



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño mecánico de la plataforma de un vehículo no tripulado de
superficie y carácter multipropósito*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: José Jaime Payo Velázquez

DIRECTORES: Carlos Casqueiro Placer

José María Núñez Ortuño

CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño mecánico de la plataforma de un vehículo no tripulado de
superficie y carácter multipropósito*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

El presente proyecto tiene por finalidad la elaboración de una propuesta de diseño de una plataforma de superficie no tripulada dotada con la capacidad de ser desplegada en multitud de misiones. Esta versatilidad se logra gracias a la capacidad de alojar a bordo de la plataforma, un módulo intercambiable dotado del equipamiento necesario para el desarrollo de las diferentes misiones.

Para dicho diseño se ha realizado un estudio de requisitos y características que la plataforma debe cumplir para servir tácticamente como sistema marítimo no tripulado en apoyo a los buques de la Armada Española. Una vez finalizado dicho análisis, se ha realizado un modelo 3D de los diferentes elementos que componen la plataforma usando un software de diseño asistido por ordenador. Estos modelos han permitido el estudio de esfuerzos de los elementos estructurales mediante el análisis por elementos finitos y el dimensionamiento de la planta propulsora, dejando paso al estudio de la arquitectura del sistema de gobierno implementado en la plataforma. Finalmente se ha realizado un estudio para determinar las principales misiones en las que la plataforma sería un arma de gran utilidad.

PALABRAS CLAVE

USV, Plataforma de superficie no tripulada, Diseño, Multipropósito, Táctica naval.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia.

Por todo el apoyo incondicional desde el primer día que esta aventura comenzó e incansable a lo largo de toda ella, en cada uno de los momentos vividos y superados. Por enseñarme que la palabra “casa” significa algo más que un lugar.

En especial a mi hermano, *Don Santiago José Payo Velázquez*, por ser un constante ejemplo de esfuerzo y trabajo. Por ser mi modelo de referencia desde niño. Y sobre todo, por creer siempre más en mí que yo mismo, haciendo que todos los obstáculos sean meras piedras en el camino.

A Sarita.

Por su apoyo invencible día tras día, su forma de hacer agradables y sencillas las cosas. Por afrontar todos los momentos con una preciosa sonrisa y servirme como ejemplo en cada uno de ellos. Por conocerme incluso mejor que yo, siendo la motivación de todos los días. Por ser la mejor compañera de aventuras y emociones que haya conocido. Simplemente por ser tú.

A mi tutor el Doctor Carlos Casqueiro Placer.

Por sus constantes enseñanzas a lo largo de todo el Trabajo Fin de Grado, por todas las horas de ideas y explicaciones dedicadas. Por enseñarme algo más que aspectos técnicos o académicos. Por confiar desde el principio del proyecto en mí.

A mi tutor el Doctor José María Núñez Ortuño.

Por su aporte de conocimientos, trabajo y ayuda durante todo el proceso del Trabajo Fin de Grado, en especial, en el área de los sistemas de control y propulsión.

Agradecer también las explicaciones del *CC Fernández Quiñones*, por dar una visión profesional al proyecto. A *Inés Guerrero de la Torre* por sus clases de ingeniería naval improvisadas. Y finalmente al aula 3, que ha sido testigo y compañera de las horas de trabajo.

A todos, muchas gracias.

Contenido

Contenido	1
Índice de Figuras	5
Índice de Tablas.....	8
1 Introducción.....	9
1.1 Definición del proyecto.....	9
1.2 Objetivos.....	9
1.3 Secuencia de la estructura del proyecto.....	10
2 Estado del arte	11
2.1 Sistemas marítimos no tripulados (MUS).....	11
2.1.1 Sistemas aéreos no tripulados (UAS: Unmanned Air System).....	12
2.1.2 Vehículos submarinos no tripulados (UUV: Unmanned Underwater Vehicle).....	12
2.1.3 Vehículos de superficie no tripulados (USV: Unmanned Surface Vehicle).....	12
2.2 Vehículos de superficie no tripulados.....	13
2.2.1 Reseña histórica.....	14
2.2.2 Vehículos de superficie no tripulados en la actualidad.....	15
3 Anteproyecto de la plataforma	19
3.1 Selección de casco de la plataforma.....	19
3.1.1 Velero clase Snipe.....	23
3.2 Planteamiento del diseño de la plataforma.....	23
3.2.1 Planteamiento del diseño del armazón.....	24
3.2.2 Planteamiento del diseño del cubierta principal.....	24
3.2.3 Planteamiento del diseño de la superestructura.....	25
3.3 Estudio del sistema de propulsión de la plataforma.....	26
3.4 Estudio del sistema de control de la plataforma.....	27
4 Diseño del casco y la cubierta de la plataforma	29
4.1 Siemens NX.....	29
4.1.1 Aplicación del software en el proyecto.....	29
4.2 Modelado del casco.....	30
4.3 Diseño del armazón de la plataforma.....	34
4.3.1 Cuaderna número 1.....	34
4.3.2 Cuaderna número 2.....	35
4.3.3 Cuaderna número 3.....	36
4.3.4 Cuaderna número 4.....	36

4.3.5 Cuaderna número 5.....	37
4.3.6 Cuaderna número 6.....	38
4.3.7 Cubierta inferior.....	38
4.3.8 Quilla.	39
4.4 Diseño de la cubierta principal de la plataforma.....	40
4.4.1 Cubierta del compartimento del módulo extraíble.	41
4.4.2 Mamparos de Babor y Estribor del compartimento del módulo extraíble.....	41
4.4.3 Mamparo de proa del compartimento de módulo extraíble.....	43
4.4.4 Tapas de regala de babor y estribor de la cubierta principal.	43
5 Diseño de los componentes de la superestructura de la plataforma.....	45
5.1 Diseño de estructura principal.....	46
5.1.1 Desarrollo del diseño.	46
5.1.2 Estudio FEM.....	48
5.2 Diseño de estructura para sistema del gancho CAR-35.....	51
5.2.1 Desarrollo del diseño	52
5.2.2 Estudio FEM.....	52
6 Cálculo de la potencia	55
6.1 Software Maxsurf.....	55
6.1.1 Maxsurf Modeler.	55
6.1.2 Maxsurf Resistance.....	56
6.1.3 Aplicación del software en el proyecto.	56
6.2 Predicción de la resistencia al avance.	56
6.2.1 Numero de Freud.	57
6.2.2 Estudio del número de Froude en la embarcación del proyecto.	58
6.3 Métodos analíticos de predicción de potencia.	59
6.3.1 Savitsky (Pre-Planeo y Planeo).	59
6.3.2 Lahtiharju.....	59
6.3.3 Holtrop.....	59
6.3.4 Compton.	59
6.3.5 Fung.	59
6.3.6 Van Oortmerssen.	59
6.4 Estudio de los métodos de cálculo aplicados en la embarcación del proyecto.	60
6.4.1 Según régimen de desplazamiento.....	60
6.4.2 Según régimen de pre-planeo y planeo.....	62
6.5 Selección de la motorización de a bordo.	65
6.5.1 Criterios por factores técnicos.	66

6.5.2 Criterios por factores tácticos.	66
6.5.3 Criterio de fiabilidad.	66
6.5.4 Criterio económico.	66
6.5.5 Propuestas.	66
7 Diseño de la arquitectura del sistema de control	69
7.1 Hardware de sistema de control.	69
7.1.1 Arquitectura general de la instalación.	69
7.1.2 Arquitectura del sistema de distribución eléctrica.	71
7.1.3 Arquitectura del sistema de control de la plataforma.	73
7.1.4 Arquitectura del sistema de navegación y posicionamiento.	74
7.1.5 Equipos auxiliares del hardware de la arquitectura del sistema de control.	75
7.2 Software del sistema de control.	76
7.2.1 Software del control de a bordo: ArduPilot.	76
7.2.2 Configuración del software.	77
7.2.3 Software de la estación de control: Mission Planner.	79
7.3 Equipos de la arquitectura del sistema de control de la plataforma.	83
7.3.1 Listado de equipamiento.	83
7.3.2 Batería AGM 12V 86Ah.	84
7.3.3 Drive Parallax HB-25.	84
8 Estudio de posibilidades de las cargas de pago	85
8.1 Características del módulo contenedor.	85
8.1.1 Características y capacidades del módulo contenedor de las cargas de pago.	85
8.1.2 Requisitos del módulo contenedor para las cargas de pago.	87
8.2 Estudio de posibles misiones para la plataforma.	88
8.2.1 Misiones de medidas contra minas (MCM).	88
8.2.2 Misiones anti-submarinas (ASW).	90
8.2.3 Misiones de superficie (ASUW).	91
8.2.4 Misiones de protección de la fuerza naval (FP).	92
8.2.5 Misiones de guerra electrónica (EW).	93
8.2.6 Misiones NBQ-R.	93
8.2.7 Misiones de búsqueda y salvamento (SAR).	94
9 Resultado y conclusiones	95
9.1 Resultado del proyecto.	98
10 Líneas futuras	99
10.1.1 Estudio de viabilidad del equipamiento común a toda misión de la plataforma.	99

10.1.2 Diseño detallado y generación del manual de montaje de la plataforma.....	100
10.1.3 Estudio específico de las diferentes cargas de pago y diseño del módulo contenedor.	100
11 Bibliografía.....	101
Anexo I: Presupuesto.....	105
Descripción del anexo.....	105
Anexo II: Planos.....	106
Descripción del anexo.....	106
Anexo III: Planos motor Newport Vessels 62-lb.....	129
Descripción del anexo.....	129
Anexo IV: Planos motor Torqeedo Deep Blue 40-RL.....	133
Descripción del anexo.....	133
Anexo V: Planos Escotilla 353 x 506.....	136
Descripción del anexo.....	136
Anexo VI: Planos Gancho CAR-35.....	139
Descripción del anexo.....	139
Anexo VII: Manual Batería Utracell AGM 12V 86Ah.....	142
Descripción del anexo.....	142
Anexo VIII: Manual Drive HB-25.....	145
Descripción del anexo.....	145
Anexo IX: Planos reglamento SCIRA.....	148
Descripción del anexo.....	148

Índice de Figuras

Figura 2-1 Despegue ScanEagle, UAS de la Armada Española. (Fuente: [2])	12
Figura 2-2 Maniobra arriado Pluto Plus, UUV de la Armada Española. (Fuente: [3])	12
Figura 2-3 Principales misiones de un USV	13
Figura 2-4 QST-35/35A SEPTAR, USV usado como objetivo. (Fuente: [4])	14
Figura 2-5 Vehículo no tripulado buscador de minas. (Fuente: [5])	14
Figura 2-6 “Sea Hunter” USV del proyecto ACTUV. (Fuente: [6])	15
Figura 2-7 USV del proyecto “Espadon”. (Fuente: [8])	16
Figura 2-8 USV del proyecto “Piranha”. (Fuente: [9])	16
Figura 2-9 USV del proyecto USSV-HTF. (Fuente: [10])	16
Figura 2-10 USV Spartan de la marina de los Estados Unidos. (Fuente: [11])	17
Figura 3-1 Esquema grafico de arrufo (1) y quebranto (2). (Fuente: [12])	20
Figura 3-2 Caja de secciones del casco del velero clase Snipe. (Fuente: [13])	22
Figura 3-3 Velero clase Snipe durante una regata. (Fuente: [14])	23
Figura 3-4 Ejemplo de estructura transversal de un buque. (Fuente: [15])	24
Figura 3-5 Superficie de la cubierta de proa de un Snipe. (Fuente: [16])	25
Figura 3-6 Gancho de zafado rápido de las unidades de la Flota. (Fuente: [17])	25
Figura 3-7 Velero Snipe navegando con vientos del través. (Fuente: [18])	26
Figura 4-1 Portada del reglamento de SCIRA de 2018 a 2020. (Fuente: [19])	30
Figura 4-2 Modelado de los principales contornos del caso en Siemens NX.	31
Figura 4-3 Superficie del casco del velero Snipe.	31
Figura 4-4 Generación del casco mediante simetría	32
Figura 4-5 Vista inferior del cuerpo del casco.	32
Figura 4-6 Vista superior del cuerpo del casco.	33
Figura 4-7 Vista lateral del cuerpo del casco.	33
Figura 4-8 Armazón completo de la plataforma.	34
Figura 4-9 Cuaderna número 1	35
Figura 4-10 Cuaderna número 2	35
Figura 4-11 Cuaderna maestra, cuaderna número 3	36
Figura 4-12 Cuaderna número 4	37
Figura 4-13 Cuaderna número 5	37
Figura 4-14 Espejo, cuaderna número 6	38
Figura 4-15 Vista isométrica de la cubierta inferior	39
Figura 4-16 Vista isométrica de la quilla.	39

Figura 4-17 Explicación grafica de la tapa de regala. (Fuente: [20]).....	40
Figura 4-18 Conjunto elementos cubierta principal.	40
Figura 4-19 Cubierta del compartimento de módulo extraíble.	41
Figura 4-20 Vista posterior del mamparo de Er.	42
Figura 4-21 Vista delantera del mamparo de Br.	42
Figura 4-22 Mamparo de proa del compartimento del módulo extraíble.....	43
Figura 4-23 Tapa de regala de Er.	44
Figura 4-24 Tapa de regala de Br.	44
Figura 5-1 Superestructura de un buque mercante. (Fuente: [21]).....	45
Figura 5-2 Vista isométrica de la estructura principal.....	46
Figura 5-3 Sección longitudinal de la estructura.	47
Figura 5-4 Estructura mallada para análisis FEM.	48
Figura 5-5 Aplicación de las fuerzas verticales y simulación.	49
Figura 5-6 Aplicación de las fuerzas en el eje X y simulación.	50
Figura 5-7 Aplicación de las fuerzas en el eje Y y simulación.	50
Figura 5-8 Maniobra de arriado de embarcaciones con gancho CAR-35. (Fuente: [22]).....	51
Figura 5-9 Estructura para sistema del gancho CAR-35.	52
Figura 5-10 Estructura de sistema de gancho CAR-35 mallada para análisis FEM.	53
Figura 5-11 Aplicación de las fuerzas del gancho en la estructura y simulación.....	53
Figura 6-1 Módulos del software Maxsurf. (Fuente: [23]).....	55
Figura 6-2 Gráfico de la relación posición de CG - Régimen de desplazamiento. (Fuente: [24])...57	57
Figura 6-3 Grafica Resistencia (kN) - Velocidad (nudos) según método Fung.	62
Figura 6-4 Grafica Potencia (kW) - Velocidad (nudos) según método Fung.....	62
Figura 6-5 Grafica Resistencia (kN) - Velocidad (nudos) según método Savitsky.	65
Figura 6-6 Grafica Potencia (kW) - Velocidad (nudos) según método Savitsky.	65
Figura 6-7 Torqueado Deep Blue 40 RL. (Fuente: [25])67	67
Figura 6-8 Newport Vessels-62lb (Serie L). (Fuente: [26]).....68	68
Figura 7-1 Esquema básico del sistema de control de una plataforma USV. (Fuente: [27])69	69
Figura 7-2 Esquema de la arquitectura general de la instalación.70	70
Figura 7-3 Esquema arquitectura de la instalación de alimentación.71	71
Figura 7-4 Funcionamiento de un motor CC. (Fuente: [28])72	72
Figura 7-5 Ejemplo de la modulación PWM y voltaje promedio. (Fuente: [29])72	72
Figura 7-6 Esquema de la arquitectura del control de la plataforma.....73	73
Figura 7-7 Esquema de la arquitectura del sistema de navegación y posicionamiento.....74	74
Figura 7-8 Ejemplo de Buzzer de Pixhawk. (Fuente: [30]).....75	75
Figura 7-9 Ejemplo de pulsador de Pixhawk. (Fuente: [30])75	75

Figura 7-10 Logotipo de ArduPilot. (Fuente: [31]).....	76
Figura 7-11 Principales movimientos de buque con configuración diferencial.	78
Figura 7-12 Logotipo de Mission Planner. (Fuente: [31])	79
Figura 7-13 Conexión del hardware autopiloto mediante mini-USB. (Fuente: [31])	80
Figura 7-14 Ejemplo del software Mission Planner para el modo ArduCopter. (Fuente: [31]).....	81
Figura 7-15 Pestañas de las principales características de Mission Planner. (Fuente: [31]).....	82
Figura 7-16 Componentes de una batería AGM. (Fuente: [32])	84
Figura 7-17 Drive Parallax HB-25. (Fuente: [33]).....	84
Figura 8-1 Modelo básico de módulo contenedor.....	86
Figura 8-2 Vista frontal del modelo básico de módulo contenedor.	86
Figura 8-3 Grafica del desplazamiento lateral de G-G' y su efecto. (Fuente: [12]).....	87
Figura 8-4 Explosión controlada de una mina. (Fuente: [35])	89
Figura 8-5 Prototipo de UUV. (Fuente: [36]).....	89
Figura 8-6 Conjunto de diferentes tipos de sonoboyas pasivas. (Fuente: [37])	90
Figura 8-7 Patrulla de un puerto por embarcaciones tripuladas. (Fuente: [38]).....	91
Figura 8-8 Reflector hinchable “Killer Tomato”. (Fuente: [39])	92
Figura 8-9 F-100 navegando en aguas de un estrecho. (Fuente: [40])	92
Figura 8-10 Equipo de visita y registro equipado con trajes NBQ-R. (Fuente: [41])	93
Figura 8-11 Unidades de Salvamento marítimo intercediendo en un rescate. (Fuente: [42]).....	94
Figura 9-1 Explosionado de elementos exteriores de la plataforma.....	96
Figura 9-2 Conjunto plataforma no tripulada sin módulo.	97
Figura 9-3 Ensamble final de la plataforma de superficie no tripulada con módulo extraído.	97
Figura 9-4 Resultado final: Plataforma no tripulada con módulo.	98
Figura 10-1 Implementación de sistema de cámara y radar en la plataforma.	99

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Principales dimensiones de los USV de eslora menor a 5m.	17
Tabla 3-1 Relación de embarcaciones y dimensiones.	22
Tabla 6-1 N° de Froude en relación a la velocidad de la embarcación.	58
Tabla 6-2 Condiciones de los métodos de desplazamiento.	60
Tabla 6-3 Relación resistencia y potencia respecto a velocidad según Fung.	61
Tabla 6-4 Condiciones de los métodos de pre-planeo y planeo.	63
Tabla 6-5 Relación resistencia y potencia respecto a velocidad según Savitsky.	64
Tabla 7-1 Valores de configuración del comando <i>SYSID_SW_TYPE</i>	77
Tabla 7-2 Valores de configuración del comando <i>FRAME_CLASS</i>	77
Tabla 7-3 Ejemplos de funciones de los puertos de salida de la Pixhawk.	79
Tabla 7-4 Listado de equipos de la instalación y número de unidades.	83
Tabla A1-1 Desglose del presupuesto del proyecto.	105

1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo desarrollará, de forma concisa, una idea general acerca del concepto de vehículo de superficie no tripulado y las características que de este concepto se derivan, además se desglosarán los diferentes objetivos propuestos para el proyecto, finalizando con un preámbulo de la estructuración de la secuencia del proceso que el proyecto seguirá.

1.1 Definición del proyecto.

En este documento constituye la memoria del proyecto de diseño de una plataforma de superficie no tripulada con carácter multipropósito. Para el desarrollo de dicho diseño se han tenido en cuenta requisitos y criterios que la plataforma debe cumplir para su posible integración como sistema de apoyo en las misiones que desempeñan los buques de la Armada Española.

Un vehículo de superficie no tripulado (*Unmanned Surface Vehicle* o USV) viene definida, en la última versión de la publicación de la Organización del tratado del Atlántico Norte acerca de las tácticas y procedimientos en el entorno marino (*Allied Maritime Tactical Instructions and Procedures*) denominada ATP1- Vol.1 [1], como:

“Vehículo de superficie autopropulsado cuyo funcionamiento es completamente autónomo (mediante control por misiones pre-programadas o adaptaciones en tiempo real) o bajo el control de una mínima supervisión.”

En la definición se refiere a superficie como la lámina de agua situada entre la masa de aire y la masa de agua.

Por lo tanto, esta definición establece que un vehículo de superficie no tripulado ha de ser una embarcación equipada con un sistema de propulsión propio y un sistema de gobierno autónomo o controlado remotamente. Además de estas características en el diseño de este proyecto se dota dicho vehículo de la capacidad de ser usado con diferentes funcionalidades.

1.2 Objetivos.

Una vez definidos los conceptos básicos que definen a la plataforma no tripulada de superficie que se propone diseñar en este proyecto, se van a establecer cuáles son los objetivos que el proyecto ha de satisfacer.

Estos objetivos vienen marcados por la definición que se ha desarrollado de vehículo de superficie no tripulado, por lo que los objetivos que se marquen deberán de fijar los requisitos y criterios para realizar el diseño de dicho vehículo.

El diseño de la plataforma de superficie no tripulada del proyecto se realizará de forma integral definiendo los diferentes elementos y sistemas que la componen. Para ello y en relación al tiempo disponible para la realización del proyecto con respecto a la carga de trabajo que conlleva el diseño detallado de cada elemento de la plataforma, se ha decidido escalonar los objetivos. Esta separación de niveles de profundidad de detalle que los objetivos distinguen se ha materializado mediante la definición de objetivos principales y objetivos secundarios.

Los objetivos principales, son aquellos que permiten el diseño completo de los elementos que forman la plataforma del proyecto. Estos objetivos son los siguientes:

- Diseñar los elementos estructurales de la plataforma de superficie, tal y como son el casco de la embarcación, la estructura del armazón interno de la plataforma y las estructuras que componen la superestructura de la misma.
- Estudiar e implementar un sistema de propulsión capaz de empujar a la plataforma de forma autónoma durante un tiempo de permanencia en el despliegue determinado. Y que sea eficiente y acorde a la situación de las misiones desarrolladas.
- Diseñar la arquitectura de un sistema de control de la navegación para dotar a la embarcación de un gobierno autónomo o asistido mediante una supervisión del gobierno de forma remota.
- Tras marcar los objetivos técnicos que la plataforma ha de satisfacer, se implementa el objetivo atendiendo a factores económicos. El objetivo en este ámbito es generar dichos diseños aplicando una política de austeridad, es decir, realizando únicamente los gastos indispensables para el diseño, buscando siempre la alternativa más económica.

Tras definir los objetivos principales que se marcan para el proceso de diseño, se establecen como objetivos secundarios aquellos que tienen como fin el estudio detallado de los diferentes componentes de la plataforma y sus sistemas. En este segundo nivel de objetivos se encuentran: los diferentes análisis de esfuerzos de las estructuras que componen la embarcación, el estudio detallado del proceso de construcción de dicha plataforma, la programación de la configuración del software del sistema de autopiloto y el diseño mecánico detallado de la instalación del sistema de propulsión.

1.3 Secuencia de la estructura del proyecto.

La estructuración del contenido de la memoria seguirá el proceso realizado para el diseño de la plataforma de superficie no tripulada. A continuación se resumirán las diferentes fases que se desarrollarán en dicho proceso.

Como punto de partida del proceso del diseño se realizará un estudio del mercado actual en el que se enmarca el vehículo de superficie no tripulado. Además, en este proceso de recopilación de información se analizarán los requisitos y criterios de uso que la OTAN y el Ministerio de Defensa de España han estudiado como indispensable para un vehículo de dichas características.

Una vez estudiados los requerimientos que estos vehículos han de satisfacer, se procederá al diseño estructural de la plataforma, en él se diseñarán el casco, la estructuras interiores y exteriores de la misma. Seguidamente, se efectuará un cálculo definiendo la potencia necesaria para cumplimentar las diferentes misiones de forma eficiente y sin dificultades de funcionamiento, haciendo un estudio acerca de los distintos tipos de propulsores y de su alimentación energética, definiendo aquí cuales se adaptan al cumplimiento de las prestaciones solicitadas.

Tras haber definido tanto el casco como la potencia que el sistema de propulsión ha de entregar al vehículo, se realizará un diseño de la arquitectura de los equipos necesarios del sistema de control, autónomo o remoto, que gobernará a la plataforma. Finalmente, se realizará un estudio de las posibles misiones que la plataforma sería capaz de desarrollar al implementar en ella un módulo exterior con los equipamientos necesarios para el desarrollo de las determinadas misiones asignadas.

2 ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se pretenderá enmarcar el sector tecnológico en el cual se encuentra el proyecto. En él se desarrollaran diferentes explicaciones acerca de los puntos que se han considerado importantes para el correcto encuadramiento de la plataforma de superficie no tripulada diseñada y estudiada en el proyecto.

Para ello este capítulo se va a estructurar de forma escalonada, comenzando con una explicación sobre los diversos sistemas no tripulados utilizados en el ambiente marítimo, explicando brevemente cada uno de ellos y centrándose en el concepto de vehículo de superficie no tripulado, ya que será en donde se encuadre la plataforma diseñada y estudiada en este proyecto. Dentro de este concepto se procederá a realizar una reseña histórica de sus diferentes usos desde que se planteó la idea por primera vez terminando en un análisis de los vehículos de superficie no tripulados que existen actualmente en el mercado.

2.1 Sistemas marítimos no tripulados (MUS).

En este apartado se realizará una explicación genérica de los sistemas marítimos no tripulados (MUS por sus siglas en inglés: *Maritime Unmanned System*), comenzando con una breve reseña histórica y desglosando a continuación las diferentes explicaciones de los diversos tipos de sistemas existentes y sus principales características.

Históricamente los MUS ha sido usados como plataformas para la recolección de datos de inteligencia, vigilancia y reconocimiento (tres aspectos recogidos en el concepto táctico ISR, siglas inglesas de: *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*). Sin embargo, se ha producido un incremento notable en los usos de los sistemas marítimos no tripulados en misiones tácticas, como por ejemplo designación y reconocimiento previo de objetivos para posterior ataque por aeronaves tripuladas. Los MUS han contribuido a mejorar el conocimiento de la situación proveyendo de información precisa y actualizada de los objetivos tras el horizonte visual y sus capacidades de ejercer daño a las unidades. La adaptabilidad, versatilidad, y el coste de los MUS continúan expandiendo la capacidad de combatir de las unidades, además se han convertido en una herramienta indispensable para lograr el éxito de las operaciones marítimas.

El concepto de MUS integra todo el conjunto del sistema: la plataforma, el dispositivo de autopiloto, el enlace de comunicaciones y la estación de tierra o a bordo de las unidades marítimas.

Los sistemas marítimos no tripulados presentan variedad de clasificaciones pero la más general es aquella que lo hace según el medio en cual este sistema desarrolla sus operaciones. A continuación se darán unas breves nociones de cada una de las variedades que se encuentran.

Esta clasificación coincide en gran medida con la clasificación de los vehículos no tripulados pero en el marco marino se desecartan aquellos sistemas terrestres por lo que no se encontrarán UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) ya que cuando estos tienen la capacidad de trabajar sumergidos pasaran a encuadrarse en la clasificación de vehículos submarinos no tripulados.

2.1.1 Sistemas aéreos no tripulados (UAS: *Unmanned Air System*).

Estos sistemas se definen como vehículos aéreos auto-propulsados cuyas operaciones son desarrolladas mediante un control de supervisión o autónomamente, pueden ser pre-programadas o controladas de forma remota desde una estación.



Figura 2-1 Despegue ScanEagle, UAS de la Armada Española. (Fuente: [2])

2.1.2 Vehículos submarinos no tripulados (UUV: *Unmanned Underwater Vehicle*).

Los sistemas definidos como vehículos submarinos no tripulados son aquellos que operan por debajo de la superficie del agua mediante un vehículo autopropulsado sumergible con capacidad de ser controlado desde una estación en tiempo real o de navegar de forma autónoma mediante unas misiones definidas previamente.



Figura 2-2 Maniobra arriado Pluto Plus, UUV de la Armada Española. (Fuente: [3])

2.1.3 Vehículos de superficie no tripulados (USV: *Unmanned Surface Vehicle*).

Los vehículos de superficie no tripulados son sistemas que operan sobre la superficie del agua, capaces de ser controlados desde estaciones en tierra o a bordo de un buque, o bien que navegan de forma autónoma. Dentro de este último subgrupo de los MUS es en el que se encuadra la plataforma del proyecto, debido a este motivo se va a proceder a desarrollar a continuación un apartado específico para este tipo de vehículos.

2.2 Vehículos de superficie no tripulados.

Tras haber generado una idea sobre el concepto de vehículo de superficie no tripulado, se procederá a presentar una serie de definiciones vitales para el entendimiento de estos sistemas.

- Vehículo de superficie: se entenderá como vehículo de superficie aquel que se desplace en el agua en reposo, y tenga contacto casi continuo con la superficie del agua al adquirir velocidad.
- No tripulado: Capaz de operar si la necesidad de ser controlado por una dotación de a bordo.

Para este tipo de vehículos existen diferentes niveles de autonomía respecto a la supervisión del control que se realiza sobre ellos:

- Manual: El control del vehículo se ejecuta mediante un factor humano.
- Semi-autónomo: Vehículo que ofrece algunos comportamientos autónomos, pero es el operador el que dirige la situación con su toma de decisiones.
- Autónomo: el vehículo rige sus propias decisiones desde el lanzamiento hasta la recogida del mismo.

Actualmente los sistemas de vehículos no tripulados de superficie son ampliamente usados y desplegados en diferentes escenarios para ejercer variedad de misiones. Las misiones principales de los vehículos de superficie no tripulados son las siguientes:

- Medidas contraminas (MCM).
- Guerra antisubmarina (ASW).
- Seguridad marítima (SM).
- Guerra de superficie (ASUW).
- Apoyo a unidades de fuerzas especiales (SOF).
- Guerra de equipos electrónicos (EW).
- Apoyo en operaciones de interdicción marítima (MIO).

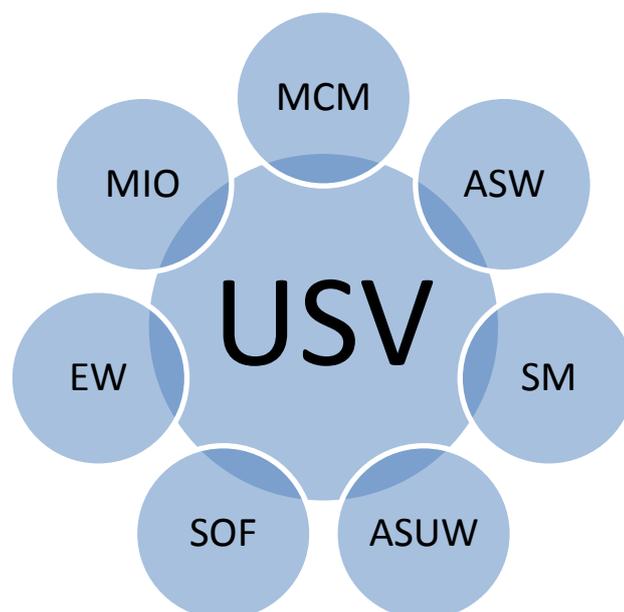


Figura 2-3 Principales misiones de un USV.

2.2.1 *Reseña histórica.*

La Segunda Guerra mundial vio la primera experimentación en el ámbito de los vehículos no tripulados. El gobierno canadiense desarrolló el concepto mediante el torpedo COMOX, en 1944, cuyo propósito era el de crear una cortina de humo durante la invasión a la playa, como sustituto de los aviones. Fue clasificado como torpedo debido a que solo podía programarse rumbo fijo. Aunque el proyecto COMOX, finalmente no se llevó a cabo, si se completaron varias pruebas exitosamente.

El siguiente hito contrastado de dicha tecnología fue en el periodo de post-guerra, en el cual la marina de los Estados Unidos, utilizo embarcaciones no tripuladas para recoger muestras de aguas radiactivas tras la explosión bombas atómicas en Bikini Atoll en 1946.

A partir de la década de los 50, el desarrollo de los vehículos de superficie no tripulados fue orientado a la construcción de objetivos marinos para prácticas de tiro de unidades de superficie y aéreas.



Figura 2-4 QST-35/35A SEPTAR, USV usado como objetivo. (Fuente: [4])

En la década de los 60, en la guerra de Vietnam, los Estado Unidos desarrollaron diferentes versiones de embarcaciones no tripuladas, dedicadas a la búsqueda de minas.

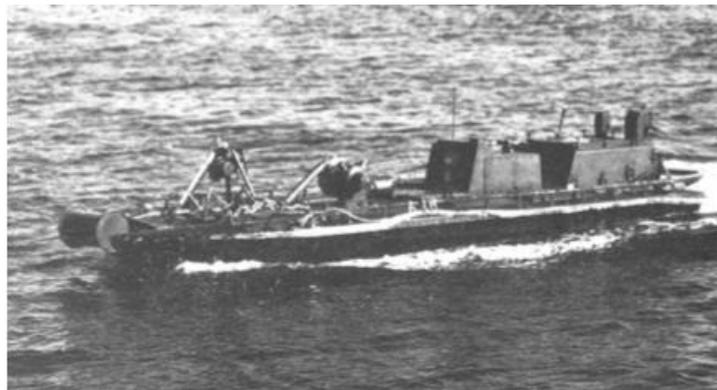


Figura 2-5 Vehículo no tripulado buscador de minas. (Fuente: [5])

Desde la década de los 90 hasta la actualidad, se ha desarrollado sistemas más sofisticados para la caza de minas. Además, este tipo de unidades han encontrado un sector dentro de la táctica naval muy importante como es la inteligencia, la vigilancia y el reconocimiento.

2.2.2 Vehículos de superficie no tripulados en la actualidad.

Hoy en día el desarrollo de la tecnología de los vehículos no tripulados ha experimentado un incremento sustancial debido a que las diferentes marinas de las naciones de todo el mundo se han percatado de la gran relevancia que pueden llegar a tener este tipo de sistemas.

El mercado actual de la tecnología de los USV, se considera aquellos vehículos que ya han sido probados y demostrados. El mercado de estos vehículos se compone de buques de pequeñas dimensiones, la mayor parte menores de los 10 metros de eslora. Además, estos vehículos están diseñados para cumplimentar, excepto en casos excepcionales, únicamente un tipo de misión determinado: medidas contra minas, seguridad marítima, etc.

Para realizar una explicación apropiada sobre los distintos tipos de vehículos no tripulados de superficie se ha decidido clasificar las unidades por rangos de tamaños:

- Plataformas con esloras mayores de 20 metros: En este rango de dimensiones no es común encontrar unidades no tripuladas, pero en los últimos años el gobierno de Estados Unidos ha desarrollado un proyecto de una plataforma con las dimensiones normales de un patrullero tripulado dotándole de las características de los USV. Este proyecto fue denominado ACTUV (siglas en ingles de *ASW Continuous Trail Unmanned Vessel*), es decir, una plataforma no tripulada de seguimiento especializada en la guerra anti-submarina.



Figura 2-6 “Sea Hunter” USV del proyecto ACTUV. (Fuente: [6])

El primer prototipo, denominado “Sea Hunter”, se culminó en enero del 2018. Este es un vehículo catalogado como semi-autónomo ya que será controlado y supervisado en las misiones de alto nivel, pero las navegaciones las ejecutara de forma autónoma siguiendo la legislación marítima y el R.I.P.A.M. [7].

- Plataformas entre 10 y 20 metros de eslora: En este rango de dimensiones se encuentran prototipos desarrollados con un alto nivel tecnológico, empresas internacionales dedicadas al sector industrial relacionado con la tecnología de defensa han aprovechado el nuevo mercado establecido por este tipo de unidades. Se pueden destacar en esta categoría los siguientes vehículos:
 - Proyecto “Espadon”: desarrollado por el departamento francés de armamento junto con las empresas DCHS, Thales y ECA en 2009. El resultado es un buque de 17 metros de eslora, con un casco en disposición de catamarán que permite una cámara interna para despliegue de equipos submarinos pequeños.



Figura 2-7 USV del proyecto “Espadon”. (Fuente: [8])

- Proyecto “Piranha”: Este proyecto fue desarrollado por la división dedicada a la industria marina de la empresa Zyvex Technologies. El vehículo cuenta con una eslora de 16 metros y medio, creado con innovadora tecnología de materiales ligeros.



Figura 2-8 USV del proyecto “Piranha”. (Fuente:[9])

- Proyecto USSV-HTF: Este proyecto fue desarrollado conjuntamente entre Estados Unidos y Canadá, con un especial enfoque en el diseño para dotar al vehículo de grandes capacidades de remolque (HTF, High Tow Force), aunque sin renunciar a las capacidades propias de una unidad no tripulada de superficie.



Figura 2-9 USV del proyecto USSV-HTF. (Fuente: [10])

- Plataformas menores de 10 metros de eslora: Este es el rango de dimensiones donde más común es encontrar unidades USV, dentro de este rango se pueden diferenciar las unidades mayores de 5 metros de eslora donde es común encontrar embarcaciones inflables de casco rígido (RHIB, *Rigid-Hulled Inflatable Boat*) adaptadas para que se pueda ejercer una navegación controlada remotamente. Y las menores, de menos de 5 metros de eslora que será el rango de dimensiones en el que se encuadra la plataforma propuesta en este proyecto.



Figura 2-10 USV Spartan de la marina de los Estados Unidos. (Fuente: [11])

Por ello y para reflejar más específicamente los vehículos pertenecientes a este rango de dimensiones, se ha realizado un estudio de las dimensiones de las principales plataformas de los vehículos no tripulados de superficie menores de 5 metros de eslora para obtener una primera idea acerca de las dimensiones que se han de barajar a la hora del diseño de la plataforma.

<i>Embarcaciones</i>	<i>Eslora - L (m)</i>	<i>Manga - B (m)</i>	<i>Calado - C (m)</i>	<i>Desplazamiento - Δ (kg)</i>
<i>Roboski SDST</i>	2,7	1,2	-	200
<i>Sea Fox</i>	5	3	-	640
<i>Yamaha UMV-H</i>	4,44	1,84	-	450
<i>Owl/Ash</i>	2,9	1,5	-	500
<i>Rodeur</i>	3,5	1	0,5	-
<i>MMSV</i>	3,3	0,6	0,4	280
<i>MIMIR</i>	3	1,5	-	-

Tabla 2-1 Principales dimensiones de los USV de eslora menor a 5m.

Estas unidades tienen como carácter común un grado bajo de automatismo, es decir, la principal fuente de decisiones a la hora del gobierno y de las acciones a tomar dependiendo de la situación es el factor humano. Dichas unidades son controladas mediante operadores en estaciones asentadas tanto en tierra como a bordo de una unidad de las diferentes marinas de los países que las desarrollan.

Tras haber realizado el estudio de las plataformas de vehículos no tripulados tanto en la actualidad como a lo largo de la historia, se ha realizado el diseño de la plataforma del proyecto utilizándose las características de las unidades del mercado que más interesan para su ejecución. El proceso de diseño se explicará a continuación en capítulos posteriores.

PÁGINA DEJADA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

3 ANTEPROYECTO DE LA PLATAFORMA

Este capítulo tratará, de forma general, de resumir las distintas áreas abarcadas en el desarrollo del proyecto para el diseño de la plataforma y tiene como principal objetivo el introducir y definir los diferentes aspectos que se han llevado a cabo para la ejecución del diseño.

Se han tenido en cuenta multitud de factores para el desarrollo de una plataforma naval con capacidad de portar equipamiento para diversos tipos de misiones o cometidos cuya principal característica y ventaja sea la facultad de poder ser tripulada sin embarcar dotación en ella, siendo esta controlada de forma remota y ofreciendo la posibilidad de ejercer una navegación autónoma. Dicho estudio ha comprendido tanto un análisis de necesidades como un examen del conjunto de requisitos que la plataforma debe de ser capaz de cumplir. Además, se ha realizado un estudio del mercado actual en el sector en el cual se enmarca el vehículo, dando este una serie de comparativas entre lo existente y sus misiones y las características principales que se desean implementar en el diseño de la plataforma.

Tras obtener la definición de las características generales que la plataforma ha de cumplir para el uso requerido de ella, se han desgranado, como puntos importantes para la caracterización de los aspectos del diseño, los apartados que se van a proceder a desarrollar a continuación.

3.1 Selección de casco de la plataforma.

Como primer requisito dentro del estudio de necesidades se encuentra la definición del tipo de embarcación que se desea para la plataforma. Esta dependerá en gran medida de la forma seleccionada para el casco de la embarcación.

El casco de una embarcación se define como el envoltorio exterior de un navío que asegura, tres características que se pueden catalogar como funciones principales:

- La estanqueidad del buque en su obra viva (parte del buque sumergida en el agua) que le otorga de su característica más importante: la flotabilidad.
- La rigidez o solidez, el casco le ofrece a la plataforma la conservación de sus dimensiones lo más constantes posibles, ya que protege a esta de las deformaciones debidas a los esfuerzos de la navegación, como pudieran ser el arrufo o el quebranto (explicado gráficamente en la Figura 3-1), de la intemperie o las fuerzas exteriores.

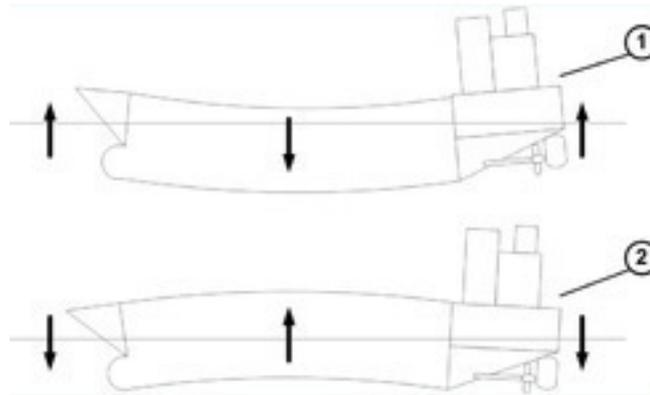


Figura 3-1 Esquema grafico de arrufo (1) y quebranto (2). (Fuente: [12])

- La capacidad marinera de la plataforma, se puede entender esta como la capacidad de navegar de la embarcación de la forma más eficaz posible con relación al propósito que esta desempeña.

Debido a la variedad de tareas desarrolladas sobre la superficie acuática, tanto en mares u océanos como en lagos o ríos, existen multitud de formas estudiadas para diseñar un casco dependiendo del cometido que se exija de la embarcación, estos pueden ser:

- Casco plano.
- Casco redondo.
- Casco de carena en “V”.
- Multicasco (como por ejemplo catamarán o trimarán).

Otro aspecto importante en la definición del casco de la plataforma a diseñar es el material empleado para su construcción. Es importante destacar que no todos los materiales sirven para desempeñar todas las funciones y que se ha de tener en cuenta a la hora de la selección del material la relación resistencia-peso. Los materiales más comúnmente utilizados para la construcción de cascos de embarcaciones son: madera, acero, aluminio y fibra de vidrio.

Otros aspectos importantes a la hora de definir el casco de un buque son la resistencia a la fatiga, a la corrosión, la durabilidad, el mantenimiento, el costo y la fiabilidad.

Tras haber analizado las diferentes características generales de los cascos, se ha dado paso a un estudio de las necesidades específicas del casco de la embarcación en estudio, para ello se han definido los principales requisitos y en base a ellos se han seleccionado las características que permiten su cumplimiento. Estos requisitos se expondrán individualmente a continuación.

- Velocidad. La embarcación de estudio ha de ser diseñada para poder alcanzar velocidades medias ya que pueden ser requeridas para las misiones asignadas. Por ello se consideraran como características aptas para este criterio, los cascos en “V” o multicasco y la fabricación en aluminio o fibra de vidrio.
- Peso. El casco de la plataforma ha de ser lo más ligero posible ya que la mayor parte de la masa del conjunto de la embarcación y el modulo instalado en ella va a ser dotada por dicho modulo. Por ello son convenientes las características del casco en “V” o los multicasco, junto a una fabricación en fibra de vidrio, aluminio o madera.
- Capacidad de carga. La plataforma del proyecto, por su capacidad multifunción, ha de estudiarse para que pueda tener una considerable capacidad de carga, tanto en peso como en forma. Por ello las características que cumplirían con este requisito serían la de un casco plano o redondo fabricado en madera, acero o aluminio. Se puede considerar la fibra de vidrio para embarcaciones menores capaces de albergar gran peso dentro de los límites de sus dimensiones.

- Dimensiones. Este es uno de los aspectos y requisitos más importantes que se han de estudiar para el diseño de la plataforma. Ha sido requerida que sea lo más compacta posible ya que es importante para su empleo, mantenimiento y estiba. Este requisito va en detrimento al de capacidad de carga, por lo que hay que encontrar una solución óptima para ambos. Además, se ha de estudiar que la plataforma pueda ser arriada y recogida con el pescante y el resto de la maniobra de las embarcaciones ya existentes a bordo de las unidades de la Armada, es decir, de las embarcaciones RHIB. Estas embarcaciones suelen rondar alrededor de los 5 o 6 metros de eslora y los 2 o 3 metros de manga. Este requisito no determina la forma del casco pero si los materiales óptimos para un barco de pequeñas dimensiones, esto son la fibra de vidrio, la madera y el aluminio.
- Coste. Este requisito queda fuera de los aspectos marineros de la plataforma pero determina en gran medida sus características ya que, para el proyecto, se ha implementado una política general de austeridad. Por lo que aunque la forma del casco no se ve comprometida, no es así con el material utilizado, por lo que se tenderá a utilizar tanto la fibra de vidrio como la madera, descartando las opciones de mayor coste como el aluminio o el acero.

En conclusión, teniendo en cuenta todos estos aspectos, para que la plataforma del vehículo no tripulado con carácter multipropósito cumpla con los requisitos establecidos, dentro de un equilibrio entre ellos, ha de ser:

- Monocasco plano o con forma de “V”. Para establecer un equilibrio entre ambas formas de los cascos se ha estudiado una configuración denominada casco de cantos, donde el casco tiene forma de “V” poco pronunciada y cuyas superficies son planas entre cantos de la “V”.
- Casco fabricado en fibra de vidrio para mantener sus cualidades marineras pero a un coste no tan elevado como el aluminio.
- De dimensiones, tomando los valores mínimos de la embarcaciones RHIB utilizadas a bordo de las unidades actualmente, iguales o menores a los 5 metros de eslora y los 2 metros de manga.
- De coste, lo más económico posible.

Debido a que el propósito del proyecto es el diseño final de una plataforma no tripulada de superficie y dado al reducido tiempo disponible para la realización de dicho proyecto, se ha decidido recurrir a un casco existente y centrar los esfuerzos en el diseño del resto de elementos de la plataforma. Por lo que se ha optado realizar un estudio de mercado de las embarcaciones ya existentes para realizar una adaptación de un casco, que cumpla con los requisitos de forma óptima, implementándolo en el diseño de la plataforma del proyecto.

Tras la realización de un largo análisis de embarcaciones que cumplan con las imposiciones de los requisitos, se ha realizado una tabla de relaciones de las dimensiones principales que defienden una embarcación. En la Tabla 3-1 se muestra un resumen de las embarcaciones analizadas donde se pueden encontrar tanto pequeños pesqueros como lanchas de ocio o embarcaciones de vela ligera.

<i>Embarcaciones</i>	<i>Eslora - L (m)</i>	<i>Manga - B (m)</i>	<i>Calado - C (m)</i>	<i>Desplazamiento - Δ (kg)</i>
<i>Tiller Line T4.0</i>	3,99	1,7	0,25	220
<i>Tiller Line T4.5</i>	4	1,63	0,25	220
<i>Tiller Line T4.8</i>	4,8	1,8	0,27	280
<i>Estable 400</i>	3,99	1,96	0,25	180
<i>Estable 415</i>	4,2	2,16	0,25	210
<i>Snipe Persson</i>	4.72	1.55	0.17	173
<i>Topper Omega</i>	4.7	1.8	0.15	140
<i>Fiber Craft Hobby 4</i>	4	1,78	0,31	145
<i>Fiber Craft Hobby SPORT</i>	4,51	1,9	0,35	230
<i>Caheer 450</i>	4,5	1,64	0,22	250

Tabla 3-1 Relación de embarcaciones y dimensiones.

Tras este estudio se ha decidido seleccionar el casco de la embarcación de vela ligera Snipe como casco optimo, ya que cumple con la mayor parte de los requisitos establecidos de una forma más adecuada que el resto de embarcaciones. Este velero tiene un casco esbelto, es decir, gran eslora con respecto a la manga, lo que proporciona grandes cualidades marineras y gran capacidad de navegar a altas velocidades sin la necesidad de propulsarse con sistemas de gran potencia gracias a la forma de su casco en cantos, como se puede observar en la Figura 3-2 donde se muestra la caja de secciones¹ del casco en cuestión.

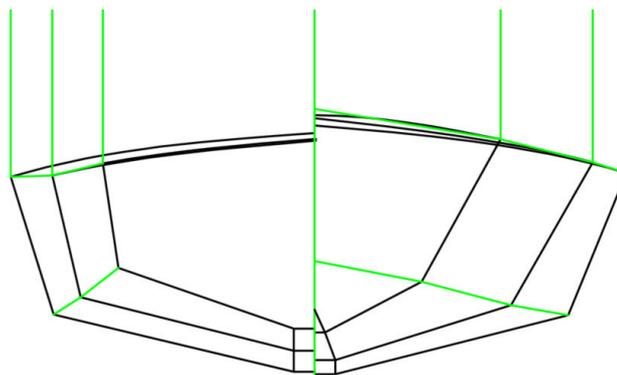


Figura 3-2 Caja de secciones del casco del velero clase Snipe. (Fuente: [13])

Además permite gran capacidad de carga ya que su calado en rosca (el buque flotando simplemente con el peso propio de la estructura) es de 0,17 cm y su calado máximo ronda en torno a los 30 cm, permitiendo entonces cargar un módulo con un peso máximo estimado de unos 600 kg sin que se vean afectadas sus cualidades marineras.

¹ La caja de secciones de un buque es un plano que muestra las líneas de intersección entre la superficie exterior del casco y los planos paralelos y equidistantes al transversal. Suelen marcar las líneas de contorno de las cuadernas.

3.1.1 Velero clase Snipe.

En este apartado se pretende presentar de forma breve la embarcación seleccionada para la adaptación del casco.

El velero de la clase Snipe consiste en una embarcación de vela ligera dotado de dos velas: el foque y la mayor. Es un velero pesado en comparación con otras embarcaciones de vela ligera, pero esto no es una desventaja ya que por el diseño de las formas del casco, este permite que con vientos suaves la navegación sea deportivamente táctica, mientras que con vientos duros se convierte en un barco notablemente rápido.



Figura 3-3 Velero clase Snipe durante una regata. (Fuente: [14])

La clase Snipe es una clase internacional de embarcaciones de vela diseñada por William F. Crosby en 1931. De dicha embarcación se pueden destacar las siguientes características:

- Es una clase de vela deportiva muy táctica, esto es debido a que no es veloz con vientos de poca intensidad por lo que en las regatas toma gran relevancia la táctica empleada. Además, esta faceta hace que dicha embarcación sea altamente usada para formación de dotaciones de competición en sus etapas juveniles.
- Es una embarcación que tiene un coste bastante más económico que las clases de prestaciones similares, además por la estricta política de la asociación que rige la clase de mantener las dimensiones invariables existe un amplio mercado, tanto de primera mano como de segunda.
- Como se ha comentado en el primer punto, debido a la sencillez de la navegación y el aprendizaje táctico que esta clase desarrolla, es ampliamente utilizada para navegantes noveles.
- Existe gran cantidad de regatas destinadas únicamente a esta clase en los países donde se encuentra más extendida (especialmente Argentina y España).
- Debido a la ligereza del casco y la capacidad de desmontar y volver a montar con facilidad piezas importantes como el mástil o la orza, se convierte en una clase de embarcación muy cómoda de transportar, con un sistema de transporte sencillo y barato.

3.2 Planteamiento del diseño de la plataforma.

En este apartado se va a proceder a resumir los criterios planteados a la hora de diseñar la plataforma no tripulada ya que estos serán detallados ampliamente en el capítulo 4 y 5.

Una vez estudiado cual será el casco que se va a adaptar para que la plataforma tenga buenas cualidades marinerías, se procederá al diseño de la estructuración interior de la embarcación, la cubierta principal y las estructuras que formaran la superestructura de la plataforma.

Par la fabricación de dicho diseño se va a utilizar materiales de contrachapado marino el cual se utilizará para hacer cada pieza de manera independiente. Estas piezas individuales se unirán mediante fijaciones mecánicas y se cubrirán por unas capas de fibra de vidrio con resina epoxi. Tras obtener un conjunto macizo se va a proceder a adjuntarlo al casco mediante la aplicación de uniones tanto mecánicas como de capas de fibra de vidrio. Una vez logrado todo el conjunto se procederá a extender una capa de pintura sobre el mismo.

3.2.1 Planteamiento del diseño del armazón.

Para dotar de mayor solidez tanto al casco como a la cubierta principal se ha decidido diseñar una estructura del armazón interior completamente nueva y retirar toda la estructura interior del velero clase Snipe el cual suministrará exclusivamente la superficie exterior del casco debido a los motivos expuestos en el apartado 3.1.

Este diseño toma vital importancia debido al nuevo cometido de la embarcación, se ha tenido que diseñar completamente ya que la anterior estructura estaba pensada para soportar únicamente los esfuerzos del palo o mástil y el peso del personal de la dotación. En cambio, el nuevo armazón de la plataforma está orientado a soportar grandes esfuerzos debido a la carga de pesos del módulo alojado y a transmitirlos por todo la estructura.

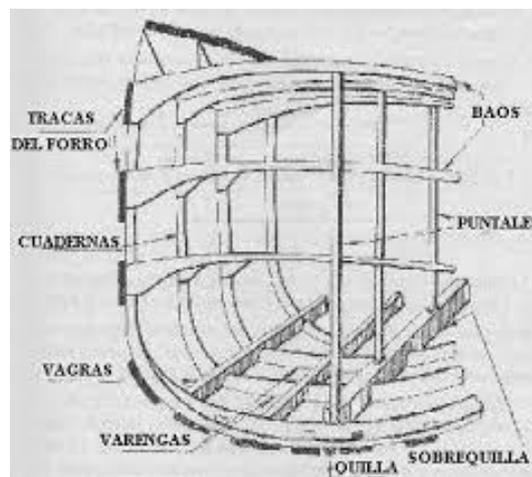


Figura 3-4 Ejemplo de estructura transversal de un buque. (Fuente: [15])

La estructura que compone el nuevo armazón de la plataforma está compuesta en el plano transversal, por 5 cuadernas junto al mamparo estanco del espejo y por la quilla y el foro del doble fondo que reparten los esfuerzos en el plano longitudinal.

3.2.2 Planteamiento del diseño del cubierta principal.

Para el diseño de la cubierta principal se ha tomado como aspecto principal la capacidad de integrar un módulo extraíble que tenga la facultad de portar diferentes equipamientos y sistemas. Para ello se ha propuesto un módulo común, con los parámetros llevados a sus valores máximos, para así poder calcular los requisitos que este exige a la plataforma.

El módulo ira montado dentro de una cámara realizada expresamente para albergarlo, este espacio será extraído de la cubierta principal e incluirá unos raíles o guías que formarán parte del diseño de los mamparos de la cámara.

Tras realizar un análisis de los requerimientos que el modulo impone para la cubierta principal, se ha decidido realizar el diseño del resto de la cubierta alrededor de dicha cámara. Llevado a cabo mediante el diseño de una tapa de regala recta desde los mamparos de cada banda de la cámara hasta el contorno del casco en sentido transversal y en la dirección longitudinal hasta la cuaderna que delimita el mamparo de proa de la cámara. Desde dicho mamparo hasta el final de la roda la cubierta seguirá la

forma heredada de la cubierta del velero Snipe pero se eliminaran huecos y elementos que para la nueva plataforma son innecesarios, dejando una superficie lisa.



Figura 3-5 Superficie de la cubierta de proa de un Snipe. (Fuente: [16])

3.2.3 Planteamiento del diseño de la superestructura.

Para cumplir ciertos requisitos la plataforma no se basta únicamente con el casco y la cubierta, para ello se ha procedido a diseñar unas estructuras tubulares de acero que solventan los problemas impuestos por requisitos como el arriado mediante el pescante de los buques de la Armada Española para el cual se necesita de una estructura que soporte un aro acorde a las medidas del gancho de zafado rápido de dicho pescante, o el requisito de elevar la altura de los sistemas radar y de telecomunicaciones a bordo de la plataforma, ya que la superficie de la cubierta se encuentra aproximadamente a medio metro por encima de la superficie del agua.

Por lo tanto se ha decidido proceder a diseñar dos estructuras individuales para cada cometido, ya que las características de cada una varían de forma.

Por un lado se ha desarrollado la estructura de para albergar la argolla de la maniobra de arriado e izado de la embarcación desde las unidades de la flota, esta exige un cierto valor de resistencia ante esfuerzos de tracción ya que será la que transmita la tensión del cable del pescante al armazón de la plataforma para que esta se eleve sin quebrarse.

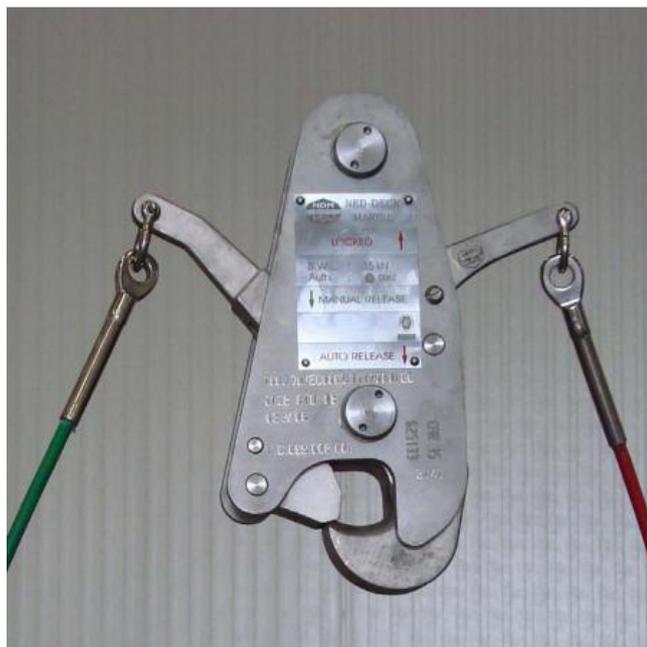


Figura 3-6 Gancho de zafado rápido de las unidades de la Flota. (Fuente:[17])

Por otro lado se ha diseñado una estructura compuesta por tubos de menor envergadura con una capacidad de resistencia a esfuerzos tanto de tracción como de compresión menor que la anterior pero esto no supone una desventaja, ya que el cometido de esta es albergar equipamiento pequeño y ligero como serían las antenas tanto radio como GPS o equipos mayores pero de poco peso como pueden ser cámaras o radares. En esta estructura se ha tenido en cuenta dotar de altura a la plataforma, para ello se ha diseñado con un formato esbelto.

3.3 Estudio del sistema de propulsión de la plataforma.

En este apartado se va a proceder a resumir los criterios planteados a la hora de realizar el estudio de la planta propulsora de la plataforma no tripulada ya que estos serán detallados ampliamente en el capítulo 6.

Para estudiar los requerimientos de propulsión que la plataforma necesitaría para lograr las velocidades deseadas, se ha realizado un estudio de la hidrodinámica del casco, ya que esta información no estaba disponible debido a que el casco seleccionado pertenece a un embarcación de vela ligera, lo que implica que su fuente de propulsión es la acción del viento en la superficie velica.



Figura 3-7 Velero Snipe navegando con vientos del través. (Fuente: [18])

Una vez fijada la idea principal del apartado, se va a proceder a comprobar qué requisitos fundamentales se han de estudiar para el diseño y dimensionamiento de la planta propulsora. Dichos requisitos se van a centralizar en los aspectos relacionados con las necesidades de las exigencias tácticas de la plataforma, la necesidad de que esta plataforma tenga un comportamiento fiable una vez desplegada y siguiendo la política de austeridad, anteriormente comentada, para la selección del sistema de propulsión de la plataforma óptimo. Estas necesidades se van a traducir en requisitos característicos que la plataforma ha de cumplir, como se detalla a continuación:

- Para satisfacer la faceta táctica del vehículo no tripulado, se han tomado como requerimientos básicos: el poder solicitar rangos de altas velocidades a la planta propulsora y la facultad de ser un sistema discreto tanto en ruido como en vibraciones, es decir, que no genere ruido para poder realizar misiones sin que este sea un factor negativo.
- Para cumplir con los requisitos de fiabilidad del sistema, se han fijado los siguientes parámetros: la capacidad de la planta propulsora de poder accionarse o detenerse de manera remota, es decir que haga un arrancado del motor y su posterior parada sin necesidad de tener que hacerlo “in situ”; la capacidades de poder ofrecer un rango de velocidades variables de forma remota; y, por último, la simplicidad del sistema, es decir, estudiar las opciones de planta propulsora con menor número de elementos móviles.
- Para el criterio de austeridad, se ha realizado un estudio de mercado, analizando los requerimientos de potencia que las formas del casco exigen para lograr los rangos de velocidades deseados con respecto a las opciones más económicas.

Tras analizar los diferentes puntos, mediante un estudio detallado en el capítulo 6 donde se desarrolla, se ha decidido que la opción que cumple de forma óptima todos los requisitos es la solución de implementar un sistema de propulsión eléctrica de carácter fuera borda, alimentado mediante un bloque de baterías apropiado para la duración de cada misión, que pueda ser gobernado y controlado de forma remota.

3.4 Estudio del sistema de control de la plataforma.

En este apartado se va a proceder a resumir los criterios planteados a la hora de realizar la arquitectura del sistema electrónico destinado al control y el gobierno de la plataforma no tripulada ya que estos serán detallados ampliamente en el capítulo 7.

Para estudiar el sistema de control de forma remota o autónoma de la plataforma no tripulada del proyecto se va a proceder a analizar los requerimientos que esta característica demanda de la misma. Se han fijado una serie de factores vitales que este sistema tiene que cumplir para la correcta implementación de la cualidad principal de la plataforma: el poder ser gobernada de forma remota sin la necesidad de embarcar personal de dotación a bordo de la embarcación.

Estos factores se pueden resumir en las siguientes ideas: ser un sistema de gobierno remoto sencillo y testado, que dote de fiabilidad al conjunto; capaz de ser integrado al sistema de la planta propulsora de la plataforma; y capaz de poder ofrecer una navegación tanto controlada remotamente como autónoma.

Para diseñar una arquitectura que cumpla con los factores de los requisitos, expuestos en el párrafo anterior, se ha realizado un estudio en el mercado de los diferentes sistemas de auto-pilotaje existentes. Este análisis ha dado como resultado la selección de un sistema de desarrollo abierto muy testado por diferentes grupos de investigación del entorno universitario, y por empresas y profesionales que basan sus soluciones en este tipo de sistemas.

Como resultado del estudio de requerimientos del sistema de control de la plataforma no tripulada, se ha elegido una arquitectura basada en un autopiloto y capaz de ser integrado en la plataforma para el control y gobierno de la planta propulsora. Esta solución dota al vehículo de su principal característica: su gobierno de forma remota mediante sistemas de radiocomunicaciones.

PÁGINA DEJADA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

4 DISEÑO DEL CASCO Y LA CUBIERTA DE LA PLATAFORMA

En este capítulo se va a proceder a la explicación del proceso de diseño de la plataforma no tripulada de superficie. Este tiene como objetivo principal describir cómo se ha desarrollado el diseño de la embarcación, los aspectos que se han tenido en cuenta para dicho diseño y las diferentes restricciones que se han tenido que tener en cuenta.

Para dicha explicación el apartado se va a estructurar siguiendo un orden cronológico del proceso de diseño, primeramente, se explicará cómo se ha levantado el casco comercial de la embarcación de vela ligera Snipe en el software de diseño, a continuación se procederá al desglose de la fase de diseño de la estructura interna de la embarcación, generando el armazón de la plataforma.

Una vez diseñados y levantados tanto el casco de la embarcación como la estructura del armazón mediante modelado 3D en un software informático destinado al diseño, se va a proceder al diseño de la cubierta principal que será la que soporte tanto el compartimento para el módulo extraíble que se instalará a bordo como las diferentes estructuras que formaran la superestructura de la plataforma. Debido a los diferentes análisis y estudios realizados sobre dichas estructuras, a estas se le va a dedicar un capítulo para su mejor entendimiento.

Previamente a comenzar el desarrollo de las diferentes fases de diseño se va a proceder a realizar una breve introducción del software de diseño utilizado para el proyecto.

4.1 Siemens NX.

El software que se ha empleado para el desarrollo de toda la fase de diseño del proyecto ha sido Siemens NX, este software es un conjunto de paquetes de software de ayuda computacional para el diseño (CAD por sus siglas en inglés), de asistencia a la fabricación mediante computación (CAM por sus siglas en inglés) y de módulos de ingeniería asistida por computación (CAE por sus siglas en inglés). Estos módulos permiten el diseño, análisis y fabricación de productos diseñados de forma digital, es decir, sin necesidad de realizar prototipos para llegar a un resultado óptimo final.

4.1.1 Aplicación del software en el proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se ha empleado, como pilar central a la hora del diseño, el módulo de CAD del software, generando en él diferentes modelos que han servido como “boceto 3D”, parte fundamental para el progreso del diseño gracias al estudio y análisis de los diferentes modelos llegando, finalmente, a la solución deseada.

Además, aunque en este capítulo no se vaya a desarrollar su explicación, se ha utilizado el módulo de análisis de elementos finitos de la parte de CAE del software para el estudio de viabilidad de las

diferentes estructuras generando este módulo una serie de resultados que tras su análisis han servido para generar la versión definitiva modificando convenientemente el modelo inicial, en una o más etapas para cada estructura, ya que gracias a esta herramienta se han solventado los problemas iniciales sin necesidad del montaje experimental de las estructuras.

Tras haber realizado una breve introducción del software de diseño y su aplicación en el proyecto se va a proceder a explicar las diferentes fases del diseño de la plataforma.

4.2 Modelado del casco.

La primera fase de diseño tratará sobre realizar el levantamiento de un modelo 3D del casco del velero de vela ligera Snipe mediante el uso del software CAD, para así poder realizar el diseño de la plataforma sobre el casco seleccionado.

Como punto de partida se ha realizado una investigación acerca de la información de dicho velero, tras consultar varias fuentes como: la comisión naval de regatas de la Escuela Naval Militar, que ha colaborado en gran medida debido a la gran experiencia sobre la navegación de dicho velero; clubs de vela ligera como Combarro o Agüete; y empresas dedicadas a este sector, se ha conseguido recolectar la información indispensable para esta fase: los planos de la embarcación de vela ligera Snipe.

Dicha información viene reflejada en la publicación de la organización que rige la competición, a nivel internacional, de las regatas de la clase Snipe. Esta organización, denominada SCIRA (Snipe Class International Racing Association), fue fundada en 1932. Tras la gran acogida que tuvo la embarcación diseñada por William F. Crosby en 1931 SCIRA ha desarrollado una serie de reglamentos y publicaciones para el control exhaustivo del trimado de las embarcaciones de esta clase por lo que sus publicaciones son una fuente de datos muy detallados, de las cuales se ha recogido la información fundamental para el proyecto. Los planos extraídos de dicho reglamento serán presentados de forma gráfica en el Anexo IX: Planos reglamento SCIRA.

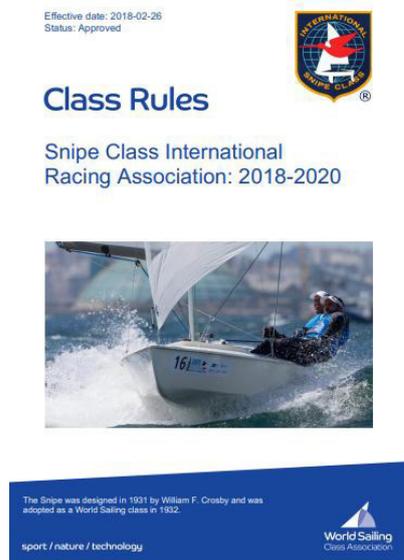


Figura 4-1 Portada del reglamento de SCIRA de 2018 a 2020. (Fuente:[19])

Tras haber recolectado la información necesaria se ha procedido a sus análisis y estudio para la realización de las formas del casco. Con dicha información se han generado en el software CAD los contornos principales del casco: la línea de crujía y las diferentes líneas de las cuadernas de la embarcación como se muestra en la Figura 4-2.

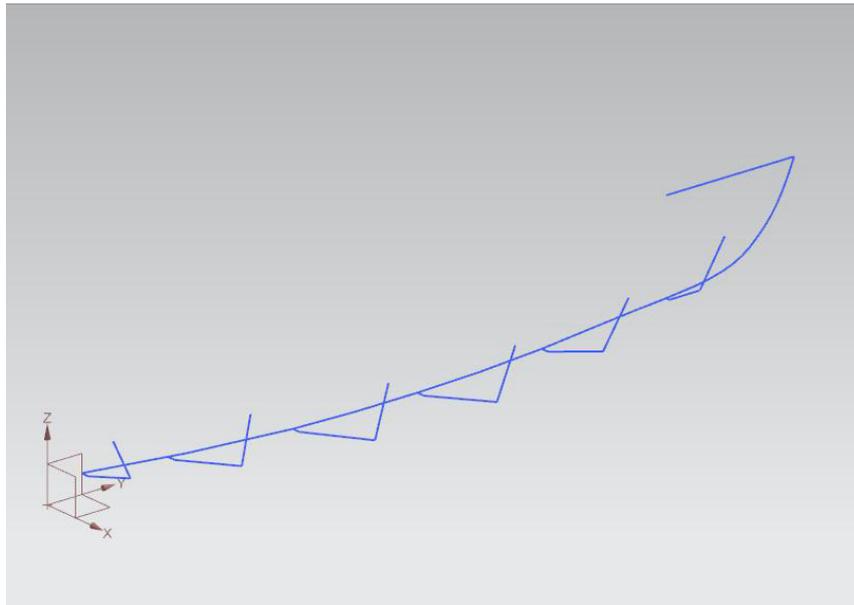


Figura 4-2 Modelado de los principales contornos del casco en Siemens NX.

A partir de los contornos de formas de la superficie del casco se han focalizado los esfuerzos en generar una superficie que refleje de forma fidedigna la configuración del diseño de casco en cantos del velero Snipe original, ya que esta configuración de diseño ha sido un punto clave a la hora de la selección de dicho casco como casco de la plataforma. En la Figura 4-3 se muestra la superficie generada mediante el comando *Superficie de estudio* del software, dicho comando ha sido el único, tras probar otras herramientas similares del software CAD que si bien se indican para este uso se revelaron menos adecuadas a nuestras necesidades (como *Barrido*, *Curvas de paso* o *Transición* entre otros), capaz de generar al configuración deseada del casco.

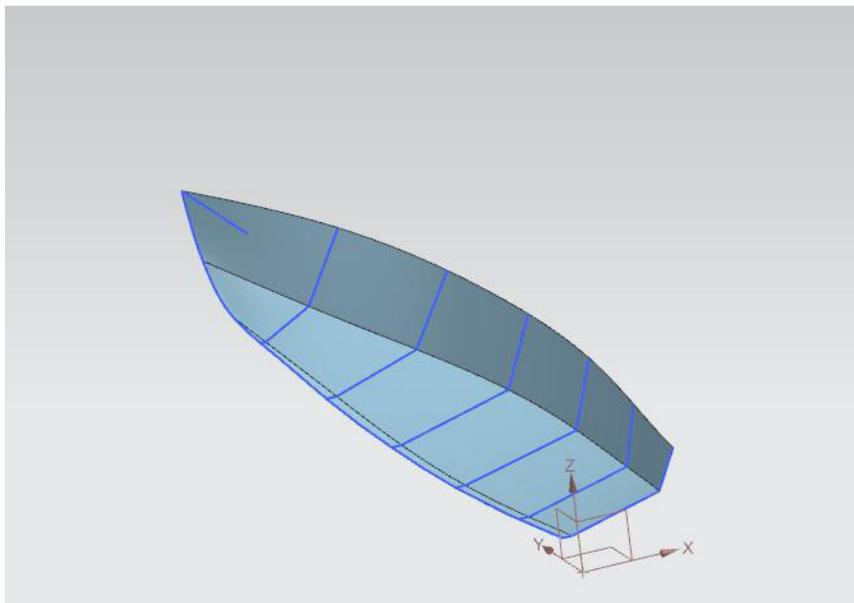


Figura 4-3 Superficie del casco del velero Snipe.

El motivo por el que hasta ahora solo se ha dedicado a desarrollar las formas del casco de una banda es para conseguir generar una superficie más exacta y similar a la real del casco de la embarcación modelo, ya que el siguiente paso del diseño del casco será efectuar una simetría (mediante el uso del comando *Figura de simetría*) de dicha superficie, mostrada en la Figura 4-4, queda así generada la superficie total del casco del velero Snipe.

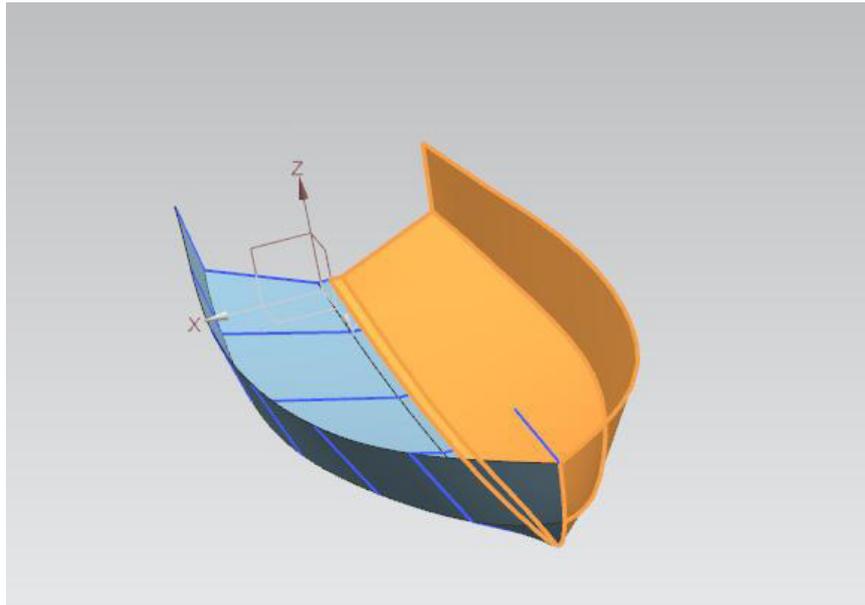


Figura 4-4 Generación del casco mediante simetría.

Para continuar con el desarrollo del diseño del casco se ha procedido a engrosar la superficie generada del casco para así dotarle de las características de un cuerpo sólido, este proceso se ha realizado mediante el comando *Engrosar*. Se ha establecido como grosor del casco, dado a que no se especifica el grosor en la publicación de reglamentos de la clase SCIRA para cascos construidos con fibra de vidrio, en 4 mm, estimando el espesor de los cascos a los que hemos tenido acceso, si bien para el fin que se empleará este modelo virtual no tiene una gran relevancia.

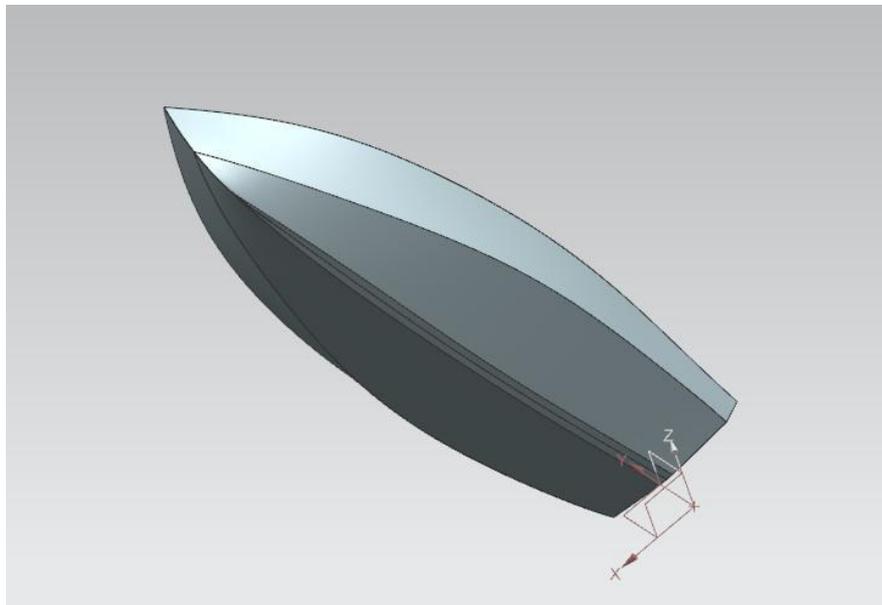


Figura 4-5 Vista inferior del cuerpo del casco.

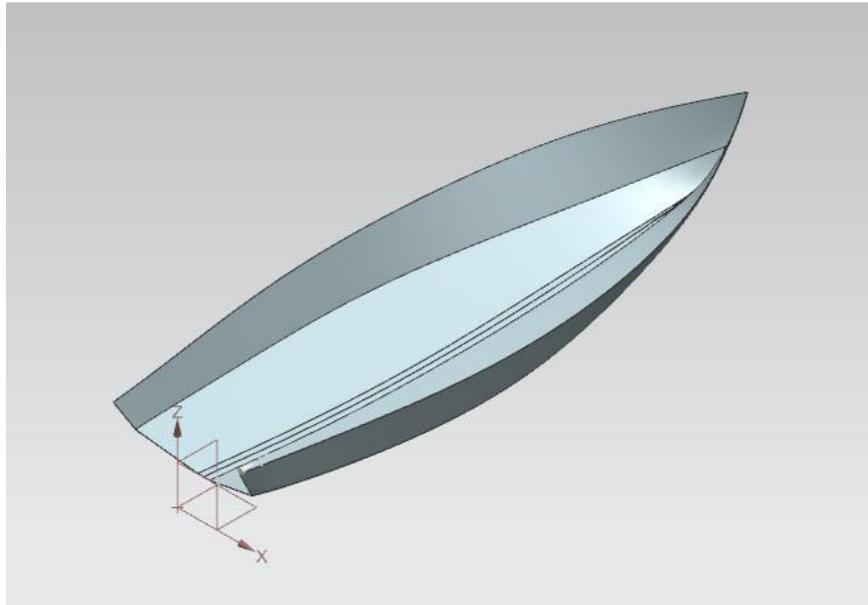


Figura 4-6 Vista superior del cuerpo del casco.

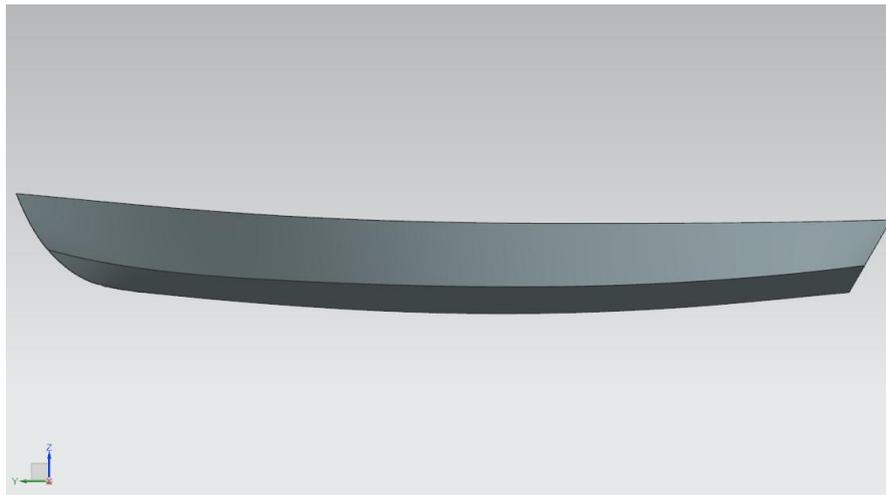


Figura 4-7 Vista lateral del cuerpo del casco.

En la Figura 4-5 y la Figura 4-6 se puede observar el resultado del proceso de generación del modelo en tres dimensiones del casco a partir de la información recolectada de los planos.

Tras haber generado el cuerpo sólido del casco mediante el uso del módulo CAD del software de diseño se va a proceder a realizar el diseño de la estructura interior de la plataforma, el armazón, y de la cubierta principal que soportará el alojamiento de los elementos de la plataforma.

4.3 Diseño del armazón de la plataforma.

En este apartado se va a proceder a explicar el desarrollo de la fase de diseño de la estructura interna de la plataforma. Debido al cambio de enfoque del empleo de la embarcación utilizada como referencia para la integración del casco, ha sido necesario diseñar una estructura, partiendo desde el diseño de las cuadernas originales, para dotar a la plataforma de mayor solidez y resistencia.

Todo este diseño ha sido generado en el módulo de diseño CAD del software utilizado debido a las facilidades comentadas anteriormente. Para su construcción, se puede generar, mediante el módulo CAM del software, un código CNC (Control Numérico Computerizado) para posterior mecanizado de las diferentes piezas en una máquina de corte automática. Pero ante las dimensiones de las piezas, los materiales que se desean emplear y la necesidad irrevocable de realizar el ensamblado de las diferentes partes de la plataforma mediante mano de obra en un taller de carpintería, se ha decidido generar dichas piezas de forma manual mediante el seguimiento de las instrucciones de los planos generados a partir de los modelos diseñados.

Para la fabricación de las diferentes piezas del armazón que compone la estructura interna de la plataforma, se va a emplear contrachapado marino como material principal en diferentes espesores según las necesidades, tal y como se refleja en los planos del Anexo II: Planos. El plywood, o madera terciada se define como una tabla hecha de varias capas finas de madera pegadas de modo que sus fibras queden entrecruzadas. Tras la generación de las distintas formas de los cuerpos diseñados para el armazón de la plataforma se procederá a ensamblarlas, dejando un conjunto unido, tal y como se muestra en la Figura 4-8.

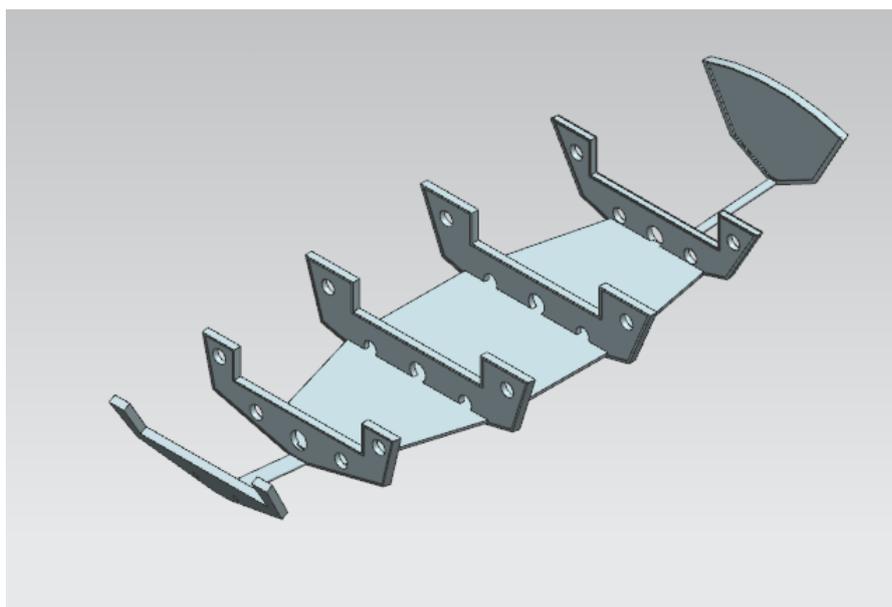


Figura 4-8 Armazón completo de la plataforma.

A continuación se va a explicar el proceso de diseño del armazón, comenzando con las diferentes cuadernas, de proa a popa, que lo componen para finalizar con los elementos que conforman la unión completa de la estructura: la quilla y la cubierta interior.

4.3.1 Cuaderna número 1.

La cuaderna número 1 es la primera cuaderna de proa de la plataforma, esta será diseñada con doble finalidad, como elemento estructural de la plataforma y, además, ejercerá la función de ser el mamparo estanco de colisión. Este mamparo es el primer mamparo transversal del buque y junto con el forro del casco confina el compartimento denominado como pique de proa, al ser el primer mamparo transversal, será reforzado y diseñado estancamente para hacerlo más resistente en casos de abordajes

Para su diseño se ha empleado el contorno de la cuaderna del Snipe que detalla el reglamento SCIRA, generando a partir de estos contornos la forma de la cuaderna de la plataforma.

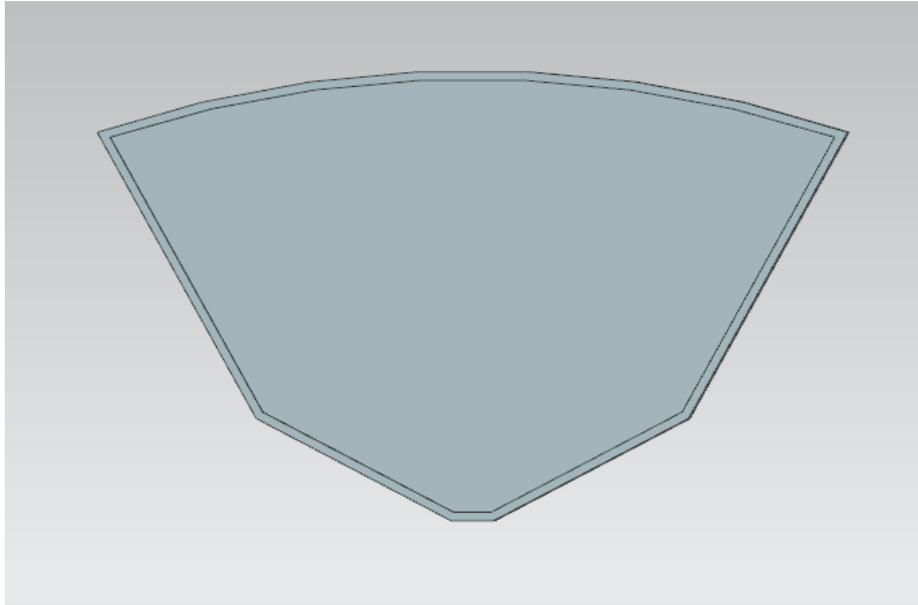


Figura 4-9 Cuaderna número 1.

Como se muestra en la Figura 4-9 la cuaderna número 1 es completamente estanca y ajustable a la superficie interna del casco ya que son los mismos contornos.

4.3.2 Cuaderna número 2.

Para el diseño de la cuaderna número 2 se han realizado cambios sobre el contorno del modelo original, conservando esta el contorno inferior para su completo ajuste a la superficie interior del casco, pero modificando el contorno superior. Dicha modificación se ha realizado debido a que las cuadernas deben de ajustarse al compartimento del módulo extraíble.

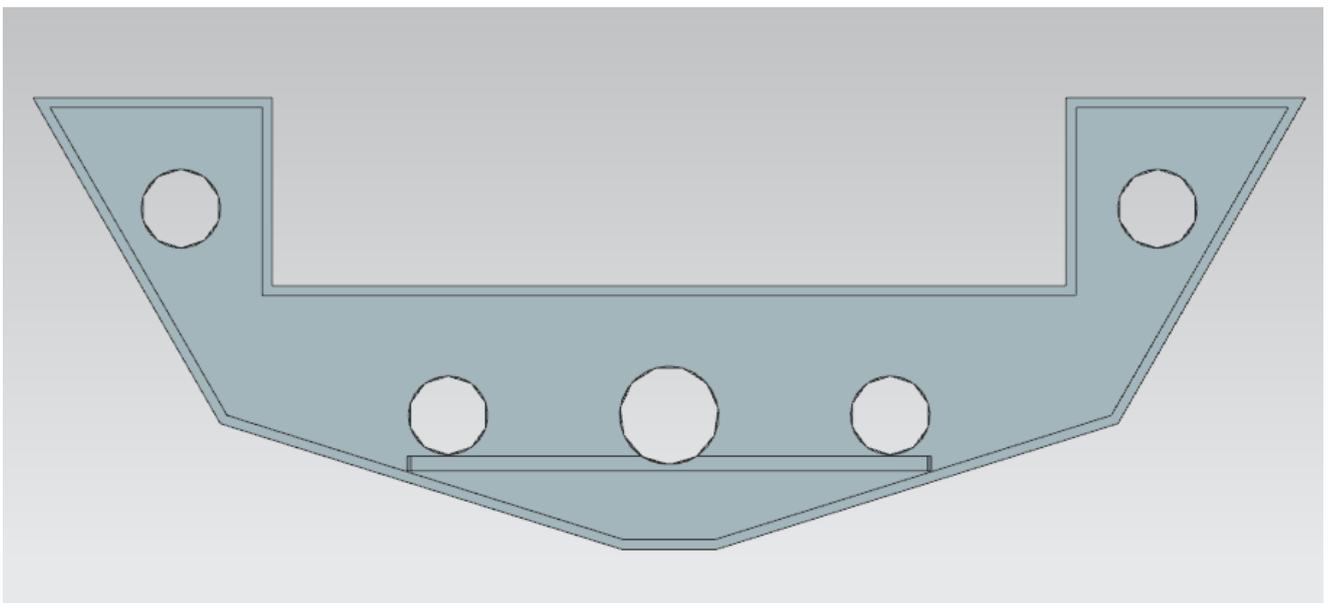


Figura 4-10 Cuaderna número 2.

Como se muestra en la Figura 4-10 la cuaderna 2 está diseñada para albergar sobre ella un compartimento de 80 cm de ancho donde se alojarán los diferentes módulos.

Además se puede observar como la cuaderna dispone de huecos de sección circular realizados con el objeto de comunicar los diferentes compartimentos separados por ella. También se puede observar que se le ha practicado una pequeña ranura para el alojamiento de la cubierta interior, que acabará en es cuaderna pero unirá el resto del conjunto.

4.3.3 Cuaderna número 3.

La cuaderna número 3 es la cuaderna maestra de la plataforma, esto significa que es la cuaderna que tiene la mayor manga del conjunto de cuadernas, por lo que será la cuaderna con las mayores dimensiones. Al igual que la cuaderna número 2 estará diseñada teniendo en cuenta dos requisitos, que por la parte inferior siga el contorno de la superficie interna del casco y por la parte superior contemple una cámara a crujía de 40 cm a banda y banda.

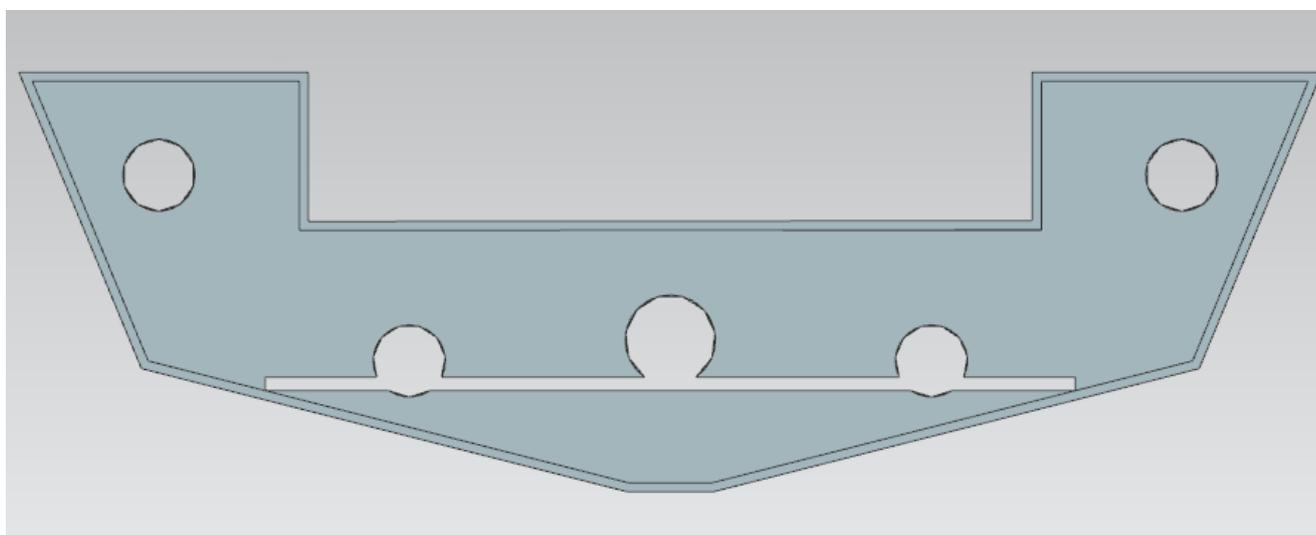


Figura 4-11 Cuaderna maestra, cuaderna número 3.

En la Figura 4-11 se muestra el diseño de la cuaderna maestra, en él se puede observar cómo se han desarrollado los requisitos comentados en el párrafo anterior. Además, se pueden encontrar los diferentes espacios redondos para facilitar la comunicación entre compartimentos, se ha de añadir que el espacio circular situado a crujía de la cuaderna está diseñado en todas las cuadernas con las mismas dimensiones y la misma altura para facilitar el diverso cableado propio de las instalaciones eléctricas de la plataforma.

En la cuaderna maestra se ha de realizar un corte completo para permitir el paso de la cubierta inferior que será corrida desde la cuaderna número 5 en popa hasta la cuaderna número 2 en proa, como se puede observar en la figura anteriormente citada.

4.3.4 Cuaderna número 4.

Esta cuaderna es ligeramente menor en dimensiones a la cuaderna maestra pero manteniendo unas proporciones bastante similares a la anterior. Entre dichas cuadernas se encuentra la posición longitudinal del centro de gravedad de la plataforma, debido a esto, como se explicará en los requisitos del diseño del módulo extraíble, estas soportarán de forma directa el peso de los diferentes equipos que el módulo albergue.

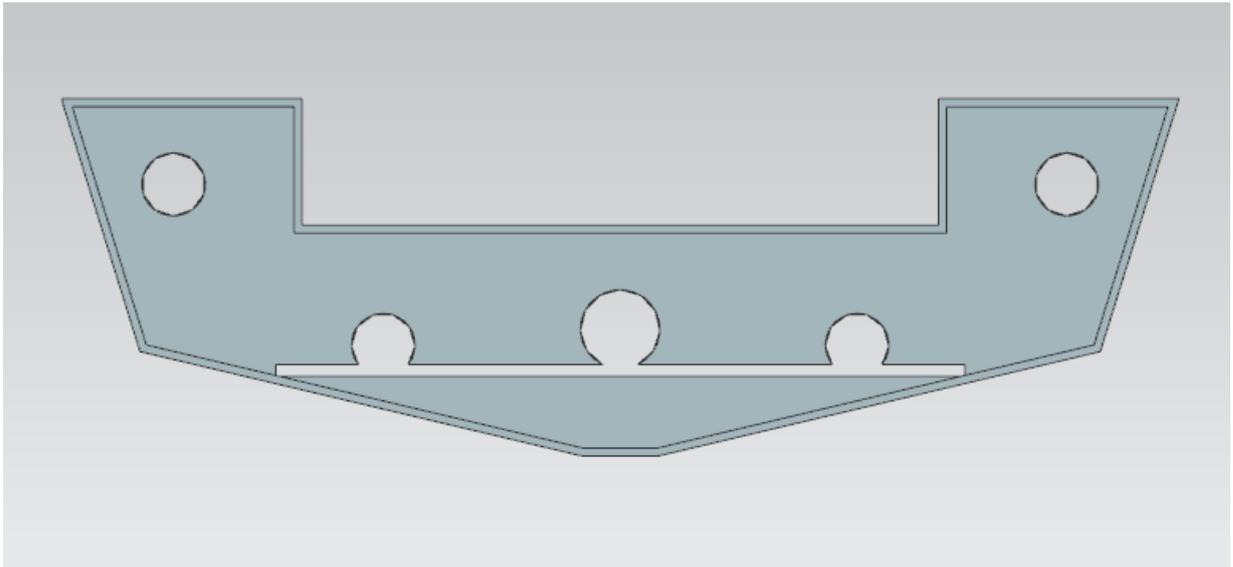


Figura 4-12 Cuaderna número 4.

Como se observa en la Figura 4-12 el diseño llevado a cabo para dicha cuaderna sigue los mismos criterios de diseño que las anteriores, exceptuando el mamparo de colisión, mismo contorno que el casco en la parte inferior y el espacio destinado a albergar el compartimento del módulo. Además, al igual que en la cuaderna 3, se ha de realizar una ranura para el paso de la cubierta interior a través de ella.

4.3.5 Cuaderna número 5.

La cuaderna número 5 es la última cuaderna unida por la cubierta interior, sus dimensiones son menores que las dos cuadernas anteriores de proa ya que pertenece a la parte de popa de la plataforma, donde esta experimenta un decremento en la dimensión de la manga.

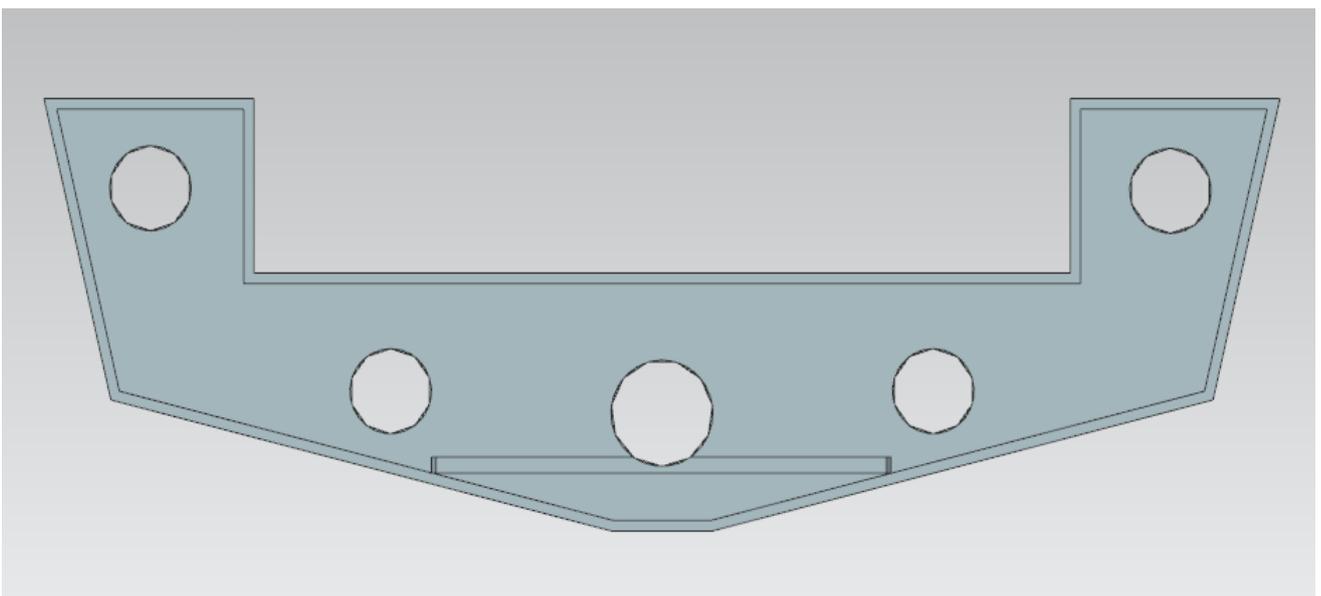


Figura 4-13 Cuaderna número 5.

En la Figura 4-13 se puede observar una vista de la cara de proa de la cuaderna, este cambio de la dinámica en la representación de las cuadernas hasta ahora seguida se debe al interés de mostrar la ranura donde finaliza la cubierta interior en popa. El resto de consideraciones en el diseño permanecen constantes conforme a las cuadernas anteriores.

4.3.6 Cuaderna número 6.

Esta cuaderna es la última cuaderna de la plataforma situada en popa, esta, del mismo modo que la cuaderna número 1, realiza dos funciones en la estructura de la plataforma. Por un lado, desempeña el cometido común del resto de cuadernas pertenecientes al armazón, pero por otro lado es una cuaderna estanca, excepto por los espacios de las chumaceras de los ejes de los motores, encargada de cerrar el conjunto casco-armazón, esta se denomina como espejo de la embarcación.

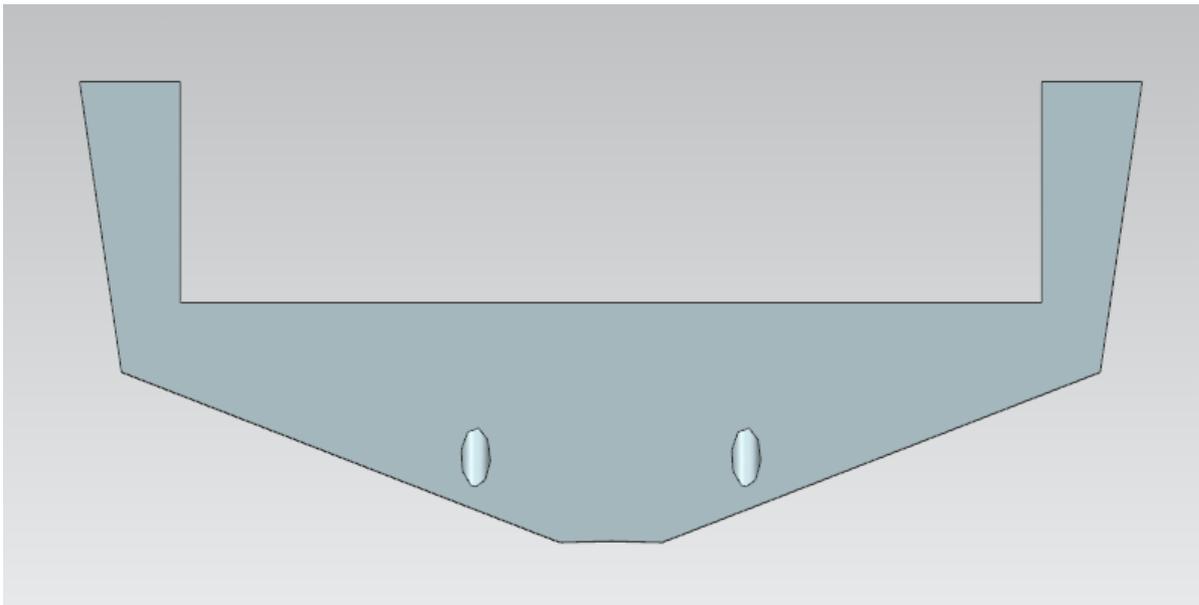


Figura 4-14 Espejo, cuaderna número 6.

En la Figura 4-14 se puede observar varios aspectos del diseño de la pieza, por un lado los requisitos comunes al resto de cuadernas, que determinan los contornos de la pieza, pero por otro lado se puede observar los espacios de las chumaceras de los ejes de los motores de la plataforma, que aunque estos no giren deben de ser tratados con las mismas consideraciones que al resto para preservar la estanqueidad del conjunto.

4.3.7 Cubierta inferior.

La cubierta inferior es el primer elemento longitudinal del armazón y ha sido diseñada, al igual que algunas cuadernas con doble propósito, como primer criterio por el cual se ha decidido introducir este elemento en el armazón de la plataforma, ha sido la capacidad que ofrece esta cubierta para la transmisión de esfuerzos por toda la estructura, esta unifica 4 de las 6 cuadernas de la plataforma, repartiendo entre ellas el peso central de la plataforma y del módulo con la carga de pago.

Además esta pieza, esta ideada para soportar todos los equipamientos vitales que necesita la plataforma para su navegación sin añadirle los propios equipos o fuentes de alimentación de las cargas de pago que el módulo contemplaría.

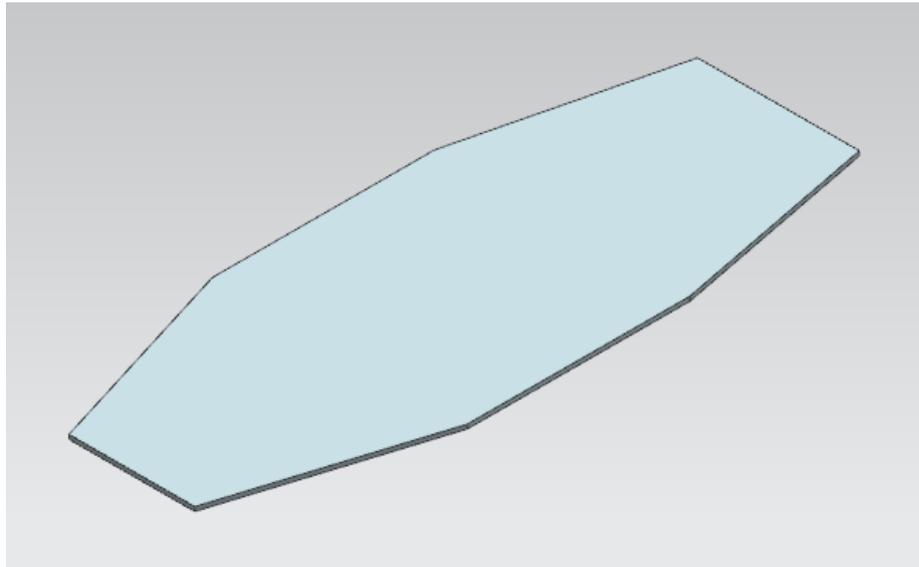


Figura 4-15 Vista isométrica de la cubierta inferior.

Como se puede observar en la Figura 4-15, la cubierta inferior está diseñada de forma corrida, es decir que es una sola pieza maciza donde se encajarían las diferentes cuadernas, en las posiciones definidas en el diseño, mediante la guía que estas tienen diseñadas.

4.3.8 Quilla.

El segundo elemento estructural en el plano longitudinal del armazón de la plataforma es la quilla, que ha sido diseñada siguiendo, tanto el modelo de quilla original como la superficie interior del casco en donde esta sería endosada.

Esta es el elemento más importante de la estructura del armazón de la plataforma ya que es la “espina dorsal” de la embarcación. Recorre todas las cuadernas desde popa a proa, repartiendo los esfuerzos de la estructura en el plano longitudinal. En la Figura 4-16 se muestra el cambio de sección que tiene la quilla en proa esto es debido a la adaptación del criterio de la quilla original y a que la superficie del casco se estrecha hacia proa, no permitiendo continuar con la sección anterior de la quilla.

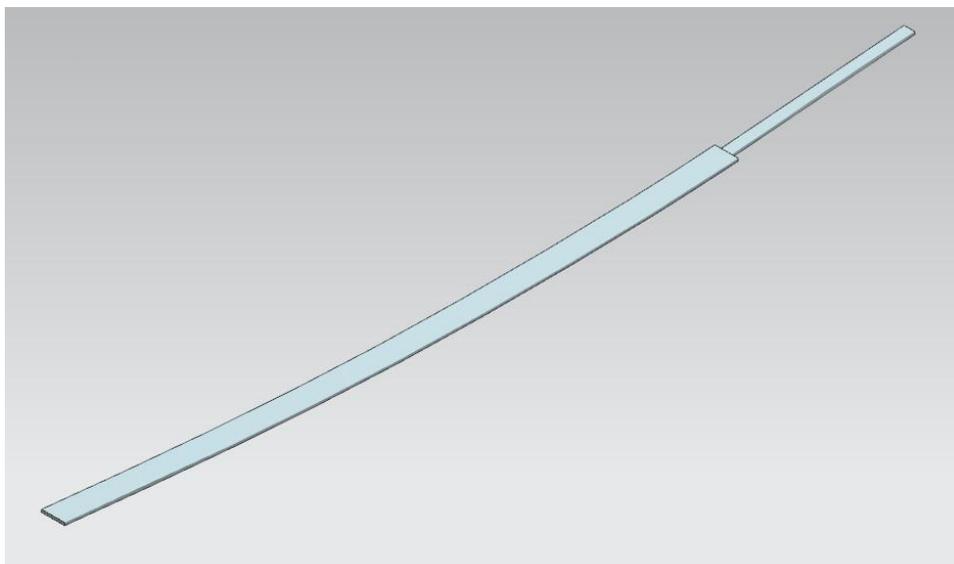


Figura 4-16 Vista isométrica de la quilla.

4.4 Diseño de la cubierta principal de la plataforma.

En este apartado se va explicar el proceso de diseño de la cubierta exterior de la plataforma no tripulada, esta será compuesta por dos partes que se pueden diferenciar claramente, en la parte de proa la plataforma mantendrá la misma superficie que el velero original, a esta parte de la cubierta se le harán los cambios pertinentes para que finalice a la altura de la segunda cuaderna, donde comienza la parte de popa de la cubierta.

La segunda parte de la cubierta, será la que albergue el compartimento del módulo extraíble y esta se diseñará en torno a este compartimento. Dicha parte de popa de la cubierta estará compuesta por las tapas de regala² de ambas bandas, los mamparos del compartimento del módulo, la cubierta de dicho compartimento y el mamparo de proa del compartimento que se diseñará para ajustarse con la cubierta ya existente de proa.

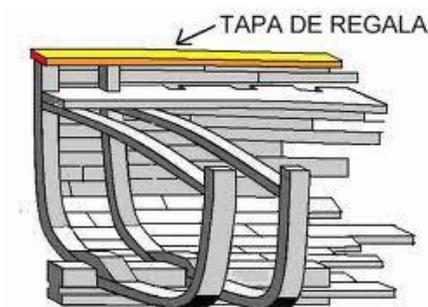


Figura 4-17 Explicación grafica de la tapa de regala. (Fuente: [20])

El conjunto completo de los elementos nombrados en el párrafo anterior han sido diseñados mediante el software de diseño explicado en el apartado 4.1, para su fabricación se va a proceder del mismo modo que con el armazón de la estructura interna de la plataforma, se van a generar dichas piezas mediante el tratado de la plancha de madera de contrachapado marino en un taller de carpintería.

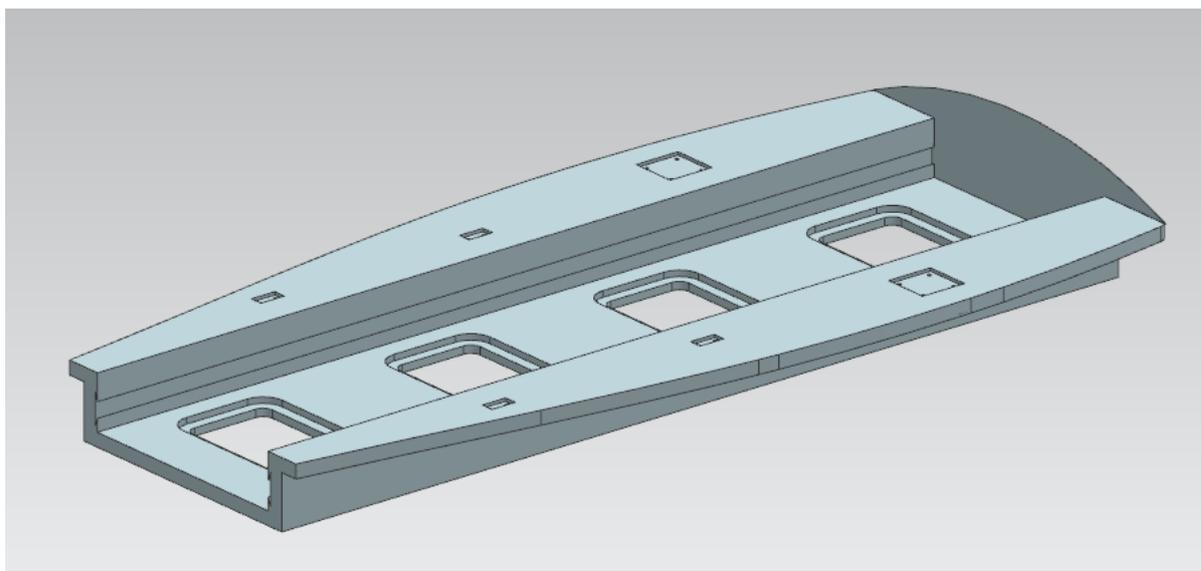


Figura 4-18 Conjunto elementos cubierta principal.

² La regala es la parte superior de la borda de un buque. La tapa de regala es el embellecedor que se coloca encima de la regala. Explicación grafica en la Figura 4-17

A continuación, se va a desarrollar el proceso de diseño de las piezas que componen la cubierta principal, comenzando a explicar los elementos situados en la parte de abajo en contacto directo con el armazón, como la cubierta del compartimento, construyendo la cubierta hacia arriba mediante los diferentes mamparos del compartimento y finalizando con la explicación de las tapas de regala que realizan la función de cubierta para soportar los elementos de la superestructura de la plataforma.

4.4.1 Cubierta del compartimento del módulo extraíble.

Para el diseño de esta cubierta se ha tenido en cuenta el requisito de hacer estancos los compartimentos situados entre cuadernas pero también, en contra posición, el acceso a los equipos y fuentes de alimentación situados sobre la cuaderna inferior.

Este doble propósito que la cubierta ha de cumplir ha sido logrado con el diseño de unas lumbreras en la cubierta del compartimento que se harán estancos mediante la implementación de escotillas de las mismas dimensiones (dimensiones en el Anexo II: Planos y en el Anexo V: Planos Escotilla). En la Figura 4-19 se muestra una vista isométrica de la cubierta, en ella se pueden observar las diferentes lumbreras diseñadas para su posterior tapado con las escotillas estancas. Es importante reseñar, que dichas escotillas quedarán por debajo de la superficie de la cubierta, es decir, no serán un impedimento para deslizar el módulo sobre la cubierta.

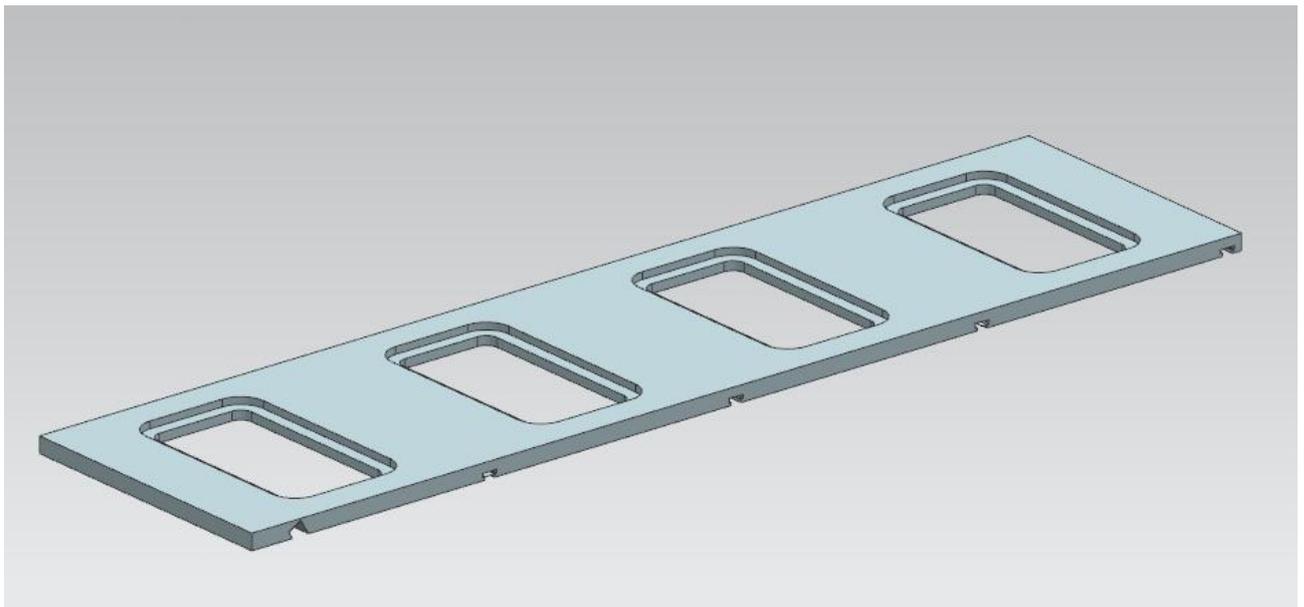


Figura 4-19 Cubierta del compartimento de módulo extraíble.

Además la cubierta está diseñada de tal forma que se acople en las cuadernas generando así un cuerpo solidario sin la necesidad de elementos de fijación, aunque estos serán utilizados de igual manera para dotar de más fiabilidad a la plataforma.

4.4.2 Mamparos de Babor y Estribor del compartimento del módulo extraíble.

En este apartado se ha decidido juntar ambos mamparos debido a que estos son perfectamente simétricos el uno del otro, las indicaciones acerca del proceso de diseño se van a realizar sobre un determinado mamparo, pero se ha de tener en cuenta que el mamparo que no se nombre tiene el mismo proceso excepto por los cambios que haya que realizar, propios de la simetría.

Estos mamparos son los que soportan las cargas laterales que el módulo y sus equipamientos realizan sobre la embarcación al balancearse con el movimiento de la superficie del mar, y transmitirán los esfuerzos al armazón de la plataforma de forma directa mediante las cuadernas.

Los requisitos que estas piezas deben de cumplir con respecto al diseño de la plataforma no tripulada, serán vinculados con respecto a la guía que han de tener para la correcta estiba del módulo a bordo de la embarcación y con el mismo criterio seguido con la cubierta del compartimento de estar acopladas directamente a las cuadernas.

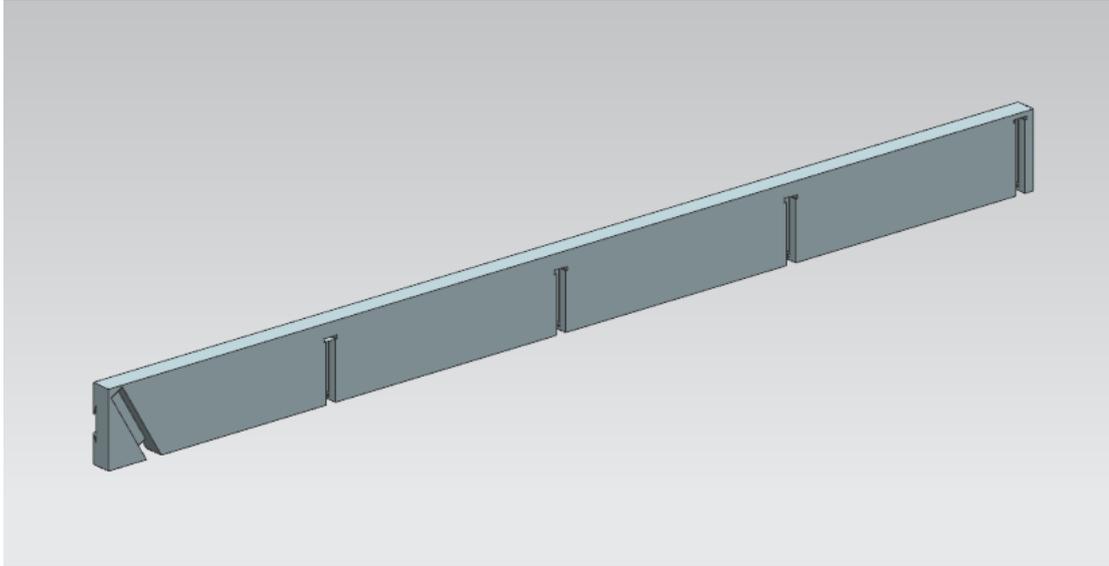


Figura 4-20 Vista posterior del mamparo de Er.

Por ello el diseño de estas piezas está centrado en torno a la guía del raíl del módulo extraíble y a la posibilidad de introducir una parte de la cuaderna dentro de ellas. Tal y como se muestra en la Figura 4-20 donde se pueden observar ambos criterios plasmados en la pieza. Por un lado se muestran las diferentes siluetas de las cuadernas para su posterior incrustación y aunque no tan claramente, la guía del raíl de estribor del módulo.

Para generar una mejor idea de la configuración de la guía realizada en el mamparo, se muestra la Figura 4-21 en donde se puede observar el mamparo de babor con los diferentes surcos para las cuadernas y la guía realizada en todo el largo del mamparo.

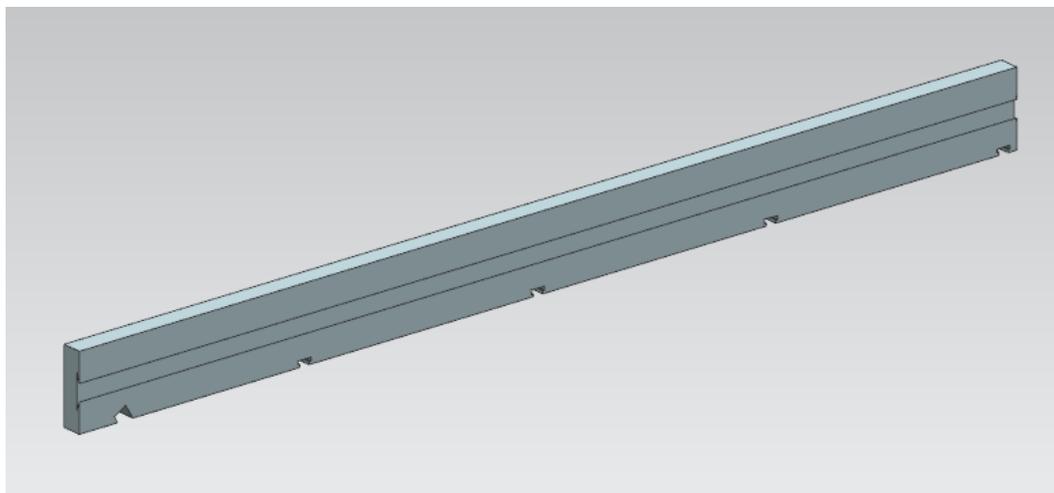


Figura 4-21 Vista delantera del mamparo de Br.

4.4.3 Mamparo de proa del compartimento de módulo extraíble.

Para cerrar el compartimento que alberga los diferentes módulos se ha diseñado un mamparo que seguirá por la parte de arriba de la pieza el contorno de la superficie que reside del modelo del velero original, mientras que por la parte inferior, el contorno de la pieza será el idéntico a los diferentes contornos finales con los que la pieza interseca.

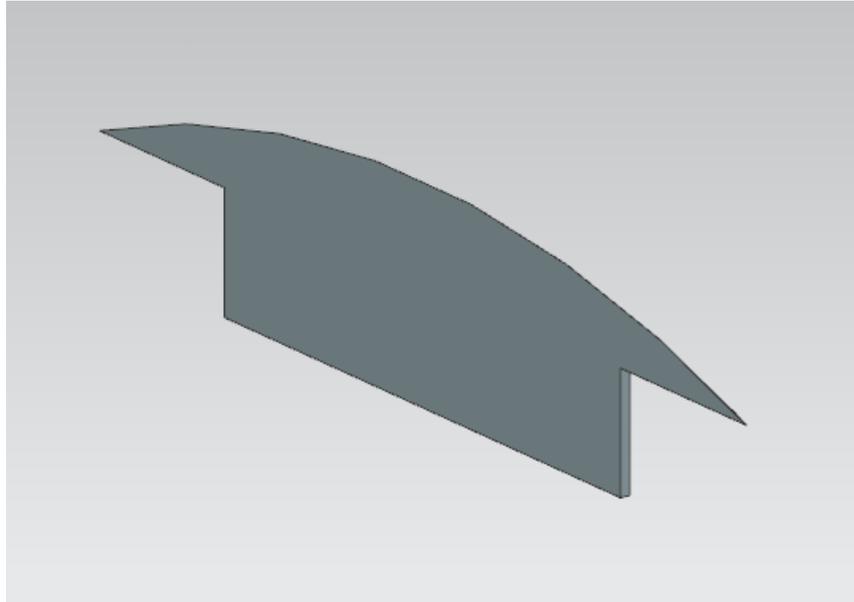


Figura 4-22 Mamparo de proa del compartimento del módulo extraíble.

El proceso de diseño de esta pieza no sigue ningún otro requisito que el de seguir los diferentes contornos de las piezas que le rodean. El punto reseñable en esta pieza es que en el borde superior se ha de realizar un chaflán durante todo su contorno para el correcto sellado con la cubierta curva de proa. En la Figura 4-22 se puede observar las formas simples de los contornos de la pieza, excepto en el contorno superior en el cual tiene diseñado el chaflán anteriormente comentado.

4.4.4 Tapas de regala de babor y estribor de la cubierta principal.

Al igual que con el apartado de los mamparos del compartimento del módulo, en este se ha decidido juntar las dos piezas que componen las tapas de regala de cada banda, debido a que estas son perfectamente simétricas y la única consideración a la hora del diseño de ellas es aplicar dicha simetría.

En el proceso de diseño de estas piezas se han tenido en cuenta varios aspectos, algunos comunes con el resto de piezas como es el acople de las cuadernas en el interior de esta, mediante surcos realizados en la parte inferior de la tapa de regala con la silueta de las cuadernas, y otros específicos de esta piezas y del cometido como cubierta que estas van a desempeñar.

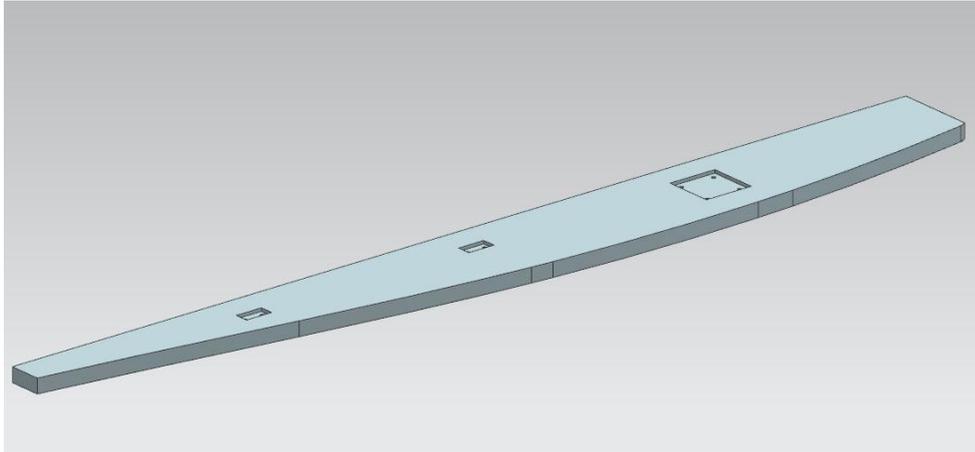


Figura 4-23 Tapa de regala de Er.

Como se puede observar en la Figura 4-23 en la parte superior de la tapa de regala se han realizado una hendiduras con las formas de los anclajes de las estructuras que sobre ellas se van a instalar, estas estructuras serán explicadas en el capítulo siguiente. Con respecto al diseño de estas piezas, es importante destacar los agujeros realizados en las hendiduras de los anclajes para el paso de tornillos de métrica 10 con un diámetro de 11 mm de calidad 13H.

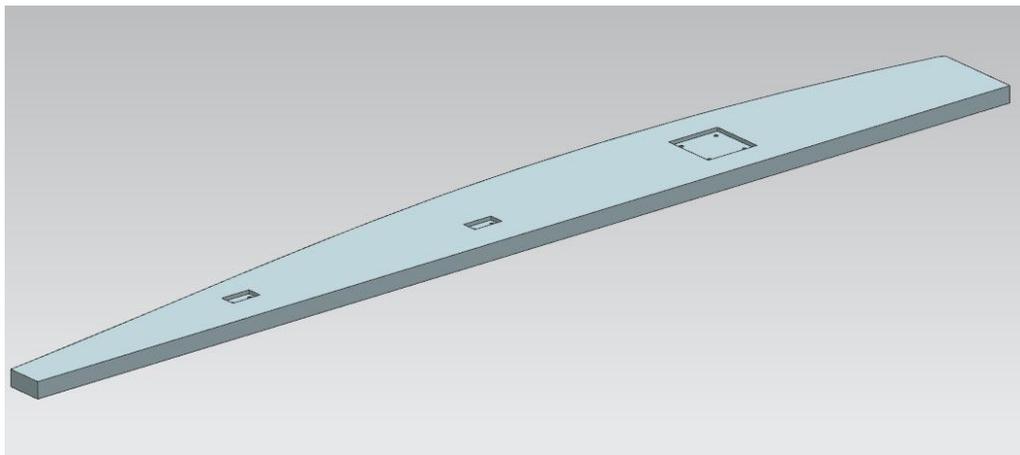


Figura 4-24 Tapa de regala de Br.

5 DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA

Este capítulo explicará el proceso de diseño de los diferentes elementos que conforman la superestructura (parte superior a la cubierta principal, explicación grafica en Figura 5-1) de la plataforma no tripulada de superficie. Dicha superestructura está compuesta por dos cuerpos independientes, por un lado se ha diseñado una estructura principal para dotar al vehículo de mayor altura que la de la superficie de la cubierta principal, y en segundo lugar, una estructura que alberga la argolla que permite al gancho del pescante (grúa de un buque) arriar o izar la embarcación.



Figura 5-1 Superestructura de un buque mercante. (Fuente: [21])

Para desarrollar la explicación de manera clara el capítulo se va a estructurar siguiendo el orden del párrafo anterior. Primero, se detallara los diferentes requisitos y características de diseño de la estructura principal. Y a continuación de esta explicación se desarrollará el proceso de diseño de la estructura para el gancho.

Este proceso de diseño, al igual que en el capítulo anterior, se ha desarrollado mediante el software CAD de diseño informático Siemens NX. Además en este capítulo, se va a proceder a explicar los análisis de elementos finitos realizado a ambas estructuras mediante el módulo de ayuda computacional en la ingeniería (CAE).

5.1 Diseño de estructura principal.

Para el diseño de la estructura principal se ha determinado como vital el requisito de dotar al vehículo de mayor altura, debido a que la altura de la superficie de la cubierta principal en mejor de los cacos, cuando está libre de pesos no alcanza el medio metro de alto. Esta necesidad surge para conseguir que los sistemas de comunicaciones, mediante ondas electromagnéticas, del sistema de control remoto de la plataforma tengan mayor alcance.

Además esta plataforma está analizada para soportar un pequeño módulo en lo alto de ella. Se ha definido un peso mucho mayor que el de los equipos que pueden ser instalados en ella para dimensionarlo con mayor robustez, pero sobre esta estructura solo se ha estudiado instalar antenas, antenas radar, cámaras y/o focos de luz, todos ellos son equipos muy ligeros, aunque su robustez permitiría albergar otros elementos que incrementasen el peso en el futuro.

A continuación se va a desarrollar el proceso de diseño de la estructura, haciendo hincapié en los requisitos y características que debe de cumplir, después del diseño se va a proceder a explicar el análisis de elementos finitos, y los resultados obtenidos, de las diferentes casuísticas estudiadas.

5.1.1 Desarrollo del diseño.

Para comenzar a explicar el desarrollo del diseño se va a estudiar los requisitos a cumplir por parte de la estructura principal. Estos criterios vienen determinados por consideraciones técnicas, tácticas y económicas.

Resumiendo, los requisitos impuesto a la estructura principal se definen como: ser una estructura consistente y robusta, que soporte cargas sobre ella y los esfuerzos derivados de estas cargas; que dote a la plataforma de una altura mayor, como se ha explicado anteriormente, es necesario que algunos equipos estén situados lo más alto posible; que sea capaz de hacerse solidaria a la plataforma; y finalmente que sea ligera, dentro de los rangos posibles para cumplir el resto de requisitos.



Figura 5-2 Vista isométrica de la estructura principal.

En la Figura 5-2 se muestra el resultado del proceso de diseño de la estructura, en él se han llevado a cabo diferentes consideraciones para el cumplimiento de los requisitos.

El proceso de diseño de la estructura se ha tomado como referencia la posición de las cuadernas 4 y 5 para establecer la separación longitudinal de los pies de la estructura, esto es debido a que se ha decidido que la estructura transmita sus esfuerzos lo más directamente posible al armazón de la plataforma, aunque es cierto que las sujeciones de los pies se realizaran en la tapa de regala, los elementos del armazón que primero recogen los esfuerzos serán dichas cuadernas.

A partir de fijar la distancia longitudinal entre puntos de anclaje se ha tomado un metro como separación transversal de dichos puntos, esta distancia se ha considerado óptima ya que permite un considerable espacio para los equipos de los diferentes módulos.

Una vez dimensionadas las distancias entre los puntos de anclaje se ha diseñado un área aproximada, ya que la configuración de los tubos la ha dejado mermada, de 20 cm² a 1 metro de altura del anclaje, es decir, de la tapa de regala. Tras haber dimensionado estos criterios se ha procedido al diseño de los tubos que dan cuerpo a la estructura y la plancha superior para la instalación de los diferentes equipos que se deseen.



Figura 5-3 Sección longitudinal de la estructura.

Como se muestra en la Figura 5-3 la estructura se compone de tubos huecos de acero inoxidable AISI 310, estos están dispuestos de diferentes tamaños, siendo los de mayor diámetro (35 mm) y grosor los tubos que unen los anclajes transversalmente, los tubos del contorno de la parrilla central de diámetro intermedio (30 mm) y los pequeños (25 mm) que unen longitudinalmente la estructura. La plancha superior es del mismo acero que el resto de la estructura, unida a los tubos principales mediante soldadura.

Los anclajes se han diseñado de forma prismática, incluyendo en cada uno de ellos dos agujeros para tornillo de métrica 10 con un diámetro de 11 mm de calidad 13H.

5.1.2 Estudio FEM

Para asegurar que la estructura cumple con los requisitos impuestos, se ha determinado efectuar un análisis de elementos finitos en el módulo CAE del mismo software, para comprobar diferentes casuísticas de carga, así como de inercias de dichas cargas provocadas por el movimiento de la plataforma.

Lo primero que se ha realizado para dicho estudio ha sido el mallado del cuerpo de la estructura, este se ha realizado usando un mallado tetraédrico 3D y fijando un tamaño de elemento de 10 mm. En la Figura 5-4 se muestra el resultado del proceso de mallado.



Figura 5-4 Estructura mallada para análisis FEM.

Tras haber realizado este proceso se van a realizar las diferentes casuísticas disponiendo de la acción de fuerzas en los diferentes ejes principales. Para todos los experimentos se han fijado los anclajes y se han colocado las fuerzas en la plancha superior, dándole un valor extradimensionado para comprobar el correcto cumplimiento de los requisitos.

El estudio mediante el método de elementos finitos da como resultado una serie de parámetros sobre variedad de aspectos y factores del estudio realizado en la pieza. De estos parámetros los que resultan de interés para el proyecto serán los desplazamientos máximos de la deformación de la pieza y las tensiones de Von Mises de los puntos los cuales recogen mayores tensiones. El módulo CAE del software de diseño Siemens NX ofrece, además de los parámetros numéricos de dichos valores, una simulación de la pieza estudiada en la cual aparecen las magnitudes amplificadas para su demostración visual, tal y como se expresa a continuación en los diferentes estudios realizados.

- Fuerzas normales a la superficie: Este caso es el que estudia la carga estática del posible módulo de equipos que se instalaría en esa superficie. La dirección de la fuerza es en el sentido negativo del eje Z.

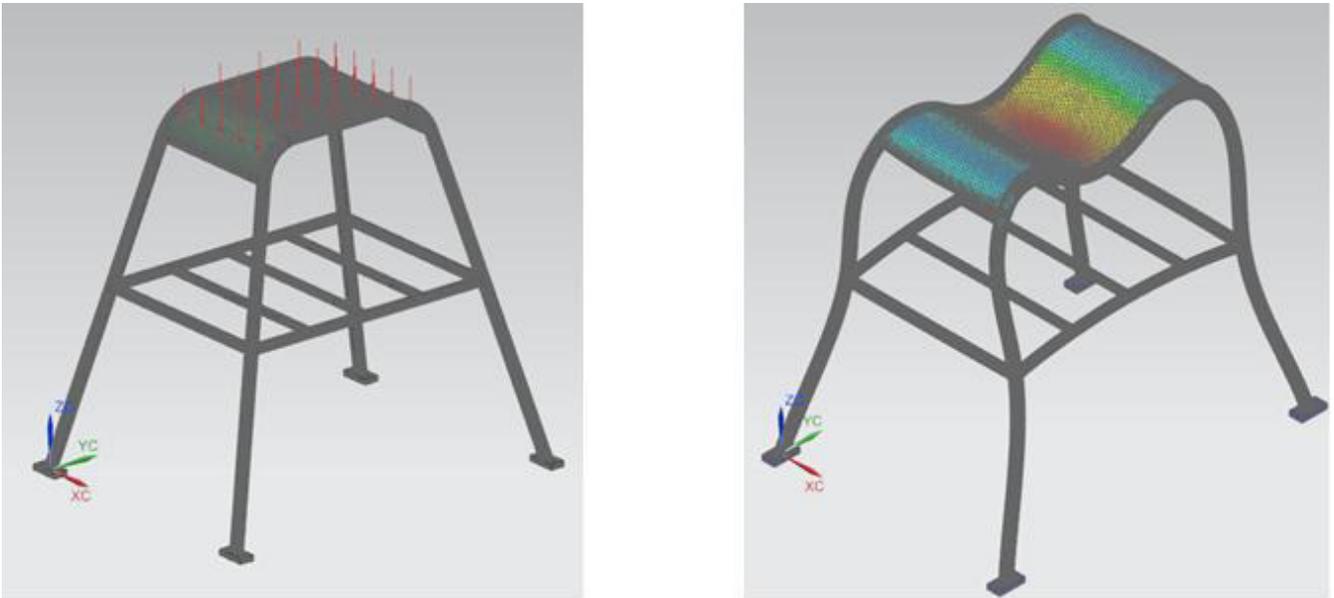


Figura 5-5 Aplicación de las fuerzas verticales y simulación.

En la Figura 5-5 se muestra la aplicación de las fuerzas verticales y una representación exagerada de la simulación del desplazamiento provocado por dichas cargas. Los valores máximos, obtenidos mediante el análisis de elementos finitos, tanto de desplazamiento como de la tensión de Von Mises son:

- Desplazamiento máximo: 0.1126 mm.
- Tensión máxima de Von Mises: 15.49 MPa.

Estos valores son admisibles ya que no comprometen a la robustez de la estructura y, como se puede observar, no quedan representados fidedignamente en la simulación.

- Fuerzas paralelas a la superficie: Para este caso se han realizado dos ensayos, uno que estudia las fuerzas en el eje X y otro en el eje Y. Estas fuerzas, transmitidas por la estructura son generadas por la inercia al movimiento de los equipos instalados en ella.

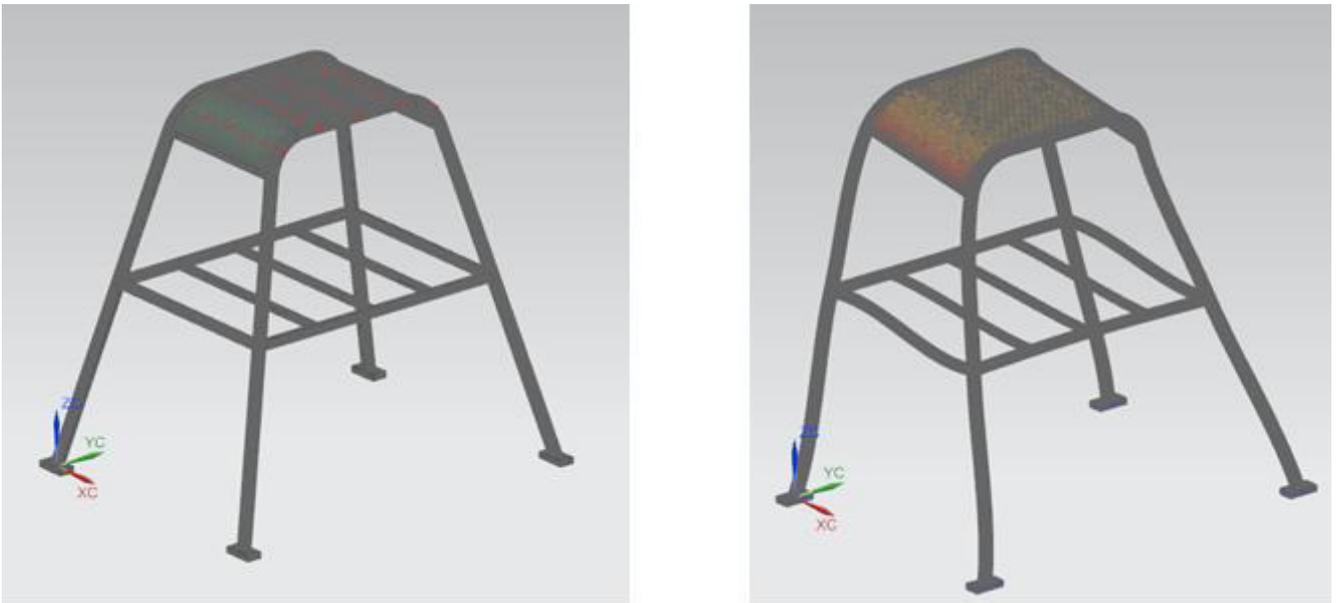


Figura 5-6 Aplicación de las fuerzas en el eje X y simulación.

En la Figura 5-6 se muestra la aplicación de las fuerzas en el eje X y una representación exagerada de la simulación del desplazamiento provocado dichas cargas. Los valores máximos, obtenidos mediante el análisis de elementos finitos, tanto de desplazamiento como de la tensión de Von Mises son:

- Desplazamiento máximo: 1.75 mm.
- Tensión máxima de Von Mises: 106.27 MPa.

Estos valores son admisibles ya que no comprometen a la robustez de la estructura y, como se puede observar, no quedan representados fidedignamente en la simulación.

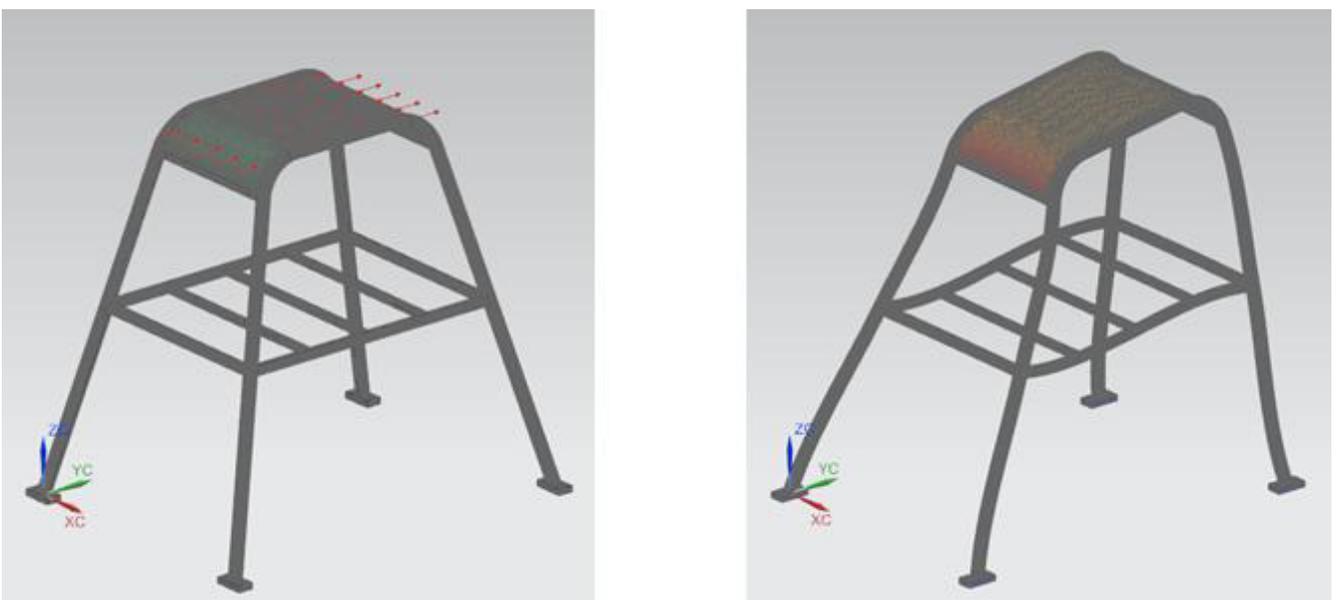


Figura 5-7 Aplicación de las fuerzas en el eje Y y simulación.

En la Figura 5-7 se muestra la aplicación de las fuerzas en el eje Y y una representación exagerada de la simulación del desplazamiento provocado dichas cargas. Los valores máximos, obtenidos mediante el análisis de elementos finitos, tanto de desplazamiento como de la tensión de Von Mises son:

- Desplazamiento máximo: 2.56 mm.
- Tensión máxima de Von Mises: 98.11 MPa.

Estos valores son admisibles ya que no comprometen a la robustez de la estructura y, como se puede observar, no quedan representados fidedignamente en la simulación.

El ensayo de vibraciones muestra sus primeras 10 frecuencias de resonancia en el rango desde 33,1033 Hz como frecuencia mínima de resonancia hasta 234.586 Hz como valor máximo.

A la vista de los resultados obtenidos se ha comprobado que la estructura principal cumple con todos los requisitos impuestos. Ya que, además de dotar de mayor alcance a los sistemas de comunicaciones, soporta cargas más pesadas de las que se espera instalar, además de ser razonablemente ligera con un peso aproximado a 14 kg.

5.2 Diseño de estructura para sistema del gancho CAR-35.

El diseño de esta estructura tiene como principal objetivo el dotar a la embarcación de la capacidad de ser desplegada desde unidades de la flota de la Armada Española. Esto es posible ya que se ha utilizado el mismo sistema del gancho de los pescantes que utilizan actualmente los buques para desplegar sus embarcaciones, las rhibs.



Figura 5-8 Maniobra de arriado de embarcaciones con gancho CAR-35. (Fuente:[22])

Para el diseño de esta estructura se ha impuesto una serie de criterios para el cumplimiento de los requisitos que el diseño debe de satisfacer. Estos requisitos vienen impuestos por el uso que se va a hacer de la estructura. Los principales son: ser una estructura robusta que soporte toda la carga de la plataforma y transmita dichos esfuerzos al cable del pescante; y utilizar el mismo sistema de gancho y argolla que utilizan los buques para sus maniobras de arriado e izado de embarcaciones.

En los siguientes apartados se explicará el proceso de diseño de la estructura, haciendo hincapié en los requisitos y características que debe de cumplir, después del diseño se va a proceder a explicar el análisis de elementos finitos finalizando con los resultados obtenidos.

5.2.1 Desarrollo del diseño

Para el desarrollo del proceso de diseño se han estudiado los requisitos que se han de cumplir y realizando el diseño respecto de ellos. Para el cumplimiento del primer requisito se ha dispuesto a realizar el dimensionamiento de los anclajes de la estructura en la tapa de regala, teniendo en cuenta la misma consideración que con la estructura anterior, es decir, en este caso se ha construido la estructura encima de la cuaderna maestra para así, al realizar el esfuerzo de izar la embarcación esta reparta las fuerzas de una forma óptima.

Ya que la carga máxima que se espera es aproximadamente unos 800 kg, se ha tenido que diseñar un refuerzo a la estructura para dispersar en un área mayor las tensiones acumuladas en la unión entre la estructura y la argolla del sistema del gancho CAR-35.

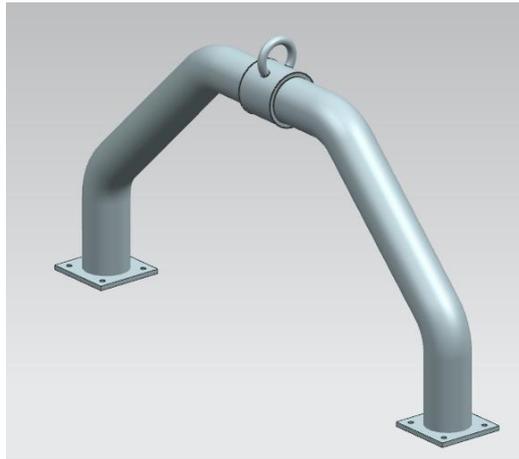


Figura 5-9 Estructura para sistema del gancho CAR-35.

En la Figura 5-9 se muestra como es el refuerzo diseñado para evitar que la tensión se concentre en la unión de la argolla con el grosor de 4 mm del tubo. Este refuerzo tiene un grosor de 10 mm y a él se soldaría la argolla del sistema de gancho CAR-35. Para su montaje en la estructura, podría ser introducido y colocado con la estructura ya doblada pero es más conveniente que se realice este proceso anteriormente al doblado del tubo.

Para el diseño de los anclajes se ha realizado un prisma con 10 mm de altura y base cuadrada de 150 mm, perforado por 4 agujeros para tornillo de métrica 10 con un diámetro de 11 mm de calidad 13H.

El tubo seleccionado es una barra perforada de acero AISI 304 de 100 mm de diámetro y 4 de espesor.

5.2.2 Estudio FEM.

Para asegurar que la estructura cumple con los requisitos impuestos, se ha determinado efectuar un análisis de elementos finitos en el módulo CAE del mismo software, para comprobar que la estructura soporta la carga máxima estimada de 8 kN para levantar la plataforma del agua.

Para ello el primer paso que se ha realizado ha sido la generación de una malla tetraédrica 3D y fijando un tamaño de elemento de 10 mm. En la Figura 5-10 se puede observar el mallado realizado.

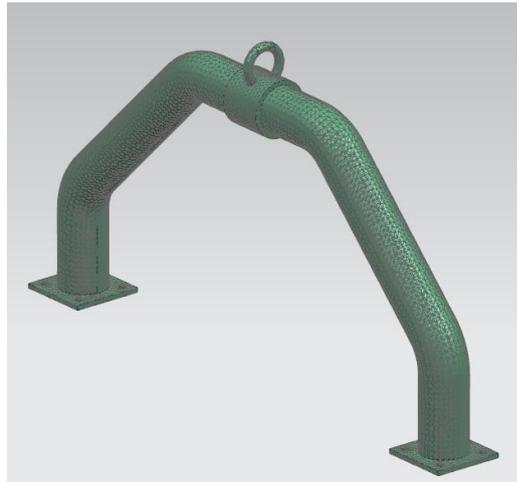


Figura 5-10 Estructura de sistema de gancho CAR-35 mallada para análisis FEM.

El siguiente paso del proceso del análisis de elementos finitos sería la asignación del material y la distribución de las cargas. Como se muestra en la Figura 5-11 para este modelo de estructura únicamente se ha estudiado el caso de las fuerzas generadas por el gancho en la argolla, definiendo una cara de actuación aproximada a la del gancho real.

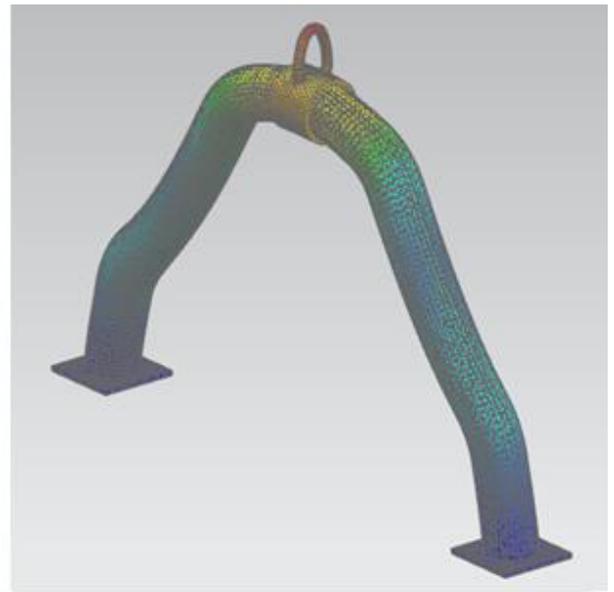


Figura 5-11 Aplicación de las fuerzas del gancho en la estructura y simulación.

Este análisis de elementos finitos ha demostrado que la estructura es óptima para su empleo en la plataforma del proyecto ya que, con esta configuración de fuerzas y aunque la representación de la simulación de desplazamientos muestre una deformación exagerada, tiene como desplazamiento máximo 0.1 mm y una tensión máxima de Von Mises de 54,69 Mpa.

PÁGINA DEJADA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

6 CÁLCULO DE LA POTENCIA

En el siguiente capítulo se procederá a explicar el estudio realizado para el cálculo del dimensionamiento de la potencia de empuje solicitada por la embarcación para vencer las fuerzas de resistencia de la superficie del agua. Para la explicación de este capítulo se ha decidido estructurar el mismo comenzando con una explicación del software utilizado para el cálculo de la potencia. Explicando, a continuación, algunos conceptos básicos sobre la predicción de la resistencia al avance y de los diferentes métodos para los cálculos de potencia existentes. Seguidamente, se estudiará la aplicación de dichos métodos para la plataforma, culminando el capítulo con la selección de una propuesta de sistema de propulsión.

6.1 Software Maxsurf.

El software Maxsurf es una herramienta fundamental para las diferentes fases de la arquitectura naval como son: el diseño de formas del casco (con el módulo Maxsurf Modeler), el posterior análisis hidrodinámico de la superficie del casco (utilizando el módulo Maxsurf Resistance), el estudio de la estabilidad del buque (módulo Maxsurf Stability), el cálculo estructural y su análisis (con las herramientas Maxsurf Structure y Maxsurf Multiframe) y finalmente, una predicción de los movimientos (mediante el módulo Maxsurf Motions). Los módulos básicos para el estudio de la potencia de cualquier embarcación son los desarrollados a continuación.



Figura 6-1 Módulos del software Maxsurf. (Fuente:[23])

6.1.1 Maxsurf Modeler.

La herramienta Modeler del programa informático Maxsurf proporciona un módulo capaz de diseñar un modelado rápido, intuitivo y flexible para cualquier tipo de casco, superestructura y apéndices, utilizando superficies con un número ilimitado de NURBS (B-splines racionales no uniformes) para modelar cualquier embarcación desde pequeños botes hasta los barcos más grandes.

6.1.2 Maxsurf Resistance.

El módulo Resistance del software Maxsurf se utiliza para la realización de los cálculos necesarios para el dimensionamiento de la resistencia que la superficie del casco de la embarcación ha de superar, además, incluye en el estudio los valores de la potencia útil que el motor debe de desarrollar para el empuje del buque en cada velocidad requerida. Este utiliza modelos CAD para el estudio de superficies, aunque su cometido principal es el estudio de aquellas superficies generadas en el módulo Modeler.

6.1.3 Aplicación del software en el proyecto.

Para el dimensionamiento de la planta propulsora de la embarcación de estudio en este proyecto, se ha procedido a realizar un estudio hidrodinámico de la superficie del casco en el entorno acuático. Dicho estudio ha requerido del diseño mediante software CAD (como describe el apartado 4.2) de la superficie del casco.

Tras haber modelado dicha superficie en un software distinto a la familia de módulos Maxsurf, se ha exportado a un formato común entre el programa de diseño y el módulo de modelamiento de superficies mediante NURBS del software: Maxsurf Modeler (Formato IGES). Una vez que la superficie que se desea estudiar es aceptada en formato por Modeler, se procede a fijar los parámetros clave para el desarrollo del análisis como son la manga en la cuaderna maestra, la eslora entre perpendiculares y el calado de la embarcación.

Con este módulo conseguimos un levantamiento de las curvas hidrostáticas, obteniendo de estas valores elementales como el desplazamiento, el área sumergida, los diferentes coeficientes que definen la forma de un buque y unos primeros valores sobre la estabilidad de la embarcación.

Sin embargo, el cálculo de la potencia requerida para el avance del buque y la resistencia que este avance ofrece en el casco según su forma y apéndices, se realiza mediante la herramienta Maxsurf Resistance. Este módulo recoge la superficie que se ha estudiado en Maxsurf Modeler y sobre esta, junto con el dato de la velocidad deseada del buque, realiza un cálculo matemático de las diferentes metodologías que a continuación se precederán a estudiar y que definen cual es la potencia de arrastre que necesita la embarcación en relación con la velocidad.

Para el estudio de la resistencia es un parámetro fundamental la velocidad del buque, de este depende la potencia que cada barco requiera para vencer la resistencia al avance. Este parámetro entra dentro del estudio mediante la aplicación del método de Froude, como se procede a explicar en el siguiente apartado.

6.2 Predicción de la resistencia al avance.

Para proceder a la explicación de las diversas metodologías que se han desarrollado para el cálculo predictivo tanto de la resistencia como de la potencia, se han de definir varios conceptos previos para el entendimiento de la materia que a continuación se va a exponer.

Se define como resistencia al avance al esfuerzo realizado por la superficie del casco para superar las diferentes fuerzas que la masa de agua, en la que el cuerpo se encuentra, genera para mantener el equilibrio de fuerzas. Estas fuerzas de la masa acuática son debidas a la presión, que varía con la profundidad y a la resistencia de origen viscosos debido a su comportamiento como líquido.

Se entiende como potencia asociada a la resistencia al avance como la energía necesaria a desarrollar por la motorización del buque para superar la fuerza de la resistencia, esta depende de la velocidad que se le requiera a la embarcación siguiendo una curva ascendente al relacionar potencia con velocidad.

Finalmente, el siguiente concepto básico del estudio de la resistencia al avance de un buque es el parámetro definido por Froude que se procede a explicar de forma detallada en el siguiente apartado.

6.2.1 Numero de Freud.

Para determinar el régimen de desplazamiento de la embarcación se utiliza el número de Froude (Fn). El número de Froude es un numero adimensional que ofrece una relación entre el efecto de la fuerzas de inercia y de las fuerzas gravitatorias que actúan sobre un fluido. Este número es variable en relación tanto con la velocidad del buque como con su eslora, como se puede observar en la ecuación (1) que lo define.

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Lpp}} \quad (1)$$

Siendo:

Fn: Número de Froude.

V: Velocidad (m/s).

g: Fuerza de la gravedad (m/s²).

Lpp: Eslora entre perpendiculares (m).

A partir del número de Froude se puede determinar el régimen de desplazamiento del buque respecto a la velocidad y a la posición vertical del centro de gravedad, como se puede observar en la Figura 6-2.

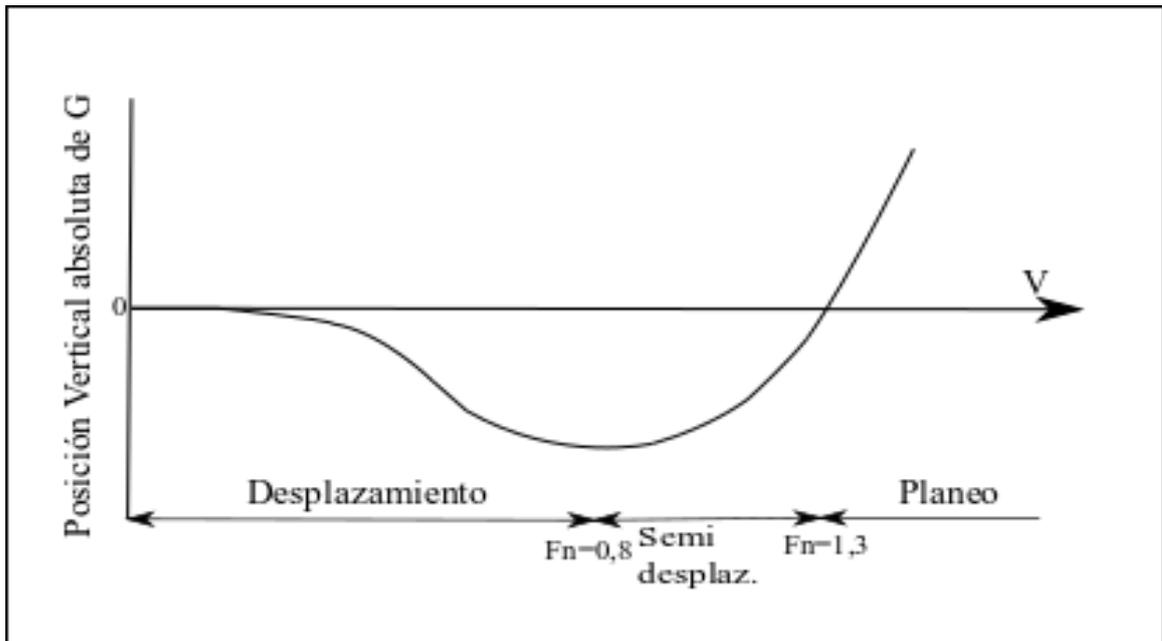


Figura 6-2 Gráfico de la relación posición de CG - Régimen de desplazamiento. (Fuente:[24])

6.2.1.1 Desplazamiento.

En este rango de valores del número de Froude se enmarcan aquellos buques que operan con velocidades muy bajas. También cabe destacar de la curva de la Figura 6-2 que es en este régimen en donde se encuentra el mínimo valor de la posición del centro de gravedad, debido a que esta va disminuyendo a medida que el número de Froude aumenta hasta llegar a dicho valor. Esto quiere decir que en este régimen se hallan los buques con mayor estabilidad.

6.2.1.2 Semi-Desplazamiento o Pre-Planeo.

El rango de valores comprendidos entre 0,8 y 1,3 se ubica las embarcaciones de semi-desplazamiento. Aquí las fuerzas hidrodinámicas comienzan a ser cada vez mayores y la posición del centro de gravedad presenta una tendencia creciente al aumentar la velocidad.

6.2.1.3 Planeo

Una vez superado el valor de 1,3 para el número de Froude se entra en términos de planeo, donde la posición del centro de gravedad experimenta un aumento progresivo con respecto a la velocidad. En este rango de velocidades la sustentación hidrodinámica incrementa de forma considerable siendo tal que el apoyo en la superficie del medio acuático se realiza únicamente con la mitad posterior de la embarcación con la proa ligeramente elevada de la superficie.

6.2.2 Estudio del número de Froude en la embarcación del proyecto.

Al aplicar los criterios de velocidad junto con el análisis de la superficie del casco de la embarcación del proyecto, se desglosa una relación de valores para el número de Froude con respecto a la velocidad, que a continuación se presenta en la Tabla 6-1.

<i>Velocidad (nudos)</i>	<i>Nº de Froude</i>						
0	0	10	1,701	20	3,402	30	5,103
1	0,17	11	1,871	21	3,572	31	5,273
2	0,34	12	2,041	22	3,742	32	5,443
3	0,51	13	2,211	23	3,912	33	5,613
4	0,68	14	2,381	24	4,083	34	5,784
<u>5</u>	<u>0,851</u>	15	2,552	25	4,253	35	5,954
6	1,021	16	2,722	26	4,423	36	6,124
7	1,191	17	2,892	27	4,593	37	6,294
<u>8</u>	<u>1,361</u>	18	3,062	28	4,763	38	6,464
9	1,531	19	3,232	29	4,933	39	6,634

Tabla 6-1 Nº de Froude en relación a la velocidad de la embarcación.

Como se puede observar en la Tabla 6-1 la embarcación de este proyecto llegará a la situación de pre-planeo al alcanzar los 5 nudos y de planeo al superar los 8.

Esta situación puede ser beneficiosa o no, dependiendo del tipo de misión que la embarcación esté destinada a desarrollar. Por ejemplo, en una misión de caza de minas donde lo que prima de la navegación es la precisión en la ejecución de la derrota y una buena detección acústica del fondo marino, sería más conveniente navegar a velocidades bajas en el régimen de desplazamiento.

6.3 Métodos analíticos de predicción de potencia.

Los métodos de predicción de potencia son algoritmos o series sistemáticas que se aplican a la forma de los perfiles del casco del buque analizado. Debido a la gran variedad de cascos que se pueden encontrar en el mercado, como cascos de embarcaciones ligeras de superficie limpia, cascos de buque de gran tonelaje con bulbo, catamaranes, etc., existen diversos métodos ajustándose a las necesidades de cada superficie. Para la aplicación del método más acorde, el buque debe de satisfacer ciertos criterios exigidos por cada uno de ellos, en relación con la velocidad y las dimensiones del casco.

6.3.1 Savitsky (Pre-Planeo y Planeo).

Este método se basa en estudios realizados sobre placas planas en régimen de planeo y que, finalmente, se aplican a embarcaciones. Dicha metodología, también es capaz de calcular la resistencia en el régimen de pre-planeo de estos barcos.

6.3.2 Lahtiharju.

Método basado en algoritmos diseñados para la estimación de la resistencia al avance en cascos de embarcaciones capaces de alcanzar grandes velocidades, es decir, en régimen de planeo. Utiliza análisis estadísticos para su resolución.

6.3.3 Holtrop.

Algoritmo diseñado para predecir la resistencia al avance enfocado a buques de carga, buques de pesca, remolcadores y buques portacontenedores.

Es un método estadístico obtenido a partir de regresiones matemáticas de los resultados de ensayos del Canal de Wageningen y de resultados de mar de buques ya construidos. El procedimiento de predicción de potencia es válido para barcos de una y dos líneas de ejes. Divide la resistencia en varias componentes.

6.3.4 Compton.

Método destinado a la predicción de potencia de buques de semi-planeo de acción costera, vigilancia y yates de gran potencia de propulsión diseñados con espejo de popa que operan en condiciones de semi-planeo y desplazamiento.

6.3.5 Fung.

Comúnmente conocido como el método Fung y Liebman, consiste en un método adecuado para el cálculo de la resistencia al avance en cascos de buques de guerra, sus aplicaciones son muy similares a las ofrecidas por el método Compton, pero a diferencia de este último, la metodología desarrollada por Fung se puede aplicar a buques de menores dimensiones y menor desplazamiento.

6.3.6 Van Oortmerssen.

Método destinado a determinar la resistencia hidrodinámica de remolcadores y arrastreros, a partir del estudio de una base de datos de más de 900 buques dispares sin la contemplación de apéndices en el casco de estos (denominada como la Serie 60) da como resultado un método que ofrece inestabilidades para velocidades relativas a un número de Froude menor que 0,3. Estima la resistencia al avance de buques de carga que disponían de un solo propulsor.

6.4 Estudio de los métodos de cálculo aplicados en la embarcación del proyecto.

Una vez realizada una introducción a cerca de los diferentes métodos probados en el estudio hidrodinámico de la resistencia al avance que la superficie del casco ofrece en el entorno acuático, se va a proceder a la selección del método más apropiado según las principales características de la embarcación con respecto a los diferentes criterios, mostrados en el apartado anterior, de cada metodología de cálculo.

6.4.1 Según régimen de desplazamiento.

Para los regímenes que resultan de las navegaciones a bajas velocidades, cuyo número de Froude es 0,8 o menor, se debe aplicar los cálculos de las metodologías en los valores comprendidos como desplazamiento.

Mediante el módulo Resistance del software Maxsurf se ha desarrollado una relación de las principales dimensiones del casco con respecto a los criterios de funcionamiento de los distintos métodos mostrados en el apartado 6.3.

<i>Demisión</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>	<i>Holtrop</i>	<i>Van Oortmerssen</i>	<i>Compton</i>	<i>Fung</i>
<i>Lpp</i>	4,187	<i>m</i>	4,187 <i>(Bajo)</i>	4,187 <i>(Bajo)</i>	4,187 <i>(Bajo)</i>	4,187
<i>B</i>	1,524	<i>m</i>	1,524 <i>(Alto)</i>	1,524 <i>(Alto)</i>	1,524 <i>(Alto)</i>	1,524
<i>C</i>	0,306	<i>m</i>	0,306 <i>(Bajo)</i>	0,306 <i>(Alto)</i>	0,306	0,306
<i>Δ</i>	0,811	<i>m³</i>	0,811	0,811	0,811 <i>(Alto)</i>	0,811

Tabla 6-2 Condiciones de los métodos de desplazamiento.

Siendo:

Lpp: Eslora entre perpendiculares.

B: Manga.

C: Calado.

Δ: Desplazamiento.

Como se observa en la Tabla 6-2, donde los valores en rojo (altos o bajos) muestran que se encuentran fuera de los rangos de cálculo de los métodos, el método que se debe utilizar para el análisis de la potencia requerida por la embarcación del proyecto es el método de Fung.

Para el estudio de los valores de las diferentes resistencias resultantes con respecto a la velocidad se ha fijado la velocidad máxima de análisis como 15 nudos, valor de estudio que se ha utilizado para obtener una visión genérica de comportamiento del casco y que no requiere ninguna vinculación con la velocidad real del buque.

<i>Velocidad</i>	<i>Nº de Froude</i>	<i>Resistencia Fung (kN)</i>	<i>Potencia Fung (kW)</i>	<i>Velocidad</i>	<i>Nº de Froude</i>	<i>Resistencia Fung (kN)</i>	<i>Potencia Fung (kW)</i>
<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	--	--	7,875	1,340	0,9	3,462
<u>0,375</u>	<u>0,064</u>	--	--	8,250	1,403	0,9	3,657
<u>0,750</u>	<u>0,128</u>	--	--	8,625	1,467	0,9	3,812
<u>1,125</u>	<u>0,191</u>	--	--	9,000	1,531	0,9	3,951
<u>1,500</u>	<u>0,255</u>	--	--	9,375	1,595	0,8	4,088
<u>1,875</u>	<u>0,319</u>	<u>0,0</u>	<u>0,027</u>	9,750	1,659	0,8	4,234
<u>2,250</u>	<u>0,383</u>	<u>0,0</u>	<u>0,038</u>	10,125	1,722	0,8	4,393
<u>2,625</u>	<u>0,447</u>	<u>0,0</u>	<u>0,056</u>	10,500	1,786	0,8	4,568
<u>3,000</u>	<u>0,510</u>	<u>0,1</u>	<u>0,082</u>	10,875	1,850	0,9	4,760
<u>3,375</u>	<u>0,574</u>	<u>0,1</u>	<u>0,116</u>	11,250	1,914	0,9	4,972
<u>3,750</u>	<u>0,638</u>	<u>0,1</u>	<u>0,164</u>	11,625	1,977	0,9	5,202
<u>4,125</u>	<u>0,702</u>	<u>0,1</u>	<u>0,220</u>	12,000	2,041	0,9	5,452
<u>4,500</u>	<u>0,765</u>	<u>0,1</u>	<u>0,286</u>	12,375	2,105	0,9	5,722
<u>4,875</u>	<u>0,829</u>	<u>0,1</u>	<u>0,372</u>	12,750	2,169	0,9	6,011
<u>5,250</u>	<u>0,893</u>	<u>0,2</u>	<u>0,519</u>	13,125	2,233	0,9	6,320
5,625	0,957	0,3	0,784	13,500	2,296	1,0	6,650
6,000	1,021	0,4	1,208	13,875	2,360	1,0	7,000
6,375	1,084	0,5	1,757	14,250	2,424	1,0	7,371
6,750	1,148	0,7	2,328	14,625	2,488	1,0	7,762
7,125	1,212	0,8	2,820	15,000	2,552	1,1	8,175
7,500	1,276	0,8	3,194	--	--	--	--

Tabla 6-3 Relación resistencia y potencia respecto a velocidad según Fung.

Como se puede observar en la Tabla 6-3 este método también ofrece una aproximación de los valores de la resistencia al avance en el rango de semi-desplazamiento e incluso planeo (valores no subrayados) pero al no tratarse de un método adecuado al estudio de estos regímenes sus valores pueden no ser correctos. Por este motivo para el análisis del régimen de desplazamiento solo se tendrá en cuenta los valores subrayados hasta el valor del número de Froude igual a 0,893.

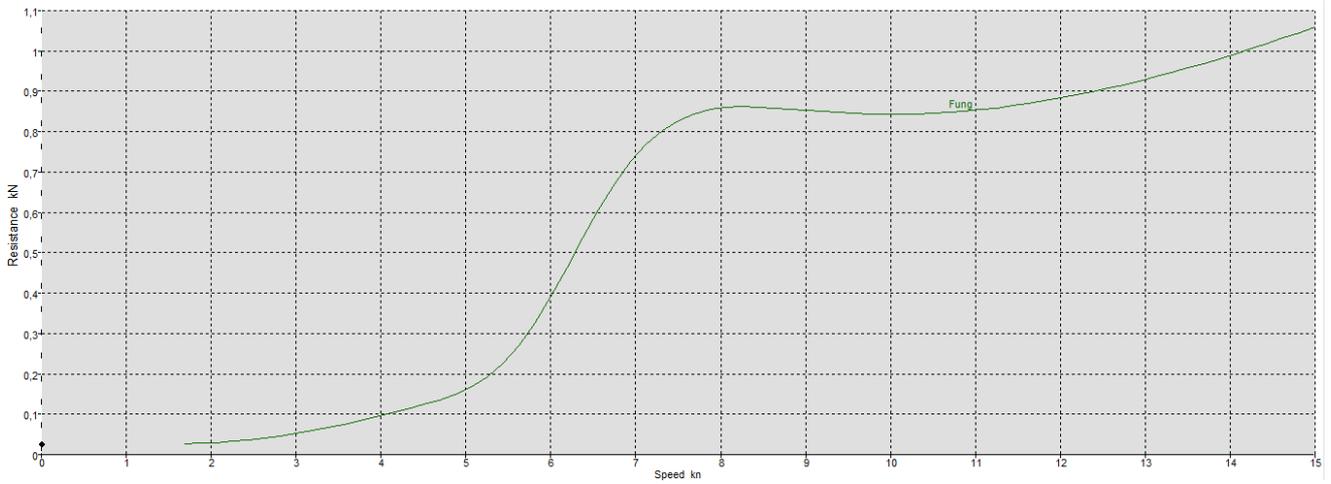


Figura 6-3 Grafica Resistencia (kN) - Velocidad (nudos) según método Fung.

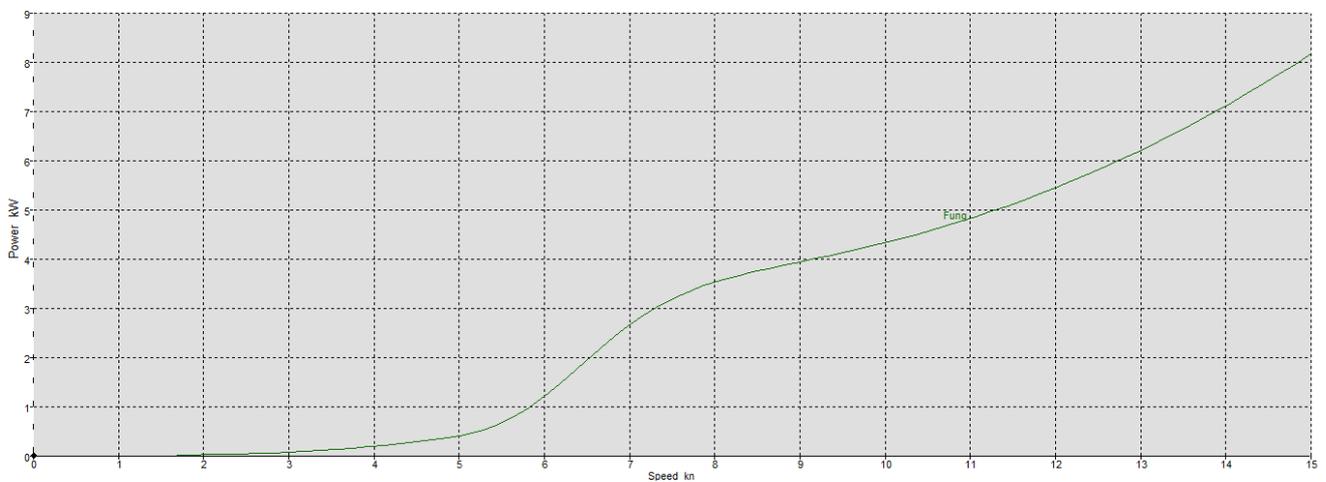


Figura 6-4 Grafica Potencia (kW) - Velocidad (nudos) según método Fung.

Al analizar tanto la Figura 6-3 como la Figura 6-4 se denota un cambio de pendiente una vez superados los 5 nudos de velocidad. Esto se debe a que en dicho punto la embarcación comienza a entrar en un cambio de régimen pasando a semi-desplazamiento o pre-planeo, donde se va a encontrar con mayor resistencia. Modificándose la pendiente desde la velocidad de 6 hasta 8 nudos donde se encuentra el régimen de pre-planeo.

6.4.2 Según régimen de pre-planeo y planeo.

Una vez superada una velocidad determinada las embarcaciones superan el régimen de desplazamiento pasando a estudiarse la resistencia con metodologías propias del régimen, primero, de pre-planeo o semi-desplazamiento y a continuación del régimen de planeo. Como se explica en el apartado 6.2.1 estos regímenes están determinados según el valor del número de Froude.

Al igual que se ha realizado con los regímenes de desplazamiento, utilizando la herramienta Maxsurf Resistance, se ha desarrollado la relación entre dimensiones y criterios esta vez con los métodos mostrados en el apartado 6.3 que analizan los regímenes de pre-planeo y planeo.

<i>Demisión</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidades</i>	<i>Savitsky Pre-planeo</i>	<i>Savitsky</i>	<i>Lahtiharju</i>
<i>Lpp</i>	4,187	<i>m</i>	4,187	4,187	4,187 <i>(Bajo)</i>
<i>B</i>	1,524	<i>m</i>	1,524	1,524	1,524 <i>(Alto)</i>
<i>C</i>	0,306	<i>m</i>	--	--	0,306
<i>Δ</i>	0,811	<i>m³</i>	0,811	0,811	0,811

Tabla 6-4 Condiciones de los métodos de pre-planeo y planeo.

Siendo:

Lpp: Eslora entre perpendiculares.

B: Manga.

C: Calado.

Δ: Desplazamiento.

Como se puede observar en la Tabla 6-4 las condiciones requeridas por Savitsky cumplen con el dimensionamiento principal del casco de la embarcación del proyecto, mientras que comprobando con el método Lahtiharju las dimensiones de la embarcación quedan fuera del rangos (valores en rojo). Por lo cual se va a proceder a realizar el estudio en estos regímenes utilizando únicamente el método desarrollado por Savitsky.

Para dicho estudio se han tomado los valores de velocidades entre 6 y 30 nudos debido a que por debajo de esta velocidad la embarcación se encuentra en régimen de desplazamiento. La velocidad máxima fijada en 30 nudos es un valor para el análisis de la resistencia al avance, esto no implica que la embarcación del proyecto deba alcanzar realmente dicha velocidad.

<i>Velocidad</i>	<i>Nº de Froude</i>	<i>Resistencia Savitsky(kN)</i>	<i>Potencia Savitsky(kW)</i>	<i>Velocidad</i>	<i>Nº de Froude</i>	<i>Resistencia Savitsky(kN)</i>	<i>Potencia Savitsky(kW)</i>
6,000	1,021	0,5 ³	1,631 ³	18,600	3,164	1,2	11,640
6,600	1,123	0,8 ³	2,710 ³	19,200	3,266	1,2	12,255
7,200	1,225	1,0 ³	3,765 ³	19,800	3,368	1,3	12,906
7,800	1,327	0,8 ³	3,246 ³	20,400	3,470	1,3	13,598
8,400	1,429	0,9	3,705	21,000	3,572	1,3	14,331
9,000	1,531	0,9	4,182	21,600	3,674	1,4	15,108
9,600	1,633	0,9	4,666	22,200	3,776	1,4	15,929
10,200	1,735	1,0	5,146	22,800	3,878	1,4	16,797
10,800	1,837	1,0	5,614	23,400	3,980	1,5	17,713
11,400	1,939	1,0	6,065	24,000	4,083	1,5	18,678
12,000	2,041	1,1	6,501	24,600	4,185	1,6	19,694
12,600	2,143	1,1	6,924	25,200	4,287	1,6	20,761
13,200	2,245	1,1	7,340	25,800	4,389	1,6	21,883
13,800	2,347	1,1	7,755	26,400	4,491	1,7	23,058
14,400	2,450	1,1	8,174	27,000	4,593	1,7	24,290
15,000	2,552	1,1	8,604	27,600	4,695	1,8	25,578
15,600	2,654	1,1	9,048	28,200	4,797	1,9	26,924
16,200	2,756	1,1	9,513	28,800	4,899	1,9	28,330
16,800	2,858	1,2	10,001	29,400	5,001	2,0	29,796
17,400	2,960	1,2	10,516	30,000	5,103	2,0	31,324
18,000	3,062	1,2	11,062	--	--	--	--

Tabla 6-5 Relación resistencia y potencia respecto a velocidad según Savitsky.

Analizando la Tabla 6-5 se comprueba que la potencia requerida de empuje queda definida de una manera más aproximada que la conseguida mediante el método de Fung (Tabla 6-3). A la vez se puede ver que el método de pre-planeo aproxima a valores coherentes en las velocidades de dicho régimen pero al alcanzar las velocidades propias de planeo sus valores pierden coherencia. Como se denota en los valores marcados por la nota al pie de página número 3.

³ Nota: Los valores comprendidos entre 6 y 7,8 nudos son obtenidos mediante el método de Savitsky Pre-planeo, esta metodología deja de predecir de forma correcta los valores de resistencia una vez entrado en régimen de planeo. Debido a esto se debe la diferencia entre el último valor calculado con este método y el siguiente calculado con Savitsky planeo.

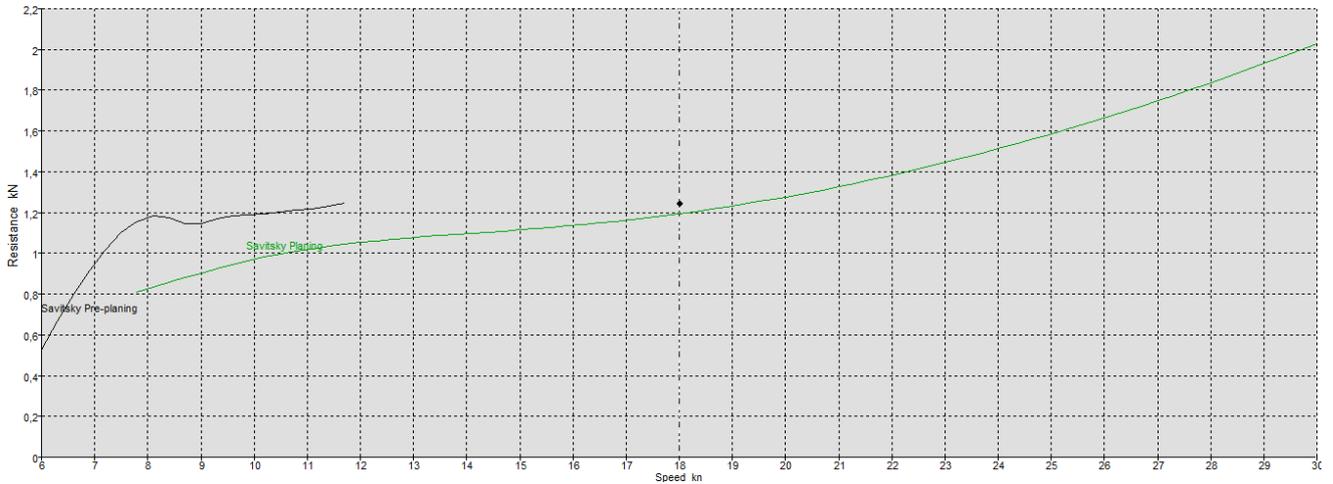


Figura 6-5 Grafica Resistencia (kN) - Velocidad (nudos) según método Savitsky.

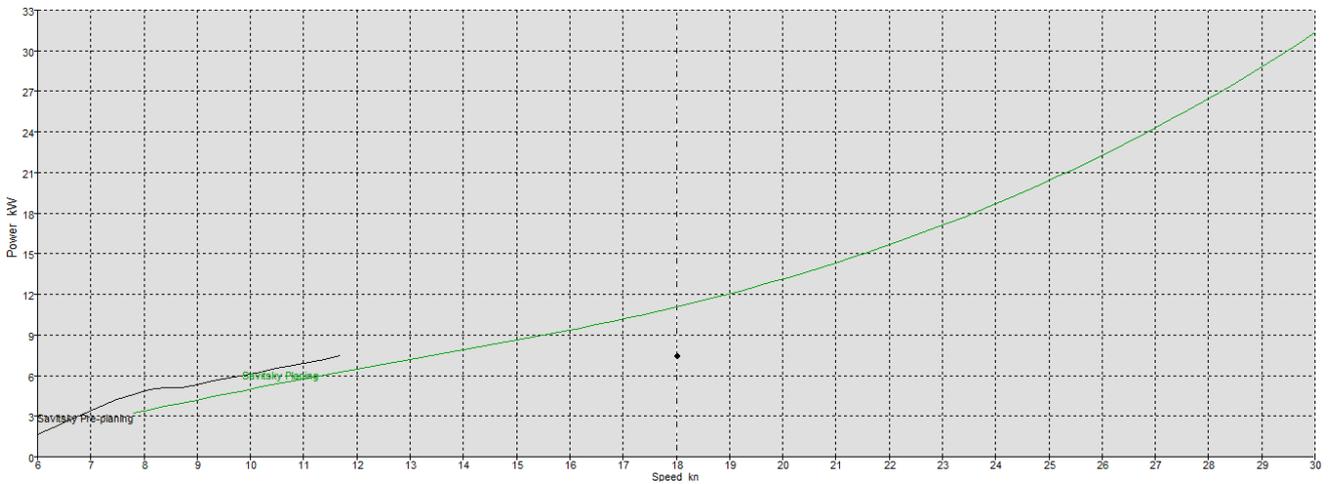


Figura 6-6 Grafica Potencia (kW) - Velocidad (nudos) según método Savitsky.

Como se puede comprobar en la Figura 6-5 y en la Figura 6-6 se reitera de forma gráfica lo expuesto anteriormente, la curva que genera el método para el régimen de pre-planing es coherente en las velocidades iniciales del rango en estudio, pero el estudio de la resistencia al avance queda mejorado al entrar en el régimen de planing con resultados que siguen una tendencia coherente durante todo el rango de velocidades estudiado.

6.5 Selección de la motorización de a bordo.

Tras haber efectuado un estudio analítico sobre la potencia requerida por la embarcación según la aplicación de los diversos métodos analíticos acordes con los diferentes regímenes en los que la embarcación se pudiese encontrar, expuesto en los apartados anteriores, se procede a la selección de la motorización de buque.

La elección de la motorización a bordo de la embarcación va a seguir una serie de requisitos impuestos por los diferentes factores en los que el proyecto se enmarca. Las principales exigencias a tener en cuenta en el dimensionamiento de la planta propulsora de la embarcación residen en los aspectos técnicos, los tácticos, de fiabilidad de uso y, finalmente, económicos del proyecto. Como son factores vitales para la correcta elección de la motorización se van a desarrollar brevemente a continuación.

6.5.1 Criterios por factores técnicos.

Como se ha desarrollado en el presente capítulo, según las formas del casco de la propia embarcación y la velocidad exigida a esta, mediante diferentes métodos analíticos de cálculos hidrodinámicos se obtiene una relación entre la velocidad deseada y la potencia que ha de superar la embarcación para alcanzar dicha velocidad. Esta potencia obtenida se refiere a la potencia útil de empuje que la embarcación se prevé que solicite, por lo que para definir el motor habrá que aplicarle el correspondiente rendimiento dependiendo del tipo de motor que se vaya a instalar.

6.5.2 Criterios por factores tácticos.

Debido al propósito para el cual se está diseñando la embarcación, esta ha de cumplir con los requisitos tácticos y estratégicos de las diferentes misiones en las cuales el USV va a operar. Como aspecto vital para el dimensionamiento de la propulsión se ha fijado el ruido generado por esta y la velocidad.

Estudiando los diferentes tipos de maquinarias de propulsión del mercado, se han descartado las máquinas térmicas como posibles motores para la embarcación debido a que generan niveles muy elevados de ruido. Por lo tanto se ha seleccionado los motores eléctricos como sistema de propulsión ideal para la embarcación del proyecto, ya que generan bajos niveles de ruido, ofreciendo un rango de velocidades apropiado para las misiones a desempeñar. Dicho rango de velocidades óptimas para el cumplimiento de las diferentes misiones se estima entre los 5 y los 10 nudos, pero debe contemplarse la posibilidad de que la situación táctica exija velocidades mayores para el cumplimiento de alguna tarea específica o simplemente que el tránsito a la zona de operaciones haya de efectuarse en el menor tiempo posible.

6.5.3 Criterio de fiabilidad.

Dado a su carácter no tripulado, la embarcación ha de ser totalmente fiable en cuanto a los sistemas se refiere. En lo que concierne al sistema de propulsión, este aspecto reitera la alternativa del motor eléctrico. A diferencia del motor de combustión, en los que hay mayor posibilidad de fallo debido al número de elementos que intervienen en su funcionamiento, el motor eléctrico ofrece al operador gran fiabilidad ya que su mecanismo es sencillo y facilita el control desde un lugar remoto y no a bordo del vehículo, ya que puede controlarse con pulsos eléctricos recibidos mediante el sistema de control.

6.5.4 Criterio económico.

La política económica de un proyecto acostumbra a ser un criterio de gran relevancia para el diseño de los sistemas y equipos que van a ser instalados en él. El estudio del dimensionamiento de la propulsión es un capítulo donde esta política afecta en gran medida a la elección entre los diferentes motores valorados para actuar como sistema de propulsión.

Para llevar a cabo la ejecución del proyecto se ha impuesto, en la medida de lo posible, una política de austeridad, es decir, realizar un estudio y sondeo de las diferentes opciones que el mercado ofrece para cada sistema o equipo que se va a instalar en la embarcación.

6.5.5 Propuestas.

Una vez definidos los criterios se procede a exponer dos propuestas. Estas propuestas tienen en común los criterios de carácter técnico y de fiabilidad, pero se diferencian en el peso que adquieren en una y en otra los requisitos tácticos y económicos. Por este motivo se procede a un breve desglose de ambas propuestas.

6.5.5.1 Torqeedo Deep Blue 40 RL.

Atendiendo únicamente a las necesidades tácticas del vehículo no tripulado, sin ningún tipo de restricción económica, se ha seleccionado el modelo Torqeedo Deep Blue 40 RL como maquina propulsora de la embarcación.



Figura 6-7 Torqeedo Deep Blue 40 RL. (Fuente:[25])

Torqeedo es una empresa alemana pionera en el ámbito de electro-movilidad en el agua, es decir, pionera en el diseño de motores navales eléctricos. Torqeedo ofrece un gran abanico de productos, con motores fueraborda e intraborda, propulsados mediante sistemas de propulsión eléctrica o híbridos de los que resultan un rango de potencias desde 1 a 80 caballos de potencia (CV), además de disponer de una amplia gama de accesorios como por ejemplo baterías o dispositivos de carga solar.

6.5.5.1.1 Descripción del motor.

El modelo Deep Blue 40 RL consiste en un sistema de propulsión naval del tipo fueraborda, es decir, alberga el motor que realiza el par necesario para el movimiento del eje de la hélice fuera del casco de la embarcación que propulsa. En cuanto al sistema de control y aceleración del motor es remoto por lo que necesita de instalación fija para su empleo. Este modelo es capaz de ofrecer un empuje equiparable al de un motor de combustión de 40 CV, alrededor de 33 kW de potencia máxima, gestionando como potencia media unos 25 kW. El motor Deep Blue 40 RL consigue estos rangos de potencia debido a la alimentación de un banco de baterías de alto voltaje, 345 Voltios (V) con un consumo aproximado de 40 Amperios a la hora (Ah). Todo el conjunto propulsivo (banco de alimentación junto con motor fuera borda, 313 kg) dota a la embarcación del proyecto de una velocidad máxima aproximada de unos 30 nudos, capaz de mantenerla durante más de una hora de navegación a ese régimen. Para navegaciones a velocidades menores, en el rango de los 4 a 6 nudos, la autonomía alcanzada por el sistema ronda en las 50 millas náuticas de distancia y en torno a las 10 horas de trabajo continuo a esos regímenes. En el Anexo IV: Planos motor Torqeedo Deep Blue 40- se añaden los planos del motor, extraídos del manual de dicho producto.

Debido a que la intención del proyecto es lograr el diseño de la plataforma no tripulada de la forma más económica posible, y dado a que este modelo sobrepasa el presupuesto de forma excesiva, se procede a descartar esta opción como sistema de propulsión del proyecto, ya que necesitaría de un estudio muy detallado acerca de la integración del sistema de gobierno, que controlará el vehículo de forma remota, a la tecnología avanzada del motor Torqeedo. Dicho estudio queda fuera del alcance del proyecto.

6.5.5.2 Newport Vessels-62 lb (Series L).

Atendiendo a la política económica anteriormente comentada, y fijando la velocidad de operación del vehículo no tripulado en 6 nudos como mínimo criterio táctico, se procede a la selección del modelo Newport Vessels-62 lb de la serie L como sistema propulsivo del vehículo. Para dotar a la embarcación de la velocidad mínima exigida se han de instalar dos equipos.



Figura 6-8 Newport Vessels-62lb (Serie L). (Fuente:[26])

Además, se ha decidido elegir este modelo de motor, debido a la sencillez de la tecnología que instala. Esta característica, además de dotar de fiabilidad al sistema, permite realizar un diseño electrónico dentro del ámbito del proyecto que integra el motor al sistema de control, este estudio electrónico se procederá a exponer en el capítulo 7.

Newport Vessels es una empresa estadounidense, con sede en California, dedicada al negocio de los deportes y actividades acuáticas. Aunque no es una empresa especializada en motores navales, ha desarrollado un línea de gran calidad de motores empujadores que pueden ser utilizados desde en embarcaciones inflables hasta veleros de mediano porte o embarcaciones ligeras dedicadas a la pesca de ocio. La empresa destaca frente a la competencia del mercado en la relación calidad-precio que ofrece, esto es debido a que ha eliminado gran parte de la infraestructura para la venta de sus productos dejando el ciclo de venta reducido de tal manera que el fabricante vende directamente el producto al cliente.

6.5.5.2.1 Descripción del motor.

La serie L de la casa Newport Vessels ofrece dos clases de motores, uno de 86 libras de empuje y otro de 62 libras. Además de diferenciarse en el empuje, los motores se diferencian en el voltaje de funcionamiento de cada uno, el motor de 86 lb de 24 V y el de 62 lb de 12 V. Se ha optado por el motor de 62 libras debido a que al instalarse dos modelos idénticos se doblaría el empuje siendo entonces más que suficiente para alcanzar hasta 7 nudos de velocidad. La diferencia de velocidades entre ambos modelos al final queda en aproximadamente unos 3 nudos menos para el modelo de 62 lb, pero en autonomía el contar con la mitad de voltaje permite doblar el tiempo de trabajo del vehículo para un determinado bloque de baterías.

El motor de la serie L de la casa Newport Vessels de 62 lb de empuje consiste en un sistema de propulsión eléctrico con un voltaje de entrada de 12 V y una intensidad de entrada máxima de 58 A. Cuenta con una hélice de tres palas con diámetro de 25 cm, diseñada para trabajar de forma óptima a una profundidad de unos 35 cm de la superficie. El banco de baterías de alimentación debe cumplir los requisitos de ser de 12 V y de ciclo profundo. En el Anexo III: Planos motor Newport Vessels 62-lb se añade el plano de los componentes del motor, extraído del manual de dicho producto. Tras la elección de este modelo como el sistema de propulsión del vehículo del proyecto se va a proceder a la integración con el sistema de gobierno de la embarcación. Para ello se va a realizar un corte en la caña del eje a la altura precisa para garantizar que la hélice este a la profundidad óptima.

7 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

Para dotar a la embarcación del proyecto de su principal característica: vehículo no tripulado, se ha de integrar en ella un sistema de gobierno que permita el control absoluto del buque desde un lugar remoto de él. Para ello se han de instalar a bordo de la embarcación una serie de equipos para el funcionamiento de dicho sistema. En el presente capítulo se procederá al estudio de la arquitectura del sistema, los equipos que lo componen, su instalación en la plataforma y el software que ejecutará las instrucciones para el control.



Figura 7-1 Esquema básico del sistema de control de una plataforma USV. (Fuente: [27])

7.1 Hardware de sistema de control.

En este apartado se desarrollará de forma detallada la arquitectura del sistema de control de la plataforma, se desgranarán los diferentes equipos que la componen y se explicará su función y forma de trabajo.

7.1.1 Arquitectura general de la instalación.

El primer punto de este apartado consistirá en la generación de la idea general de la instalación, para ello se ha generado un esquema representado en la Figura 7-2 donde se encuentran encuadrados la totalidad de los equipos para el correcto funcionamiento del sistema. En este esquema se muestran las conexiones de los equipos de forma esquematizada, ya que los distintos equipos que necesiten de una explicación más detallada (señalados mediante un cuadro de líneas discontinuas en el esquema) serán desarrollados en apartados posteriores.

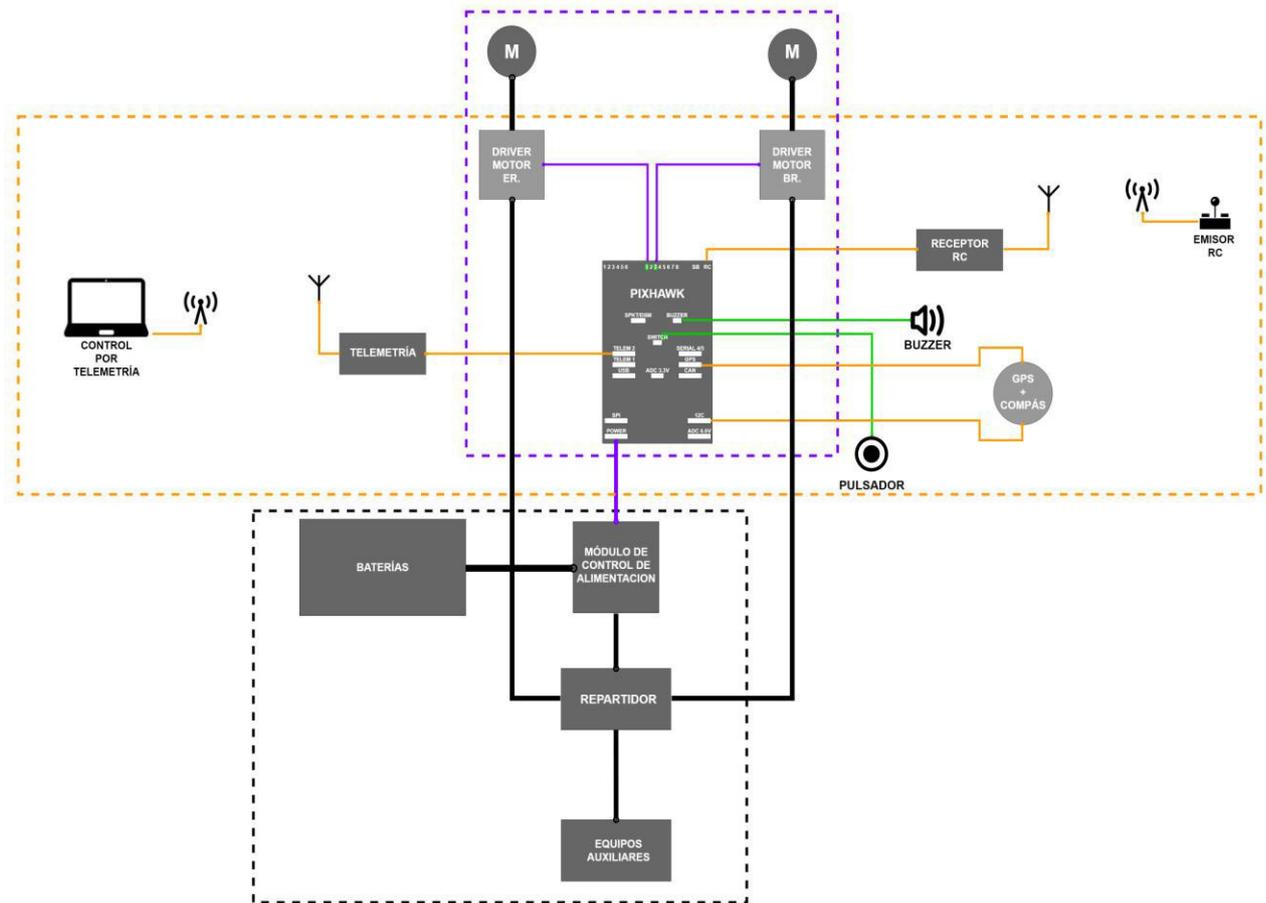


Figura 7-2 Esquema de la arquitectura general de la instalación.

En la arquitectura de la instalación se pueden encontrar diferentes subgrupos dependiendo de la función que ejerzan para la consecución del objetivo, que será el control fiable de la propulsión de forma remota y/o autónoma. Estos subgrupos se pueden clasificar con respecto a: la alimentación de potencia, el control de la propulsión, navegación y equipamiento auxiliar del hardware.

En la instalación se pueden destacar dos tipos de flujos, uno, el flujo de la alimentación de potencia, que se puede distinguir en el esquema mediante conexiones de color negro, y otro, el flujo de datos, en el que se ha decidido distinguir los datos recibidos de fuentes externas mediante conexiones de color naranja y el flujo de datos pertenecientes a de fuentes internas del sistema, reflejado con conexiones de color morado. Además, cuenta con sistemas auxiliares vitales para el funcionamiento del sistema reflejados en el esquema mediante conexiones de color verde.

La arquitectura de la instalación parte desde el hardware del autopiloto (en el proyecto se ha seleccionado la placa Pixhawk como dicho hardware), que ejerce como cerebro del sistema repartiendo las órdenes recibidas, mediante las diversas fuentes externas de comunicación, desde las estaciones de control y telemetría.

Tras haber introducido una visión general de la instalación del sistema de control se va a proceder a la explicación detallada de los diferentes equipamientos. En los siguientes apartados se desglosará la distribución y el cableado de los módulos que se han considerado como fundamentales para el correcto entendimiento de la instalación.

7.1.2 Arquitectura del sistema de distribución eléctrica.

Para la explicación de este apartado se ha realizado un esquema ilustrativo de la instalación mostrado en la Figura 7-3 para su mejor entendimiento. En él se explica, de forma esquemática pero detallando los aspectos importantes de la instalación, como se distribuye la alimentación eléctrica desde el bloque de baterías hasta los Drivers que la entregan a los motores dependiendo del régimen deseado.

Como se puede observar en la Figura 7-3 la instalación se alimenta con un voltaje de 12 V, este es dado por el bloque de baterías y será fundamental mantenerlo invariable a lo largo del sistema para el correcto funcionamiento del mismo.

Como se puede observar en la Figura 7-3 la instalación se alimenta con un voltaje de 12 VCC proporcionado por un bloque de baterías.

El bloque de baterías alimenta el módulo de potencia (*power module*) que tiene por misión la supervisión de los parámetros de alimentación de las baterías (tensión y corrientes). Dichos parámetros, que se entregan al autopiloto en tiempo real, se emplean por una parte para la toma de algunas decisiones automatizadas (autorización de armado, “vuelta a casa”, etc) y por otra se envían por telemetría a la estación en tierra.

El repartidor de la alimentación es un equipo totalmente pasivo que distribuye la alimentación a los diferentes equipos del sistema.

El repartidor proporciona también alimentación a los dos drivers, cuya función es la de entregar a los motores una corriente continua modulada mediante el método PWM, que se explicará de forma detallada en el apartado 7.1.2.1. De esta forma, se generará el par de giro deseado en cada momento de cada uno de los motores.

Se ha estudiado la posibilidad, a la hora de generar la arquitectura de la instalación, de conectar al sistema unidades auxiliares. Dichas unidades no serán definidas en el proyecto pero si se definirá el requisito de la tensión de entrada a dichos sistemas auxiliares ya que debe de ser la tensión del resto de la instalación.

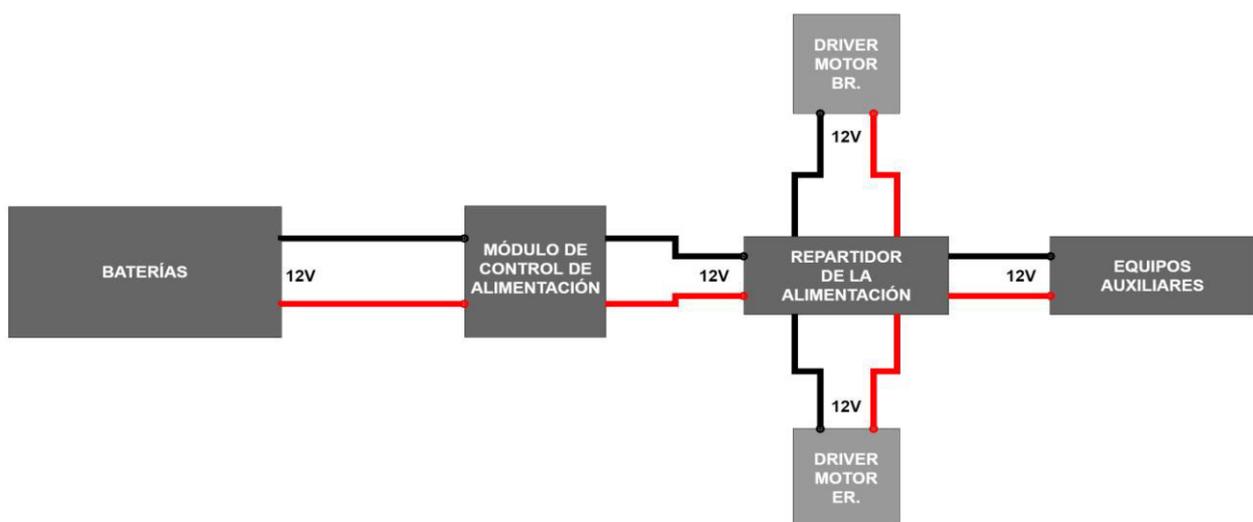


Figura 7-3 Esquema arquitectura de la instalación de alimentación.

Para la propulsión del vehículo del proyecto se ha optado por el uso de dos motores eléctricos de corriente continua fueraborda, detallados en el apartado 6.5.5.2.

7.1.2.1 Método de control PWM (*Pulse Width Modulation*).

Los motores de corriente continua (CC o DC por sus siglas en inglés) constan, por lo general, de dos devanados de cobre alimentados con CC, uno fijo que es el inductor del campo denominado estator, y otro, con libertad en el movimiento rotatorio, inducido al que se le clasifica como rotor. Ambos devanados generan campo, teniendo como objetivo, el motor, que el campo del rotor interaccione con el del estator para producir un valor de par máximo en el eje del rotor. Para lograr dicho par se debe de cumplir que ambos campos sean perpendiculares en todo momento.

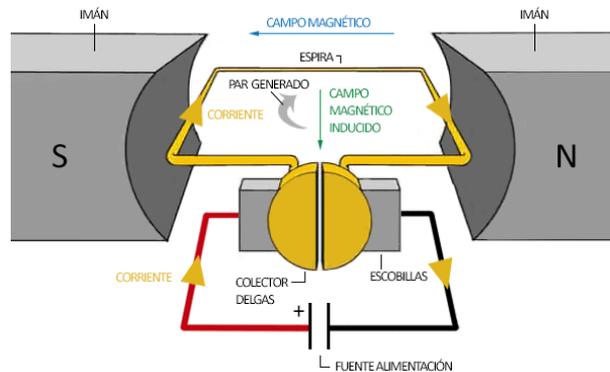


Figura 7-4 Funcionamiento de un motor CC. (Fuente:[28])

Dentro de las diversas formas de controlar los motores de corriente continua, se ha seleccionado el método PWM, modulación del ancho de pulso, que consiste en la variar la cantidad de tiempo en el motor recibe tensión, es decir, su ciclo de trabajo. Si se le suministra al motor la tensión de trabajo de forma constante, este girará a su máxima velocidad y potencia. Con esta metodología el motor recibe la tensión fija de forma modulada en el tiempo, la recibe a pulsos. Estos pulsos lo que permiten es la regulación de la velocidad manteniendo la potencia del motor, es decir, con la variación del ciclo de trabajo lo que se consigue es la variación del valor medio de la tensión que alimenta el motor. Esta técnica permite un control preciso del motor, permitiendo arranques y paradas del motor más suaves, pero requiere un circuito electrónico especializado, es decir, requiere de un driver entre la fuente de tensión y el motor.

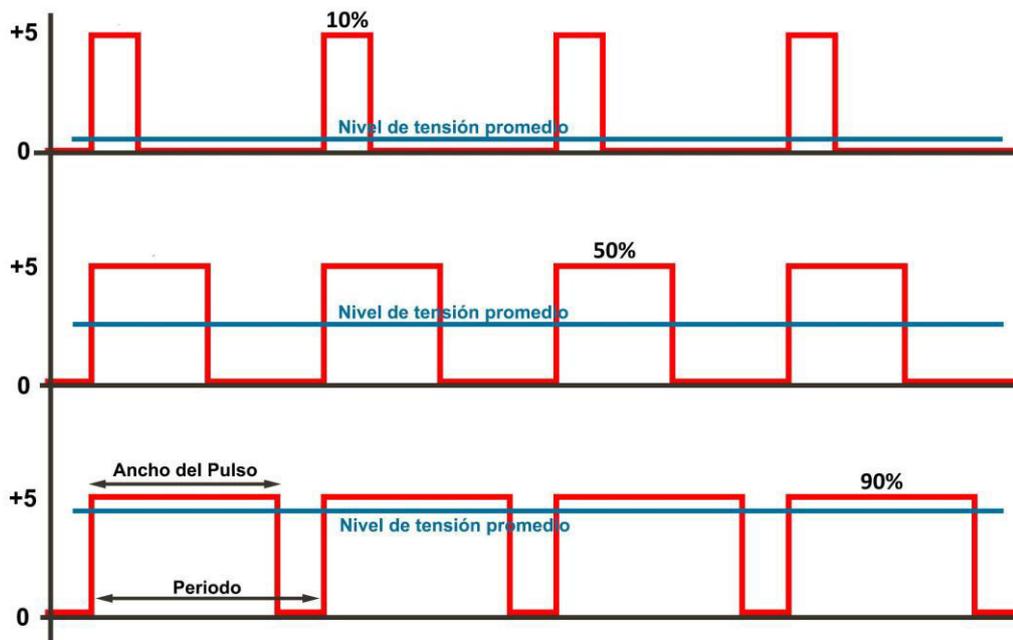


Figura 7-5 Ejemplo de la modulación PWM y voltaje promedio. (Fuente:[29])

7.1.3 Arquitectura del sistema de control de la plataforma.

Para el mejor entendimiento de la instalación de este apartado se ha generado un esquema que explica de forma más detallada, como es el cableado y las diferentes conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del control de la propulsión de la plataforma. Este esquema se muestra en la Figura 7-6.

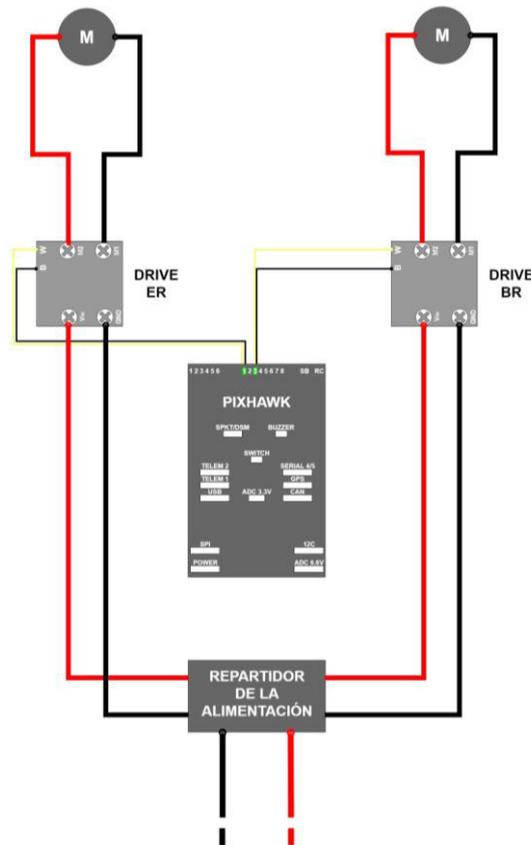


Figura 7-6 Esquema de la arquitectura del control de la plataforma.

Con respecto al flujo de datos de la instalación de puede observar en el esquema como el hardware de autopiloto está conectado mediante el puerto 1, de las salidas principales, con el drive que controla el motor de estribor (Er.) y mediante el puerto 3 al drive del motor de babor (Br.). Estas conexiones se realizan mediante un cableado compuesto por dos cables, uno amarillo o blanco que manda la información correspondiente al régimen solicitado por el usuario para cada motor en un momento determinado, y un cable negro que proporciona la referencia con respecto a la masa de la información enviada por el otro cable de la conexión. Esta información enviada desde el autopiloto a los controladores (*drivers*) permitirá la regulación del régimen de cada motor.

Como ya se ha comentado, la alimentación eléctrica provendrá del repartidor de la alimentación que a su vez recibe la alimentación del bloque de baterías como se ha visto en el apartado 7.1.2. La alimentación de los drivers se produce a través del cable de color rojo (alimentación de +12 VCC) al puerto denominado como Vin, y el cable de color negro al puerto que ejerce de masa del circuito, GND. Cada motor se conecta a su correspondiente driver mediante los pines M1 y M2 (cables rojo y negro, respectivamente).

7.1.4 Arquitectura del sistema de navegación y posicionamiento.

En este apartado se procederá a explicar de forma detallada cuales son los equipos del hardware de la arquitectura del sistema que la plataforma requiere para la navegación y el posicionamiento de forma remota. Para ello se ha realizado un esquema explicativo de la conexiones y el equipamiento que esta arquitectura solicita para su funcionamiento óptimo, dicho esquema se muestra en la Figura 7-7. En este esquema solo se ha reflejado el flujo de datos de los diferentes equipos ya que la alimentación necesaria para dichos equipos va suministrada directamente por dicho flujo.

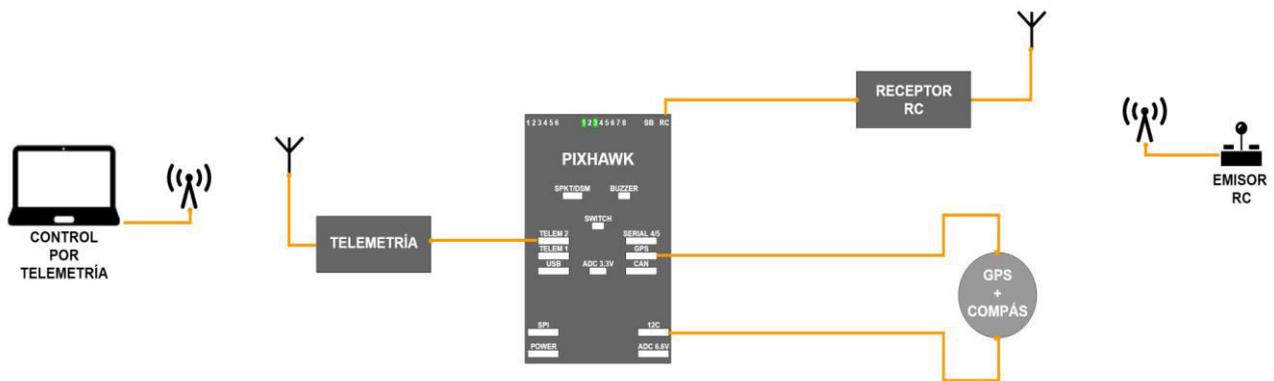


Figura 7-7 Esquema de la arquitectura del sistema de navegación y posicionamiento.

Como se explica en el esquema, para la navegación de la plataforma y su posicionamiento en tiempo real resulta de vital importancia el equipo que contiene el receptor GPS y el magnetómetro usado para dotar al sistema de posición y rumbo. Una vez que el autopiloto recibe dicha información, este ha de recibir las instrucciones que el usuario impone a la plataforma, además el sistema ha de ser capaz de comunicarse con la estación controladora para entregarle la información recibida a bordo sobre rumbo y posicionamiento.

Para el cumplimiento de estos requisitos básicos para la navegación, la instalación contempla dos opciones de controlado de la plataforma, la primera consiste en un control de forma constante y en tiempo real mediante comunicación radio, en cambio, la segunda no necesita recibir órdenes de forma continua sino que al sistema se le implanta una ruta y la plataforma mediante comunicación por telemetría es capaz de navegar de forma autónoma por dicha ruta.

Las conexiones de esta arquitectura serán: para la unidad de recepción GPS y magnetómetro, conexión al autopiloto mediante los puertos GPS e I2C, para la unidad de telemetría, puerto TELEM1 y para la unidad receptora de radio control, puerto RC.

7.1.5 Equipos auxiliares del hardware de la arquitectura del sistema de control.

En este apartado se recogerán aquellos equipos que son vitales para el correcto funcionamiento de la instalación pero no se ha creído conveniente que dichos equipamientos sean reseñables para generar una explicación detallada de ellos. Estos son:

- Buzzer (zumbador): se trata de un dispositivo que genera una serie de pitidos de distintos significados correspondientes a determinados estados operativos del autopiloto. Se conectará al puerto BUZZER del autopiloto.



Figura 7-8 Ejemplo de Buzzer de Pixhawk. (Fuente: [30])

- Pulsador: permite armar/desarmar el autopiloto dotando al sistema de cierta seguridad y común a otros sistemas auto-pilotados. Su conexión se efectuará mediante el puerto SWITCH del autopiloto.



Figura 7-9 Ejemplo de pulsador de Pixhawk. (Fuente: [30])

7.2 Software del sistema de control.

En este apartado se desarrollará de forma detallada el software que se ha decidido seleccionar para operar el sistema de control de la plataforma, se desgranará una explicación del software general y los diferentes modos de trabajo que tiene, la configuración del modo de trabajo apropiado para la plataforma en estudio y una explicación del software encargado del control por parte del operador.

7.2.1 Software del control de a bordo: ArduPilot.

ArduPilot es un software que se ejecuta en un hardware a bordo del vehículo y que permite el control de este. Es el encargado de gestionar toda la información que recibe del exterior mediante sensores propios y actúa en consecuencia sobre el sistema de gobierno del vehículo.



Figura 7-10 Logotipo de ArduPilot. (Fuente:[31])

ArduPilot consiste en un sistema de piloto automático de gran calidad basado en la plataforma Arduino Mega. Este piloto automático puede controlar tanto aeronaves de ala fija (ArduPlane) como rotatoria (ArduCopter), también tiene una versión para el control de vehículos de superficie (ArduRover), ya sea superficie terrestre como acuática y por último, es capaz de controlar vehículos submarinos (ArduSub). ArduPilot basa su navegación en punto de recorrido, es decir, mediante “waypoints” cuando gobierna de forma autónoma por una ruta establecida, manteniendo una comunicación constante con punto de control remoto mediante una telemetría bidireccional. También permita la opción de radio control tradicional, en la que el piloto gobierna el vehículo mediante órdenes en tiempo real.

7.2.1.1 ArduPlane.

Esta modalidad del software permite a aeronaves de ala fija un control autónomo completo, mediante funciones avanzadas como podrían ser navegación mediante puntos de referencia tridimensionales, despegue y aterrizaje automático o planificación de misiones.

7.2.1.2 ArduCopter.

El modo de funcionamiento del software para los vehículos aéreos no tripulados de ala rotativa es denominado ArduCopter, este engloba a todos los UAV que no sean de ala fija, independientemente del número de rotores que tenga el vehículo. Es el firmware más desarrollado del grupo ArduPilot, teniendo reconocimientos internacionales. Esta modalidad es capaz de cumplir con cualquier requisito de vuelo, desde vuelos veloces para carreras hasta grabaciones de tomas lentas y precisas.

7.2.1.3 ArduSub.

El proyecto ArduSub tiene sus orígenes basados en el software ArduCopter, ofreciendo las mismas prestaciones pero operando debajo de la superficie del agua. Esta modalidad ofrece un código abierto con todas las funciones de un vehículo submarino operado a distancia (ROV) y, a la vez, la posibilidad de trabajar con vehículos subacuáticos totalmente autónomos (AUV). En su configuración ofrece una amplia gama de capacidades como el control de estabilidad, retención de profundidad y rumbo y navegación autónoma.

7.2.1.4 ArduRover.

Este modo es, esencialmente, para vehículos terrestres de los cuales se pueden encontrar diferentes configuraciones para el control del gobierno del vehículo. Sin embargo, se ha incluido el control de buques en este mismo modo de funcionamiento debido a que la configuración necesaria para un buque puede asemejarse en gran medida con las configuraciones de un vehículo terrestre, además ambos trabajan en el espacio de las dos dimensiones mientras que el resto de modos de funcionamiento trabajan con la altura, es decir, en el marco de las tres dimensiones.

7.2.2 Configuración del software.

Una vez estudiado tanto el software ArduPilot y sus diferentes versiones, como el equipamiento básico que este sistema necesita para su correcto funcionamiento, se va a proceder a la explicación de cómo se ha de integrar este sistema para el control del gobierno de la plataforma del proyecto. Los diferentes parámetros de configuración que se procederán a explicar en el presente apartado se limitan a los esenciales y característicos para el control de la plataforma como buque y para la explicación del método seleccionado para el control del gobierno del vehículo. Existe una larga lista de parámetros de configuración que hay que introducir en el software para el funcionamiento básico del sistema pero no se va a explicar ya que es una configuración básica común a todos los modos de ArduPilot.

7.2.2.1 Configuración del tipo de Software.

Como se ha comentado anteriormente, para el control de plataformas navales se ha de utilizar el modo de funcionamiento de ArduRover, para que el software controle el vehículo en modo Rover se ha de configurar mediante el comando *SYSID_SW_TYPE* que define el tipo de software con el que se desea trabajar, según los valores de la Tabla 7-1. Como se puede observar, en el caso del proyecto se ha de configurar con el valor 20 para que el software trabaje en el modo de funcionamiento deseado: ArduRover. Esta operación realizará una serie de cambios en el software original, ArduPilot, haciendo que el hardware, Pixhawk, admita la configuración de los equipos y sistemas propios de esta configuración.

<i>Valor</i>	<i>Significado</i>
0	<i>ArduPlane</i>
4	<i>AntennaTracker</i>
10	<i>ArduCopter</i>
<u>20</u>	<u><i>ArduRover</i></u>
40	<i>ArduSub</i>

Tabla 7-1 Valores de configuración del comando *SYSID_SW_TYPE*.

7.2.2.2 Configuración del modo de trabajo.

Para implementar en el software el modo de trabajo específico de control para un buque se ha de especificar, dentro del modo de funcionamiento ArduRover, el marco de trabajo que se desea trabajar. Ello se consigue introduciendo al software el modo que se desea mediante el comando *FRAME_CLASS* utilizando los valores definidos en la Tabla 7-2. Para el caso del vehículo del proyecto se debe elegir el valor 2, que rige el modo de trabajo de la plataforma en el marco acuático.

<i>Valor</i>	<i>Significado</i>
0	<i>Undefined</i>
1	<i>Rover</i>
<u>2</u>	<u><i>Boat</i></u>

Tabla 7-2 Valores de configuración del comando *FRAME_CLASS*.

7.2.2.3 Configuración del método de gobierno.

Una vez configurado el software ArduRover en modo buque, se pueden encontrar dos métodos para gobernar el vehículo que, en líneas generales, se pueden diferenciar mediante la utilización de comandos destinados para el control del servo o no.

La primera configuración del modo Rover (Separate Steering and Throttle) consiste en la separación de las órdenes del software. En esta configuración existen comandos que trabajan únicamente con el acelerador del vehículo siendo, de esta forma, capaz de controlar la potencia y la velocidad que tiene la plataforma, y en paralelo a estos comandos, trabajan los comandos encargados del control del servo del vehículo, es decir, aquellos que gobiernan el timón.

La segunda configuración de ArduRover (Skid Steering) necesita que la plataforma en la que se instale esté dotada con más de un motor, esto se debe a que basa su funcionamiento en el control individual del acelerador de cada motor. Para la embarcación del proyecto se ha decidido utilizar esta forma de trabajo ya que cumple con las características de la plataforma siendo más sencilla de integrar y dotando de mayor fiabilidad al sistema. A continuación se procederá a explicación detallada tanto del modo de funcionamiento de dicha configuración como de los parámetros que se han de implementar en el software para su aplicación:

- Configuración diferencial (Skid steering):

La configuración diferencial se caracteriza por ser uno de los modelos más sencillos a la hora del gobierno de plataformas, tanto terrestres como acuáticas. Este tipo de configuración basa su gobierno en el empleo de empujes individuales en cada lado del vehículo, un ejemplo de esta configuración son los carros de combate equipados con orugas donde no existen ruedas directrices. Tal y como se puede observar en la Figura 7-11 el modo de trabajo de la configuración diferencial permite el avance en todas las direcciones, este dependerá del sentido e intensidad del vector de empuje que cada motor genera sobre la plataforma. En conclusión, la configuración diferencial permite generar el movimiento del vehículo en todas las direcciones si la necesidad de un componente directriz como pudiera ser un timón, la eliminación de sistemas auxiliares que pueden ser remplazados con configuraciones alternativas proporciona al sistema un grado mayor de fiabilidad.

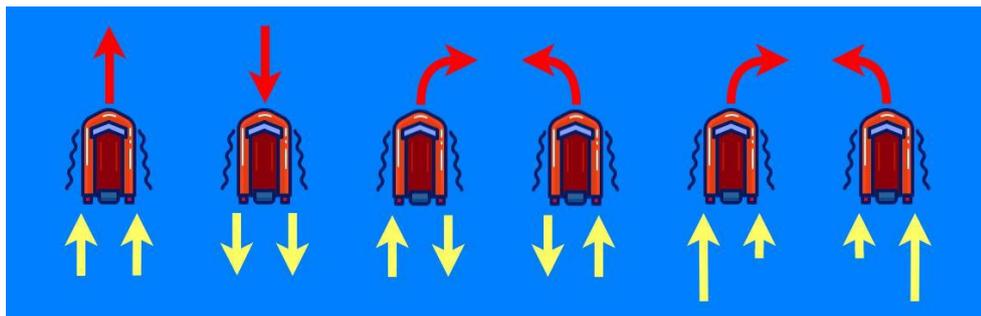


Figura 7-11 Principales movimientos de buque con configuración diferencial.

- Ejecución de la configuración diferencial.

Para implementar la configuración diferencial, anteriormente explicada, en el software ArduPilot en el modo Rover, se han de seleccionar una serie de parámetros determinados y conectar los puertos del hardware Pixhawk de la forma que a continuación se explicará.

Para conseguir la correcta implementación de la configuración diferencial en el software no existe un comando específico que lo ejecute, la forma de definir dicha configuración es directamente ordenándole a los diferentes puertos de salida del hardware Pixhawk la función que van a desarrollar mediante los comandos *SERVOx_FUNCTION*. Para el caso concreto de la plataforma del proyecto se van a ejecutar los comando en el puerto 1 y el puerto 3 dándole las instrucciones de qué función desarrollarán, estas instrucciones están equiparadas a comandos que son entendidos por el software en la Figura 7-11 se muestran algunos de ellos, siendo los que se encuentran subrayados los parámetros que se usarán.

<i>Valor</i>	<i>Significado</i>
26	<i>GroundSteering</i>
70	<i>Throttle</i>
<u>73</u>	<u><i>ThrottleLeft</i></u>
<u>74</u>	<u><i>ThrottleRight</i></u>
81	<i>BoostThrottle</i>

Tabla 7-3 Ejemplos de funciones de los puertos de salida de la Pixhawk.

En definitiva, la configuración será *SERVO1_FUNCTION=73* y *SERVO3_FUNCTION=74*, dándole al servo 1 la función de controlar la potencia del motor de la banda de estribor (motor derecho visto desde la parte trasera de la plataforma) y al servo 3 la función de controlar el motor de babor (motor izquierdo visto desde la parte trasera de la plataforma).

7.2.3 Software de la estación de control: Mission Planner.

El software Mission Planner es una aplicación de la estación, terrestre o a bordo de las unidades de la flota, con todas las funciones para el control del piloto automático de la plataforma sostenido por el código abierto de ArduPilot. Dicho software tiene tanto la función de utilizarse para la pre-configuración del sistema de una plataforma autónoma como de ejercer un control dinámico y permanente sobre ella.

Con una sencilla entrada mediante el puerto USB conectado al hardware del autopiloto se puede planificar, guardar o cargar las misiones autónomas de la plataforma, y descargar un registro de las misiones llevadas a cabo por esta.



Figura 7-12 Logotipo de Mission Planner. (Fuente:[31])

Usando los equipos de telemetría del sistema de control del hardware permite: al operador controlar el estado del vehículo en tiempo real mientras está en funcionamiento; registrar los valores del sistema de telemetría que contiene información más detallada que la ofrecida por el hardware del autopiloto; y operar completamente el vehículo.

Este software es una aplicación completamente gratuita, de código abierto y compatible con el software de control desarrollado en el proyecto que culminaría como ArduPilot.

7.2.3.1 Configuración del software en el hardware autopiloto.

En este apartado se van a desarrollar unas indicaciones acerca de cómo configurar el hardware que sostiene el control de la plataforma no tripulada para poder dotarle de la capacidad de ser utilizado por la estación de control.

Como primer punto se ha de conectar, previo a su despliegue, el hardware al ordenador donde se vaya a proceder a ejecutar el control de la plataforma mediante un cable micro USB.



Figura 7-13 Conexión del hardware autopiloto mediante mini-USB. (Fuente: [31])

Tras haber realizado la conexión y seleccionado unos determinados parámetros para la definición de los elementos del hardware que se están usando en el sistema, se cargará el software Mission Planner en la placa del hardware del autopiloto.

Una vez cargado el software en el hardware autopiloto, se ha de conectar dicho software con el software propio de autopiloto, ArduPilot, para así dotar al sistema de control para recibir telemetría y controlar la navegación de la plataforma.

Para ello se seleccionará el puerto deseado en el cual se va a conectar el autopiloto, tras efectuar la conexión el software Mission Planner descargará los parámetros relevantes del control del piloto automático, ya continuación se procederá a la planificación de la misión.

7.2.3.2 Planificación de la misión.

En este apartado se va a proceder a explicar brevemente la metodología seguida para la configuración de la planificación de la misión en el sistema de auto-pilotaje de la plataforma. Estas misiones automáticas se ejecutarán cuando el software ArduPilot este configurado en el modo AUTO, que seguirá ordenes de planificación de rutas mediante puntos “waypoints” geo-posicionados y de eventos de comandos para el control de sistemas auxiliares como una cámara.

Como punto inicial de la planificación se ha de establecer una posición inicial de donde parte todo el desarrollo pre-planeado de la misión. Este punto servirá de referencia al sistema y si existiesen fallos en la conexión el vehículo volverá a la posición inicial.

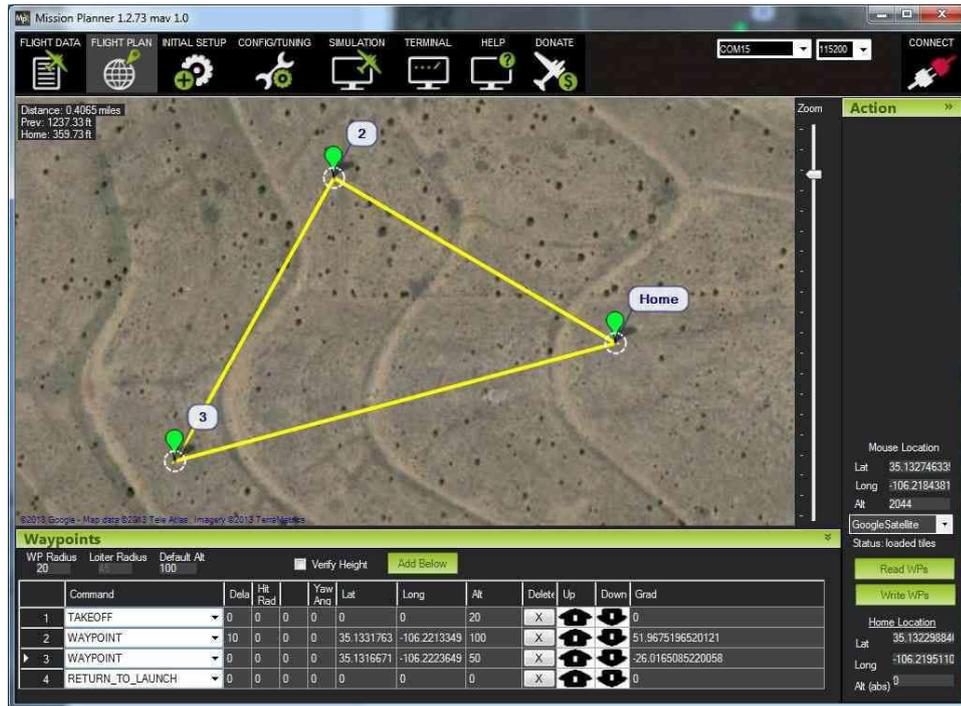


Figura 7-14 Ejemplo del software Mission Planner para el modo ArduCopter. (Fuente:[31])

Para realizar el ingreso de puntos “waypoints” y otros comandos se accederá a los menús desplegables de la interfaz del software. Existe algunos comandos que se pueden configurar de forma directa como puede ser la configuración de la latitud y la longitud de los puntos que se puede realizar clicando directamente sobre el mapa, basado sobre la aplicación Google Earth. Además, el software tiene predefinidas algunas rutas que se pueden implementar sobre cualquier mapa, estas rutas son patrones básicos o que se usan con bastante frecuencia como puede ser el barrido de un área, denominado como “Cortacésped”. Una vez generada la ruta que se desea ordenar a la plataforma se procederá a guardarla quedando está instalada en el hardware.

7.2.3.3 Configuración de la planificación de la misión.

El software Mission Planner proporciona una lista de los comandos apropiados para el vehículo con el que se disponga a trabajar, además facilita una relación de encabezados que el usuario puede modificar para ajustar los valores determinados para cada parámetro. El listado incluye comandos de navegación para viajar a puntos intermedios o realizar búsquedas en las cercanías del punto en cuestión, comandos denominados “DO” para ejecutar acciones específicas, como pudiera ser tomar fotos con un equipamiento auxiliar y comandos de condicionamiento, “CONDITION”, que pueden ser accionados mediante determinados comandos “DO”.

Los comandos pertenecientes a la definición de la misión compatibles con todos los modos de funcionamiento del software ArduPilot se enumeran en un conjunto de comandos mediante un mensaje denominado como MAVLink, estos incluyen: el nombre completo de cada comando, información sobre que parámetros son compatibles y también los encabezados del planificador de la misión correspondiente.

7.2.3.4 Características del software Mission Planner.

Finalmente se va a proceder a nombrar las características principales que este software ofrece al usuario. Dichas características están ordenadas para que coincidan con la organización que se puede encontrar en la sección principal del planificador de misiones.

- **Conectividad:** este software permite conectar el hardware del autopiloto mediante varios métodos, como pueden ser por cable, mediante telemetría radio, Bluetooth o conexiones IP.
- **Datos de navegación:** el software ofrece al usuario un continuo flujo de datos en tiempo real sobre lo que está haciendo el vehículo.
- **Plan de navegación:** facilita información acerca de los diversos aspectos que la preparación del plan de navegación debe de dejar fijados.
- **Configuración inicial:** el software presenta un menú inicial donde determinar todos los parámetros para las acciones iniciales y/o permanentes de la misión, estas acciones son conocidas como acciones “must do”.
- **Ajustes de la configuración:** sección que realiza configuraciones del comportamiento del vehículo en la dirección que se desee para este, pueden ser iniciales o durante la navegación de la plataforma.
- **Simulación:** este software tiene una función muy desarrollada y de gran utilidad que consiste en una simulación de la planificación de la navegación, es decir, permite que se generen los datos, virtualmente, de la misión planeada.
 - **Otras características de Mission Planner:** existen variedad de características menores en este software pero que no adquieren importancia relevante para comentarlos en el proyecto.



Figura 7-15 Pestañas de las principales características de Mission Planner. (Fuente: [31])

7.3 Equipos de la arquitectura del sistema de control de la plataforma.

Finalmente, tras realizar una explicación detallada del sistema se va a proceder a resumir el listado de material y equipamiento utilizados para el diseño de la instalación. Se ha de comentar que todos los equipos de la instalación serán alojados e instalados de la forma que mayor robustez presenten dentro de una caja estanca que estará alojada, en una estiba firme en la cubierta interior de la embarcación, zona protegida de la intemperie mediante la estanqueidad ofrecida por el casco y la cubierta principal. Para posibilitar el acceso tanto a dicha caja como al bloque de baterías se han instalado una serie de escotillas estancas en la cubierta principal, como se ha comentado en el apartado 4.4.1.

7.3.1 Listado de equipamiento.

A continuación se expondrá un breve listado nominal de los equipos que componen la instalación y las unidades necesarias de cada equipamiento.

<i>Equipo</i>	<i>Unidades</i>
<i>Pixhawk</i>	<i>1</i>
<i>Drive: HB-25</i>	<i>2</i>
<i>Motor CC: Newport Vessels 62lbs</i>	<i>2</i>
<i>Baterías AGM: Ultracell UC-86-12 (12V-86Ah)</i>	<i>4</i>
<i>Módulo de control de alimentación</i>	<i>1</i>
<i>Repartidor</i>	<i>1</i>
<i>GPS / Compás</i>	<i>1</i>
<i>Módulo de telemetría</i>	<i>1</i>
<i>Módulo de recepción Radio Control</i>	<i>1</i>
<i>Antenas de recepción</i>	<i>2</i>
<i>Buzzer</i>	<i>1</i>
<i>Pulsador</i>	<i>1</i>

Tabla 7-4 Listado de equipos de la instalación y número de unidades.

A continuación se va a realizar una breve descripción de los equipamientos que se han implementado en la arquitectura del sistema de control de la plataforma y que son diferentes al módulo común de los equipos del autopiloto Pixhawk, es decir, las baterías de ciclo profundo AGM y los drivers HB-25.

Aunque se haya incluido en el listado de equipamientos los dos motores Newport Vessels integrados en el sistema de control de la plataforma estos no se explicarán en este apartado ya que dicha explicación se ha realizado en el capítulo 6.5.5.2 como parte del sistema de propulsión.

7.3.2 Batería AGM 12V 86Ah.

Las baterías con la tecnología AGM (*Absorbed Glass Material*) fueron desarrolladas en los años 80 para reducir el peso de los aviones. Esta tecnología se caracteriza por contener el ácido sulfúrico absorbido en capas delgadas de fibra de vidrio. Esto dota al equipo de gran fiabilidad y seguridad ya que no contiene líquidos libres dentro de él que sean susceptibles de ser derramados.

Estas baterías son de ciclo profundo, esto quiere decir que su consumo es continuo en todo el tiempo de uso, al contrario de las baterías de ácido-plomo, que entregan gran parte de su energía en los primeros momentos para accionar el motor de arranque. Las baterías AGM de ciclo profundo reparten la carga sin riesgo de estropearse hasta un 80% a diferencia del 50% de las baterías para arranque.

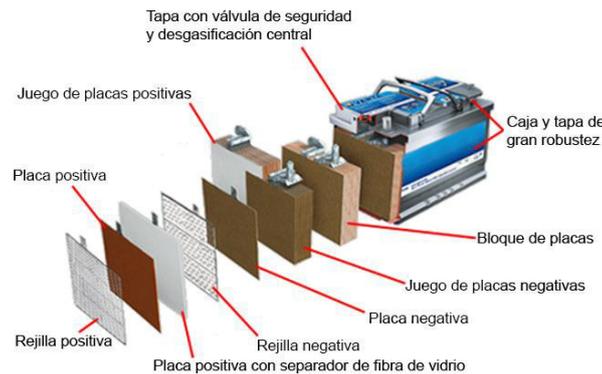


Figura 7-16 Componentes de una batería AGM. (Fuente:[32])

La alimentación de la plataforma, en definitiva, consistirá en un bloque de 4 baterías AGM de 12V y 86Ah conectadas en serie. Esta configuración le proporciona al sistema el voltaje entre bornes de 12V que requiere y una capacidad total de energía almacenada de 344Ah. Es decir, que con un consumo aproximado de 58 Ah por cada motor le proporciona a la plataforma de una autonomía aproximada de 3 horas.

7.3.3 Drive Parallax HB-25.

El controlador de motor HB-25 consiste en un controlador eléctrico que combina la técnica de los puentes H con la simplicidad de un servo. Los puentes H son circuitos electrónicos que se utilizan para permitir el giro de los motores eléctricos de corriente continua en los dos sentidos. Además, este equipo está diseñado para ser usado con grandes corrientes ya que lleva integrado un sistema de dispersión del calor mediante un ventilador, lo que ofrece grandes garantías de fiabilidad.



Figura 7-17 Drive Parallax HB-25. (Fuente:[33])

8 ESTUDIO DE POSIBILIDADES DE LAS CARGAS DE PAGO

En este apartado se va a proceder a realizar un estudio de capacidades y posibilidades de los diferentes usos de la plataforma de superficie no tripulada diseñada en el proyecto. Las diversas tareas que pueden ser ejecutadas por la plataforma van a ser definidas por el contenido de la carga de pago instalada a bordo de la misma. Esta le conferirá al vehículo las capacidades tácticas, siendo un módulo independiente del sistema de la plataforma, en su versión más básica, pero a la vez indispensable para la realización de las misiones encomendadas.

Para realizar dicho estudio se va a proceder a analizar las características del compartimento de la cubierta principal de plataforma destinado a albergar los diferentes módulos contenedores de las cargas de pago, en el análisis se determinarán las capacidades y los requisitos que estos módulos deberán cumplir.

Tras la definición de las características principales de los módulos contenedores se ha procedido a estudiar cuales pueden ser las diferentes misiones posibles de llevar a cabo con la plataforma del proyecto. Para ello se ha realizado un análisis de la información y requisitos acerca de los vehículos no tripulados que la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) ha publicado en diversos documentos de carácter no clasificado. Además, se indicará una idea de los diferentes equipos que los módulos han de incorporar para satisfacer los requerimientos específicos de cada misión, debido a que, aunque existen configuraciones comunes en variedad de misiones, cada una atiende a unos criterios y evaluaciones que disciernen del resto.

8.1 Características del módulo contenedor.

En este apartado se van a explicar las características de compartimento a bordo de la plataforma no tripulada destinado a albergar el módulo extraíble que le confiere la multifuncionalidad a la embarcación no tripulada del proyecto.

Para ello se va a desarrollar una explicación de las características del diseño del compartimento, las capacidades que este compartimento tiene y los requisitos para el diseño de los diferentes módulos destinados a las distintas misiones asignadas.

8.1.1 Características y capacidades del módulo contenedor de las cargas de pago.

Para definir las características y capacidades del módulo que albergara las diferentes cargas de pago, se ha procedido a realizar un diseño de un módulo básico que refleje dichos aspectos. Este tiene como objetivo servir de modelo para el diseño del resto de módulos que sufrirán las modificaciones pertinentes para el óptimo empleo de los sistemas que este embarcaría a bordo de la plataforma.

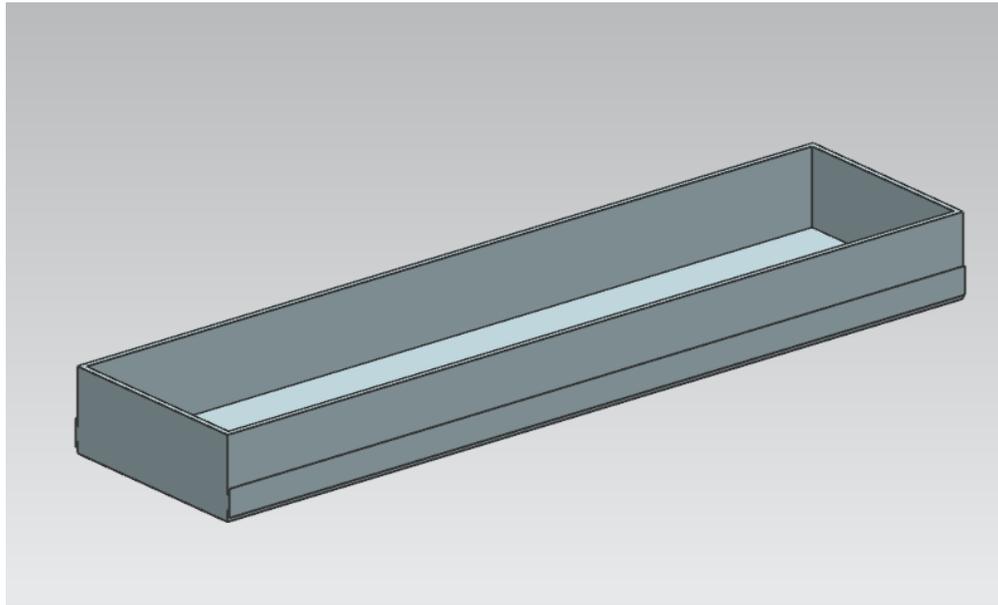


Figura 8-1 Modelo básico de módulo contenedor.

En la Figura 8-1 se muestra el modelo 3D del diseño realizado para el módulo básico. En él se puede observar la principal característica que este ostenta: la necesidad de incorporar unos raíles para el correcto estibado de este en el compartimento de la plataforma.

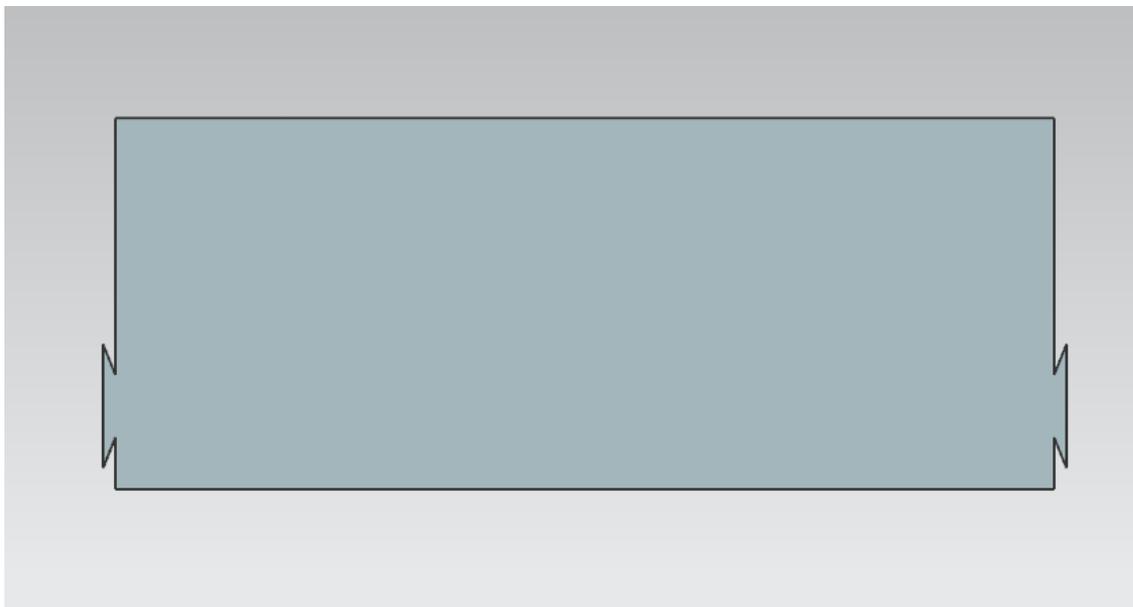


Figura 8-2 Vista frontal del modelo básico de módulo contenedor.

Como se observa en la Figura 8-2 estos raíles son específicamente diseñados para el alojamiento de los módulos en la plataforma, cuya información de diseño se encuentra recogida en el plano del módulo modelo. Estos raíles serían recubiertos mediante una fina capa de un material polimérico para su correcto ajuste y asentamiento. El módulo deberá de ser diseñado con elementos de fijación para estibarse de forma que el modulo sea solidario con la plataforma.

Con respecto a las capacidades, el módulo básico se dispone en forma prismática con unas dimensiones de: largo 2993 mm, ancho 770 mm y una altura de 298,6 mm. Estas dimensiones son una referencia para el diseño de los diferentes módulos pero pueden ser variados según la disposición que necesite el equipamiento del módulo determinado.

Igual que las dimensiones del módulo pueden ser variadas y la configuración de las formas del mismo también, por ejemplo dejando el mamparo de popa del módulo abierto para el despliegue del equipamiento que este tuviese, existen algunos requisitos que se deben tener en cuenta para el diseño del mismo, para asegurar su explicación de forma clara, estos criterios se van a desarrollar en el apartado siguiente.

8.1.2 Requisitos del módulo contenedor para las cargas de pago.

Para que los diferentes módulos extraíbles e intercambiables que la plataforma no tripulada puede embarcar sean acordes entre ellos y con respecto a la plataforma que los embarca, deberán de cumplir una serie de requisitos de diseño.

Estos requisitos serán, especialmente, la posición del centro de gravedad, el peso máximo admisible para las cargas de pago embarcadas en el módulo y las dimensiones específicas de los raíles.

Con respecto a la posición del centro de gravedad, debe cumplirse el requisito de que la posición del centro de gravedad del módulo determinado con todo el equipamiento a bordo de la plataforma este en el mismo punto tanto longitudinal como transversal del centro de gravedad de la plataforma, de este modo se evitará que la posición lateral del centro de gravedad varié, evitando así que se generen brazos que escoren la plataforma y empeoren la estabilidad de la plataforma. En la Figura 8-3 se muestra el efecto de la variación lateral de la posición del centro de gravedad.

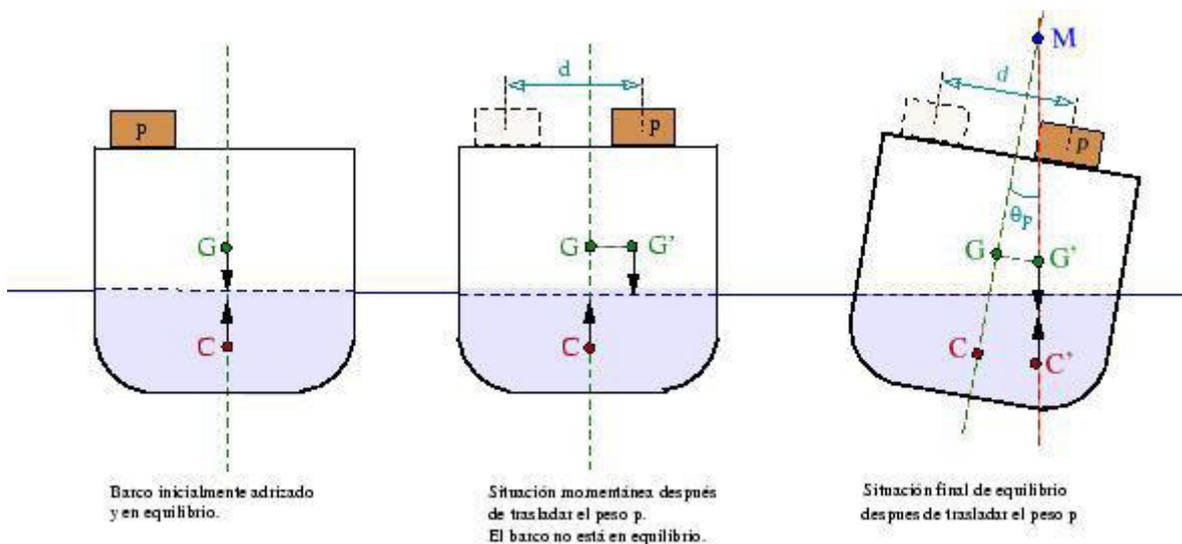


Figura 8-3 Grafica del desplazamiento lateral de G-G' y su efecto. (Fuente:[12])

Para establecer los requisitos correspondientes al peso máximo admisible, se ha establecido una línea de calado medio máximo en 30 cm de calado, debido a que con dicho calado la posición del centro de gravedad queda debajo de la línea de flotación pero por encima del centro de carena (centro de gravedad del volumen sumergido). Esta disposición de las posiciones de los centro de gravedad dotan a la embarcación de tener la capacidad de auto-adrizarse. Este calado máximo nos permite conocer el valor del desplazamiento máximo de la embarcación, que es 0,811 toneladas. Dado a que el desplazamiento en rosca (peso de la embarcación totalmente descargada) de la plataforma es de 0.3 toneladas, queda una capacidad de peso muerto máximo de cerca de media tonelada, pero para el diseño del módulo se ha establecido como peso máximo admisible 450 kg (0,45 T).

Por último, se va a establecer como requisito que los módulos contenedores de las cargas de pago, independientemente de la dimensión longitudinal que tuviesen, tengan las mismas dimensiones transversales que el módulo modelo, estas dimensiones incluyen los raíles ya que la plataforma está diseñada con guías de las mismas características de los raíles de este módulo modelo.

8.2 Estudio de posibles misiones para la plataforma.

En este apartado se van a estudiar los factores y las características que el módulo deberá de cumplir para la realización de los cometidos propios de cada misión. Además se va a realizar de forma somera, un estudio acerca del equipamiento que los módulos contenedores deberán de llevar instalados en concordancia a la misión determinada para la cual la plataforma de superficie no tripulada va a ser desplegada.

Para realizar el estudio de posibilidades de las diversas misiones para la plataforma, como se ha comentado anteriormente, se ha procedido a recolectar información acerca de cuáles son las intenciones de los diferentes países componentes de la OTAN acerca del uso y desarrollo de los vehículos de carácter no tripulado que, en actualidad, han abierto un nuevo sector dentro de las tácticas de defensa de los ejércitos y armadas de los diferentes países.

Tal es la proyección táctica de estos sistemas que la OTAN, como organización centralizada de la política de defensa de los países que componen la alianza, y el resto de ministerios y departamentos de defensa propios de los países, han decidió incluirla en sus documentaciones y doctrinas tácticas. Como por ejemplo, la creación de un nuevo capítulo dedicado a estos sistemas para el ambiente marino en la nueva actualización de la publicación de la táctica de las marinas aliadas [1].

La definición que realiza la publicación “Guidance for developing Maritime Unmanned Systems (MUS) capability” [34] (en español: Directrices para el desarrollo de capacidades de los Sistemas Marítimos no tripulados) acerca de los atributos para las competencias de un vehículo de superficie no tripulado (USV) cita:

“Las áreas de contribución a las necesidades navales de los sistemas marítimos no tripulados (MUS) derivan de sus ventajas operativas, que incluyen: la autonomía, la reducción de riesgos, el despliegue, la adaptabilidad al entorno y la persistencia.”

Y reconoce como principales misiones para una plataforma no tripulada de superficie (USV) a: medidas contra minas, guerra anti-submarina, seguridad marítima, guerra de superficie, apoyo a las unidades de operaciones especiales, guerra electrónica y apoyo en operaciones de interdicción marítima.

8.2.1 Misiones de medidas contra minas (MCM).

Las operaciones de minado tienen como objetivo el control del mar mediante el minado de determinadas áreas, este puede ser tanto asegurando el uso de las aguas propias como el negárselo al enemigo. Por ello se puede clasificar el propósito de las operaciones de minado como ofensivas, defensivas y de protección.

Es por ello que surgen las operaciones de medidas contra minas, que tienen como principal meta lograr el libre uso del mar a los buques de la misma nación, ya sean mercantes como de guerra. Este objetivo se consigue reduciendo la efectividad del minado enemigo y contrarrestando el riesgo de amenaza derivado de las minas. Pueden ser clasificadas en activas o pasivas dependiendo de las medidas tomadas para la consecución del objetivo.



Figura 8-4 Explosión controlada de una mina. (Fuente:[35])

La plataforma diseñada en el proyecto puede ser una herramienta muy útil en este campo de la táctica naval por diversos motivos. La principal ventaja que ofrece dicho vehículo está vinculada con la faceta de ser un vehículo no tripulado, es decir, que para este tipo de misión no se pondría en riesgo la vida de ningún miembro de la dotación

Tras establecer cuál es la principal ventaja que ofrece el vehículo del proyecto en estas misiones, se va a proceder a estudiar cuales serían los posibles usos de la plataforma en las operaciones de contra minado:

- **Localización de minas.** Para desarrollar esta misión la plataforma ha de portar un módulo con un vehículo submarino no tripulado (UUV) que desempeñe esta función. Al igual que se realiza en la actualidad con los vehículos operados remotamente (ROV), como por ejemplo el Pluto Plus utilizado por la Armada Española. La ventaja que ofrece en este tipo de operaciones el uso de la plataforma no tripulada, es el despliegue lejano del UUV para la localización de minas en un posible campo minado. Para el control del UUV la plataforma debe llevar un equipo de comunicaciones que enlace el vehículo con la estación de control del buque, ofreciendo así mayores alcances de operación.

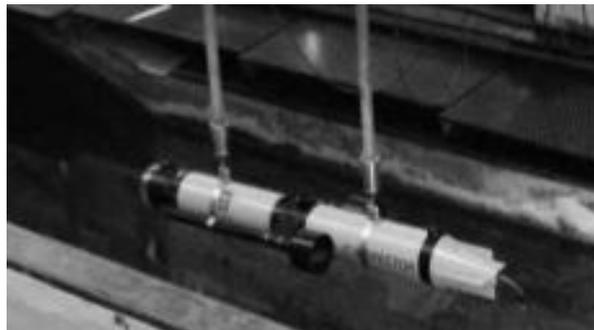


Figura 8-5 Prototipo de UUV. (Fuente: [36])

- **Caza de minas.** Una vez localizadas los artefactos explosivos, existe la posibilidad de tomar acciones activas sobre este. Estas acciones pueden ser desarme del explosivo o directamente accionamiento del explosivo de forma controlada. La plataforma puede ser útil en el segundo tipo de acciones ya que se puede estudiar el diseño de un módulo con dicho propósito, que alberque un artefacto que mediante el control remoto desde la estación de a bordo haga detonar la mina. Este artefacto para la caza de minas podría ser o bien remolcado o bien lanzado desde la plataforma en la posición de la mina.

8.2.2 Misiones anti-submarinas (ASW).

Las operaciones de carácter anti-submarino tienen como principal objetivo la negación al enemigo de uso eficaz de su flota de submarinos. Es por ello que la localización o la disuasión de las unidades submarinas enemigas es un factor clave para el cumplimiento de las misiones anti-submarinas.

Algunos cometidos que de este tipo de misiones son el aseguramiento de la seguridad del tráfico marítimo mercante o de fuerzas navales, la protección de aguas costeras o la negación de la zona de operaciones del submarino enemigo.

Para el uso de la plataforma en las misiones anti-submarina, se ha realizado un estudio de posibles equipamientos que esta podría transportar en el módulo destinado a estas misiones, llegando a la conclusión de que el equipamiento óptimo serían las sonoboyas pasivas.



Figura 8-6 Conjunto de diferentes tipos de sonoboyas pasivas. (Fuente: [37])

Dicho equipamiento sería óptimo dado que es el sistema de detección acústica que más alcance tiene. El principal inconveniente actualmente de las sonoboyas activas es la permanencia de estas, ya que dura el periodo de tiempo que la batería de la sonoboya tarde en consumir su energía. Este problema sería solventado con la plataforma no tripulada dado que se podría alimentar el sistema con fuentes de alimentación instaladas a bordo de la plataforma. En definitiva, se podría resumir esta combinación para la guerra anti-submarina como una sonoboya móvil. Además, esta configuración ahorraría el gasto actual de sonoboyas no recuperables.

Para la detección de contactos submarinos mediante el uso de sonoboyas pasivas se necesita tener eco sonar de varias sonoboyas, por lo que esta configuración requeriría el uso de varias plataformas, mínimo tres vehículos, desplegadas en un mismo escenario de búsqueda de submarinos, para poder realizar una estimación de donde se localiza el submarino enemigo.

8.2.3 Misiones de superficie (ASUW).

En este apartado, dentro del concepto de misiones de superficie, se va a englobar principalmente a: las operaciones propias de la guerra de superficie, las operaciones de interdicción marítima y las misiones dedicadas a la visita y registro de buques. Además se hablará acerca de las ventajas que tiene el uso de la plataforma no tripulada en este tipo de misiones y la ayuda que puede ofrecer en este ámbito.

Las principales áreas de las operaciones de superficie en las que la plataforma no tripulada puede ser una ventaja son las conocidas como ISR (siglas en inglés de *Intelligence, Surveillance y Reconnaissance*), es decir, inteligencia, vigilancia y reconocimiento del entorno marítimo. Para este tipo de cometidos la plataforma debe estar dotada únicamente con un sistema de cámara de espectro óptico visible, pudiéndose mejorar las prestaciones al incluir una cámara IR (en el espectro infrarrojo), y un equipo radar para proporcionar un reconocimiento de la situación en posiciones avanzadas con respecto de la unidad que ha desplegado la plataforma. Además, la configuración del módulo con respecto a las misiones de ISR permitiría el uso de la plataforma para el reconocimiento de puertos, bahías u otros lugares de los cuales no se tiene una información adecuada.

En esta misma dinámica de operaciones se puede enmarcar el uso del vehículo no tripulado para la patrulla de aguas nacionales, en este tipo de misiones la plataforma, o una flota de varias de ellas, puede ser utilizada para el control del tráfico ilegal tanto de trata de personas, como puede ser la emigración en aguas costeras del Mediterráneo, como de drogas. El empleo de estos vehículos descargarían a los cuerpos de seguridad del estado de la fase de patrulla, que sería realizada por estas plataformas y permitiría que estos solo ejecutasen la fase de intercepción, realizándose así de una forma directa y óptima. Para estas misiones de patrulla de áreas cercanas a costa, se puede instalar la estación controladora en una posición en tierra que controlase todos los vehículos no tripulados.



Figura 8-7 Patrulla de un puerto por embarcaciones tripuladas. (Fuente: [38])

Otro cometido para la plataforma no tripulada del proyecto en las operaciones de superficie puede ser el empleo de la misma como sistema de engaño para la guerra de superficie. Esta función sería llevada a cabo mediante la incorporación de un módulo a bordo de la embarcación que recogiese los sistemas necesarios para poder desplegar un reflector radar con gran RCS (*Radar Cross-Section*) o superficie equivalente radar, en su terminología en español. Este reflector podría ser un sistema hinchable que generase un eco repentino al accionarlo y sedujese al radar de búsqueda del misil enemigo. En la Figura 8-8 se muestra un ejemplo de reflector hinchable.



Figura 8-8 Reflector hinchable “Killer Tomato”. (Fuente: [39])

Otro aspecto importante en las operaciones de superficie son las misiones desempeñadas por el trozo de visita y registro, este grupo de la dotación de un buque de guerra realiza abordajes cooperativos en buques mercantes que necesitan ser examinados por generar la sospecha sobre algún aspecto extraño. Para ello, los vehículos no tripulados son una gran ayuda, en especial medida, para realizar un primer reconocimiento del buque a abordar, pero en este campo de las operaciones de superficie, la plataforma no tripulada queda desbancada por el uso de los vehículos aéreos no tripulados, ya que estos ofrecen una visión mejor que el vehículo de superficie.

A parte de funcionar como reflector para seducción de misiles enemigos, esta misma dinámica se podría aplicar para el empleo del vehículo de superficie no tripulado como remolcador de objetivos móviles para el adiestramiento de las dotaciones de los buques mediante ejercicios de tiro sin el riesgo de que navegue personal a bordo de la embarcación que remolca el objetivo.

8.2.4 Misiones de protección de la fuerza naval (FP).

Estas operaciones son desarrolladas por las fuerzas navales cuando estas salen o entran en enclaves (puertos, fondeaderos, estrechos, etc.) con determinado nivel de amenaza. Para ello se toma una serie de medidas escalonadas con respecto a la situación.

Como se ha comentado anteriormente, las ventajas ofrecidas por la plataforma no tripulada en el concepto ISR son variadas y las misiones de protección de la fuerza naval son una de ellas. Esto es debido a que la plataforma permite vigilar y reconocer un enclave con cierto nivel de amenaza previamente a que lleguen las unidades de la flota naval.



Figura 8-9 F-100 navegando en aguas de un estrecho. (Fuente: [40])

Además, la plataforma no tripulada puede ejercer también de elemento de prevención y disuasión ante posibles amenazas, ya que la mera presencia de una embarcación desplegada por un buque militar puede realizar que el enemigo sopesa la retirada del ataque.

También existe la posibilidad de recibir ataques cuando el buque está fondeado o atracado en puerto, estos ataques comúnmente son realizados por buzos enemigos que acoplan un artefacto explosivo al casco del buque. Para defenderse de esta amenaza, se podría configurar el módulo de la plataforma para que esta remolcase una línea de redes submarinas para así evitar que el buzo efectúe su ataque ya que este quedaría atrapado en ellas.

8.2.5 Misiones de guerra electrónica (EW).

Se le denomina guerra electrónica al concepto que engloba las acciones de perturbar o engañar al enemigo mediante el uso del espectro electromagnético. También se incluye en esta idea la defensa ante perturbaciones y engaños en sistemas electrónicos por parte del enemigo.

En este ámbito de la táctica naval, la plataforma no tripulada del proyecto ofrece gran variedad de ventajas. Dadas las capacidades que puede embarcar a bordo, este vehículo no será útil en las misiones de perturbación, ya que estas necesitan grandes cantidades de potencia para superar las defensas electrónicas del enemigo.

En cambio, es una herramienta muy adecuada para realizar engaños de las emisiones realizadas o en los sistemas de detección de las unidades enemigas. Estas acciones de engaño de las emisiones electromagnéticas se pueden realizar incluyendo en la plataforma un módulo que embarque sistemas transmisión de diferentes frecuencias propias del buque de guerra real, tanto de radares como de los sistemas de comunicaciones. La recepción de las frecuencias del buque esperado por parte del enemigo en una demora errónea hará que este focalice sus esfuerzos en reconocer al buque que está emitiendo, dejando así al buque libre del seguimiento del enemigo. Para el alcance óptimo de estos sistemas de engaño, se deberá de estudiar una estructura en el módulo que si perjudicar a la estabilidad de la plataforma otorgue al equipo de transmisión de frecuencias de una mayor altura.

8.2.6 Misiones NBQ-R.

Se denomina NBQ-R al concepto que define la defensa para prevenir y mitigar ataques nucleares, biológicos, químicos y radiactivos o posibles contaminaciones debidas a materiales tóxicos industriales. En el entorno marino, estas contaminaciones no son, de ninguna forma, despreciables pero dados las características de movilidad de una unidad marítima, el área de contaminación puede ser evitada con mayor facilidad que una unidad desplegada en tierra.



Figura 8-10 Equipo de visita y registro equipado con trajes NBQ-R. (Fuente: [41])

La ventaja que ofrece la plataforma no tripulada en este ámbito es el posible reconocimiento de áreas contaminadas o de buques que se sospecha de sus emisiones sin poner en riesgo la vida de personal de la dotación. El módulo destinado para este tipo de misiones será dotado de un equipo de control de atmosferas y de ambientes radiactivos, como los que se emplean en la unidades de la Armada Española, la información analizada por estos equipos ha de ser recibida a bordo del buque nodriza, por ello debe de incluir un sistema de comunicaciones que retransmita los datos de las mediciones.

8.2.7 Misiones de búsqueda y salvamento (SAR).

En el ámbito marino la búsqueda y salvamento es un aspecto vital ya que, por la condición de desarrollarse en el ambiente marino, se dispone de un tiempo muy limitado para llevar a cabo la acción. La importancia de este tipo de misiones es tal que el gobierno de España creó una sociedad dedicada al salvamento y seguridad marítima, que es un ente público bajo la dependencia del Ministerio de Fomento. Además, existen varias escuadrillas de aeronaves, tanto de ala fija como helicópteros, dedicados a la búsqueda y salvamento marítimo.



Figura 8-11 Unidades de Salvamento marítimo intercediendo en un rescate. (Fuente: [42])

Aunque en este tipo de misiones el factor humano es crucial e irremplazable, el uso de la plataforma no tripulada para estas misiones puede ser de gran utilidad en las fases previas. Es posible estudiar el diseño de un módulo destinado a la búsqueda y salvamento en el entorno marítimo, como soporte de equipamientos de salvamento para lograr prolongar el tiempo de vida de los accidentados en naufragios o incidentes cercanos a costa.

Para lograr esta prolongación en el tiempo de supervivencia, se puede estudiar la instalación de equipos destinados a tal objetivo, como por ejemplo una balsa salvavidas auto-hinchable que se desplegara en las cercanías del incidente.

También podría ser de aplicación en las misiones para la lucha contra el tráfico de personas y la prevención de flujos de migración ilegal, como la misión desarrollada actualmente por la Unión Europea en aguas del Mediterráneo: EUNAVFORMED Sophia [43]. En este tipo de misiones se realizan de forma regular salvamentos de embarcaciones, en nefastas condiciones de navegación e incluso flotabilidad, repletas de personas que migran de países africanos a Europa.

Para este tipo de misiones, la utilidad de la plataforma puede ser variada, ya que puede ofrecer la capacidad de desplegar una balsa salvavidas para conservar la seguridad de la supervivencia de los tripulantes de estas embarcaciones, pero además puede estudiarse la posibilidad de incluir un módulo con altavoces y cámaras para poder analizar la situación y comunicarle instrucciones en su idioma natal desde la estación de control del buque nodriza, con esta capacidad de análisis y comunicación se le ofrece al comandante del buque una ayuda para evaluar el nivel de riesgo de desplegar al personal de la dotación para realizar el rescate de dichas tripulaciones.

9 RESULTADO Y CONCLUSIONES

Este capítulo comenzará con la explicación del resultado obtenido tras finalizar el proceso de diseño de la plataforma no tripulada de superficie, y continuará con la exposición de las diferentes conclusiones a las que se han llegado tras realizar dicho proceso de diseño y analizar los resultados obtenidos.

A continuación se va a exponer el resultado obtenido tras la realización del proceso de diseño que se ha llevado a cabo para este proyecto. En él se va a exponer de forma genérica los resultados conseguidos, ya que existen algunos resultados específicos de los capítulos del proceso de diseño que quedaron reflejados en el propio capítulo.

Dicho proceso se ha realizado con el objeto de diseñar una solución integral para la plataforma no tripulada de superficie, sin la pretensión de ofrecer una solución a la escala del más mínimo detalle de cada elemento o sistema que la conforma, ya que este planteamiento recoge la suficiente carga de trabajo en relación con el tiempo disponible.

El resultado obtenido tras el proceso de diseño desarrollado consiste en una solución completa de la plataforma del proyecto, dicha solución, como se ha mostrado a lo largo de la memoria del proyecto, se ha realizado adaptando la profundidad de detalle para el diseño de los diferentes elementos que componen al vehículo. En la Figura 9-1 se muestra un explosionado de los elementos exteriores.

Este diseño se ha basado sobre un casco comercial, concretamente del velero ligero Snipe, el modelado de este casco ha sido una de las tareas más arduas del proceso ya que conseguir la misma forma que el casco original ha requerido muchos modelos fallidos. Además el resultado del diseño mecánico incluye la generación de un armazón estructural interior, que soporta las cargas producidas en la cubierta y en el casco de la plataforma, y finalmente, el diseño de una cubierta principal que incorpora un compartimento para alojar, mediante el sistema guía-rail del conjunto, un módulo extraíble que dota a la embarcación de su carácter multi-propósito.

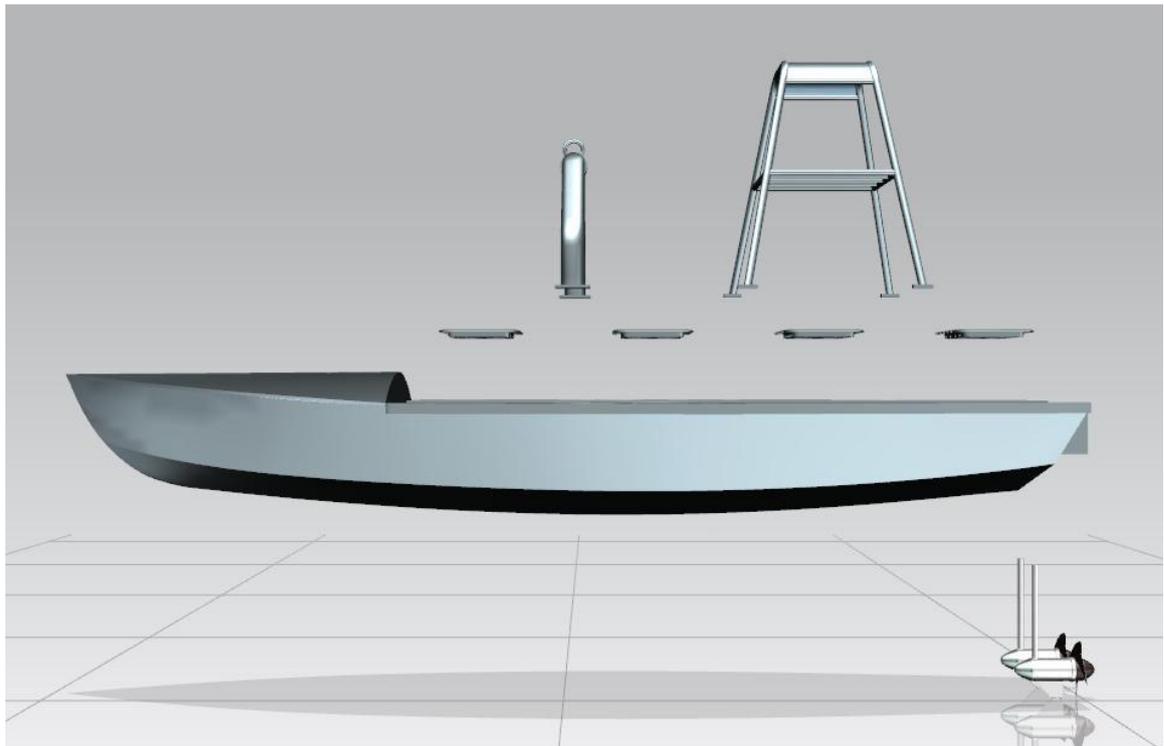


Figura 9-1 Explosionado de elementos exteriores de la plataforma.

También se ha realizado el diseño de dos estructuras independientes con diferentes cometidos entre ellas que ejercerán como superestructura de la embarcación, a estas se le ha realizado un análisis de elementos finitos que queda reflejado en el capítulo 5. Dichas estructuras son perfectamente solidarias con el resto de la plataforma mediante la unión de tornillos en sus anclajes.

En el interior de la plataforma se encuentran, aparte del armazón interior del vehículo, los sistemas de control de la navegación, que estará recogido en una caja estanca permitiendo el paso del cableado, el resultado de la arquitectura del sistema de control está desarrollado en el capítulo de dicho sistema: capítulo 7.

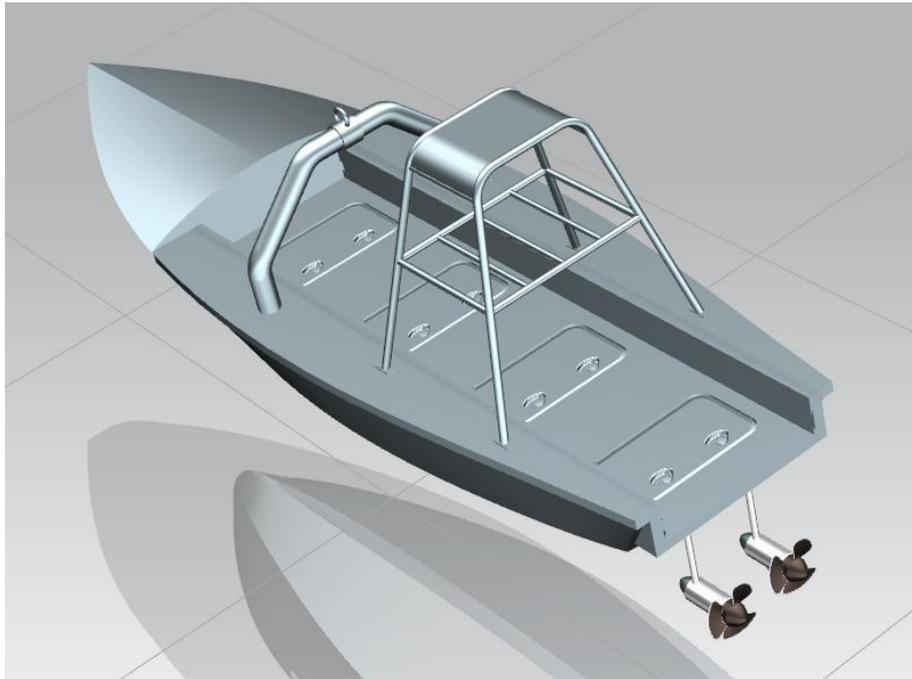


Figura 9-2 Conjunto plataforma no tripulada sin módulo.

Además en el interior estará dispuesto todo el sistema de propulsión de la plataforma, desde la alimentación por medio de baterías, el cableado, los controladores de cada motor y finalmente, los motores fueraborda estudiados en el desarrollo del proyecto. Dicho sistema de propulsión ha sido dimensionado mediante el cálculo hidrodinámico de la resistencia al avance de la embarcación en el medio marino, este cálculo ha requerido gran carga de trabajo ya que se han tenido que estudiar nuevos conceptos sobre dicha materia, reflejado en el capítulo 6.

En definitiva, el resultado obtenido es un diseño completo e integral de la plataforma de superficie no tripulada con la capacidad de transportar a bordo un módulo de carácter extraíble, que dota a la plataforma de gran variedad de usos y misiones en el ámbito especialmente militar, pero con posibles enfoques en necesidades no militares. Este resultado se muestra en la Figura 9-3, donde se puede observar el ensamble final de todos los elementos exteriores que conforman la plataforma de superficie no tripulada.

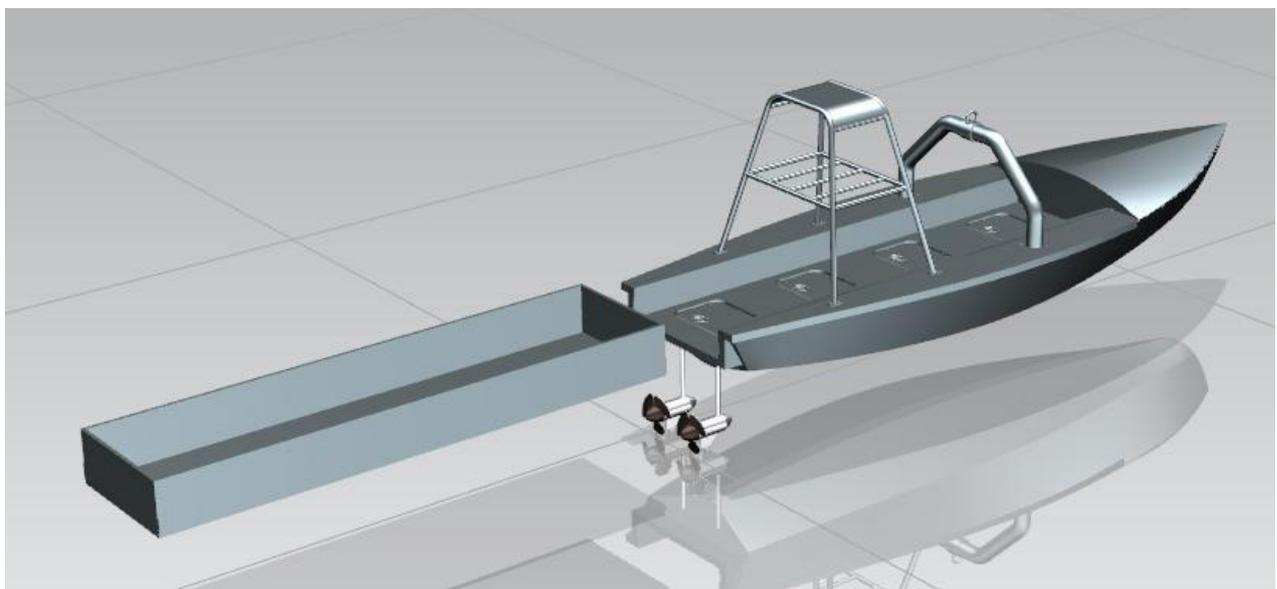


Figura 9-3 Ensamble final de la plataforma de superficie no tripulada con módulo extraído.

9.1 Resultado del proyecto.

En la Figura 9-4 se muestra el resultado final logrado en el proyecto de diseño mecánico de la plataforma de un vehículo multipropósito no tripulado. En ella se puede ver una renderización del diseño 3D de dicha plataforma equipada con los elementos implementados durante el proyecto.



Figura 9-4 Resultado final: Plataforma no tripulada con módulo.

10 LÍNEAS FUTURAS

En este capítulo se procederá a explicar una serie de aspectos e ideas que se han desarrollado a lo largo del proceso de diseño que optimizarían la versión actual de la plataforma no tripulada de superficie. Además, partiendo del resultado logrado en el proyecto de diseño de dicha plataforma y de aquellos puntos que no se han abordado debido a las limitaciones de tiempo que impone la realización del Trabajo Fin de Grado en el contexto en el que este se ha desarrollado, se proponen como líneas futuras las siguientes.

10.1.1 Estudio de viabilidad del equipamiento común a toda misión de la plataforma.

Este apartado propone un proyecto de análisis y estudio, basado en la plataforma diseñada, para la incorporación de una serie de equipamientos que se consideran comunes a las misiones que dicho vehículo sería capaz de realizar. Este equipamiento está derivado principalmente de la capacidad de ISR, explicada en el apartado 8.2.3, que la plataforma ofrece al sistema de mando y control para la toma de decisiones.

Aunque la ISR no es necesaria para la realización de todas las misiones, esta capacidad puede ser implantada en la plataforma de forma que sea permanente y no interfiera con el resto de funciones, ya que se instalarían en la estructura principal. La integración de esta capacidad se realizará mediante un equipo radar de vigilancia marítima y cámaras tanto convencional como IR (Infrarrojo). También cabe la posibilidad de estudiar la incorporación de un sistema integrado de comunicaciones por satélite.



Figura 10-1 Implementación de sistema de cámara y radar en la plataforma.

10.1.2 Diseño detallado y generación del manual de montaje de la plataforma.

Esta propuesta está encaminada a continuar y detallar los diferentes elementos y sistemas diseñados en este proyecto, para ello se deberá de estudiar:

- Cada elemento estructural de la plataforma no tripulada y definir todos los detalles de su diseño, marcándose como objetivo la generación de un manual para la fabricación y montaje del vehículo de superficie no tripulado, pudiendo realizarse optimizaciones de las piezas en base al diseño original.
- La instalación eléctrica en su totalidad, es decir, realizar un análisis de todos los elementos que la componen y definir cada uno de los parámetros necesarios para la integración de esta en la plataforma. En este ámbito, queda abierto un amplio margen de mejora y optimización de los sistemas tanto de control como de propulsión, ya que para agilizar el proceso se han implementado mediante elementos existentes, estos podrían ser mejorados y remplazados por otros diseñados para su uso específico en la plataforma.

10.1.3 Estudio específico de las diferentes cargas de pago y diseño del módulo contenedor.

Este apartado deja propuesta una línea de estudio minucioso de las viabilidades tácticas para el uso de la plataforma del proyecto en las diferentes misiones estudiadas. Para ello sería preciso determinar el equipamiento que la plataforma debería de embarcar mediante un módulo diseñado en concordancia con dichos equipos.

En este estudio, se ha de tener en cuenta los requisitos fundamentales marcados en el apartado 8.1.2, a la hora del diseño y disposición de los equipos en el módulo contenedor. Por ello se ha de estudiar qué equipos se han de embarcar para el uso de la plataforma de forma efectiva y cuáles han de ser, dentro del mercado del sector en el que se encuentren, para conseguir el cumplimiento de los requisitos de diseño.

Además, al tratarse de módulos independientes, estos han de ser diseñados para funcionar de forma autónoma, es decir, sin la necesidad de emplear equipos fuera del módulo. Para dotar a este módulo de dicha independencia, se ha de analizar cuál sería el consumo eléctrico del equipo, la fuente de alimentación necesaria, el sistema de transmisión y recepción para las comunicaciones de los datos de los equipos, y el resto de aspectos no nombrados que fuesen necesarios para su funcionamiento.

11 BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. Organización Tratado Atlantico Norte, Allied Maritime Tactical Instructions and Procedure (ATP-1 Vol. 1).
- [2] J. I. E. d. A. CF, «11º Escuadrilla de Aeronaves,» [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es>. [Último acceso: 2018].
- [3] A. Española, «Noticias Armada Española: Colaboracion Salvamento maritimo.,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/>. [Último acceso: 2018].
- [4] V. Bertram, «Unmanned Surface Vehicles- A survey,» de *Unmanned Surface Vehicles*, Ensietia, 2010.
- [5] J. E. Thomsen, USV Master Plan, USNavy, 2007.
- [6] A. M. G. Walan, «DARPA,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.darpa.mil>. [Último acceso: 2018].
- [7] O. M. I. (IMO), Reglamento internacional para la prevencion de colisiones en la mar., IMO, 1972.
- [8] P. Media, «Espadon (Sworfish),» 2017. [En línea]. Available: <http://www.navaldrones.com>. [Último acceso: 2018].
- [9] Squarespace, «Piranha USV,» Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://www.s3maritime.com>. [Último acceso: 2018].
- [10] Ruvsa, «USSV-HTF,» 2017. [En línea]. Available: <http://en.ruvsa.com>. [Último acceso: 2018].
- [11] P. media, «Naval dron,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.navaldrones.com>. [Último acceso: 2018].
- [12] C. Cochetoux, «Efectos de la estabilidad transversal,» de *Construcción naval*, CUD, 2018.
- [13] M. Derqui, «Planos Snipe,» *Modelismo naval*, p. 20, 2004.
- [14] F. Sesto, «sailorsweekly,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.sailorsweekly.com/>.

- [15] I. B. Escobar, Fundamentos de Maniobra, Madrid: Fragata, 2004.
- [16] J. P. Cadario, «Juanpanews,» Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.juanpanews.com>.
- [17] N.-D. Marine, «Instrucciones de operacion del gancho de zafado rapido,» de *Gancho de zafado rapido*, Barneveld, Ned-Deck Marine, 1997.
- [18] J. Mayoral, «Cronicas del nautico,» 2009. [En línea]. Available: <http://windcronicasdelnautico.blogspot.com.es>. [Último acceso: 2018].
- [19] SCIRA, Class rules, World Sailing, 2018-2020.
- [20] R. G. Soutullo, «CONSTRUCCIÓN NAVAL (NOMENCLATURA),» [En línea]. Available: <http://www.ingenieromarino.com>. [Último acceso: 2018].
- [21] J. C. D. Lorenzo, «Del acontecer marítimo,» 2014. [En línea]. Available: <https://delacontecerportuario.wordpress.com>. [Último acceso: 2018].
- [22] A. Española, «Flickr de la Armada Española,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.flickr.com>.
- [23] Bentley, «Maxsurf,» Bentley, [En línea]. Available: <http://www.maxsurf.net/modeller.html>.
- [24] A. Prada, Fundamentos de la construcción naval y propulsores, Barcelona, 2013.
- [25] Torqueedo, «Productos Torqueedo,» [En línea]. Available: <https://www.torqueedo.com>. [Último acceso: 2018].
- [26] N. Vessels, «Trolling Newport Vessels,» Newport Vessels, [En línea]. Available: <https://newportvessels.com/>. [Último acceso: 2018].
- [27] A. Tech, «Unmanned surface vessel,» Arma Tech, Estocolmo.
- [28] L. Llamas, «Tipos de motores para proyecto Arduino.,» Luis Llamas, [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/tipos-motores-rotativos-proyectos-arduino/>.
- [29] R. Diosdado, «Zona Marker,» Zona Marker, [En línea]. Available: <https://www.zonamaker.com/arduino/intro-arduino/primeros-pasos-e-s-analogicas>. [Último acceso: 2018].
- [30] jDrones, «Pixhawk,» jDrones, [En línea]. Available: <https://www.pixhawk.org>. [Último acceso: 2018].
- [31] Ardupilot, «Ardupilot,» jDrones, [En línea]. Available: <http://www.ardupilot.org>. [Último acceso: 2018].
- [32] F. Archilla, «Baterías AGM. Funcionamiento.,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.blogmecanicos.com>. [Último acceso: 2018].
- [33] Parallax, «Drive HB-25,» Parallax, 2018. [En línea]. Available: <https://www.parallax.com>. [Último acceso: 2018].
- [34] C. J. O. f. t. S. C. o. Excellence, Guidance for developing Maritime Unmanned Systems (MUS) capability, OTAN, 2012.
- [35] C. F. Quiñones, Operaciones de minado., Marín: Departamento de Táctica., 2018.
- [36] J. M. Riola, «I+D EN VEHÍCULOS AUTÓNOMOS PARA LA DEFENSA,» Ministerio de

Defensa, 2017.

- [37] TechnoKontrol, «TechnoKontrol,» 2014. [En línea]. Available: <http://technokontrol.com>. [Último acceso: 2018].
- [38] C. V. Cancela, «Guerra anti-superficie,» de *Táctica naval*, Marín, Departamento de táctica naval.
- [39] C. Limited, «Dragon spews a hail of wrath and steel on gunnery trials,» 2012. [En línea]. Available: <https://navynews.co.uk>. [Último acceso: 2018].
- [40] E. Villarejo, «Por tierra, mar y aire.,» *ABC*, 2014.
- [41] C. d. C. F. J. G. Aranda, «LA DEFENSA NBQR EN EL AMBITO NAVAL,» 2015. [En línea]. Available: <http://comandantegallego.blogspot.com.es>. [Último acceso: 2018].
- [42] C. noticias, «Salvamento Marítimo prestó auxilio a 4.556 personas en Canarias durante 2017,» *Canarias noticias*, 2018.
- [43] M. d. defensa, «EUNAVFORMED Sophia,» Misiterio de defensa, Madrid, 2015.
- [44] P. Software, «Siemens NX,» Siemens, [En línea]. Available: <https://www.plm.automation.siemens.com>. [Último acceso: 2018].

PÁGINA DEJADA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

ANEXO I: PRESUPUESTO

Descripción del anexo.

En este anexo se incluye el desglose del presupuesto del proyecto calculado, mostrado en la Tabla A1-1.

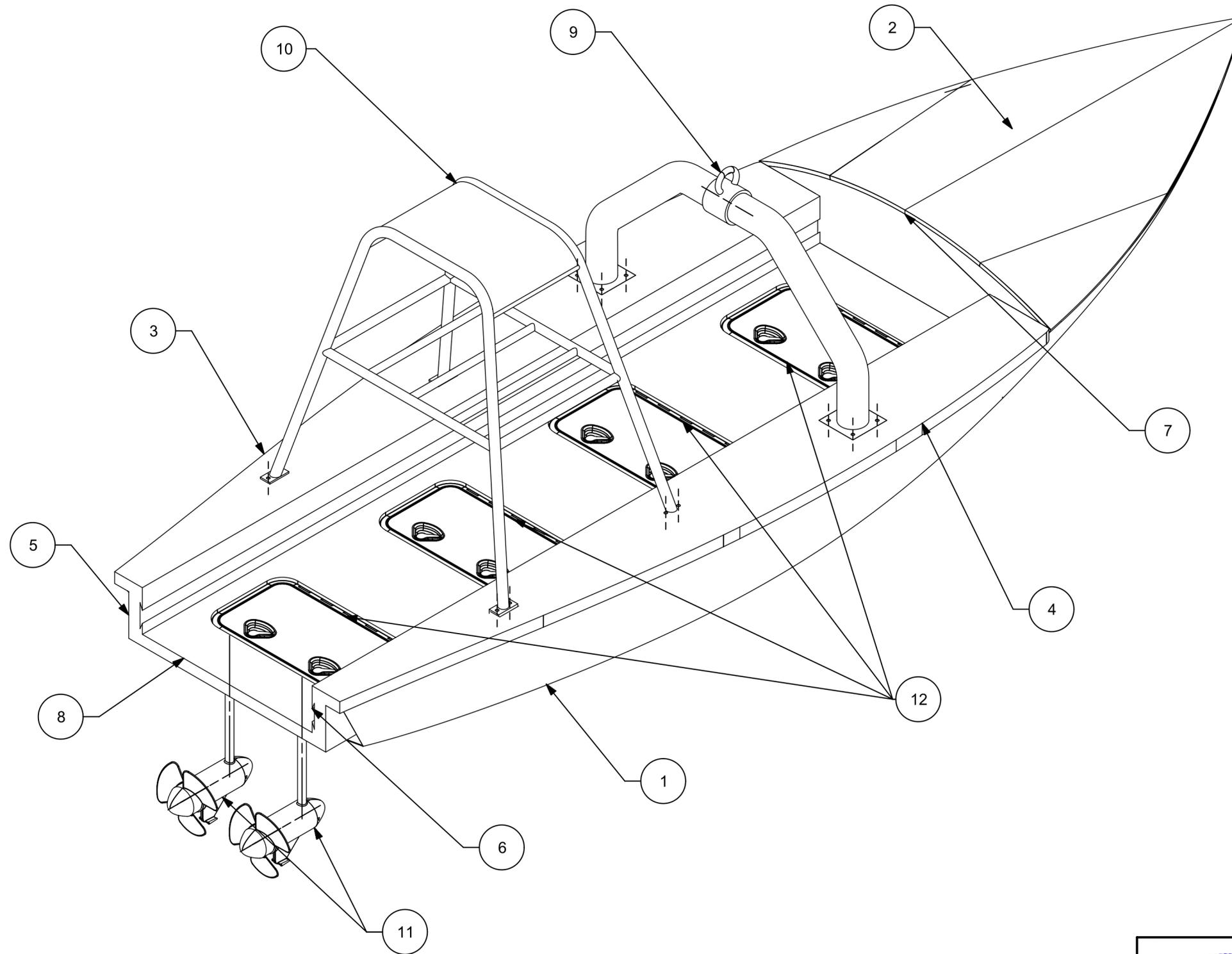
<u>FUNCIÓN</u>	<u>ELEMENTO</u>	<u>PRECIO UNITARIO (€)</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>PRECIO TOTAL (€)</u>
ESQUIPOS DEL SISTEMA DE CONTROL Y GOBIERNO.				
KIT (PIXHAWK+GPS+PMU+TELEM TX/RX+ PULSADOR + BUZZER)	Autopiloto Pixhawk PX4 FMU V2.4.6 32Bits +GPS NEO-6M + OSD +3DR Radio 433mhz 500mw	229	1	229
DRIVER	Parallax HB-25 Motor Controller	49,99	2	99,98
BATERÍAS	Batería AGM 12V 86Ah Ultracell UC-86-12	155,23	4	620,92
MOTOR	Motor CC: Newport Vessels 62lbs	279	2	558
ESTACIÓN RC TX/RX	RadioLink AT10 II 2.4Ghz 12CH + R12DS + Sensor voltage PRM-01	159	1	159
CABLEADO Y CONEXIONES	-	-	-	30
			TOTAL:	1696,9 €
MATERIALES DE CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA				
CASCO	Casco Snipe	700	1	700
PIEZAS	Plywood (2440x1220x40)	60,43	4	241,72
PIEZAS	Mano de obra taller carpintería	24,17	30	725,16
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Tubo acero AISI 310 25mm	19,97	2,60	51,82
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Tubo acero AISI 310 30mm	16,58	2,62	43,4
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Tubo acero AISI 310 35mm	16,34	2,49	40,66
ESTRUCTURA PRINCIPAL	Plancha acero AISI 310 10mm	296	1,22	360,52
ESTRUCTURA GANCHO	Barra perforada acero AISI 304 100mm	261,67	1,84	481,68
ESTRUCTURA GANCHO	Barra perforada acero AISI 304 120mm	341,6	0,1	34,16
ESTRUCTURA GANCHO	Argolla 100mm	18,05	1	18,05
ESTRUCTURAS	Mano de obra taller acero	78,02	25	1950,5
TORNILLERÍA	-	-	-	20
			TOTAL:	4667,67 €
PRESUPUESTO TOTAL				
PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL				6364,57 €
Gastos Generales (13%)				827,39 €
Beneficio Industrial (6%)				381,87 €
PRECIO DE LICITACIÓN				7573,84 €
I.V.A. (21%)				1590,50 €
PRECIO TOTAL				9164,35 €

Tabla A1-1 Desglose del presupuesto del proyecto.

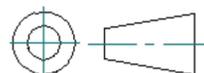
ANEXO II: PLANOS

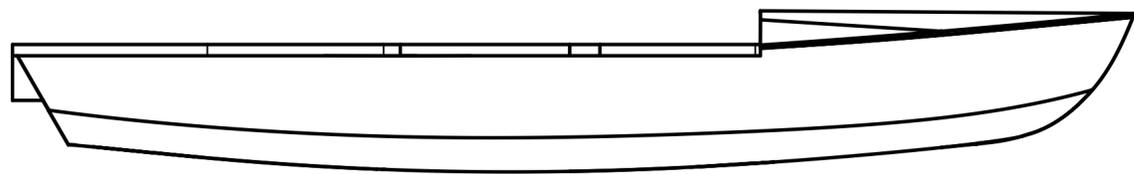
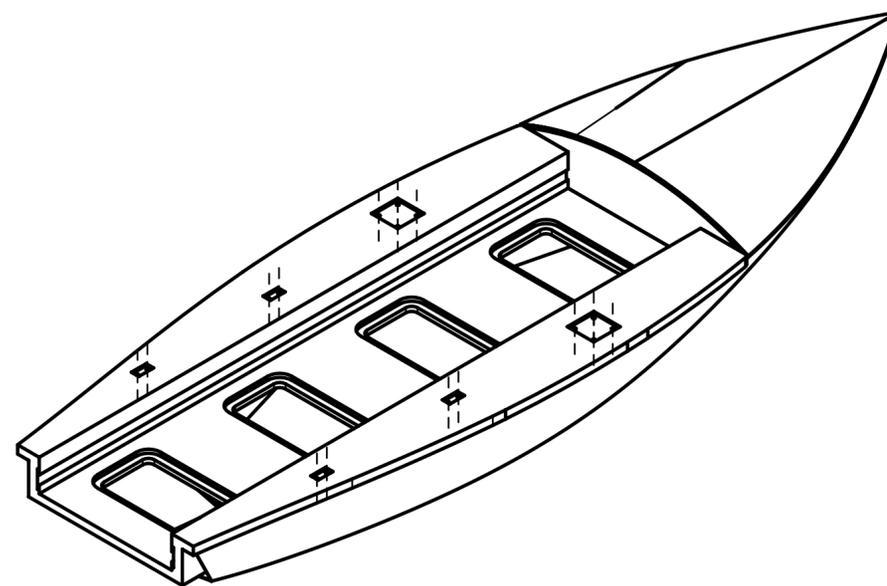
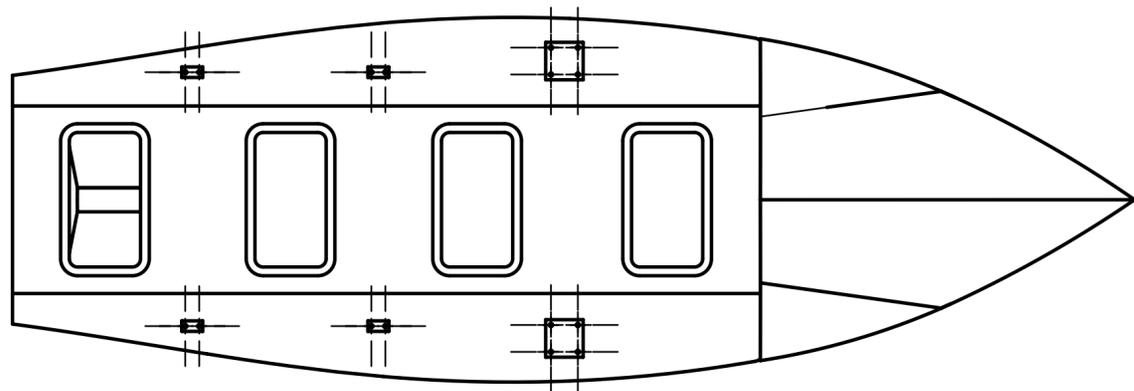
Descripción del anexo.

En este anexo se incluyen los planos de plataforma realizados con el software informático de CAD Siemens NX.

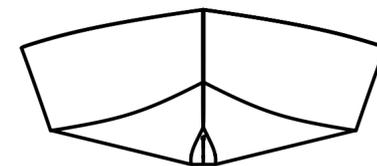
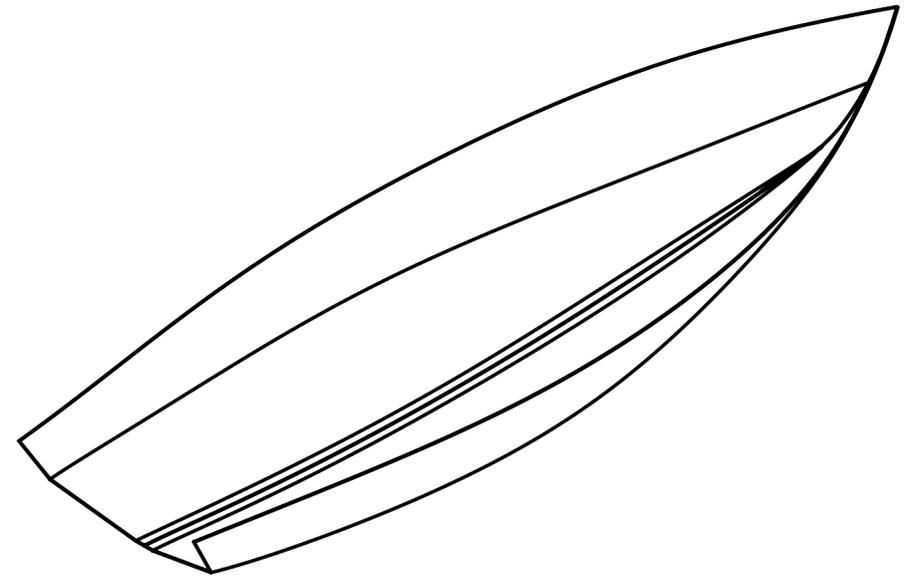
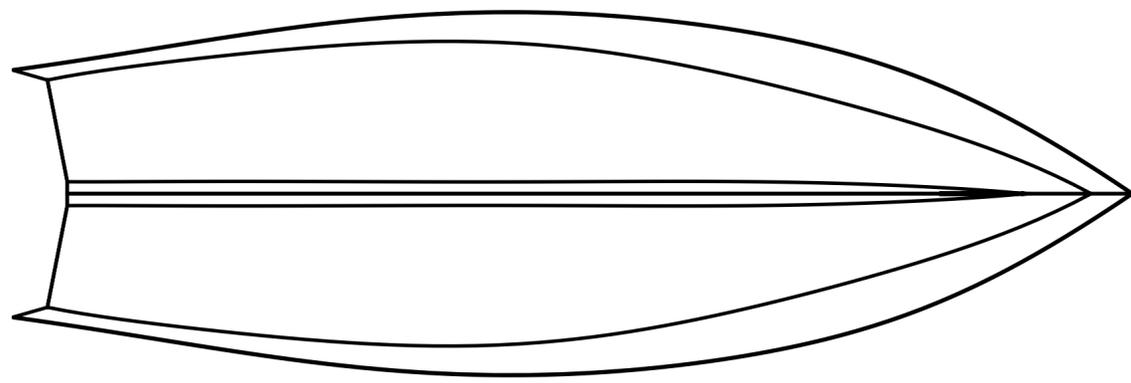


1	CASCO SNIPE	1
2	CUBIERTA PROA SNIPE	1
3	TAPA DE REGALA BANDA DE BR.	1
4	TAPA DE REGALA BANDA DE ER.	1
5	MAMPARO BR. COMPARTIMENTO	1
6	MAMPARO ER. COMPARTIMENTO	1
7	MAMPARO PROA COMPARTIMENTO	1
8	CUBIERTA COMPARTIMENTO	1
9	ESTRUCTURA PARA GANCHO	1
10	ESTRUCTURA PRINCIPAL	1
11	MOTOR NEWPORT VESSELS 36-LB	2
12	ESCOTILLA 353X506	4

	TITULO DEL PLANO:		CONJUNTO COMPLETO PLATAFORMA	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:10
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A2
	FECHA:	20 FEB 2018		
		PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO		



	TITULO DEL PLANO:		CONJUNTO PLATAFORMA SIN SUPERESTRUCTURA	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A2
	FECHA:	20 FEB 2018		
		<p>PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO</p>		



TITULO DEL PLANO:

CASCO SNIPE

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:20

COMPROBADO:

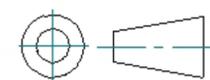
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

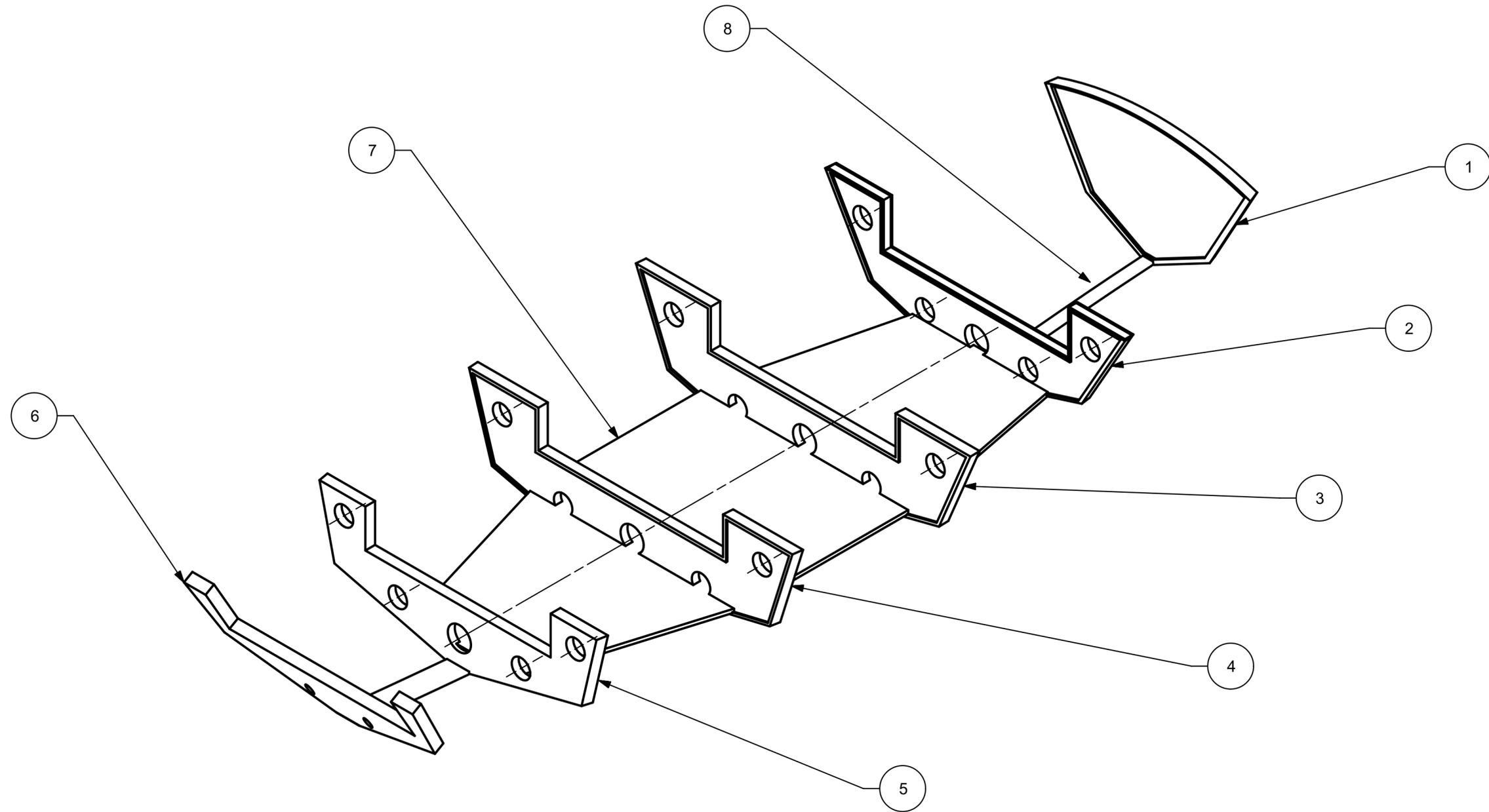
A2

FECHA:

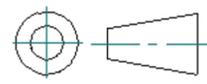
20 FEB 2018

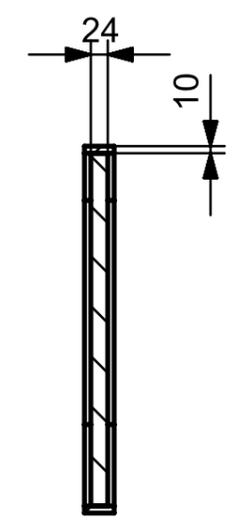
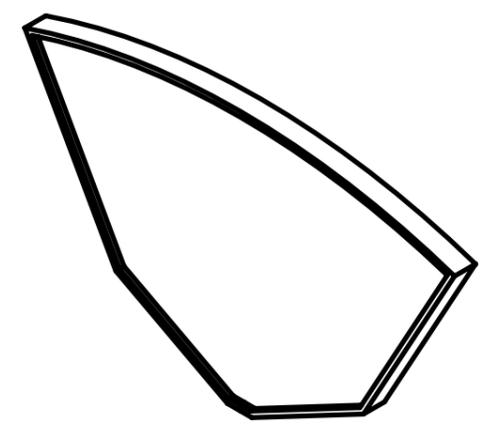
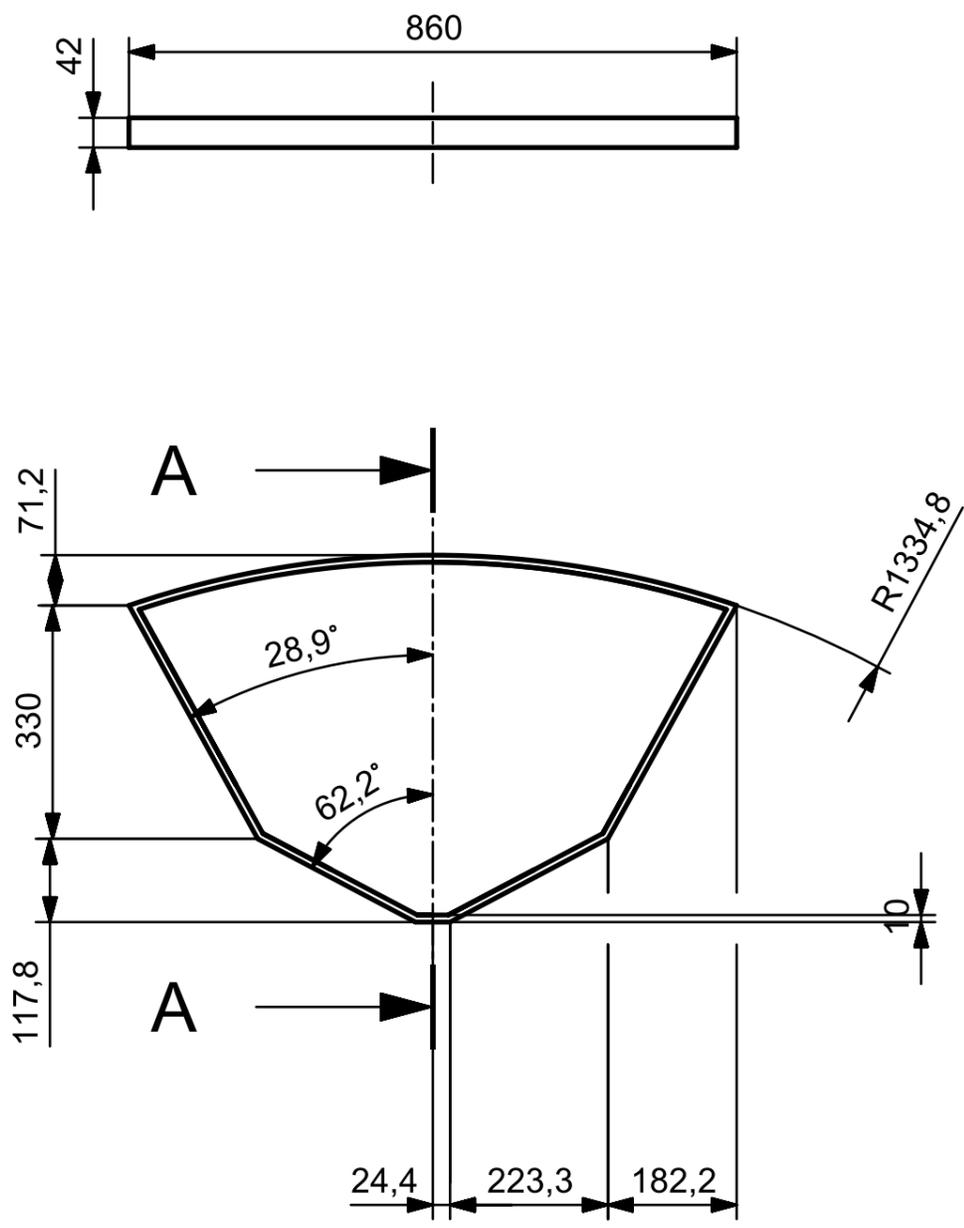


PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



1	CUADERNA N°1	1
2	CUADERNA N°2	1
3	CUADERNA N°3	1
4	CUADERNA N°4	1
5	CUADERNA N°5	1
6	CUADERNA N°6	1
7	CUBIERTA INTERIOR	1
8	QUILLA	1

	TITULO DEL PLANO:		CONJUNTO DEL ARMAZÓN	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A2
	FECHA:	20 FEB 2018		
		<i>PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO</i>		



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

CUADERNA N°1

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:10

COMPROBADO:

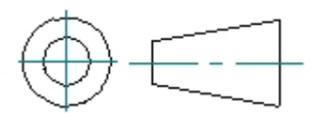
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

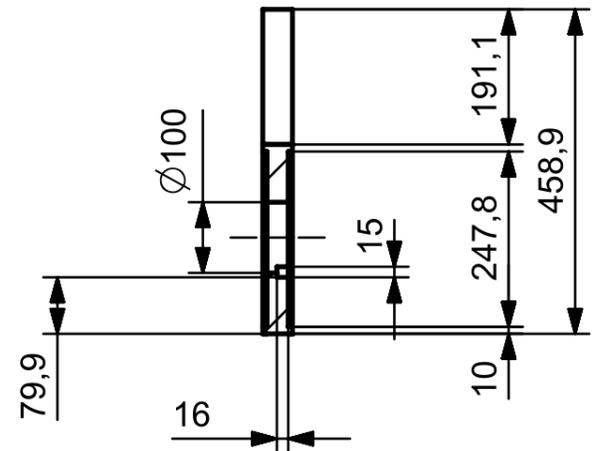
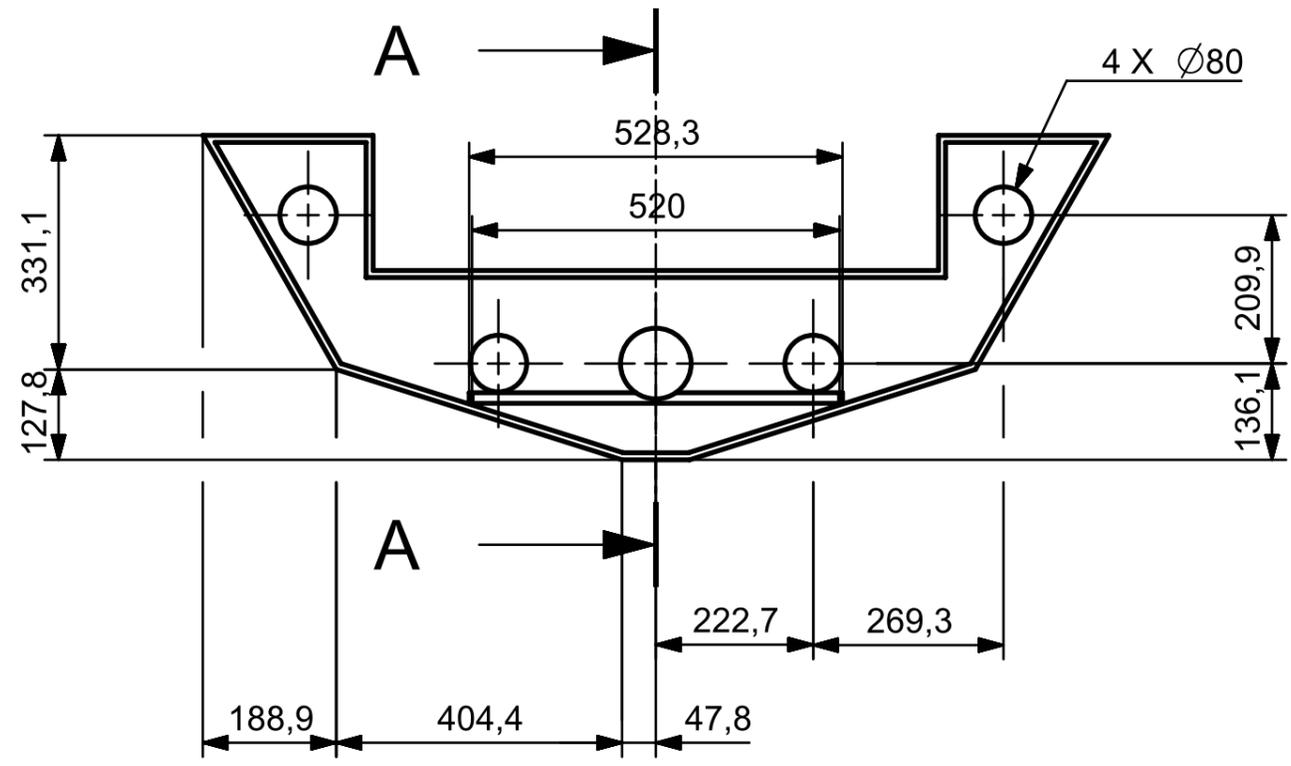
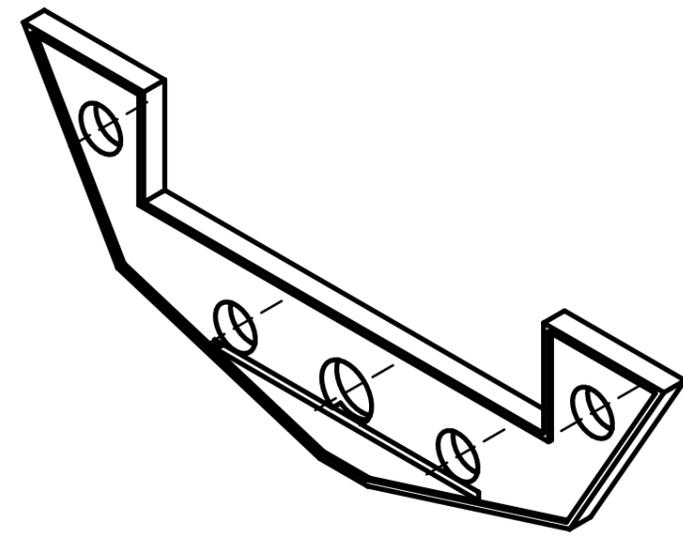
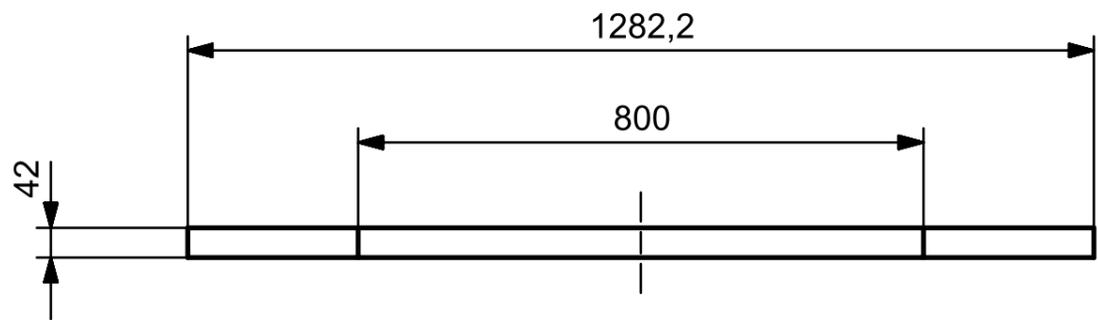
A3

FECHA:

20 FEB 2018



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

CUADERNA Nº2

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:10

COMPROBADO:

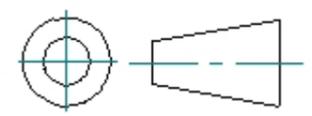
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

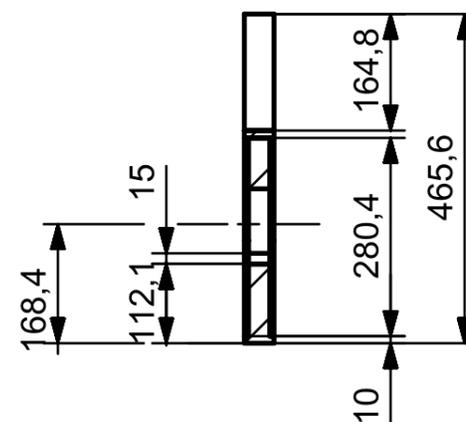
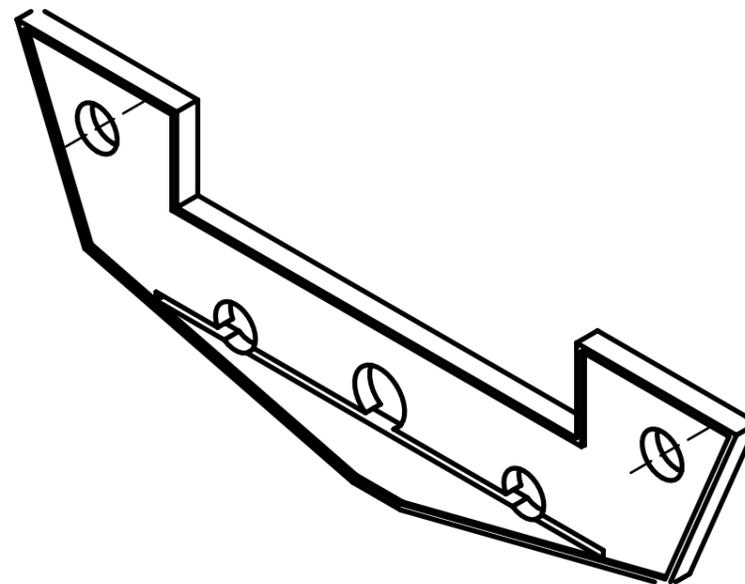
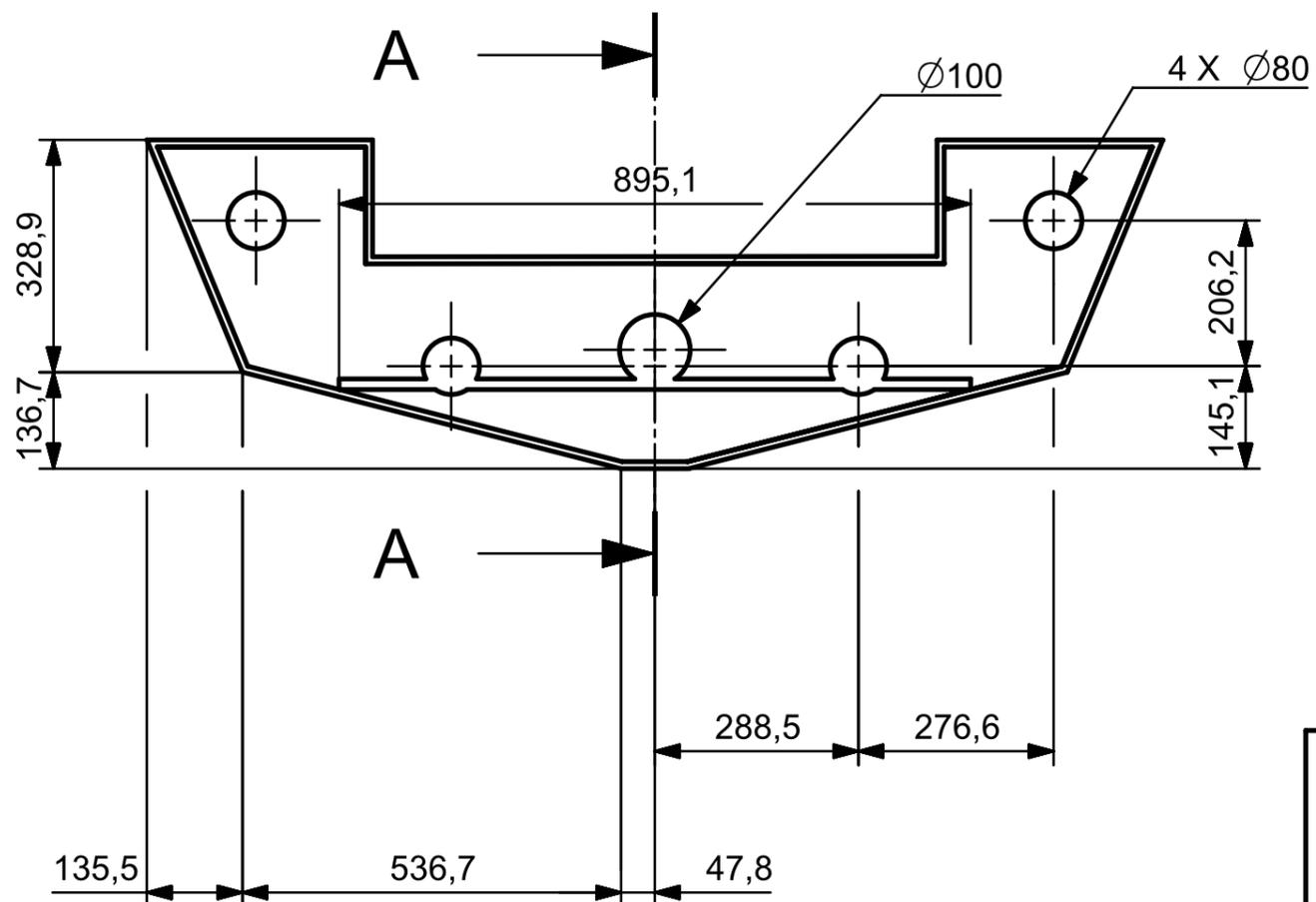
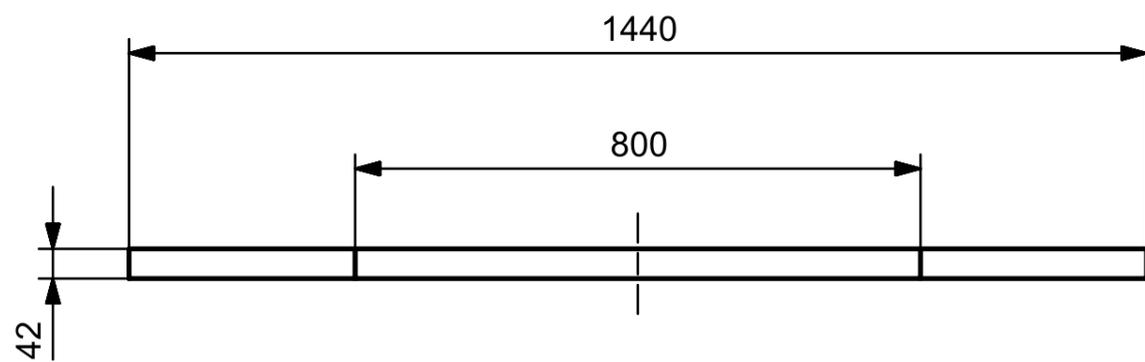
A3

FECHA:

20 FEB 2018



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

CUADERNA Nº3

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:10

COMPROBADO:

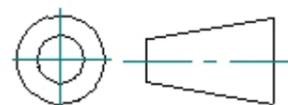
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

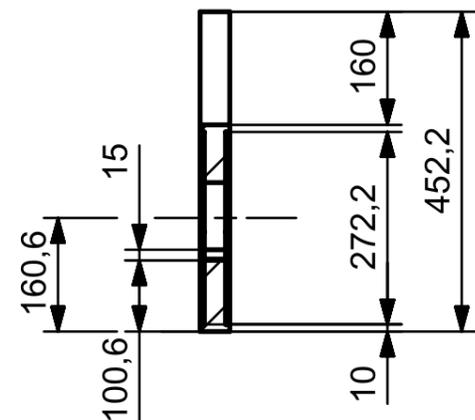
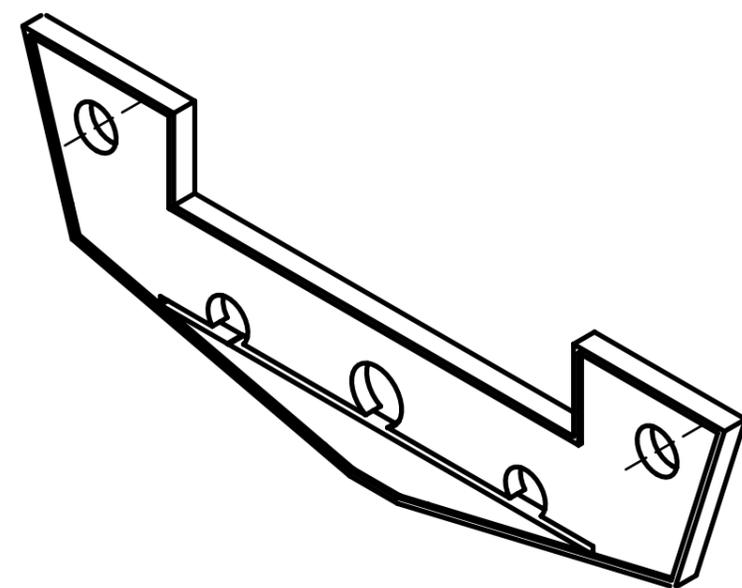
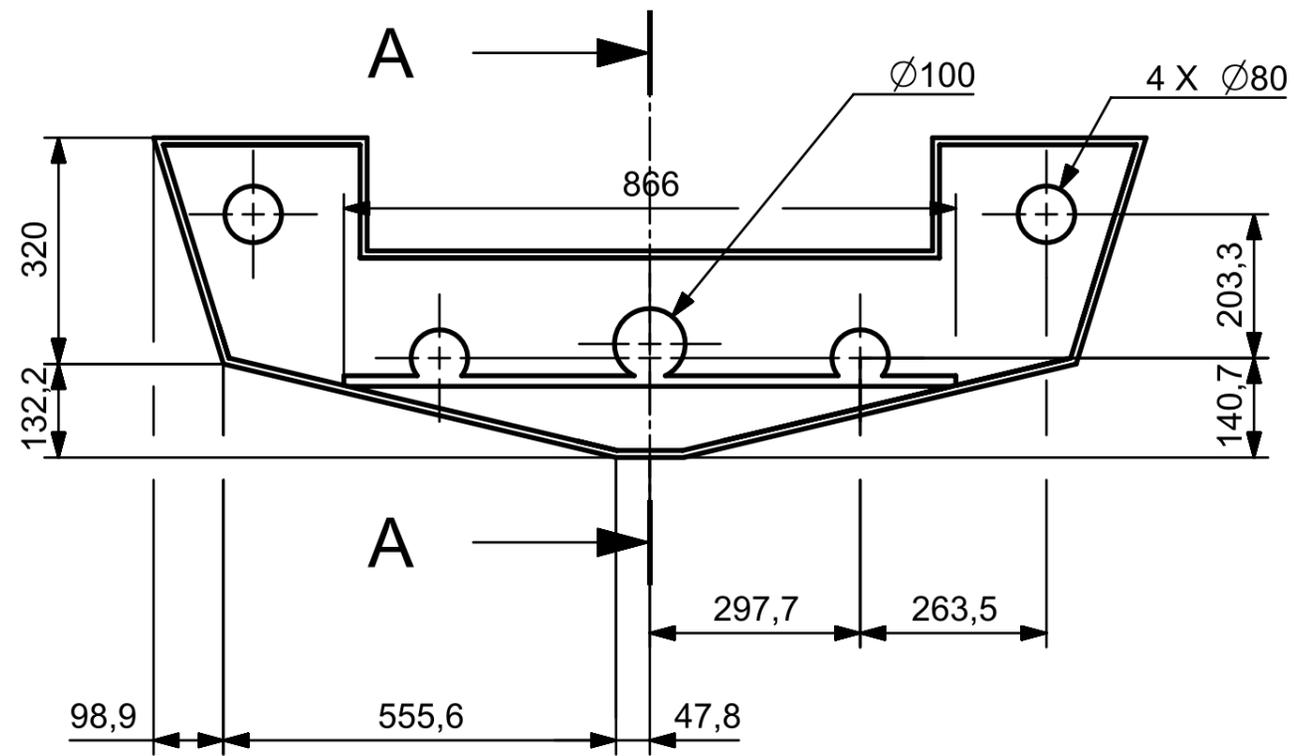
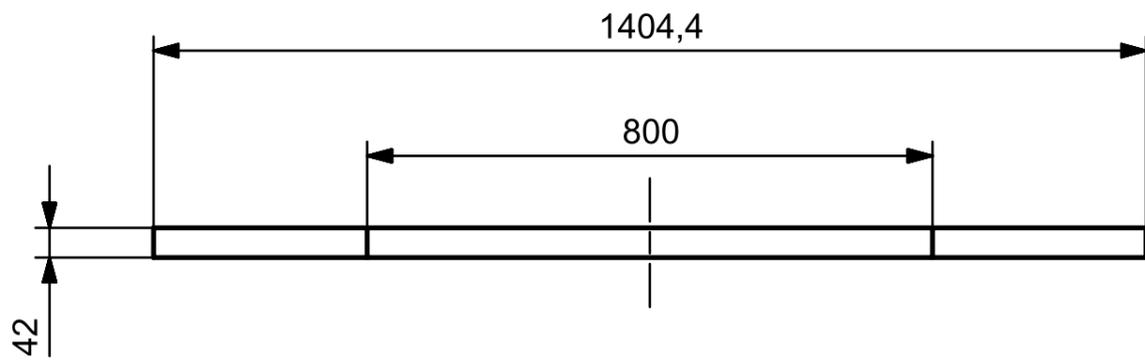
A3

FECHA:

20 FEB 2018



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

CUADERNA Nº4

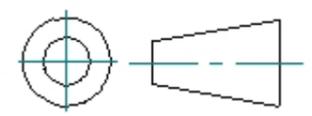
DIBUJADO: José Jaime Payo Velázquez

ESCALA: **1:10**

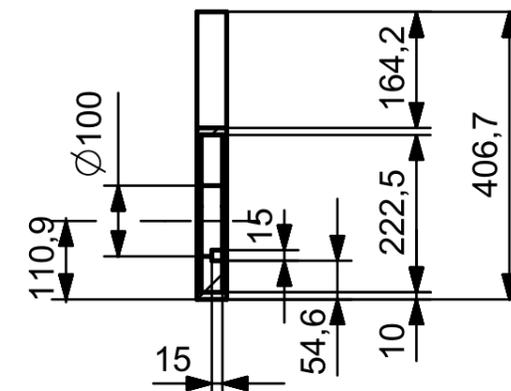
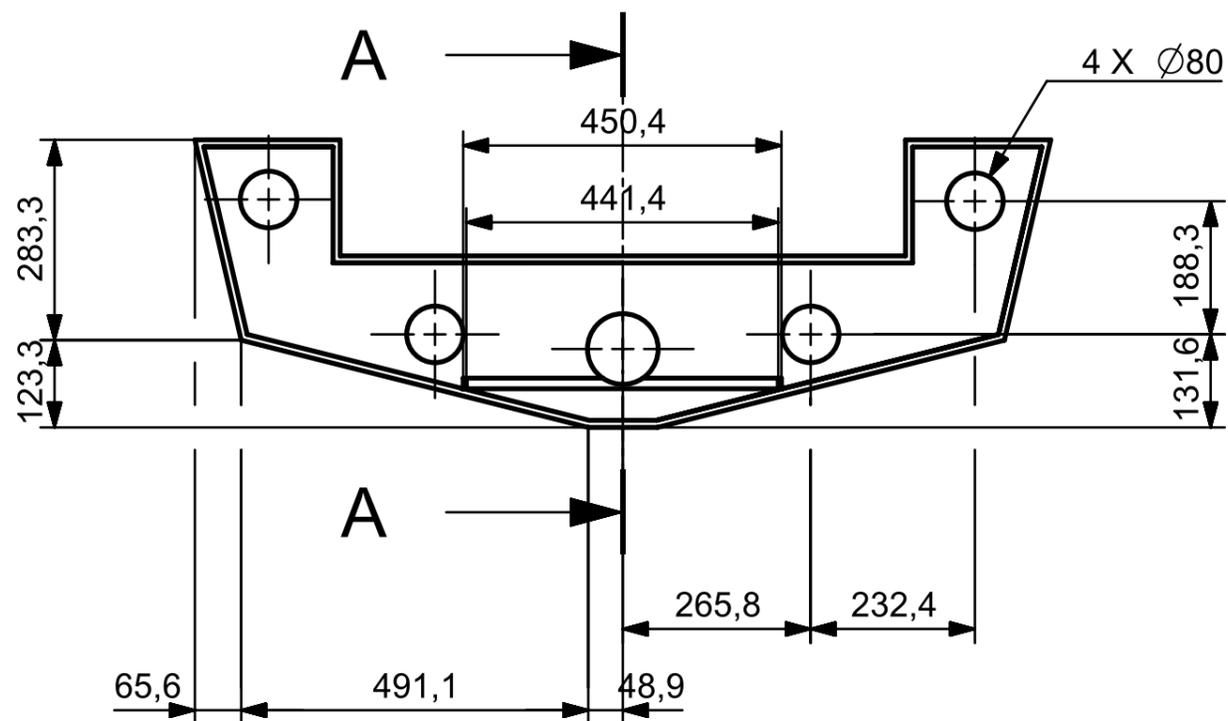
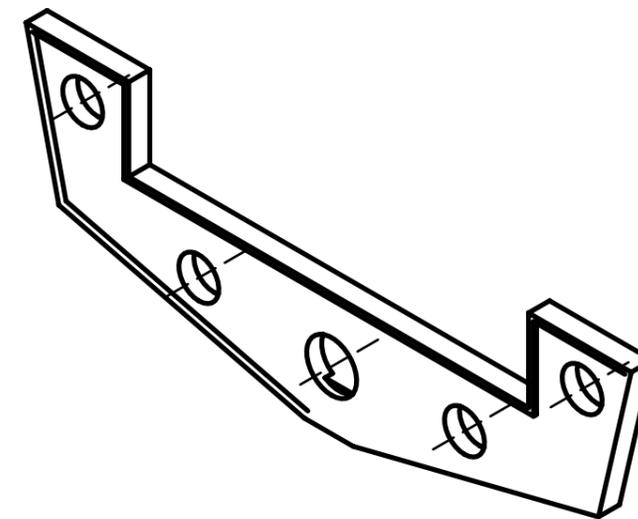
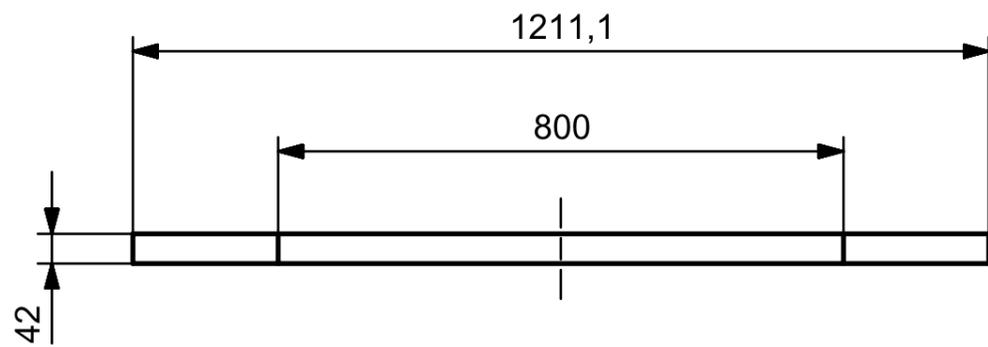
COMPROBADO: Carlos Casqueiro Placer

FORMATO: **A3**

FECHA: 20 FEB 2018



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

CUADERNA Nº5

DIBUJADO:

José Jaime Payo
Velázquez

ESCALA:

1:10

COMPROBADO:

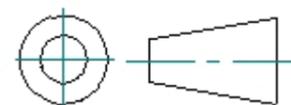
Carlos Casqueiro
Placer

FORMATO:

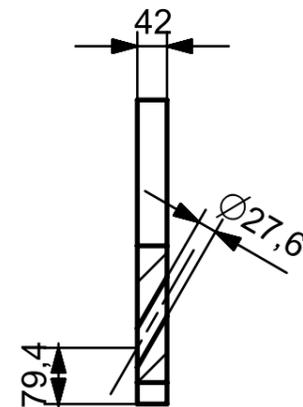
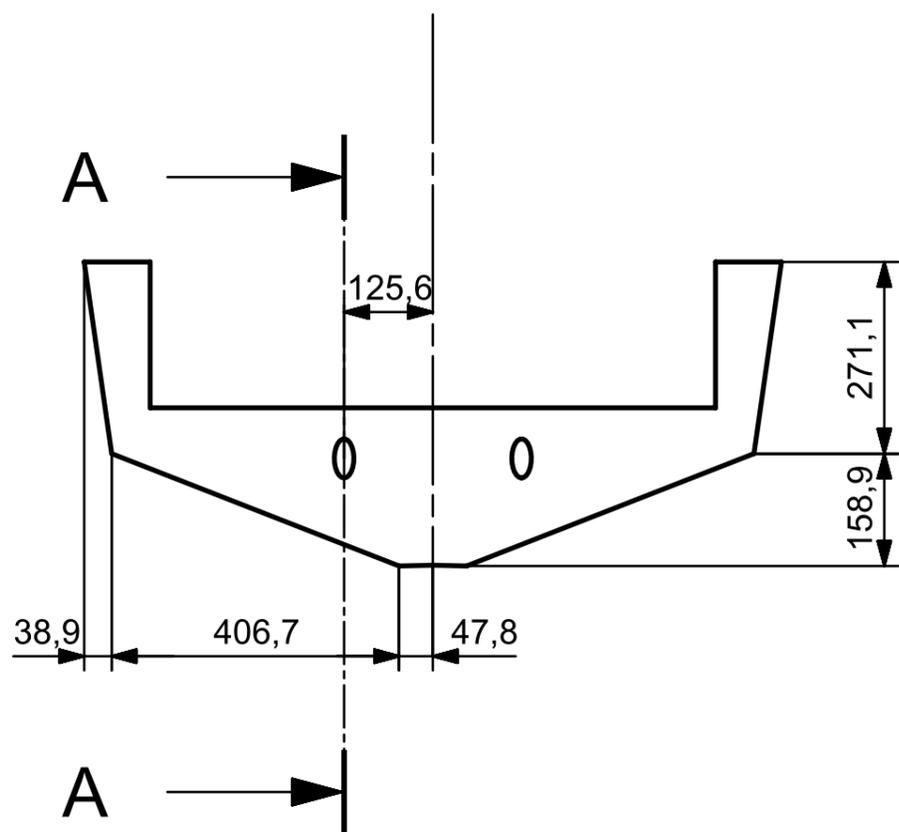
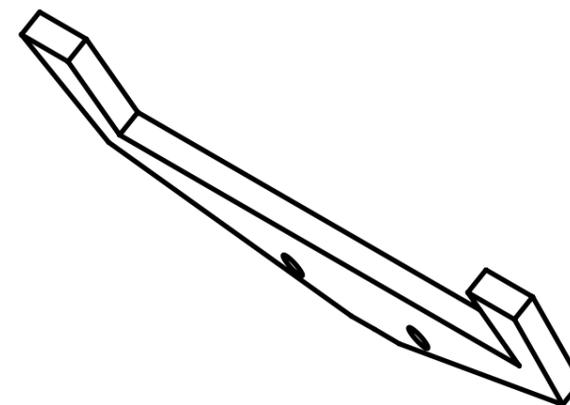
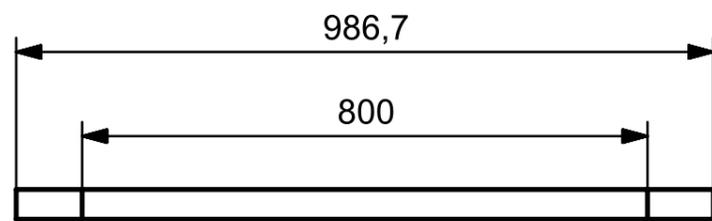
A3

FECHA:

20 FEB 2018



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

CUADERNA N°6

DIBUJADO:

José Jaime Payo
Velázquez

ESCALA:

1:10

COMPROBADO:

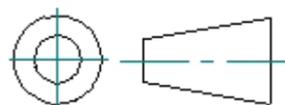
Carlos Casqueiro
Placer

FORMATO:

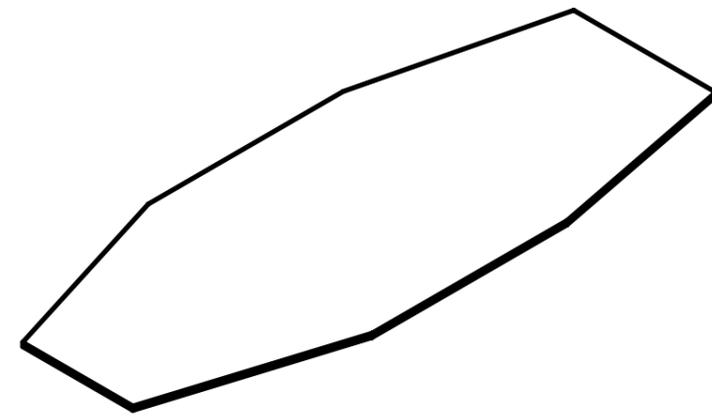
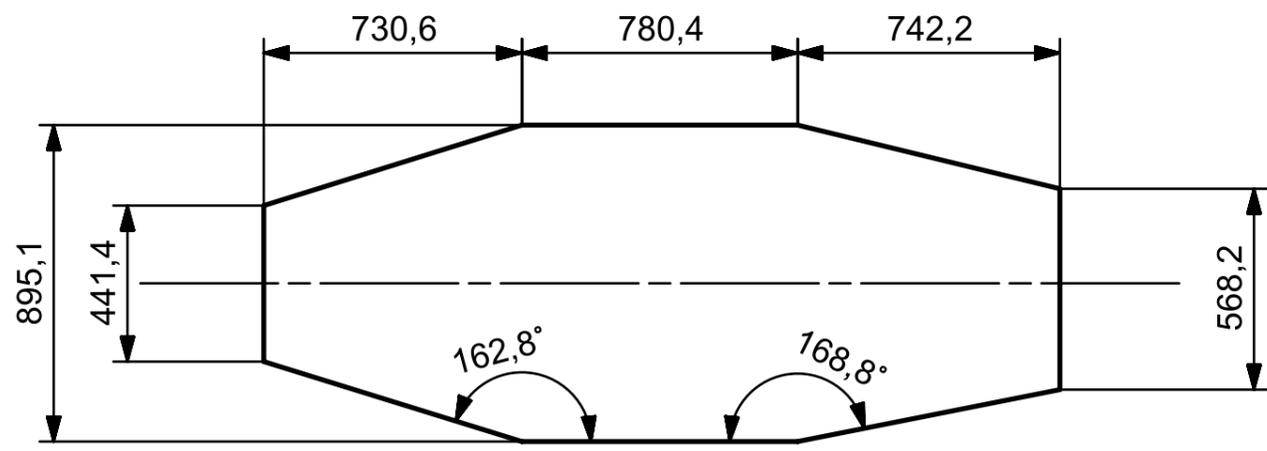
A3

FECHA:

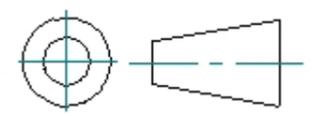
20 FEB 2018



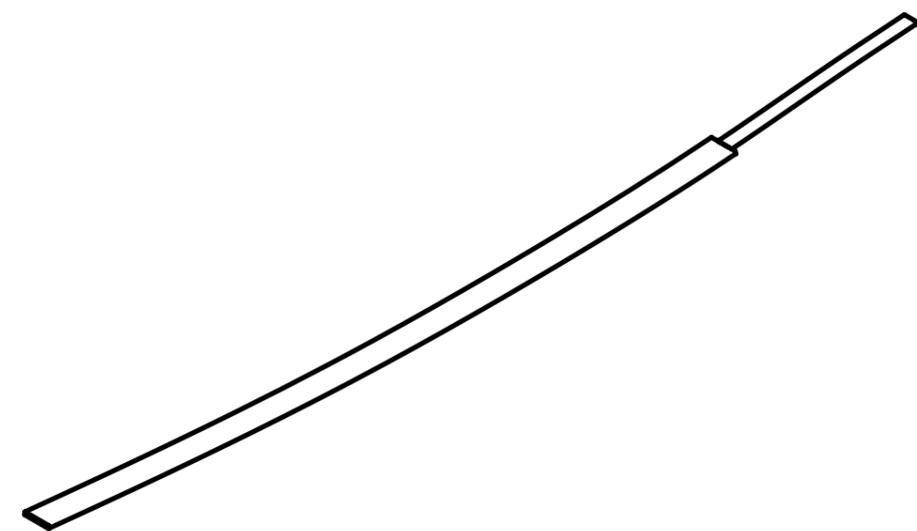
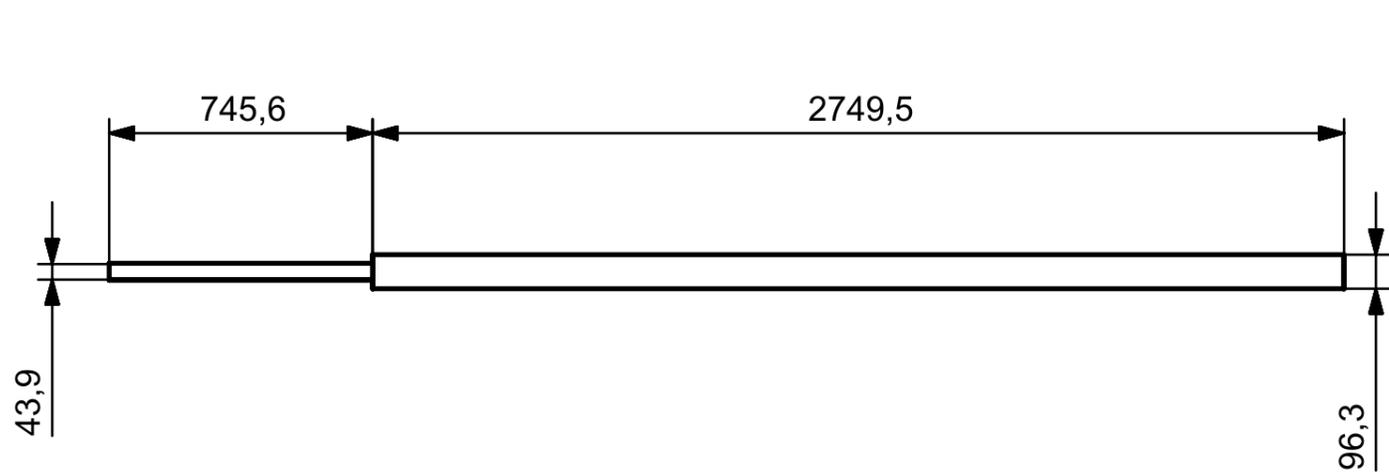
PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



TITULO DEL PLANO:	CUBIERTA INFERIOR		
DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
FECHA:	20 FEB 2018		

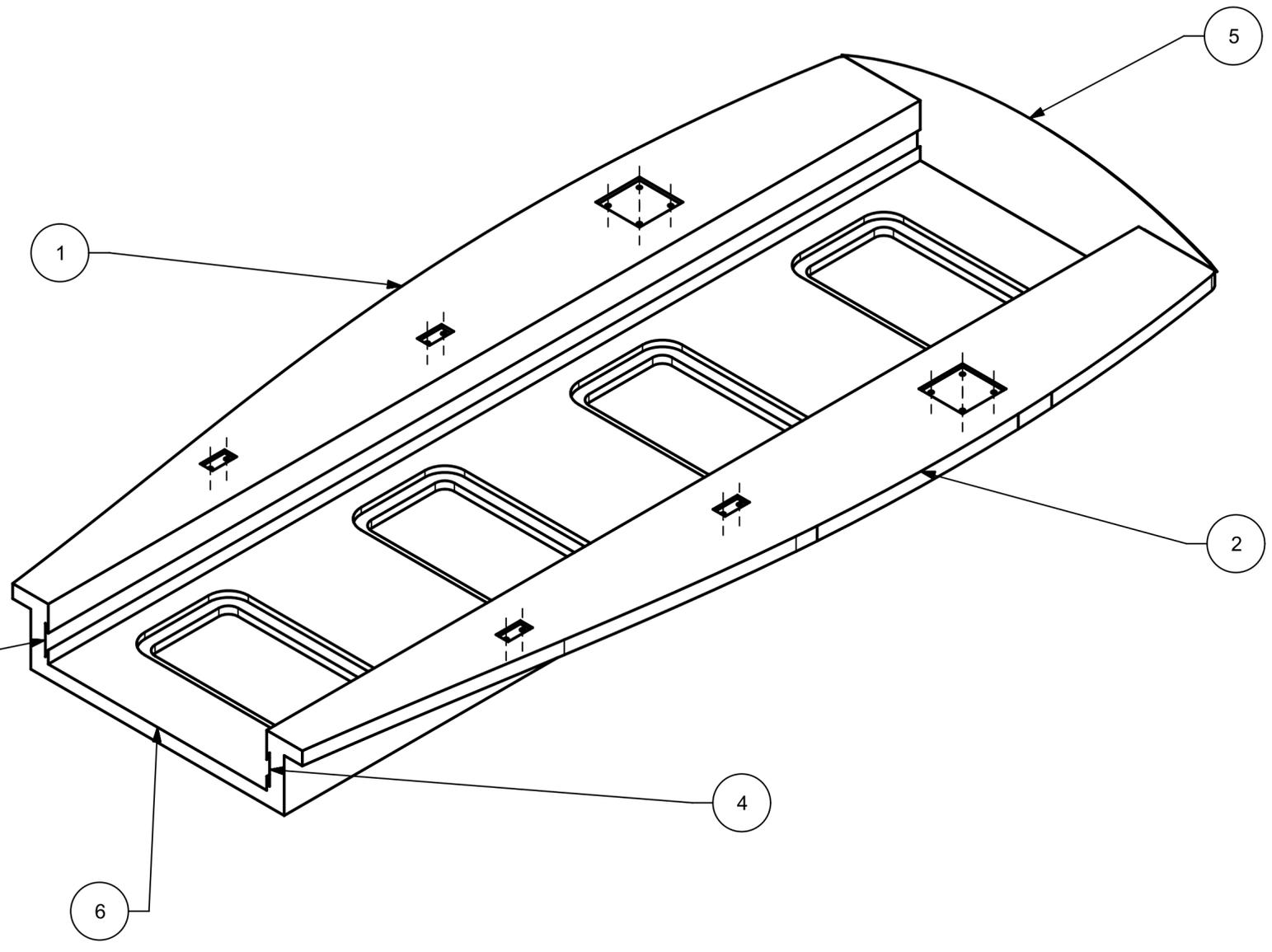


PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO

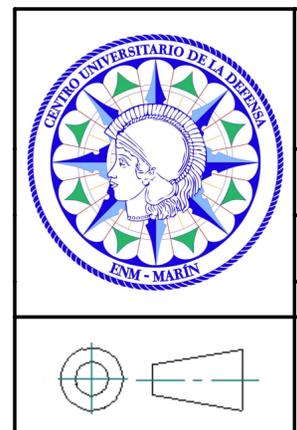


La curvatura de la quilla seguirá la curvatura del fondo del casco.

	TITULO DEL PLANO:		QUILLA	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
	FECHA:	20 FEB 2018		
		<i>PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO</i>		



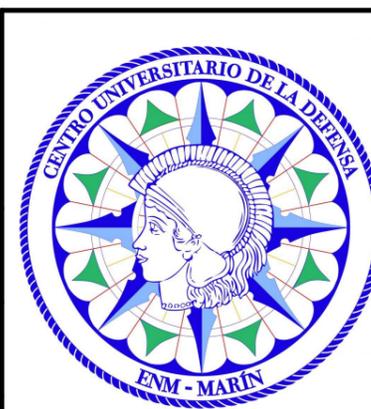
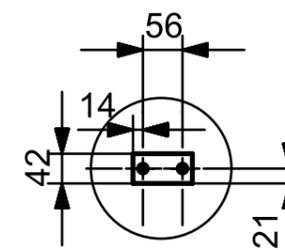
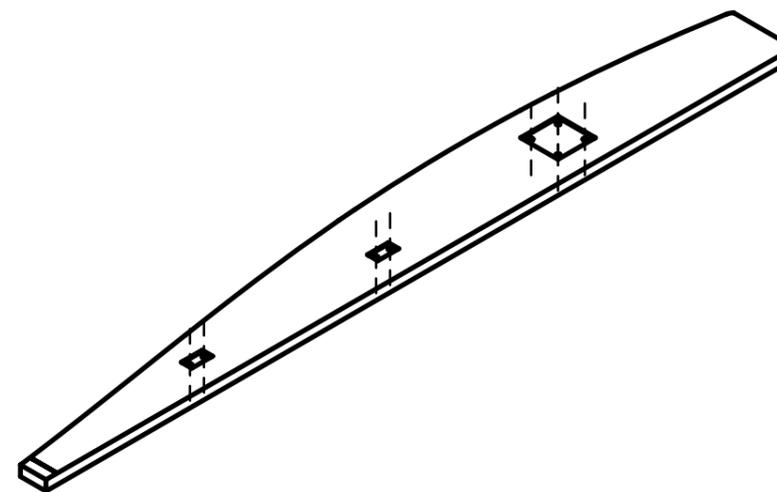
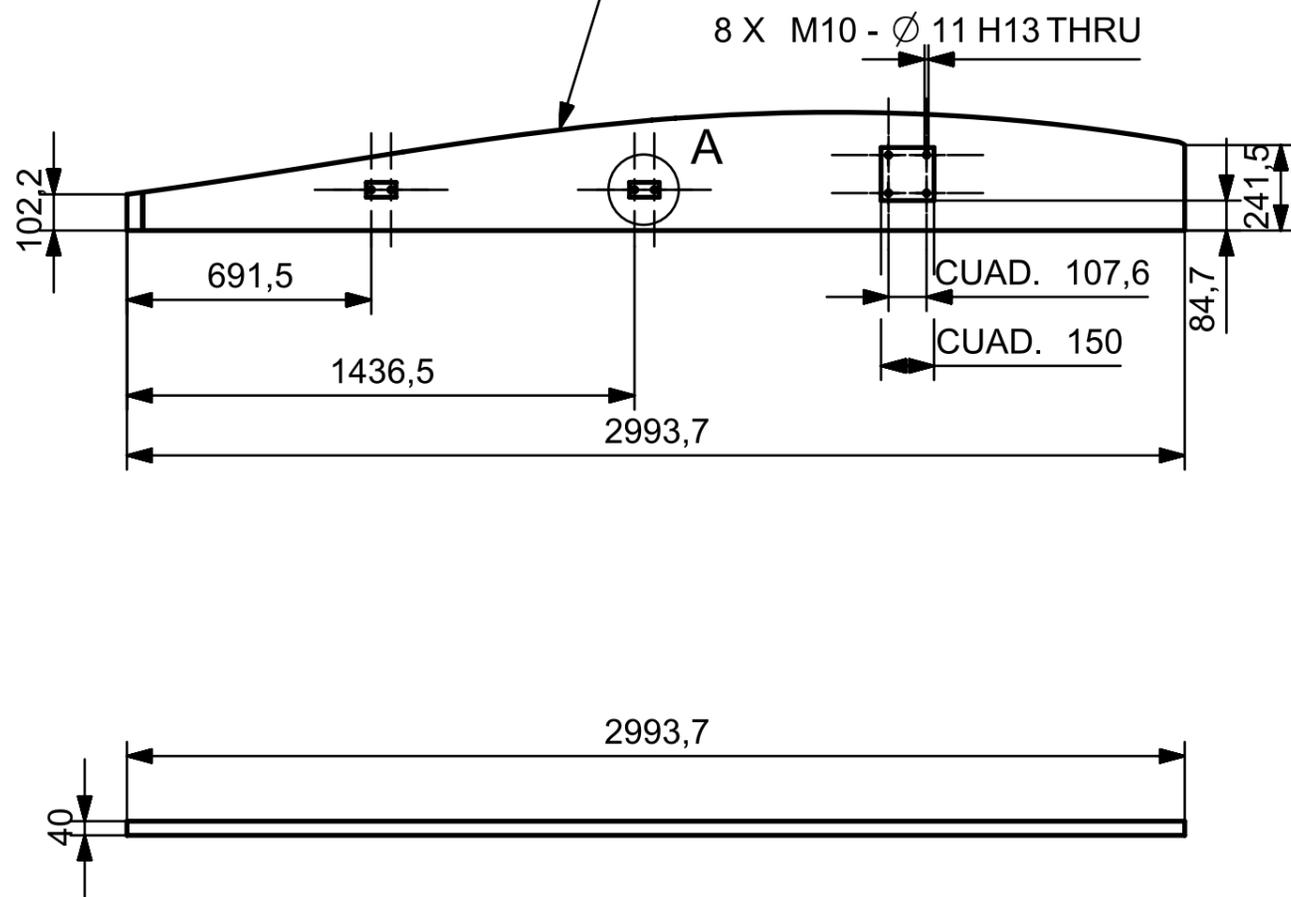
1	TAPA DE REGALA BANDA DE BR.	1
2	TAPA DE REGALA BANDA DE ER.	1
3	MAMPARO BR. COMPARTIMENTO	1
4	MAMPARO ER. COMPARTIMENTO	1
5	MAMPARO PROA COMPARTIMENTO	1
6	CUBIERTA COMPARTIMENTO	1



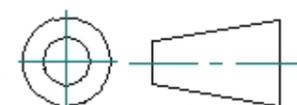
TITULO DEL PLANO:		CONJUNTO CUBIERTA PRINCIPAL	
DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:10
COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A2
FECHA:	20 FEB 2018		

PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO

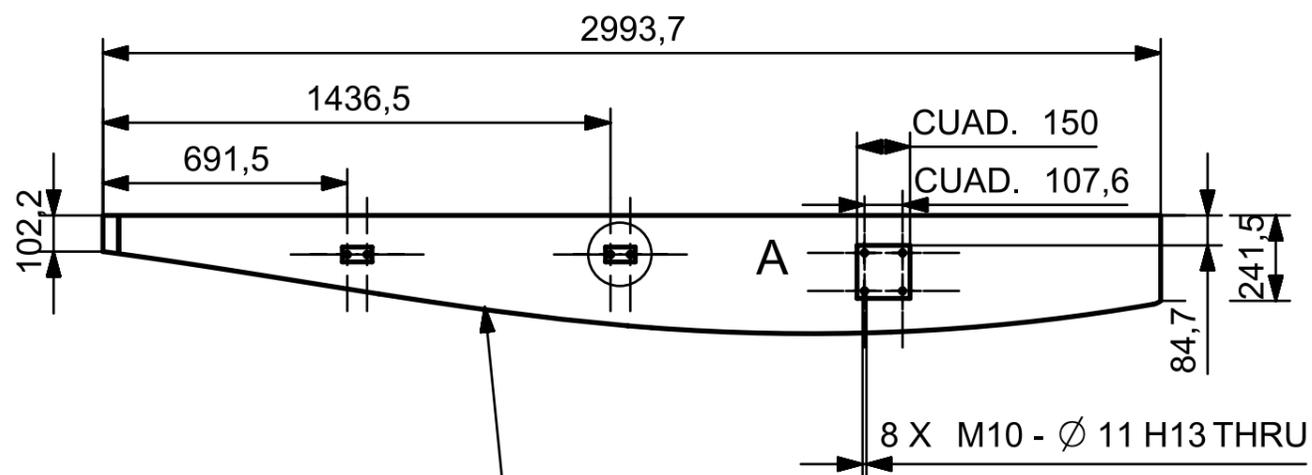
*Nota: La superficie exterior de la tapa de regala se cortará siguiendo el contorno del casco.



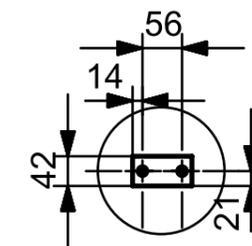
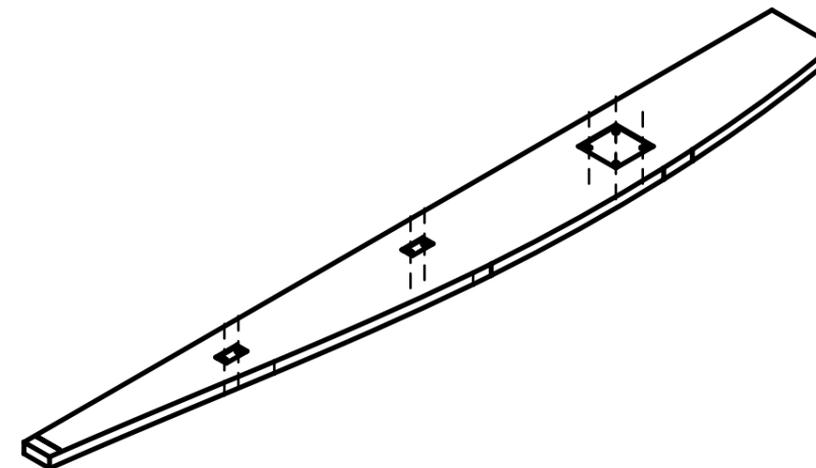
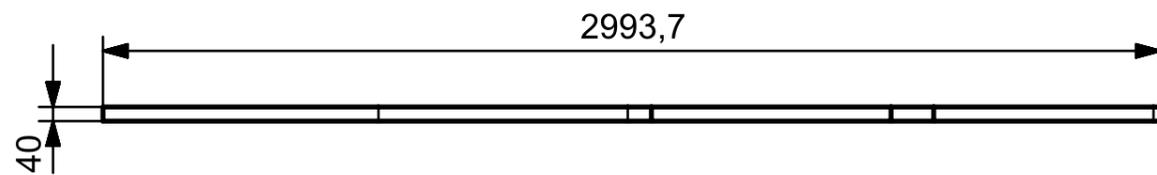
TITULO DEL PLANO:	TAPA DE REGALA BANDA DE BR.		
DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
FECHA:	20 FEB 2018		



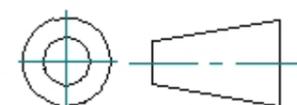
PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO

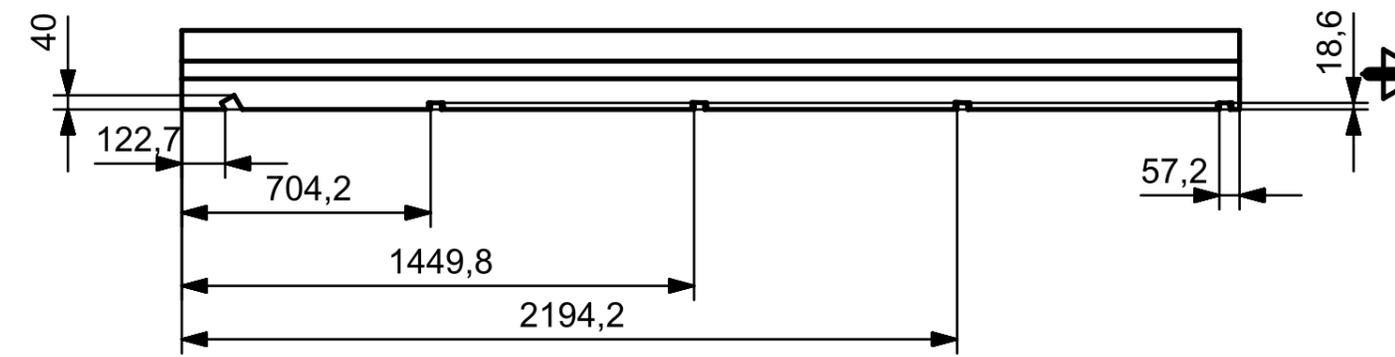
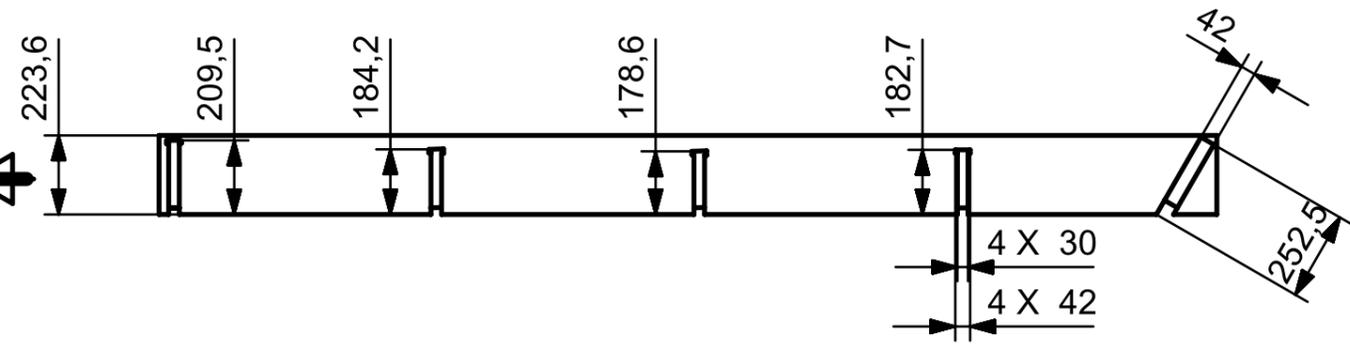
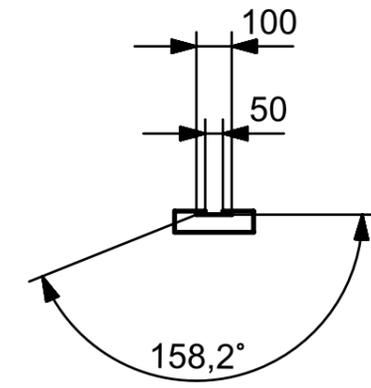
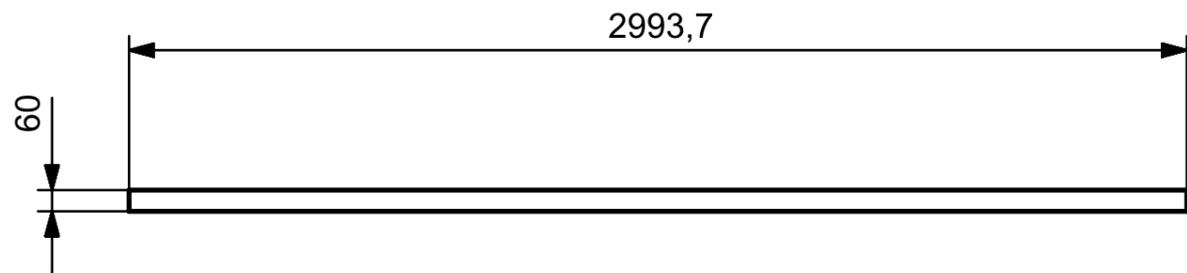


*Nota: La superficie exterior de la tapa de regala se cortará siguiendo el contorno del casco.

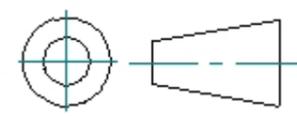


DETALLE A
ESCALA 1:10

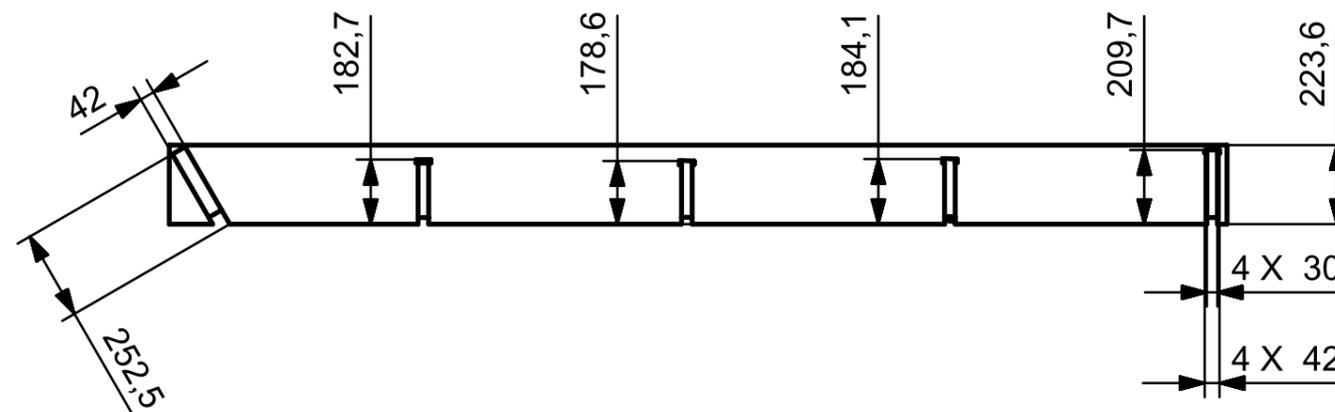
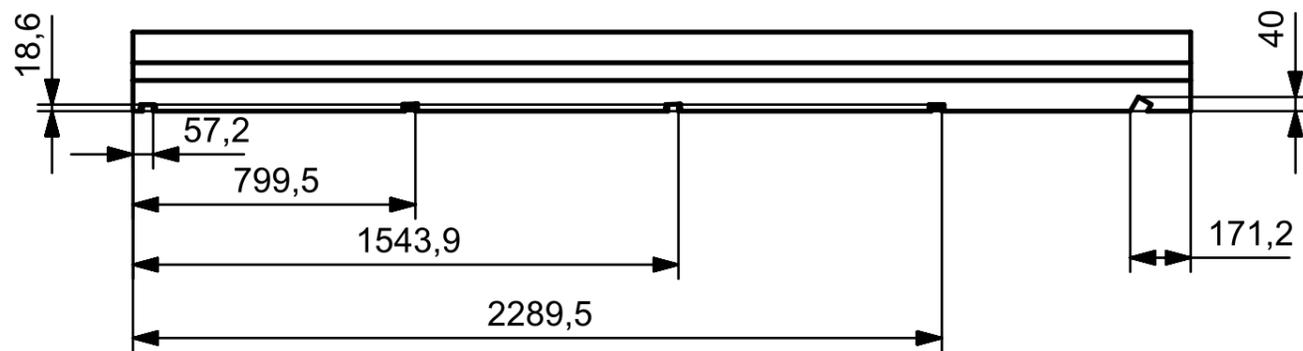
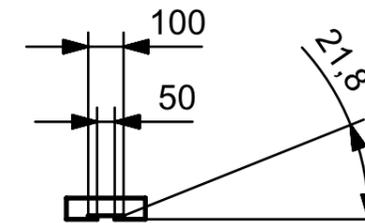
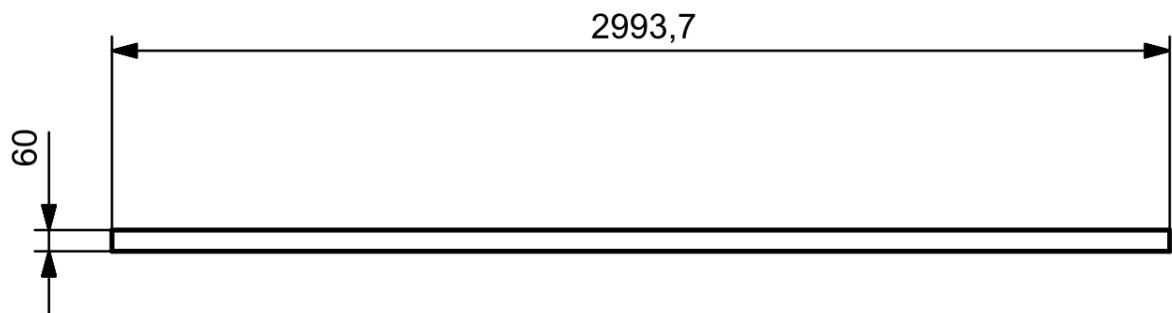
	TITULO DEL PLANO:		CUBIERTA PRINCIPAL BANDA DE ER.	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez		
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
	FECHA:	20 FEB 2018		
		<i>PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO</i>		



TITULO DEL PLANO:	MAMPARO BR. COMPARTIMENTO DEL MÓDULO		
DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
FECHA:	20 FEB 2018		



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



TITULO DEL PLANO:

MAMPARO ER. COMPARTIMENTO DEL MÓDULO

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:20

COMPROBADO:

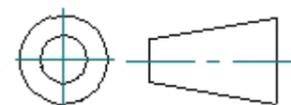
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

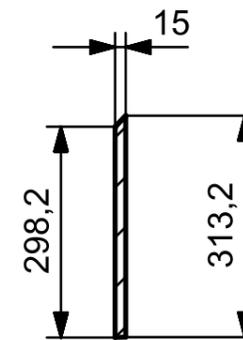
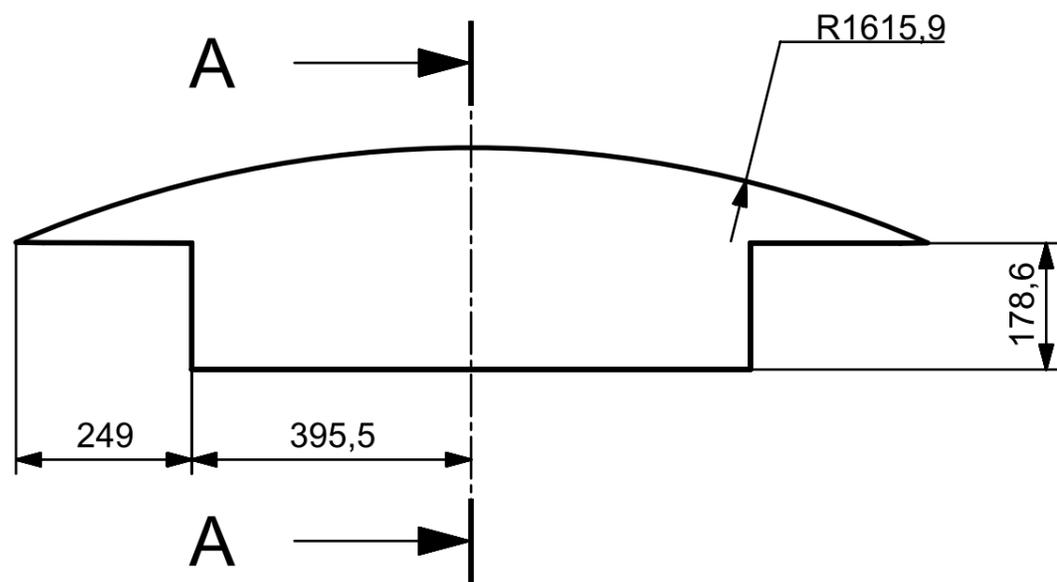
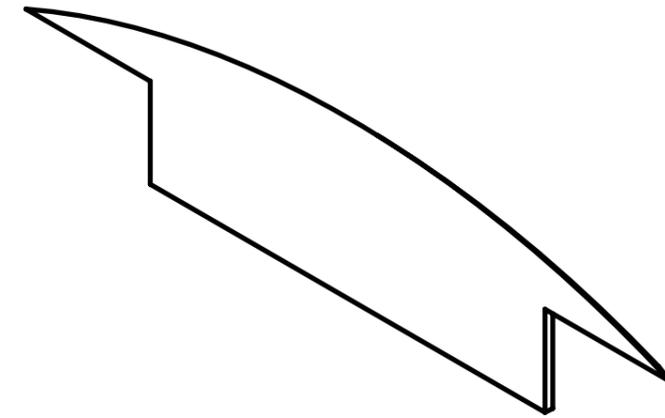
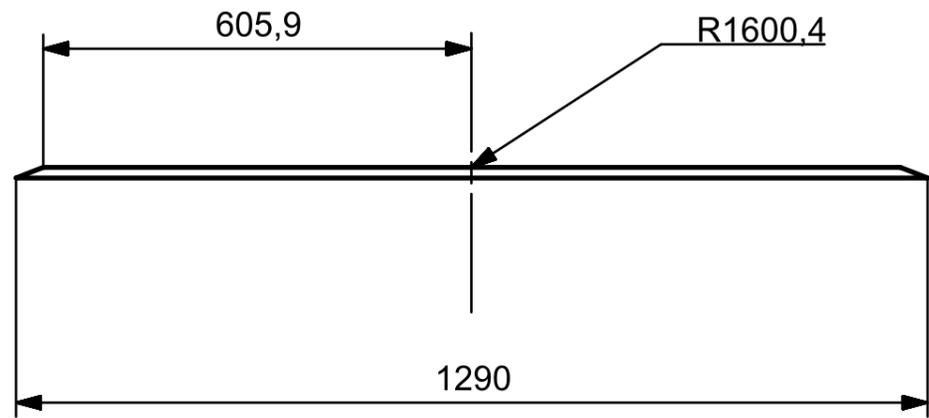
A3

FECHA:

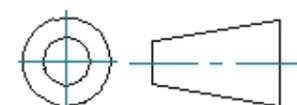
20 FEB 2018

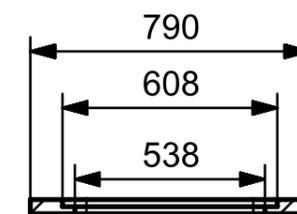
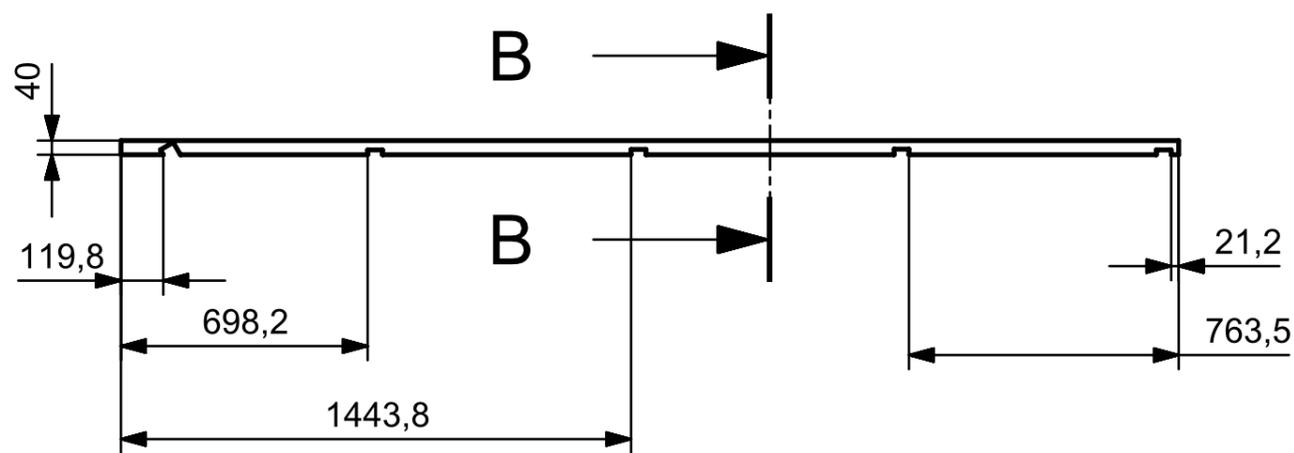
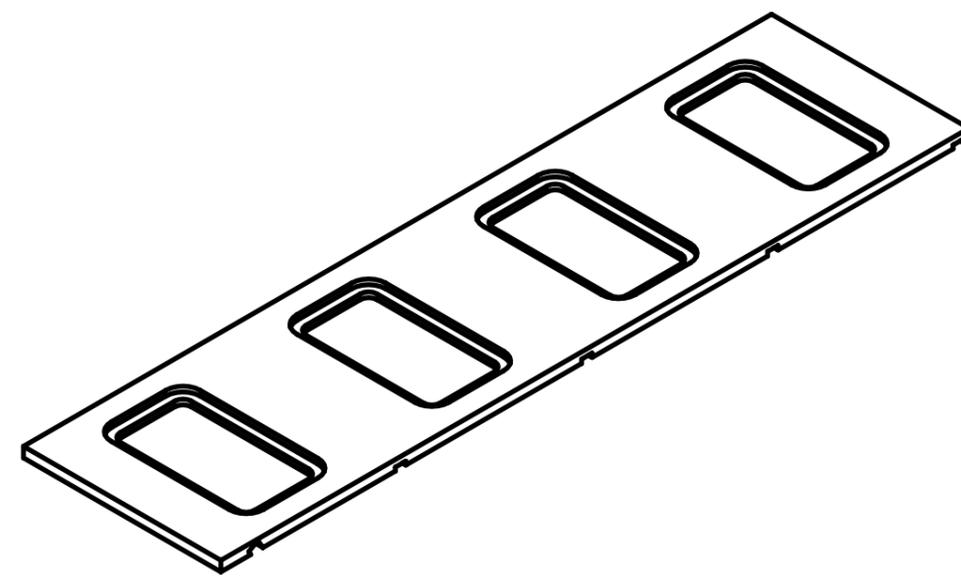
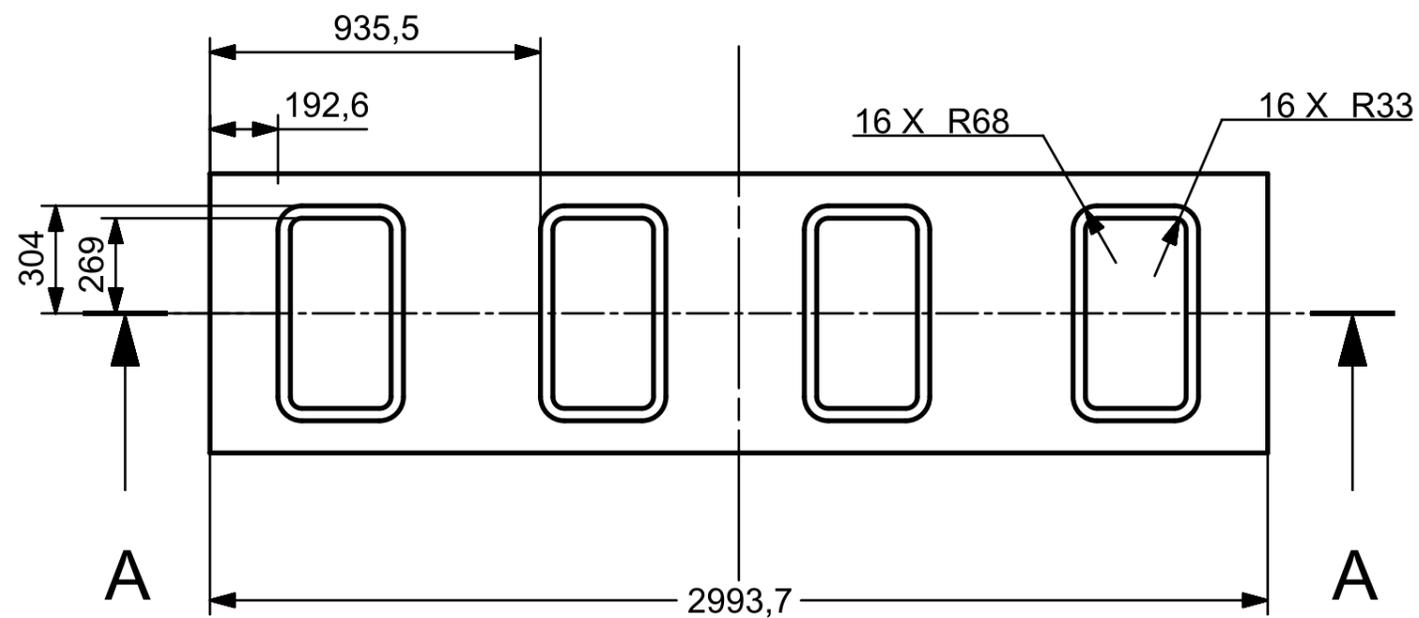


PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO

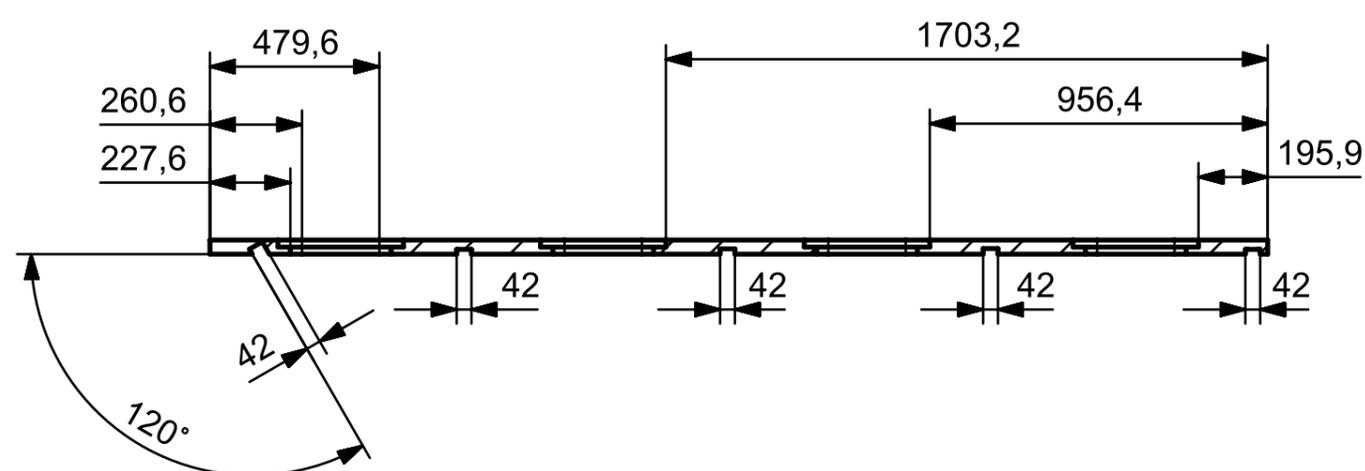


CORTE A-A

	TITULO DEL PLANO:		MAMPARO PROA COMPARTIMENTO DEL MÓDULO	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
	FECHA:	20 FEB 2018		
		<i>PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO</i>		



CORTE B-B



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:

CUBIERTA DEL COMPARTIMENTO DEL MÓDULO

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:20

COMPROBADO:

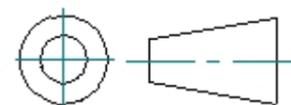
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

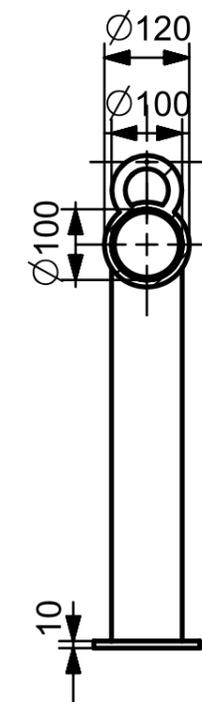
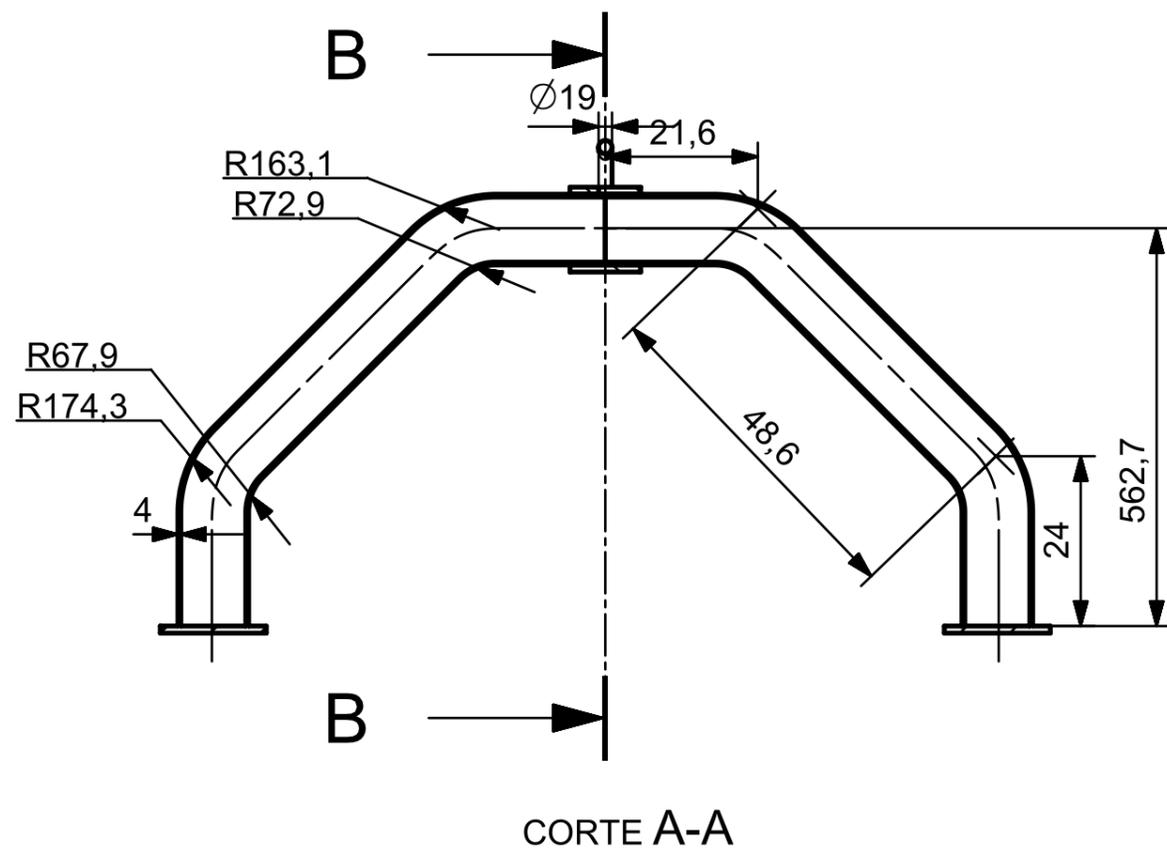
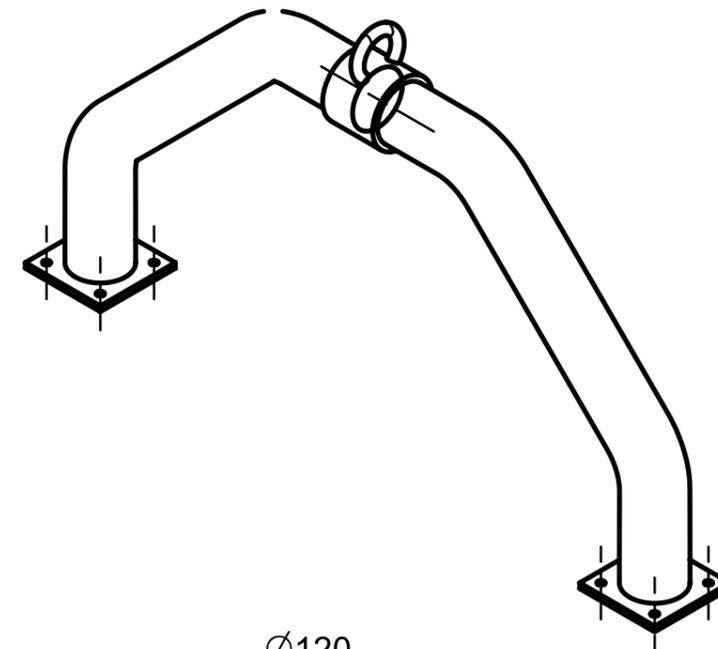
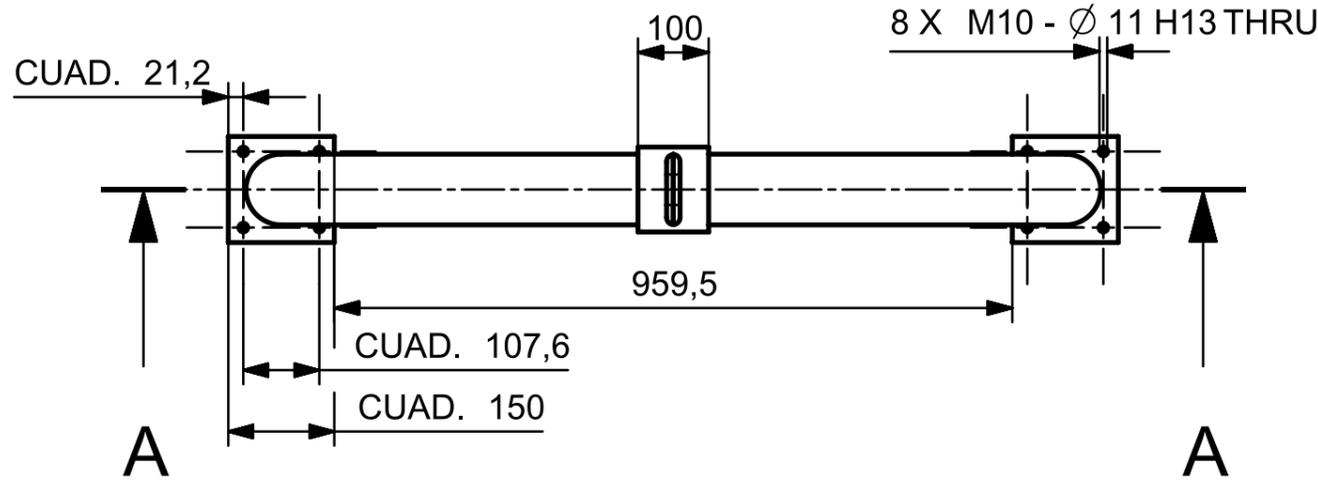
A3

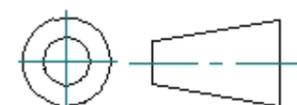
FECHA:

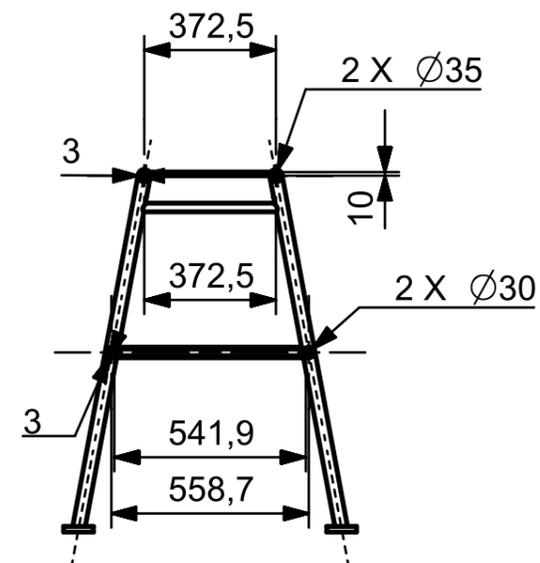
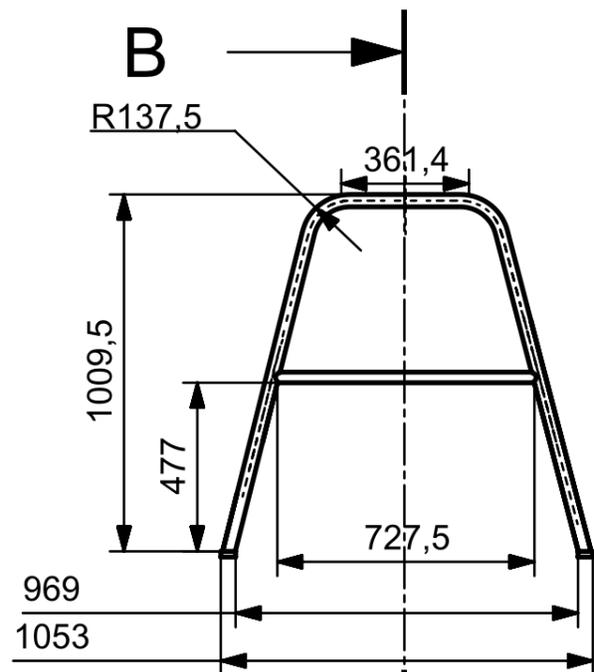
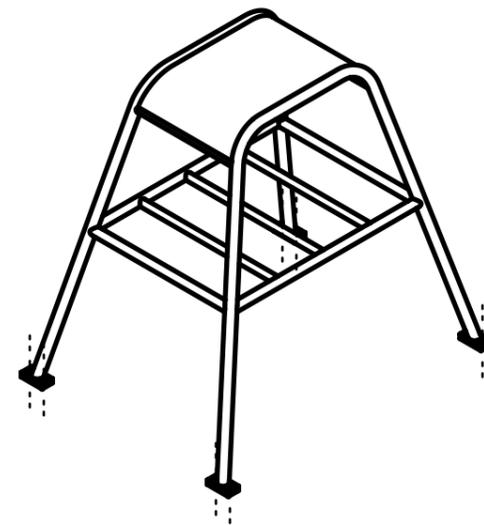
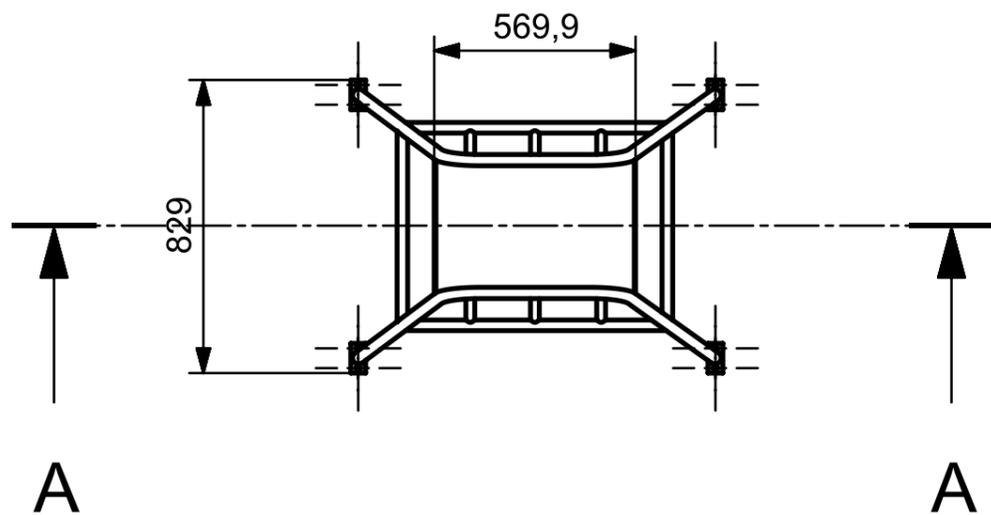
20 FEB 2018



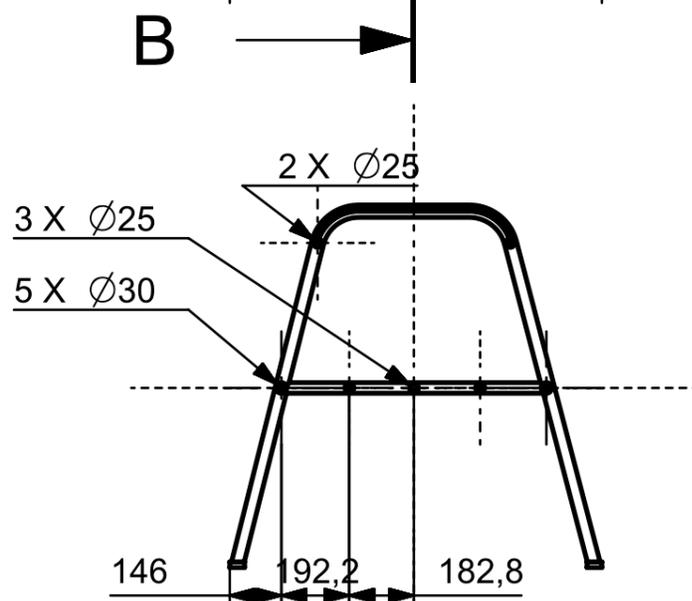
PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



	TITULO DEL PLANO:		ESTRUCTURA PARA GANCHO	
	DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
	COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
	FECHA:	20 FEB 2018		
		PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO		



CORTE B-B



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:
PLANO:

ESTRUCTURA PRINCIPAL

DIBUJADO:

José Jaime Payo Velázquez

ESCALA:

1:20

COMPROBADO:

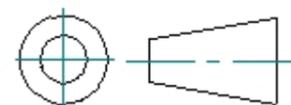
Carlos Casqueiro Placer

FORMATO:

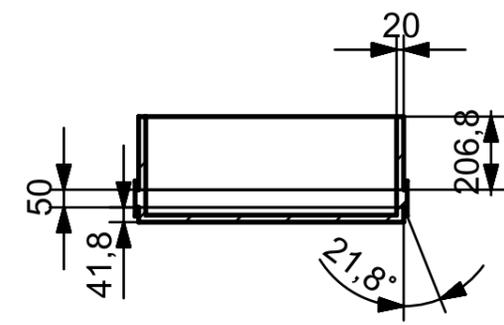
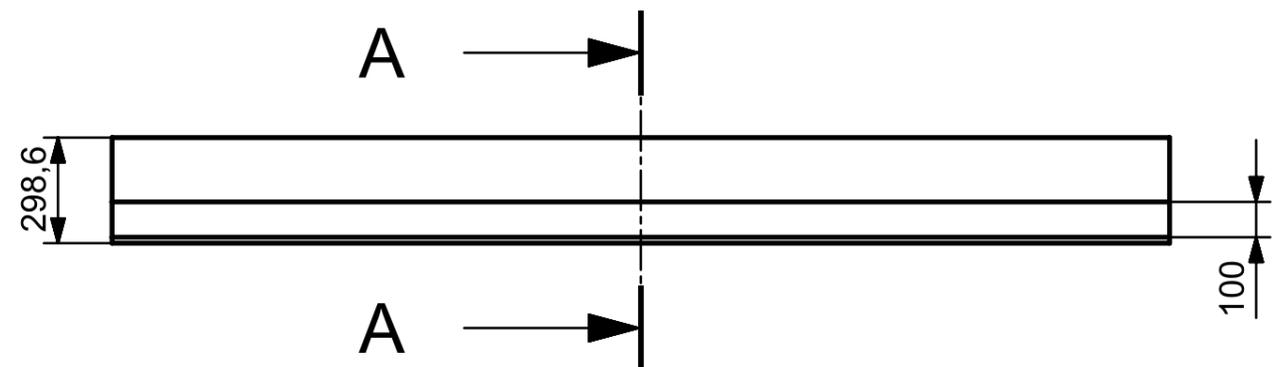
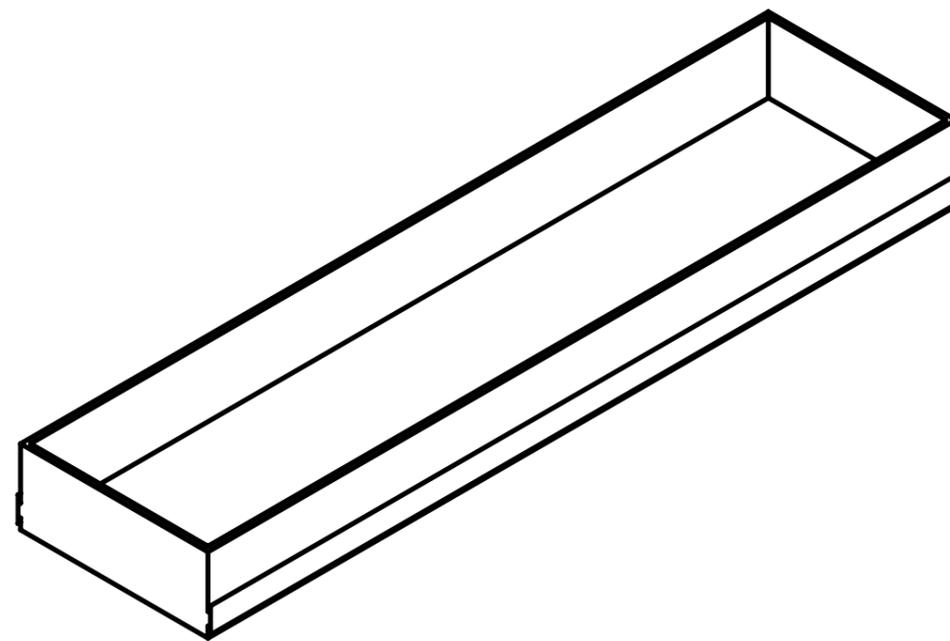
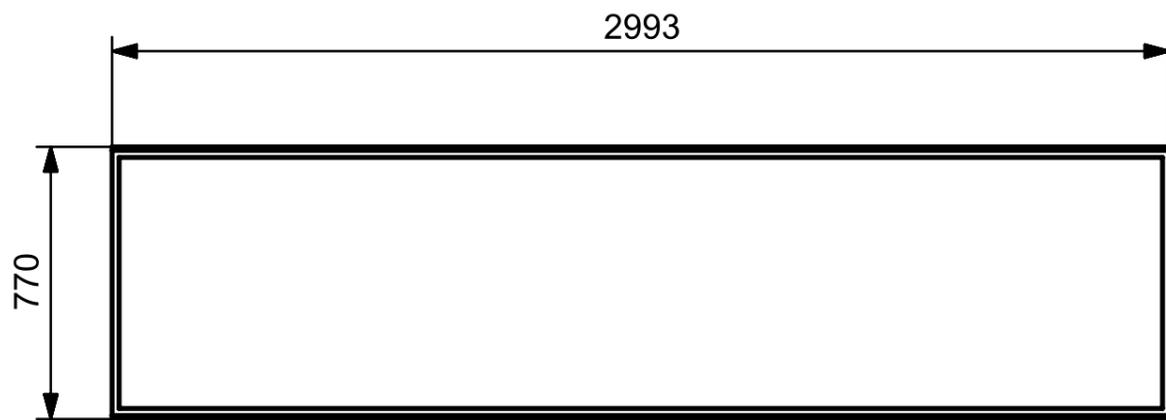
A3

FECHA:

20 FEB 2018



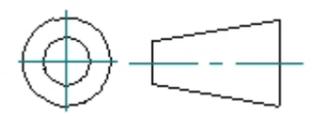
PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO



CORTE A-A



TITULO DEL PLANO:	MODELO MÓDULO EXTRAIBLE MULTIPROPOSITO		
DIBUJADO:	José Jaime Payo Velázquez	ESCALA:	1:20
COMPROBADO:	Carlos Casqueiro Placer	FORMATO:	A3
FECHA:	20 FEB 2018		



PLATAFORMA USV MULTIPROPOSITO

ANEXO III: PLANOS MOTOR NEWPORT VESSELS 62-LB

Descripción del anexo.

En este anexo se incluyen los planos de los motores Newport Vessels extraídos del manual del producto.



Electric Trolling Motor

L Series

User's Manual

Please read and retain this manual before using product

REACH RoHS



WIRING AND BATTERY RECOMMENDATIONS

Battery Type

Recommended battery(s): 12-volt Deep Cycle battery or Marine battery. To extend running time either a larger capacity or an additional battery can be used. See section on battery connection method. NOTE: 86lbs model requires a 24-volt battery.

Circuit Protection

It is recommended to install a manual reset circuit breaker in the electric outboard motor leads within 1.8m (72 Inches) of the battery(s).

Cable Size

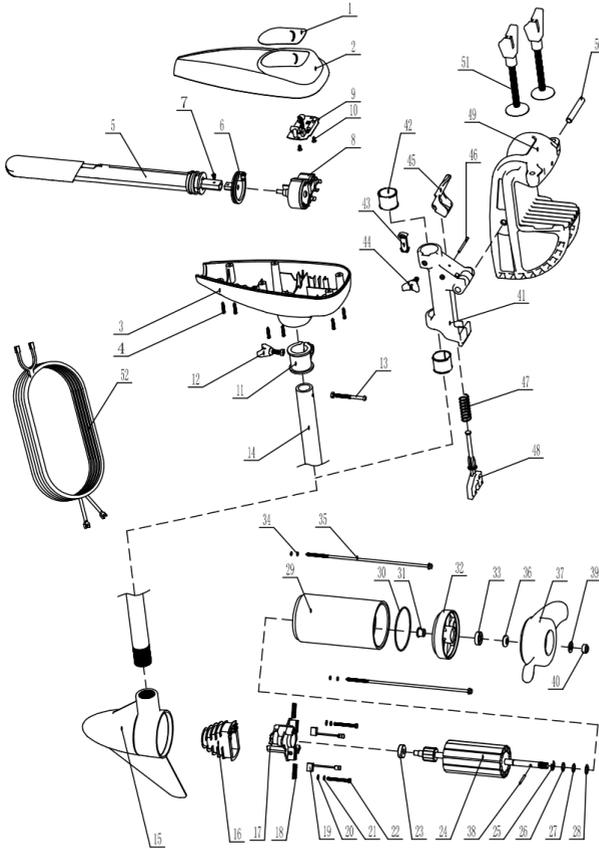
If extending the standard battery cable supplied with the product, Newport Vessels recommends the use of 13mm² wire (8-gauge wire, AWG).

WARNING

Batteries contain sulfuric acid, which can cause severe burns. Avoid contact with skin, eyes and clothing. The battery also produces hydrogen and oxygen gases when being charged. This potentially explosive mixture escapes through the fill vent cell caps and may form an explosive atmosphere around the battery for several hours after it has been charged. Electrical arcing or flames can ignite the gas and cause an explosion, which may shatter the battery and could cause blindness or other serious injury.

WARNING

Be sure all switches are in the OFF position before connecting to battery or batteries. Electrical arcing near the battery could ignite hydrogen gas and cause the battery to explode.



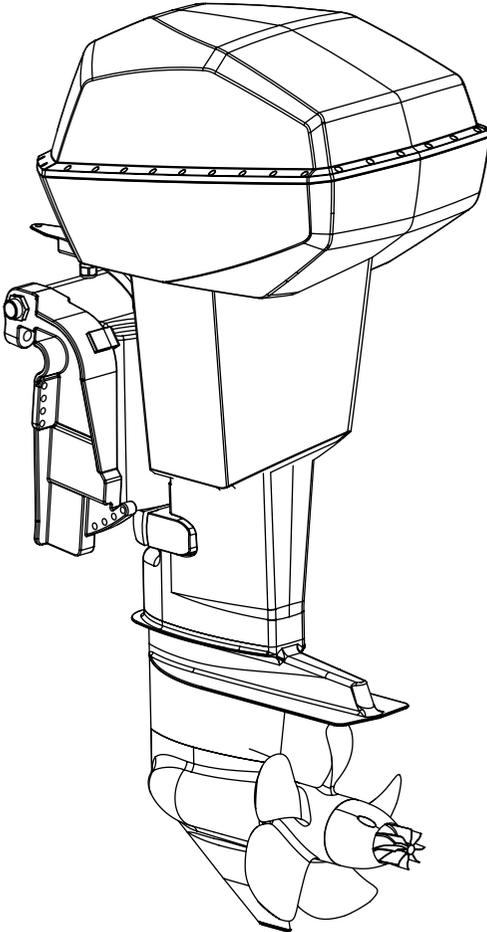
52	LEADWIRE-10GASPADF TERN	1
51	SCREW-CLAMP	2
50	PIN-HINGE	1
49	BRACKET	1
48	T-BAR-PLASTIC	1
47	SPRING-T-BAR	1
46	PIN-TILT LEVER	1
45	LEVER	1
44	SCREW-TENSION	1
43	TENSION BLOCK-SNAP IN	1
42	BUSHING-HINGE	2
41	HINGE-PLASTIC	1
40	NUT-PROP NYLOC	1
39	WASHER	1
38	PIN-DRIVE	1
37	PROPELLER	1
36	SEAL SHIELD	1
35	THRU-BOLT	2
34	O-RING	4
33	SEAL	1
32	REAR ENDBELL	1
31	BEARING-FLANGE	1
30	O-RING	1
29	MOTOR MAGNET	1
28	WASHER-NYLON	1
27	WASHER-NYLON	1
26	WASHER-STEEL	1
25	RETAINING RING	1
24	MOTOR ROTOR	1
23	BEARING-BALL	1
22	BRUSH PLATE SCREW	2
21	WASHER-STEEL	2
20	WASHER-STEEL	2
19	BRUSH ASSEMBLY	2
18	SPRING-COMPRESSION	2
17	BRUSH PLATE HOLDER	1
16	SPEED COIL	1
15	FRONT ENDBELL	1
14	TUBE COMPOSITE	1
13	TENSION BLOCK-SNAP IN	1
12	SCREW-COLLAR	1
11	COLLAR	1
10	SCREW-BATTERY METER	2
9	10 POINTS LED BATTERY METER	1
8	SWITCH	1
7	SCREW	1
6	PIVOT-HANDLE	1
5	TELESCOPING HANDLE	1
4	SCREW	6
3	CONTROL BOX	1
2	CONTROL BOX COVER	1
1	STICK-COVER	1

PART NO. PART NAME ACCOUNT

ANEXO IV: PLANOS MOTOR TORQEEDO DEEP BLUE 40-RL

Descripción del anexo.

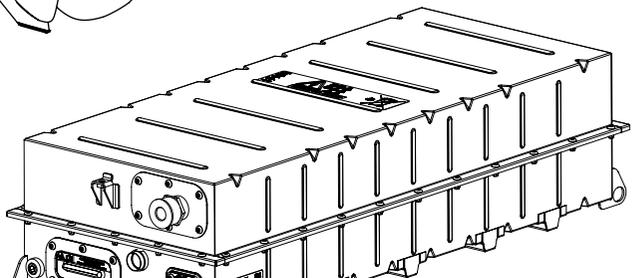
En este anexo se incluyen los planos del motor Torqeedo extraído del manual del producto.



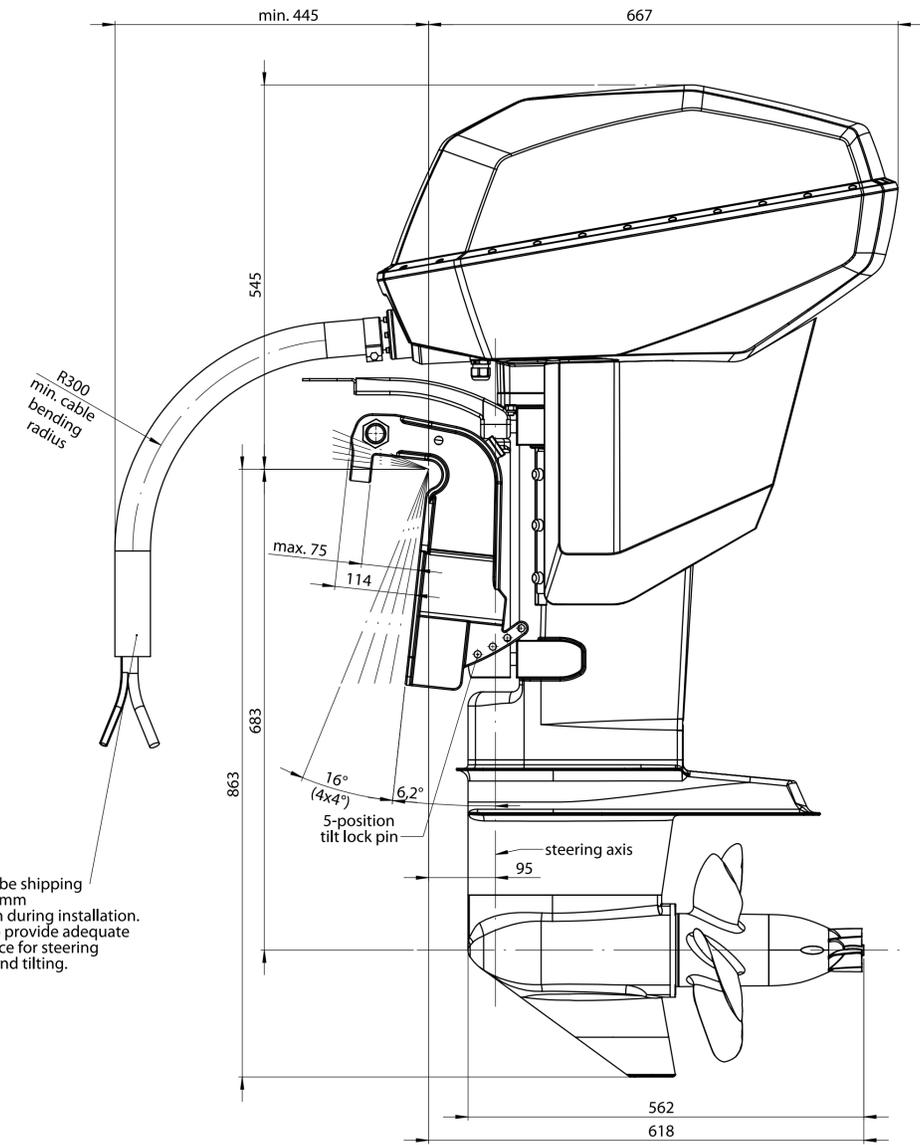
Deep Blue

Bedienungsanleitung
(Deutsch)

Operating Manual
(English)

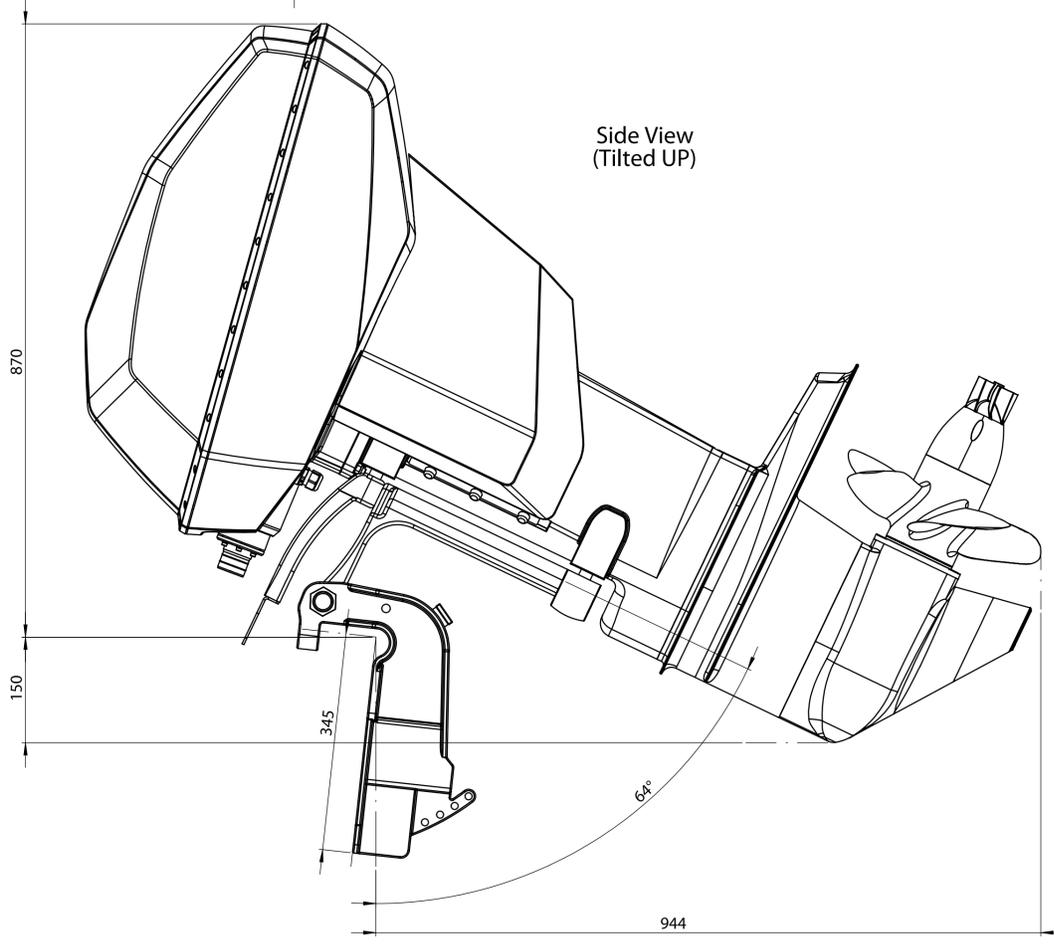


Side View

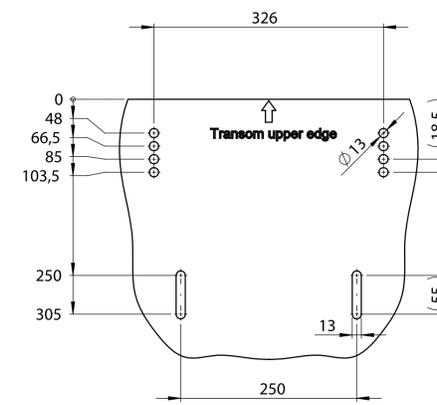
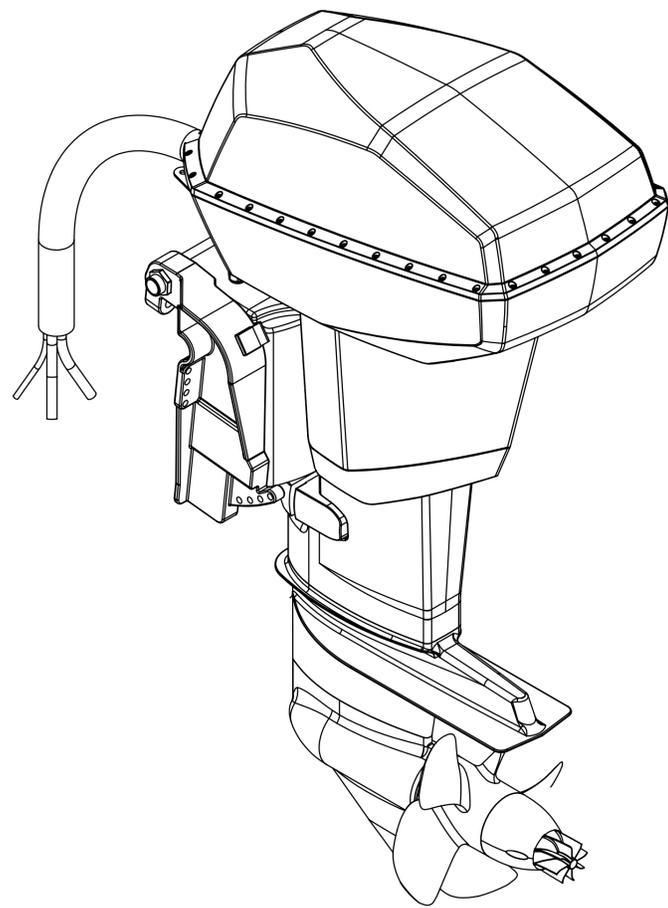
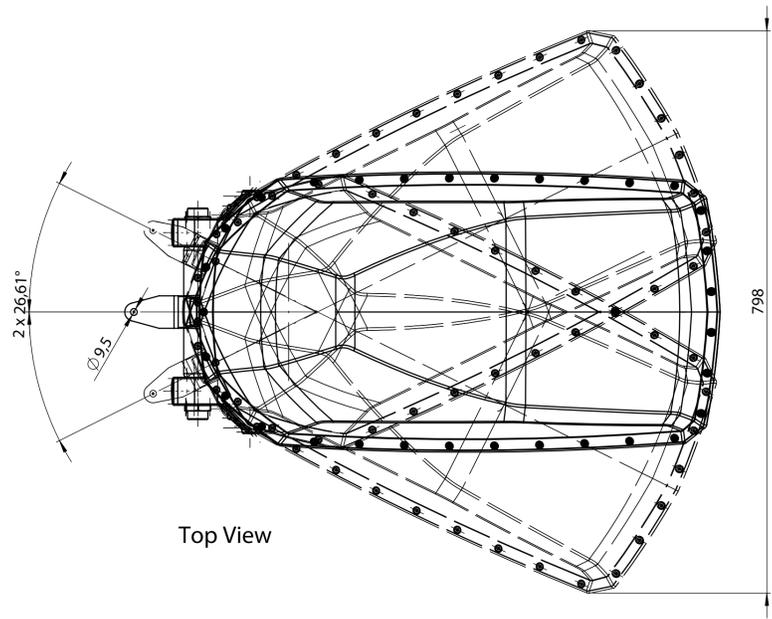
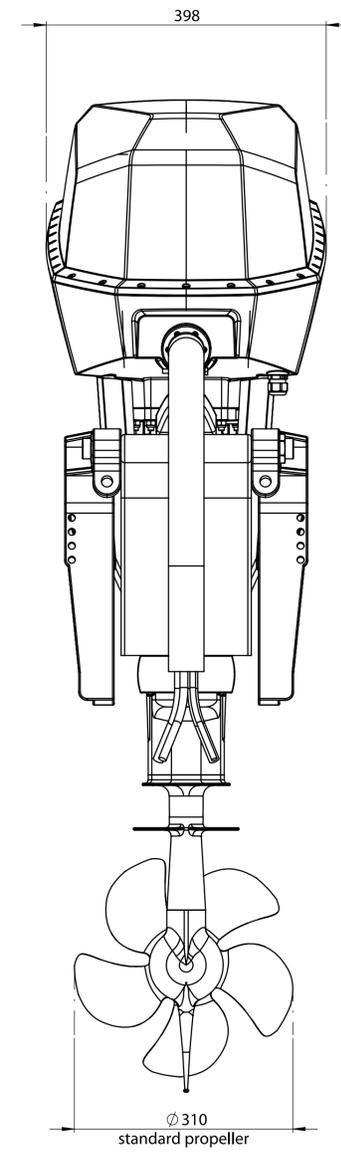


Insulation tube shipping length: 5600mm
Cut to length during installation.
Make sure to provide adequate bending space for steering movement and tilting.

Side View (Tilted UP)



Front View



transom drilling template

Torqueedo Deep Blue 40 RL

ANEXO V: PLANOS ESCOTILLA 353 X 506

Descripción del anexo.

En este anexo se incluyen los planos de las escotillas utilizadas en la cubierta de la plataforma del proyecto extraído del manual del producto.



Nuova Rade

Marine - Plastics Technology Experts

Hatches

Portlight - Escape Hatches

Euro 38 & 57

Ø38mm
Ø57mm

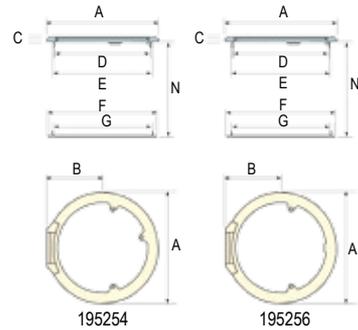


Plexiglas Thickness: 8mm

EURO Ø38 - Ø57 Escape Hatches ASA - UV resistant

Code	Model	Colour	Optional Spare Parts			
			Opening Stay	Set of left and right handles	Gasket	Spare Key for Deck Filler
195256	Euro Ø 38	White				
195254	Euro Ø 57		Euro Ø 38: 195541 Euro Ø 57: 195542	195540	44560 (1,6m, Ø9mm)	196053

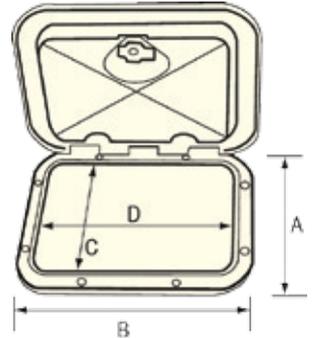
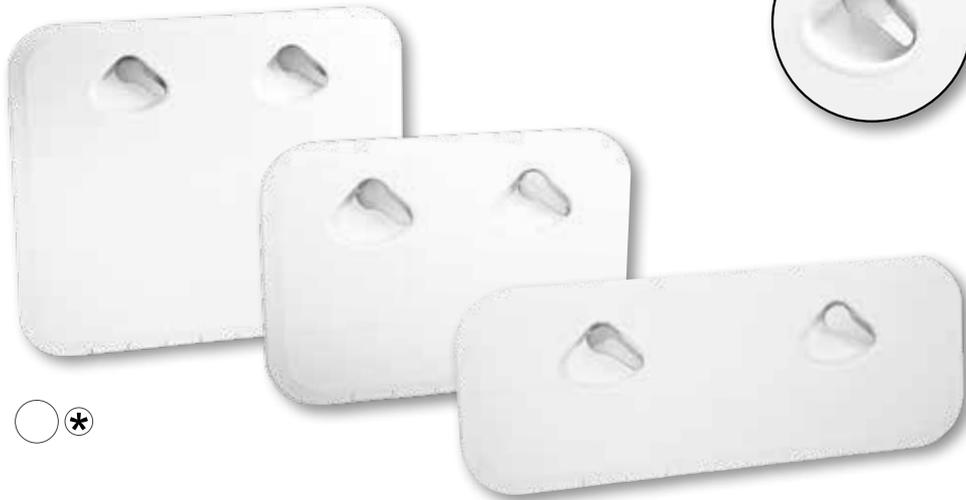
Code	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	N (mm)
195256	378	189	26	294	316	362	309	22.5-52.5
195254	590	294.5	27	506	518	574	521	22.5-52.5



Deck Hatches

Krome

353x606mm
315x440mm
270x375mm
243x607mm
370x375mm
460x510mm



KROME Hatches
with chromed handles
ASA - UV resistant

Code	Colour	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	H (mm)	I (mm)	Optional Spare Parts		
196513	White	270	375	183	289	200	300			
196514		315	440	237	357	243	363			
196515		353	606	266	520	283	530			
196516		243	607	162	521	173	530			
196517		370	375	283	289	300	300			
196518		460	510	373	433	390	445			

* Special colours available upon request.

ANEXO VI: PLANOS GANCHO CAR-35

Descripción del anexo.

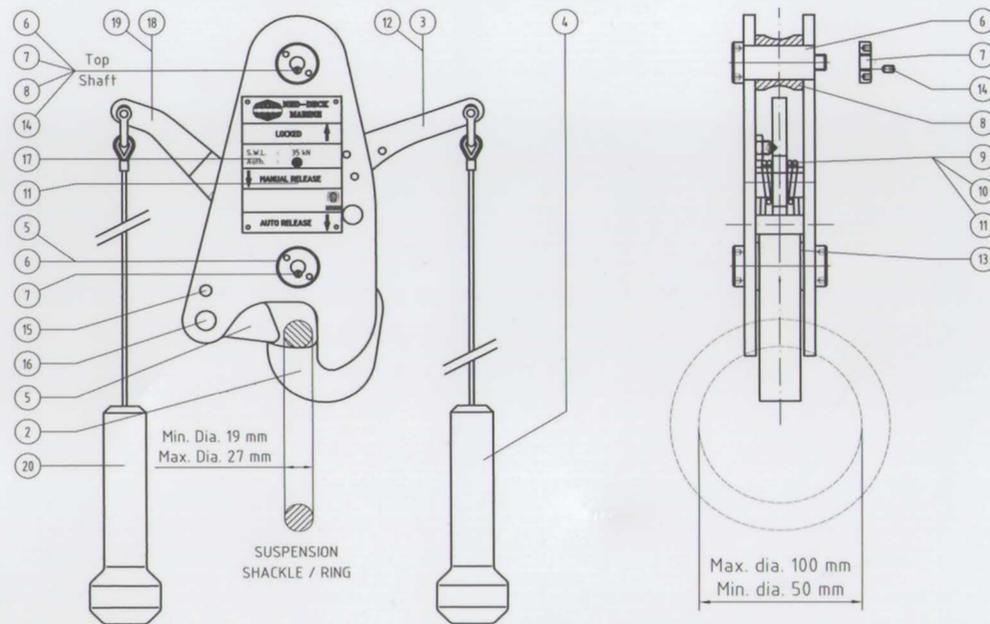
En este anexo se incluyen los planos del gancho CAR-35 de zafado rápido utilizado en los buques de la Armada Española.



NED-DECK MARINE

survival systems & deck equipment

LIFERAFT / RESCUE BOAT COMBINED AUTOMATIC RELEASE HOOK (CAR 35)



HOOK INSTALLATION DETAILS

DISASSEMBLY:

- Loosen securing screw (14)
- Loosen nut (07)
- Remove shaft (06)
- Remove distance bush (08)

ASSEMBLY:

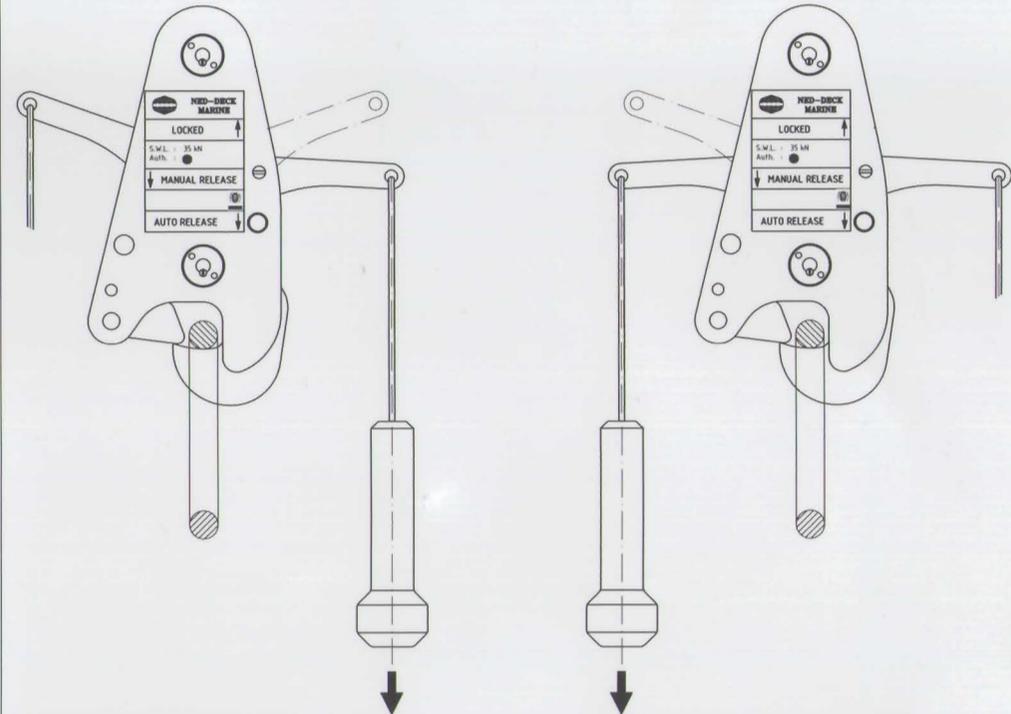
- Place bush (08) into spliced eye of corresponding wire rope fall
- Re-insert bush between side plates and re-insert the shaft (06)
- Re-tighten nut (07)
- Place securing screw (14)

- NOTE: - USE NON ROTATING WIRE
 - USE PAINTERLINE
 - USE SHACKLE 19mm UP TO 27mm

PARTS LIST CAR 35	
ITEM - Component	QTY
01 - Side plate	2
02 - Hook	1
03 - Actuating lever	1
04 - Actuating cord grip (red)	1
05 - Latch	1
06 - Shaft	2
07 - Nut	2
08 - Distance bush	1
09 - Bush	2
10 - Spring	1
11 - Shaft	2
12 - Shaft	1
13 - Bearing bush	2
14 - Securing screw	3
15 - Shaft	1
16 - Shaft & Spring	1
17 - Type plate	1
18 - Actuating lever	1
19 - Shaft	1
20 - Actuating cord grip (green)	1
- Assembly tools (delivered separately)	

**LIFERAFT / RESCUE BOAT
COMBINED AUTOMATIC RELEASE HOOK (CAR 35)
(TYPE: OFF LOAD RELEASE)**

OPERATION INSTRUCTIONS



AUTOMATIC RELEASE
(Red handgrip)

MANUEL RELEASE
(Green handgrip)

Note:

Remember that in both automatic and manual release modes the actuating lever has to be locked in the automatic release position just before survival craft enters the water



NED-DECK MARINE

survival systems & deck equipment
Ambachtsweg 10 phone: +31 (0)342 - 422105
3771 MG Barneveld fax: +31 (0)342 - 492717
The Netherlands e-mail: info@ndm.nl
WWW.NEDDECKMARINE.COM

ANEXO VII: MANUAL BATERÍA UTRACELL AGM 12V 86AH

Descripción del anexo.

En este anexo se incluye el manual de las baterías que componen la alimentación de los sistemas de la plataforma.

UC 86-12

12V 86AH

Deep Cycle

UC86-12



Physical Specification

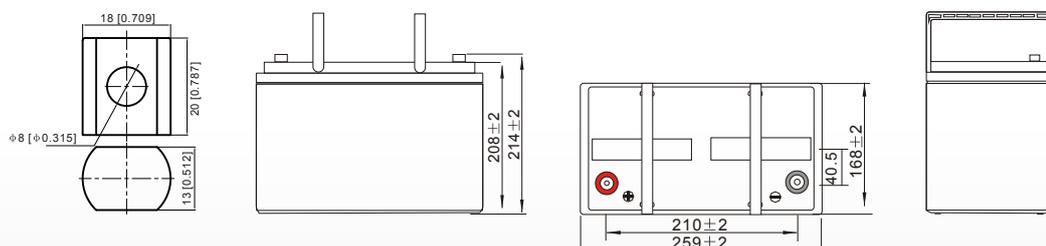
Part Number:	UC86-12
Length:	259 ± 2 mm (10.2 inches)
Width:	168 ± 2 mm (6.61 inches)
Container Height:	208 ± 2 mm (8.19 inches)
Total Height (with terminal):	214 ± 2 mm (8.43 inches)
Approx Weight:	Approx 22.3kg (49.2lbs)

Specifications

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (100HR)	86.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F9
	Optional Terminal	F6
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	80.4 AH/4.02A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	75.0 AH/7.50A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	65.8 AH/13.2A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	59.6 AH/19.9A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	48.5 AH/48.5A	(1hr, 1.60V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	900A (5s)	
Internal Resistance	Approx 6.6mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)
		Charge: 0 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
		Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 22.5A. Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103%	
	25°C (77°F) 100%	
	0°C (32°F) 86%	
Design Floating Life at 20°C	12 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

F9 Terminal



ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

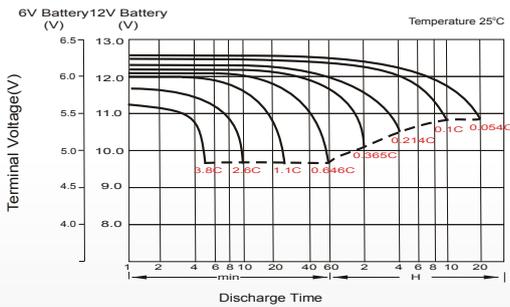
Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C (77°F)

F.V/Time	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	109.8	92.4	80.7	58.1	46.1	37.4	23.3	18.1	14.7	11.9	10.4	8.50	7.08	3.98
1.80V/cell	140.3	111.6	95.4	68.6	53.7	41.9	25.4	19.5	15.7	12.8	11.2	9.02	7.50	4.02
1.75V/cell	154.2	121.9	102.7	71.2	55.7	43.9	26.3	19.9	16.0	13.2	11.5	9.17	7.58	4.06
1.70V/cell	168.0	130.2	107.9	74.1	57.9	45.3	27.4	20.4	16.5	13.5	11.7	9.30	7.65	4.13
1.65V/cell	181.4	138.4	114.6	78.1	59.4	46.8	28.1	21.3	17.0	13.9	12.0	9.45	7.81	4.19
1.60V/cell	196.9	148.1	122.1	82.5	61.9	48.5	29.1	22.0	17.6	14.3	12.2	9.54	7.89	4.21

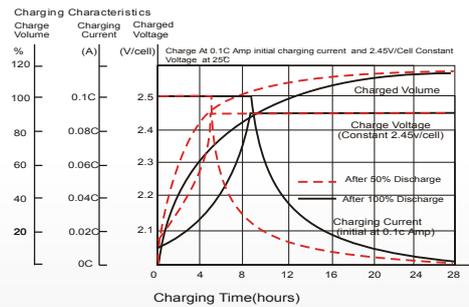
Constant Power Discharge (Watts) at 25°C (77°F)

F.V/Time	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	204.9	174.2	153.9	111.6	89.3	72.7	45.3	35.4	28.8	23.4	20.6	116.8	14.0	7.97
1.80V/cell	258.3	207.3	179.1	130.1	103.0	80.9	49.2	37.9	30.6	25.1	22.0	17.8	14.8	8.03
1.75V/cell	280.3	224.3	191.1	134.4	106.3	84.4	50.9	38.5	31.2	25.7	22.6	18.1	15.0	8.10
1.70V/cell	301.3	237.7	199.7	139.4	110.3	86.8	52.7	39.5	31.9	26.3	23.0	18.3	15.1	8.24
1.65V/cell	322.8	251.1	211.1	146.4	112.6	89.4	54.1	41.1	33.0	27.0	23.5	18.6	15.4	8.34
1.60V/cell	344.5	265.4	222.6	153.0	116.3	91.8	55.5	42.1	33.9	27.7	23.9	18.8	15.6	8.37

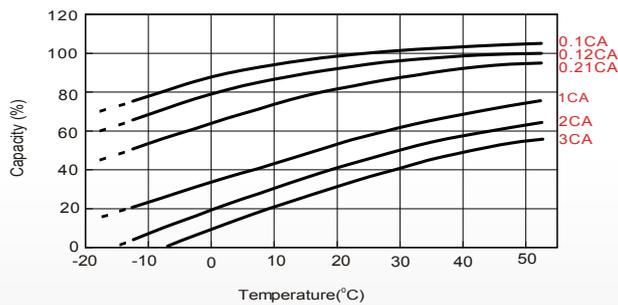
Discharge Characteristics



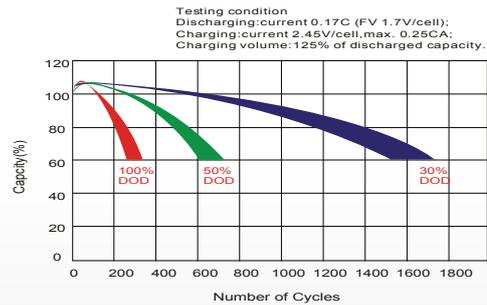
Charging Characteristics (cycle use)



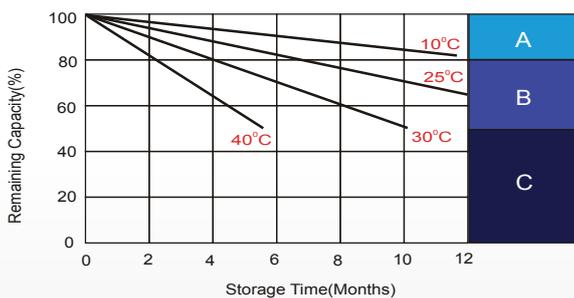
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



Self Discharge Characteristics



- A** No supplementary charge required
(Carry out supplementary charge before use if 100% capacity is required.)
- B** Supplementary charge required before use. Optional charging way as below:
 1. Charged for above 3 days at limited current 0.25CA and constant volatge 2.25V/cell.
 2. Charged for above 20hours at limited current 0.25CA and constant volatge 2.45V/cell.
 3. Charged for 8~10hours at limited current 0.05CA .
- C** Supplementary charge may often fail to recover the capacity.
The battery should never be left standing till this is reached.

ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

ANEXO VIII: MANUAL DRIVE HB-25.

Descripción del anexo.

En este anexo se incluye el manual de los Drive utilizados en el sistema de control del gobierno de la plataforma.

HB-25 Motor Controller (#29144)

General Description

The HB-25 motor controller combines the power of an H-bridge with the simplicity of a servo. The HB-25 is more than just a motor driver chip connected to some logic and high current on a PCB. A quality H-bridge involves an efficient thermal design, which is what the HB-25 has accomplished through a machined heat sink and fan to draw air over the H-bridge. Additionally, it uses a thermal bonding agent to transfer heat from the motor driver chip to the heat sink. The result is a high-current motor controller with great thermal characteristics and requiring no additional hardware for cooling.

Before using your HB-25 Motor Controller, read and understand this entire document, including the Precautions section beginning on page 4.

Features

- 25 A continuous current, 35 A surge @ 13.8 VDC
- Works with any size motor up to 1/2 HP
- Control a DC motor just like a continuous rotation servo
- A single pulse required to set motor speed
- Compatible with all Parallax microcontrollers
- 2 operation modes: control 1 or 2 HB-25's independently from a single I/O line
- Built-in automatic shut-off if invalid pulse widths are received
- Communication Timeout mode option for automatic shutoff

Application Ideas

- Robotics
- Automotive Applications

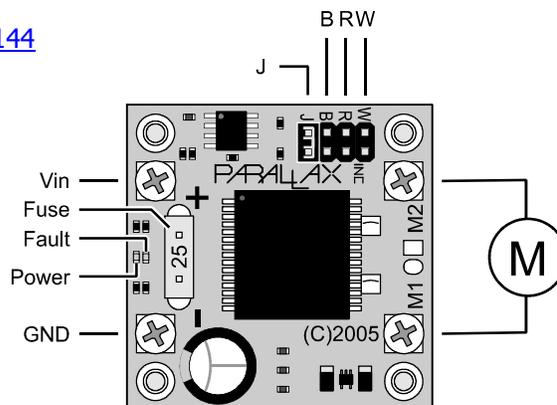
Resources and Downloads

Check out the HB-25 Motor Controller product page for the example source code and other resources:

http://www.parallax.com/detail.asp?product_id=29144

Interface Connections

Vin	Power input terminal, +6 to +16 VDC
GND	Negative side of battery terminal
M1 & M2	Motor connectors (Polarity reverses direction)
W	Servo pulse input
R	Not connected
B	Servo ground
J	Mode jumper pins



Modes of Operation

The HB-25 connects to the microcontroller much like a servo. You can use an extension cable (such as Parallax part #805-00012) or a custom cable to connect the HB-25 to your controller. Reversing the M1 and M2 connections to the motor effectively reverses the direction. The HB-25 has two modes of operation which are selected by the jumper labeled "J".

Mode 1 is Single Mode, where only one HB-25 is present on the microcontroller I/O line. In this mode, the HB-25 can be controlled with as little as a single pulse from your microcontroller.

Mode 2 is dual-mode, which is used when connecting a second HB-25 to a first HB-25, rather than connecting directly to the microcontroller. This powerful feature allows two HB-25's to be independently controlled through the same I/O line, saving I/O pins. Two HB-25's are required to use Mode 2.

Mode 1

Mode 1 is selected when the jumper labeled "J" is in place.

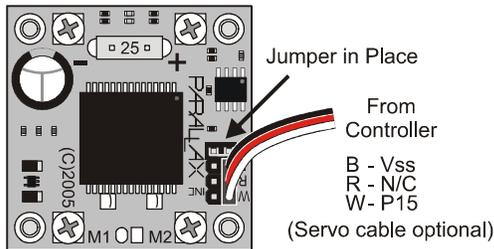


Figure 1: Single Mode Selection

Mode 1 Communication

In this mode, a single pulse value sent to the HB-25 can control the HB-25; no "refreshing" is necessary, as is the case with a servo. For compatibility however, you may send the HB-25 pulses every 20 ms just like a servo and it will function the same.

There is a hold-off time of 5 ms where the HB-25 will ignore incoming pulses. As a result, the unit should not be refreshed more frequently than about 5.25 ms + pulse time. Pulse time can be anywhere from 0.8 ms to 2.2 ms. If the HB-25 receives a pulse outside of this range, it will temporarily shut off the motor until it receives a valid pulse.

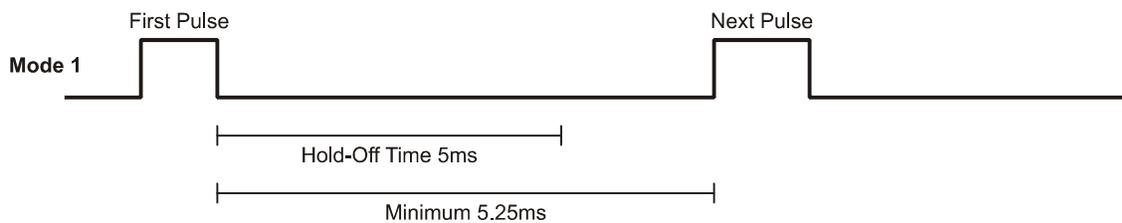


Figure 2: Single Mode Communication

The maximum time between pulses is unlimited, since a single pulse is all that is required to set the unit running indefinitely. This is especially nice for BASIC Stamp users with complex sensor code which may not have had sufficient time to refresh servos during the main loop. You only need to send a new pulse when you are ready to change the speed of the motor (or stop it).

ANEXO IX: PLANOS REGLAMENTO SCIRA.

Descripción del anexo.

En este anexo se incluye los planos del casco del velero de vela ligera clase Snipe, extraídos del reglamento de dicha clase.

Fecha en vigor: 26-02-2018
Situación: Aprobado



Reglas de Clase

Snipe Class International Racing Association: 2018-2020



ENG / ESP

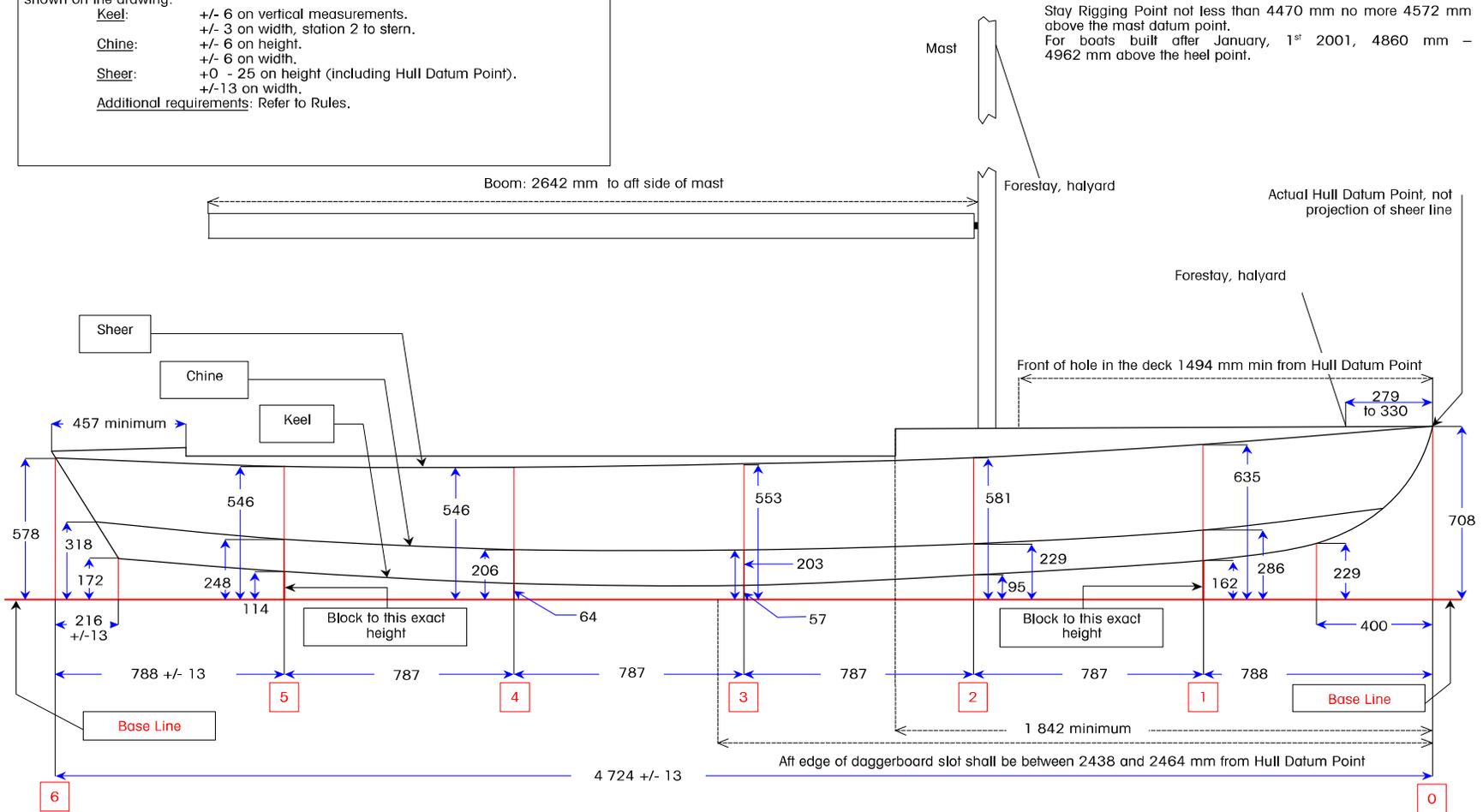
El Snipe fue diseñado por William F. Crosby en 1931 y reconocido como clase World Sailing en 1932



PART III – APPENDIX
Section H – Figures
H1 HULL DIMENSIONS

The following tolerances are allowed on the dimensions shown, unless a tolerance is shown on the drawing:

- Keel:** +/- 6 on vertical measurements.
+/- 3 on width, station 2 to stern.
- Chine:** +/- 6 on height.
+/- 6 on width.
- Sheer:** +0 - 25 on height (including Hull Datum Point).
+/-13 on width.
- Additional requirements:** Refer to Rules.



Fecha en vigor: 26-02-2018
 Situación: Aprobado

