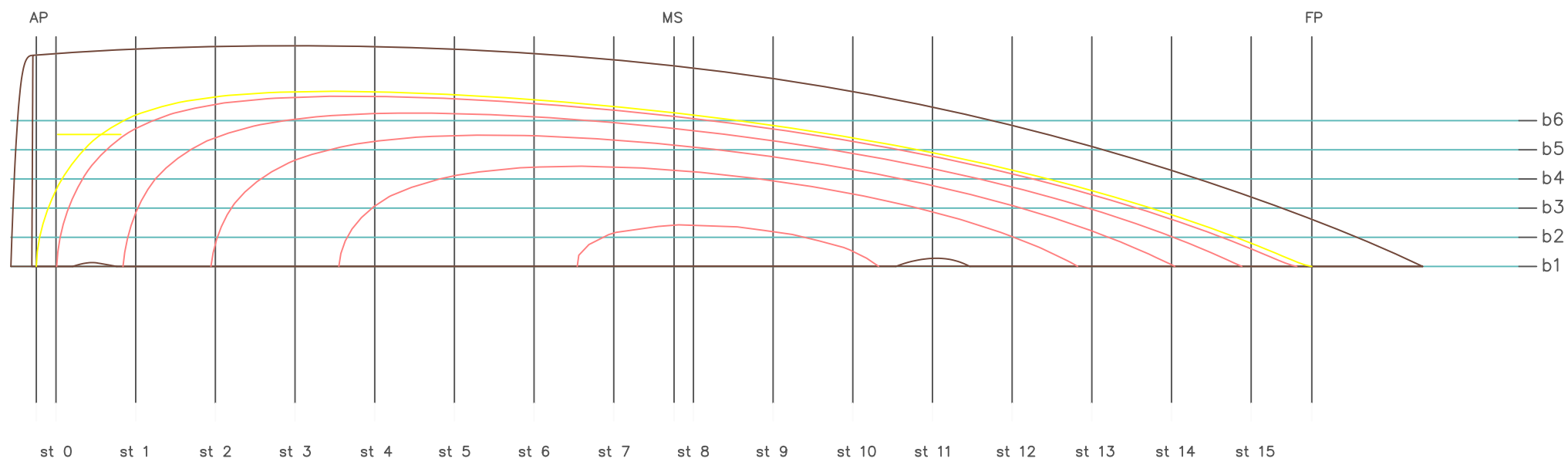
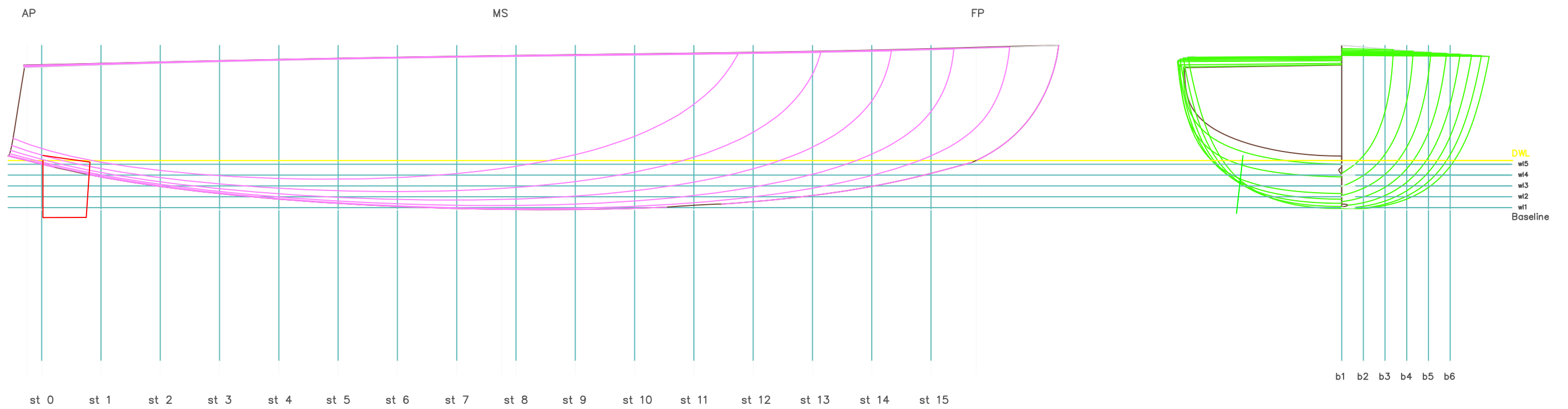
FEELING 44	13,75	11,90	3,10	4,75	94,00	2,60	0,70	10,09	FG	cast iron	Keel/CB w/dual rudders	Masthead Sloop	2001
FEELING 48	14,6	13,60		5,20	110,00	3,10	1,20	14,00	FG		Keel/CB w/dual rudders	Fractional Sloop	2010
FEELING 52	15,8	15,62		5,20	118,00	3,60	1,30	20,00	FG		Keel/CB w/dual rudders	Fractional Sloop	2009
HUTTING 40	12,1	10,10	6,80	3,60	62,90	1,60		13,40	Alum. or Steel	Lead	Long Keel	Cutter	2000
ISLAND PACKET 349	11,66	9,58	3,40	3,81	71,91	1,22		9,07	FG	Lead	Long keel w/rudder on skeg	Solent	2019
ISLAND PACKET 360	11,1	9,58	3,40	3,76	77,11	1,22		8,75	FG		Long Keel	Cutter	2012
ISLAND PACKET 370/379	11,53	9,45	3,81	3,99	75,62	1,30		9,53	FG	Lead	Long keel w/rudder on skeg	Cutter	2003
ISLAND PACKET 440	13,94	11,61	5,44	4,37	105,07	1,52		14,52	FG	Lead	Long Keel	Cutter	2005
ISLAND PACKET 445	13,94	11,61	5,44	4,37	99,78	1,52		15,65	FG	Lead	Long Keel	Cutter	2004
ISLAND PACKET 460/490	14,86	11,61	5,44	4,37	106,65	1,52		14,52	FG	lead	Long keel w/rudder on skeg	Cutter	2008
ISLAND PACKET 465/495	14,86	11,61	5,44	4,37	83,98	1,52		15,65	FG	Lead	Long keel w/rudder on skeg	Cutter	2008
ISLAND PACKET 485/525	15,9	13,16	7,26	4,67	114,64	1,60		20,03	FG	Lead	Long keel w/rudder on skeg	Cutter	2002
LINJETT 43	13,2	11,80	3,50	3,87	90,00	2,45	1,95	9,50	FG w/ vacuum infused Divinycall	Lead	Lifting keel w/bulb; spade rudder	Fractional Sloop	2014
MARTEN 49	15	15,00	4,60	4,17		3,60	2,50	9,50	Carbon w/sandwich	Lead	Lifting Keel	Fractional Sloop	2006
NAUTICAT 441	13,65	11,25	5,50	3,75	86,10	1,90		16,50	GRP	Iron/lead	Long Keel	Masthead Ketch	2009
OVNI 365	11,44	10,67	2,80	3,92	70,98	2,35	0,77	8,80	Aluminum		Lifting Keel	Cutter	2003
OVNI 395	12,83	11,19	3,30	4,11	83,10	2,10	0,60	10,00	Aluminum		Lifting Keel	Masthead Sloop	2004
OVNI 400	12,9	11,57	3,90	4,35	85,00	2,88	0,98	11,20	Aluminium	Cast iron centerboard	Lifting keel with dual rudders	Fractional Sloop	2019
OVNI 435	12,9	10,59	3,60	4,22	68,01	2,54	0,74	10,30	Aluminum		Lifting Keel	Cutter	2004
OVNI 445	13,8	12,66	3,73	4,29	95,50	2,90	1,05	11,55	Aluminium		Lifting keel with dual rudders	Fractional Sloop	2008
OVNI 450	13,98	12,66	3,73	4,29	95,50	2,90	1,05	11,55	Aluminium	Cast iron keel	Lifting keel with dual rudders	Fractional Sloop	2019
OVNI 455 CC	14,61	12,60	4,00	4,39	82,40	2,40	0,95	13,00	Aluminum	Lead	Lifting Keel	Cutter	2000

OVNI 495	14,95	13,25	4,80	4,49	119,94	2,81	0,95	13,50	Alum.	Iron	Keel/CB w/dual rudders	Cutter	2007
OVNI 52 EVOLUTION	16,34	15,49	3,28	4,88	143,00	3,55	1,40	16,60	Aluminum		Lifting keel with dual rudders	Solent	2012
POGO 12.5	12,5	12,50		4,50	106,93	3,00	1,40	5,50	FG foam sand. hull & deck	Lead	Swing Keel	Fractional Sloop	2011
POGO 36	10,86	10,86		4,00	73,95	2,95	1,18	3,80	FG foam sand. hull & deck	Lead	Swing Keel	Fractional Sloop	2016
POGO 44	13,55	12,80	1,09	4,50	101,00	3,10	1,38	6,30	Glass, polyester resin, foam sandwich, vacuum infusion	Lead bulb	Swing keel w/dual rudders	Fractional Sloop	2020
PORTSMOUTH 48	14,76	13,23	4,54	4,57	107,40	1,78	1,83	15,83	FG	Lead	Long Keel	Masthead Sloop	2001
PREMIER 45	13,72	12,94	3,34	4,15		2,75	1,47	8,03	Carbon/Epoxy Sandwich	Lead	Lifting Keel	Fractional Sloop	2013
SHANNON PILOT 43	13,36	11,20	4,76	3,96	110,83	2,62		13,15	FG	Lead	Keel/Cbrd.	Cutter	2000
SOUTHERLY 35RS	10,82	9,22	3,26	3,57	53,98	2,18	0,72	6,98	FG	Iron	Swing Keel	Fractional Sloop	2003
SOUTHERLY 38	11,99	10,97	3,80	3,96	71,54	2,59	0,81	9,92	FG		Swing Keel	Fractional Sloop	2008
SOUTHERLY 420	12,86	11,11	3,53	4,03	72,93	2,72	0,84	11,80	FG		Swing Keel	Fractional Sloop	2010
SOUTHERLY 42RST	12,86	11,11	3,67	4,03	73,39	2,72	0,84	11,25	FG	Iron	Swing Keel	Fractional Sloop	2007
SOUTHERLY 430	12,86	11,11	3,67	4,03	73,62	2,72	0,84	11,34	GRP		Swing keel w/dual rudders	Fractional Sloop	2010
SOUTHERLY 470	14,35	13,05	6,12	4,46	96,15	3,12	1,00	17,26	FG		Swing Keel	Fractional Sloop	2013
SOUTHERLY 480	14,98	13,05	6,12	4,46	103,70	3,12	1,00	17,26	GRP	Cast iron	Swing keel w/dual rudders	Solent	2018
SOUTHERLY 49	15,11	13,71	5,23	4,20	129,97	3,15	0,88	15,40	FG	Lead	Swing keel w/dual rudders	Solent	2009
SP CRUISER (ISLAND PACKET)	12,52	12,12	2,27	3,89	66,33	1,01		10,43	FG		Long keel w/rudder on skeg	Masthead Sloop	2007

CAPÍTULO 12. PLANOS

Plano	Ref.
Plano de formas	12.1
Plano de arboladura	12.2
Plano de habilitación seccion	12.3
Plano de habilitación planta	12.4
Plano de cubierta	12.5
Plano esquema electrico	12.6
Plano de disposición de equipos electricos	12.7

Tabla 44. Listado de planos



DATOS PRINCIPALES	
Eslora total	60 pies
Eslora casco	46.6 pies
Linea agua	12 metros
Manga tot.	4.2 metros
Calado	2.2 metros
Desplazamiento	22 Tn

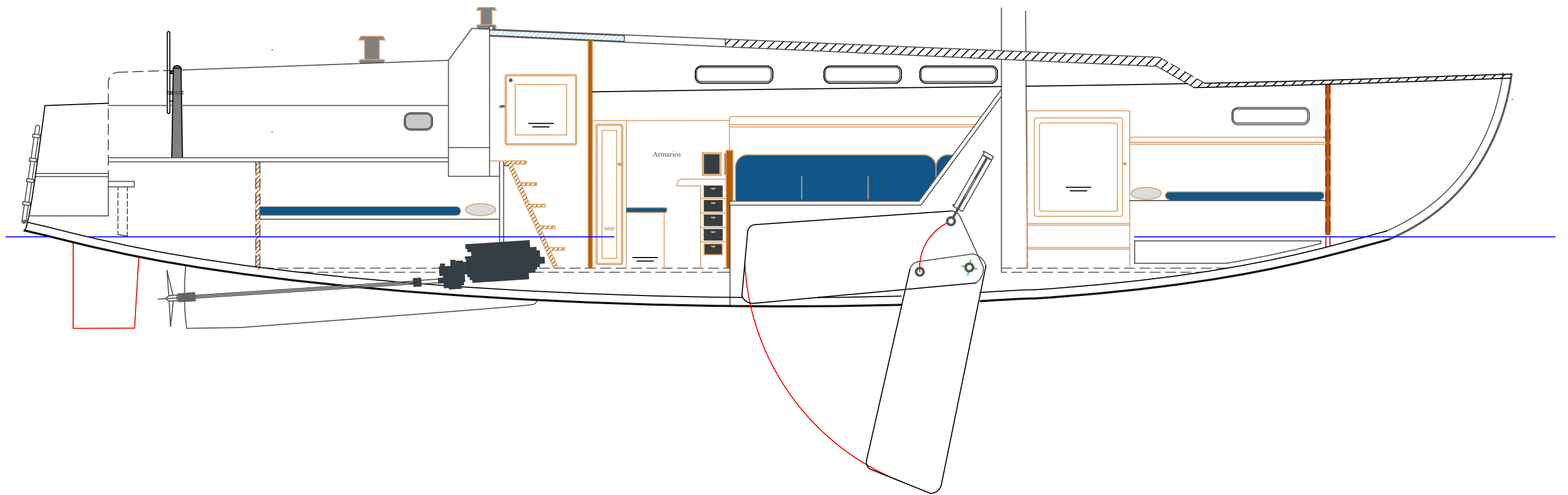
	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	
Aprobado	Raúl Rodríguez	n/a	TFM Ingenieria Naval y Oceánica
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	PLANO DE FORMAS		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.1
			Hoja 1 de 1


DIMENSIONES VELICAS	
I	17,45 m
J	6,23 m
P	17,2 m
E	6,36 m

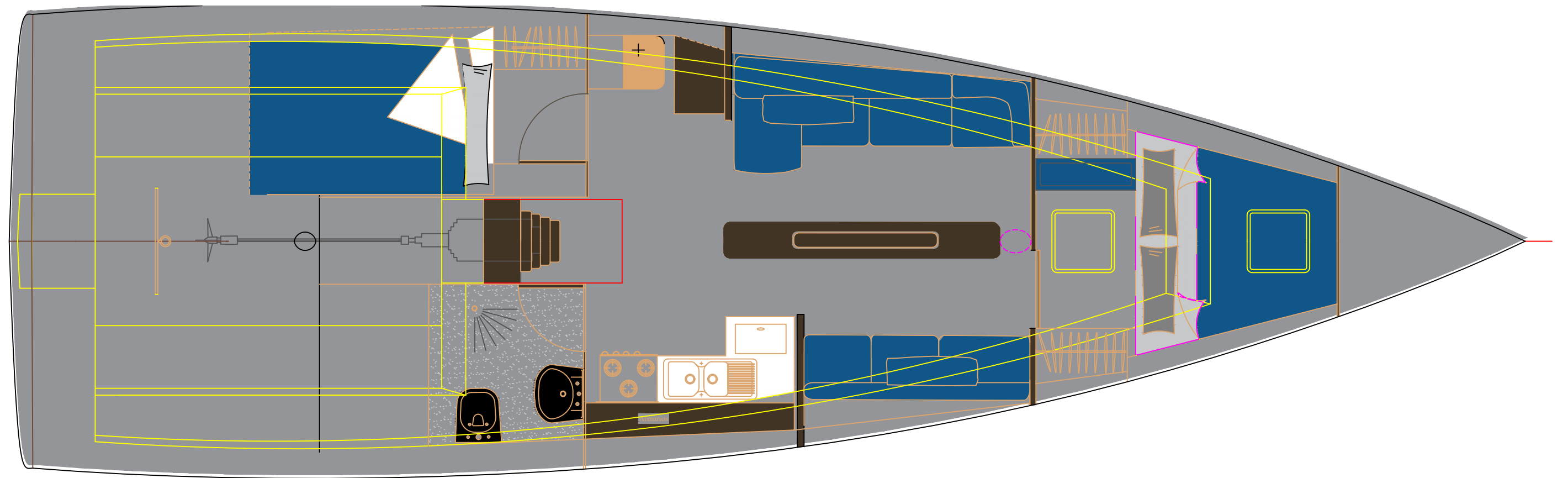



SUPERFICIES VELICAS	
VELA	m ²
Vela mayor	54,7
Génova 130%	54,4

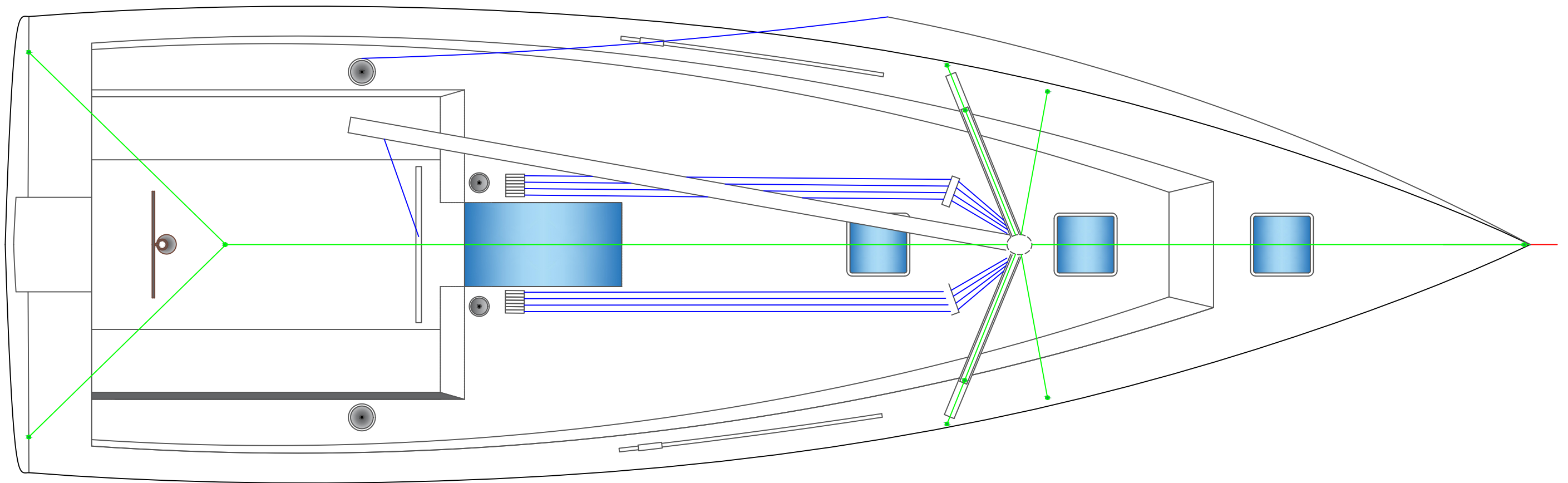
	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	
Aprobado	Raúl Rodríguez	1/80	TFM Ingenieria Naval y Oceánica
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	PLANO VELICO		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.2
			Hoja 1 de 1



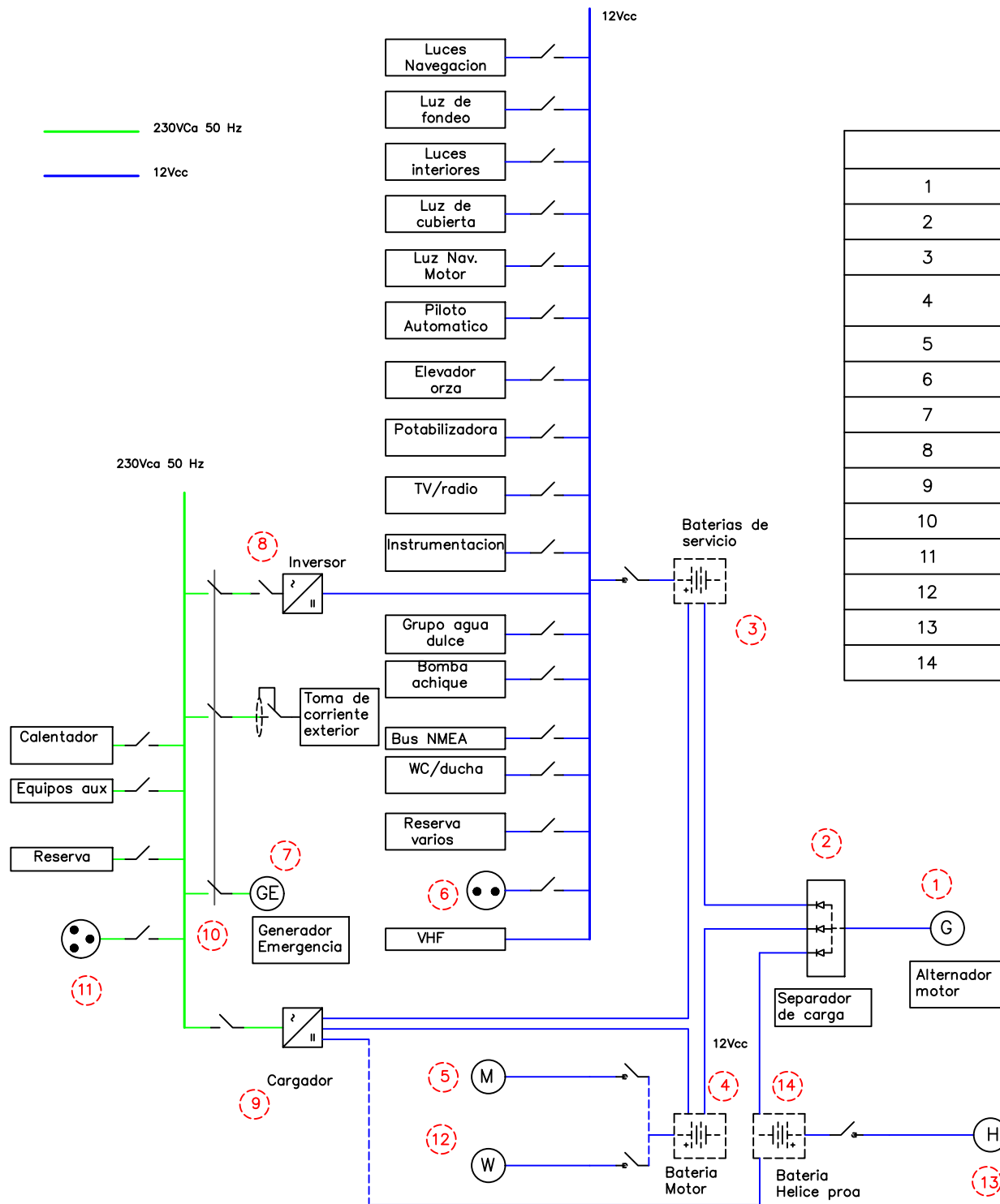
	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	TFM Ingeniería Naval y Oceánica
Aprobado	Raúl Rodríguez	1/40	
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	PLANO DE SECCION HABILITACION		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.3
			Hoja 1 de 1



	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	TFM Ingeniería Naval y Oceánica
Aprobado	Raúl Rodríguez	1/40	
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	PLANO DE PLANTA HABILITACIÓN		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.4
			Hoja 1 de 1



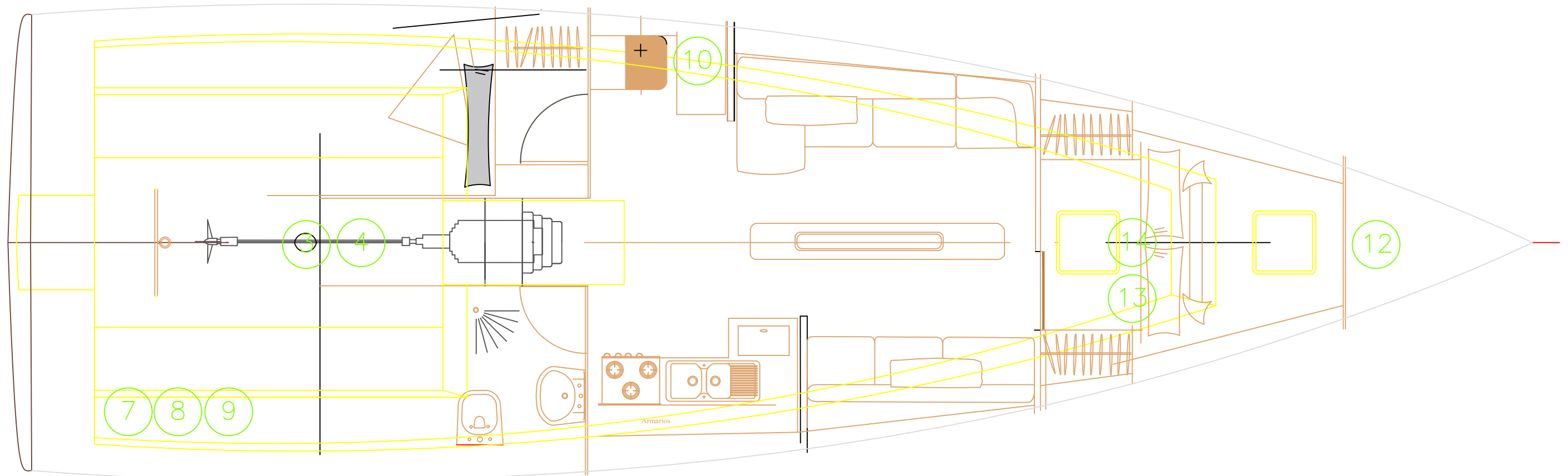
	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	TFM Ingeniería Naval y Oceánica
Aprobado	Raúl Rodríguez	1/40	
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	PLANO DE CUBIERTA		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.5
			Hoja 1 de 1



COMPONENTES PRINCIPALES	
1	Alternador del motor principal
2	Separador de carga
3	Bateria Lifepo4 servicio 400Ah
4	Bateria motor de arranque 94Ah
5	Motor de arranque VOLVO PENTA
6	Tomas de 12Vcc estancias de int. y ext.
7	Generador auxiliar (opcional)
8	Inversor 12V/230V 2KVA
9	Cargador de baterias 2 salidas. 40A
10	Selector seccionador 3 posiciones
11	Tomas de 230Vac interiores
12	Molinete de ancla 1200W
13	Bateria helice de proa 94Ah
14	Helice de proa 4kW


LEYENDA	
	Seccionador manual
	Interruptor Magnetotérmico
	Cargador/Inversor
	Interruptor magnetotermico y diferencial
	Conexión 230V
	Conexión 12Vcc
	Bateria

	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA TFM Ingenieria Naval y Oceánica
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	
Aprobado	Raúl Rodríguez	n/a	
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	ESQUEMA ELECTRICO		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.6
			Hoja 1 de 1



COMPONENTES PRINCIPALES

Número	Descripción
1	Alternador del motor principal
2	Separador de carga
3	Bateria Lifepo4 servicio 400Ah
4	Bateria motor de arranque 94Ah
5	Motor de arranque VOLVO PENTA
6	Tomas de 12Vcc estancas de int. y ext.
7	Generador auxiliar (opcional)
8	Inversor 12V/230V 2KVA
9	Cargador de baterías 2 salidas. 40A
10	Selector seccionador 3 posiciones
11	Tomas de 230Vac interiores
12	Molinete de ancla 1200W
13	Bateria helice de proa 94Ah
14	Helice de proa 4kW

	Nombre	Formato:	FACULTAD NAUTICA DE BARCELONA
Diseñado	Raúl Rodríguez	A3	
Dibujado	Raúl Rodríguez	ESCALA	TFM Ingeniería Naval y Oceánica
Aprobado	Raúl Rodríguez	1/40	
	Velero Oceanico con orza abatible		Indice de revisión: 1
	DISPOSICIÓN DE EQUIPOS ELECTRICOS		Fecha edic.: 05.07.2022
			Plano número: 12.7
			Hoja 1 de 1