

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

Diseño sistema de navegación para un bote autónomo basado en  
Ardupilot

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros en Mecatrónica**

Presentado por:

Melanie Tamara Cruz Rodriguez

André Daniel Icaza González

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

## DEDICATORIA

En primer lugar, dedico el presente trabajo a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí.

A mi madre Mariuxi Rodriguez, quien gracias a sus esfuerzos me ha ayudado enormemente durante todas las etapas de mi vida.

A mi Papá Nilo, quien aunque no se encuentre físicamente, siempre ha sido mi mayor motivación de seguir adelante.

A mi familia y a mi novio, quienes me han brindado el amor, y han sido parte de mis buenos y malos momentos.

**Melanie Cruz**

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios, primero ante todas las cosas, y motor para mí y mi familia.

A mi padre, Xavier Icaza, y mi madre Elva González. Sin ellos, no sería quién soy ni llegado donde estoy.

A mis hermanos, fragmentos de mi alma al que llamo hogar, que me han amado.

A mi abuela, Elva Riofrio, al enseñarme que la bondad siempre prevalece.

**André Icaza**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia y amigos por siempre estar a mi lado y ofrecer el apoyo moral que necesito.

A mis profesores, por haberme brindado el conocimiento necesario para culminar mi carrera.

A mi tutor, por guiarnos durante la realización de este proyecto.

**Melanie Cruz**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a toda mi familia y amigos. Haber sido una gran dicha.

A mis compañeros universitarios, con quienes trabajaré en un futuro.

A mis profesores, por tomar su tiempo en enseñarme los fundamentos de mi carrera.

A mi tutor, por aceptarnos y guiarnos durante el presente proyecto.

**André Icaza**

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Melanie Tamara Cruz Rodríguez y André Daniel Icaza González damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

*Melanie Cruz Rodríguez*  
Melanie Tamara Cruz  
Rodríguez

*André Daniel Icaza G.*  
André Daniel Icaza  
González

## EVALUADORES

.....  
**Bryan Puruncajas, M.Sc**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
**Daniel Ochoa Donoso, PhD**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Una empresa ecuatoriana manufacturera de conductores eléctricos, con la intención de poder competir con mercados internacionales, busca mejorar uno de los sistemas rebobinadores con los que cuenta. Esto se debe a que fue construido empíricamente por sus propios colaboradores, y no hubo un proceso adecuado de diseño. En consecuencia, presenta una tasa de producción baja con respecto a sus homólogos dentro de la empresa. Este sistema está conformado por tres subsistemas: caballete (emite cable desenrollándolo de bobinas metálicas de gran diámetro), guía hilo (ordena el cable) y bobinador (recepta el cable para enrollarlo en bobinas de madera de menor diámetro dispuestas para su venta).

La propuesta de solución consistió en el añadido de un motorreductor y un sistema de transmisión por medio de bandas y poleas en el caballete, además del rediseño de su sistema que da soporte a la bobina y el recambio del motor y transmisión del guía hilo. Una herramienta utilizada durante este proceso fue el modelamiento del sistema en el software Inventor. Para la parte eléctrica se diseñó un nuevo tablero eléctrico para el caballete con la intención de facilitar su mantenimiento. Finalmente, en la sección de control, se programó la lógica del nuevo sistema en un PLC Logo 8 utilizando el software LOGOSOFT v8. 3.

Según los datos obtenidos de la empresa en un periodo de tiempo comprendido entre marzo y julio del presente año y los cálculos respectivos con las modificaciones del sistema rebobinador, se podría proyectar ciertas mejoras. Es decir, que con el rediseño se podría alcanzar un incremento potencial de la tasa de producción del 30%, equivalente a 98600 metros de cable adicionales a la producción de este tiempo. Adicionalmente, se considera una posible reducción del 42% de los tiempos de producción.

**Palabras Clave:** Cable, rebobinador, producción, bobina, diseño.

## **ABSTRACT**

*At ESPOL, the bathymetry process is of utmost importance since in this way informative data of the lake is obtained for its respective analysis and control. This method is carried out manually in a boat, where fuel costs, operator fatigue, delays in data collection and difficulty in reaching remote places can be denoted. In view of this, this project proposes the design of a prototype USV to reduce the bathymetric data capture time, and initiate technological developments by the CTD. The project was developed with the reuse of drone equipment and the use of the Helix7 for bathymetry. Using the Ardupilot Firmware, and its Frame ROVER, the controller was configured as boat. The multihull design manufactured in expanded polystyrene was chosen for the hull. The communication was carried out with the telemetry module and the QGroundControl software, which allowed the link of mobile equipment and computers with the boat. Trajectory planning tests were carried out in an ESPOL pool. One of the results was the obtaining of stability and vibration graphs, kinematic data, configuration of control parameters, analysis of the communication of the controller with the remote control and the SONAR. In addition, the respective cost analysis of the project was carried out in comparison with the current market. Finally, it was obtained that the NMEA connection with the SONAR cannot be made due to data processing problems, the remote control must be compatible with the controller. However, autonomous navigation is successfully accomplished and the boat design provides stability.*

*Keywords: Ardupilot, Bathymetry, USV*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE PLANOS .....	X
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Marco teórico .....	3
1.4.1 Estado del arte .....	3
1.4.2 Ardupilot .....	4
1.4.3 Ground Control Station (GCS) .....	5
1.4.4 Sensor SONAR .....	5
1.4.5 Tipos de casco de botes .....	6
CAPÍTULO 2 .....	8
2. Metodología .....	8
2.1 Requerimientos de diseño .....	8

2.2	Diseño Conceptual .....	8
2.3	Elementos de monitoreo y control .....	10
2.3.1	Sensores.....	10
2.3.2	Controlador .....	13
2.3.3	Selección del Ground Control Station.....	13
2.4	Parámetros del diseño electrónico.....	15
2.5	Parámetros de diseño mecánico. ....	17
2.5.1	Calculo velocidad del bote. ....	17
2.5.2	Selección de materiales para el casco del bote.....	18
2.5.3	Diseño del casco del bote. ....	20
CAPÍTULO 3 .....		25
3.	Resultados y Análisis.....	25
3.1	Parámetros de control .....	25
3.1.1	Configuraciones iniciales.....	25
3.1.2	Configuración de parámetros del controlador.....	26
3.2	Planificación de trayectorias .....	26
3.3	Análisis de Estabilidad.....	28
3.4	Análisis de Comunicación.....	31
3.4.1	Comunicación RC y Control Remoto.....	31
3.4.2	Comunicación Sonar y Controlador.....	31
3.5	Análisis de Costos .....	32
CAPÍTULO 4 .....		35
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	35
4.1	Conclusiones.....	35
4.2	Recomendaciones.....	36
BIBLIOGRAFÍA .....		37

APÉNDICES..... 43

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GCS	Ground Control Station
GOE	Grupo de Operaciones Especiales
CTD	Centro para la Transformación Digital Industrial
GPS	Global Positioning System
USV	Unmanned Surface Vehicles
RTL	Returning To Launch
RC	Radio Control

## SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
V	Voltios
A	Amperios
ohm	Ohmios
P	Potencia
CC	Corriente Continua
N	Newton
W	Watts

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de Casco.....	6
Figura 2.1 Diseño conceptual del bote.....	9
Figura 2.2 Diagrama de envío de trayectorias .....	10
Figura 2.3 GPS 3DR Ublox .....	11
Figura 2.4 SiK Radio de telemetría .....	11
Figura 2.5 Modulo RC .....	12
Figura 2.6 Puerto de comunicación del SONAR .....	12
Figura 2.7 Identificación de pin de conexión .....	12
Figura 2.8 PixHawk 1 utilizado .....	13
Figura 2.9 Esquema de conexión al QGroundControl.....	14
Figura 2.10 Diagrama de conexiones electrónicas .....	16
Figura 2.11: Batería Multistar Lipo 14.8V .....	16
Figura 2.12 Motores Turnigy Aerodrive DST-700 .....	17
Figura 2.13 Propulsores .....	18
Figura 2.14 Longitudes principales multicascos.....	21
Figura 2.15 Diseño 3D del casco del bote .....	23
Figura 2.16 Diagrama de cuerpo libre del bote .....	23
Figura 3.1 Selección configuración Rover .....	25
Figura 3.2 Calibración de la brújula del vehículo .....	26
Figura 3.3 Trayectoria planificada.....	27
Figura 3.4 Inicialización de la trayectoria .....	27
Figura 3.5 Trayectoria completa .....	28
Figura 3.6 Ejemplo de gráfica de estabilidad .....	29
Figura 3.7 Gráfica de Estabilidad.....	30
Figura 3.8 Gráfica de vibración.....	30
Figura 3.9 Módulo de telemetría DJT FrSky .....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Áreas correspondientes a los elementos electrónicos.....	9
Tabla 2.2 Matriz de criterios (selección de estación de control) .....	14
Tabla 2.3 Matriz de conclusiones (selección de estación de control) .....	14
Tabla 2.4 Especificaciones motores Turnigy Aerodrive DS-700.....	17
Tabla 2.5 Ponderación de criterios (material del casco del bote) .....	19
Tabla 2.6 Matriz de conclusión (selección de material).....	20
Tabla 2.7 Matriz de criterios (selección del casco).....	21
Tabla 2.8 Matriz de conclusión (selección del casco del bote).....	21
Tabla 3.1 Cotización de Partes .....	33
Tabla 3.2 Comparación con el mercado actual.....	34

# ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Casco del bote.....	44
-----------------------------	----

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Un embalse es una estructura hidráulica en la cual se deposita el agua proveniente de ríos. Generalmente, en estos cuerpos de agua, se construyen estructuras de contención (presas) con las cuales se regula el paso de agua al embalse. En muchas ocasiones, los embalses son construidos por el hombre, por motivos de gestionar el agua: almacenar agua, controlar inundaciones, recreación y generación de energía eléctrica [1]. En 1984, el Dpto. de Planificación de ESPOL realizó la construcción (gestionado por el Ing. Miguel Ángel Chávez) de un embalse hoy conocido como Lago Espol. El lago ha sido de gran utilidad para actividades de riego para áreas verdes, ser hábitat de la fauna local y servir para practicas estudiantes y del GOE [2].

Para mantener el lago, se usan datos batimétricos. La batimetría consiste en la medición de profundidad del fondo de cuerpos de agua, tales como: mares, ríos, lagos, lagunas, etc., con la finalidad de elaborar cartografías submarinas y canales de navegación [3]. Las mediciones batimétricas son realizadas con cuerdas lanzadas desde el costado de un barco, proceso conocido como escandallo. La profundidad es determinada por la longitud de cuerda necesaria para llegar al fondo dando como consecuencia la obtención de resultados inexactos e incompletos.

Este método ha sido reemplazado por el uso de ecosondas, que reducen errores derivados de corrientes o pequeños movimientos provocados por el barco [20]. Un sensor envía un pulso de sonido desde el casco de la embarcación y este rebota del fondo y, regresa al sensor. El tiempo que toma en regresar, se usa para calcular la profundidad del agua. Un ecosonda también nos permite obtener información sobre las características físicas del fondo marino [4].

En ESPOL, la batimetría es realizada con motivo de realizar un análisis de sedimentación, lodo orgánico, control de vegetación acuática, construcción de senderos, control del nivel de agua, entre otros; importante para aumentar las

credenciales ecológicas del Campus, además que de esta manera se puede llevar el respectivo registro de la cantidad de agua del lago.

El levantamiento de datos batimétricos en ESPOL es realizado de manera manual; es decir, un grupo de personas captan los datos desde un bote propulsado por motores de combustión. Este procedimiento implica las siguientes etapas: planificación, preparación de equipos, delimitación de área de estudio y finalmente, la toma de datos. Para la planificación, se determinan los roles que desempeñaran: delimitación de terreno, colocación de bote, preparación de equipos y su respectiva configuración. En la siguiente etapa, se ubica el sensor SONAR fijo al bote y se verifica el respectivo funcionamiento. En la delimitación del área, se determinan los puntos de la ruta a realizar; puntos que deben ser escaneados en varios viajes, para finalmente, poder realizar la toma de datos [5]. Esto conlleva a tener gastos en combustible, obtener resultados de mala calidad, fatiga y problemas de salud en el operario (quemaduras del sol, insolación, deshidratación, etc.), demoras en la toma de datos y dificultad para llegar a lugares remotos.

En este proyecto, se pretende desarrollar un Vehículo No Tripulado de Superficie Acuática (USV), para realizar batimetría, de forma automática o tele operada. El dispositivo propuesto está basado en el firmware de Ardupilot, sobre un controlador PixHawk. Adema de un sensor SONAR para medir profundidad, un GPS, para obtener posición y una laptop con el software el Ground Control Station (GCS), que permite configurar y realizar instalaciones en el controlador, además de efectuar la planificación de trayectorias para el sistema autónomo de manejo en el modo remoto del vehículo [6].

## **1.1 Descripción del problema**

En Ecuador la batimetría tiene varios usos y aplicaciones [7], comúnmente se hace el uso de embarcaciones y un staff de personas para tomar datos. Además, se puede requerir más de una captura de datos, lo que implica más trabajo. Para cuerpos de agua pequeños ubicados en lugares remotos llevar un bote, combustible y personal incrementa los gastos logísticos de manera sustancial. Si se requiere mayor resolución espacial, el costo de personal se incrementa debido

a que se requieren múltiples recorridos. Así mismo, se demanda personal en tierra para tareas de geolocalización y procesamiento de datos [8].

Para reducir el impacto de estos problemas, se propone el diseño de un prototipo físico, además el desarrollo y evaluación de una plataforma que navegue siguiendo una ruta preestablecida. Dado un plan de navegación se buscar generar comandos de control de dos propulsores que permita seguir la ruta mientras un sensor de profundidad registra datos batimétricos.

## **1.2 Justificación del problema**

El producto de este proyecto sentará las bases para futuros desarrollos tecnológicos e investigaciones que el CTD de ESPOL aplica en sus investigaciones. CTD planea escanear el lago de ESPOL y comparar estas mediciones con trabajos previos. Según hemos podido investigar no hay precedente en ESPOL del uso USV para batimetría.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un USV prototipo para reducir el tiempo de captura de datos batimétricos.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Configurar los parámetros de operación del firmware de navegación.
- Seleccionar y manufacturar el casco del USV, capaz de soportar su circuito y el sonar.
- Realizar pruebas sobre la planificación de trayectorias y edición de parámetros que intervienen en este proceso.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Estado del arte.**

El continuo desarrollo de la tecnología ha generado nuevas metodologías para la implementación de sensores remotos en vehículos no tripulados para el monitoreo y análisis de factores ambientales [8]. En 2017, en la Universidad Sains Malaysia se construyó un ASV prototipo (Autonomous Surface Vehicle) para

cartografiar un lago en tiempo real. El prototipo consistía en un bote con casco en forma de V, propulsado por una hélice (motor CC sin escobillas) y guiado por un timón (servomotor). A pesar de que fue posible el recibir y transmitir datos, el uso del timón dificultaba la maniobrabilidad y la forma del casco permitía el paso de agua hacia dentro del bote [9].

En Yucatán, México; un Vehículo aéreo no tripulado, realizó el proceso de batimetría sobre estos cuerpos de agua mediante el uso de un SONAR y GPS. Se demostró que el uso de un sonar provee una precisión de hasta 4% en mediciones, además de comprobar una mayor flexibilidad, mejor alcance en zonas remotas y un menor coste con respecto a otras herramientas [10].

En 2021, [11] se estudió Ardupilot como herramienta en la creación de un bote autónomo. Se analizó la maniobrabilidad de viaje ida y retorno, usando cuatro motores. En Brasil [12], se diseñó un velero para el monitoreo de los océanos. A diferencia del estudio en Corea, este realizó un control a base del viento y la vela. En este trabajo se adaptó el control a través de un dron mediante la implementación de Ardupilot. En India [13] se tiene la misma situación: adaptan las partes de un vehículo aéreo y a través de Mission Planner, el bote es capaz de seguir una ruta de vigilancia en el océano.

#### **1.4.2 Ardupilot**

Creado en 2009, Ardupilot es un firmware de código abierto que permite la creación y control de diferentes tipos de vehículos, tales como drones, submarinos y botes autónomos. Al ser de código abierto, ofrece una seguridad al momento de programar un vehículo e integrar los diferentes sensores y su comunicación en tiempo real, ya que cuenta con una rápida retroalimentación de parte de su comunidad de usuarios [14].

A pesar de existir otros firmwares como PX4, Ardupilot presenta menos errores y sus correcciones toman más pruebas y tiempo que las demás [15]. Dependiendo del tipo de vehículo que se vaya a utilizar, se tienen diferentes Frames de configuración: Copter, Plane, Rover, Sub o Antenna Tracker [14].

El Frame de Rover es utilizado para guiar vehículos terrestres y embarcaciones. Tiene dos modalidades: la ejecución de misiones autónomas o manual mediante el uso de un control remoto. Para la elaboración de un vehículo basado en Rover

se necesita de 3 elementos principales: controlador, ESCs y una fuente de alimentación [6].

### **1.4.3 Ground Control Station (GCS)**

Ground Control Station (GCS) es el software encargado de realizar la planificación de trayectorias mediante una conexión entre la computadora y el vehículo no tripulado. Presenta datos en tiempo real de: el modo de operación actual, mediciones de sensores GPS, compás, y posición actual del vehículo. El GCS también permite gestionar trayectorias, enviar nuevos comandos de misión hacia el vehículo y realizar el control durante el recorrido. Existen dos modos de operación de GCS: Ready-to-fly, el cual tiene configuraciones básicas y una mayor facilidad de uso, y DIT/Kit, con el cual los usuarios tienen más opciones de configuración del vehículo y herramientas de análisis [16]. Existen GCS en sistemas operativos Linux, Ubuntu, Windows, Android, iOS.

Entre los GCS que pueden actualizar el firmware de Ardupilot tenemos: QGroundControl, permite transferir firmware Ardupilot y PX4 al controlador. Se puede configurar parámetros y hacer trayectorias de vuelo automático pero no tiene establecido una clase específica para bote, es el más amigable con el usuario [17].

Mission Planner tiene varias configuraciones disponibles de Rover y Drones, y sólo se puede instalaren Windows. Con este programa se consigue configurar con más detalle las trayectorias del vehículo, como: cambiar el radio de llegada a un punto, configurar en caso de un dron la altura de llegada, o realizar un comando al llegar a un lugar. Además, puede guardar dichos recorridos y hasta compartirlos [18].

### **1.4.4 Sensor SONAR**

Sonar (Sound Navigation and Ranging) es un sensor, el cual funciona mediante la emisión de ondas de sonido permitiendo así detectar objetos. Las ondas ultrasónicas transmitidas por este sensor son enviadas al entorno y el eco retornado hacia el sensor sirve para determinar distancias debajo del agua [19].

$$d[m] = v \left[ \frac{m}{s} \right] * \frac{t}{2} [s] \quad (1.1)$$

En la ecuación (1.1), se puede observar la fórmula utilizada para obtener la distancia a partir de un sensor SONAR, donde  $d$  es distancia,  $v$  es velocidad del sonido y  $t$  el tiempo que toma en llegar. La velocidad del sonido difiere del entorno: en agua dulce 1435 m/s y en agua salada 1500 m/s. Podemos notar la división para 2 debido a que el tiempo capturado es el de ida y retorno de la onda sonora.

#### 1.4.5 Tipos de casco de botes.

El casco de un bote es la parte inferior que entra en contacto con el agua. y determina su: flotabilidad, estabilidad, maniobrabilidad hidrodinámica y velocidad [21]. Existen 5 tipos de cascos, las cuales son: redondos, plano, multicascos, forma en V y de pontones.

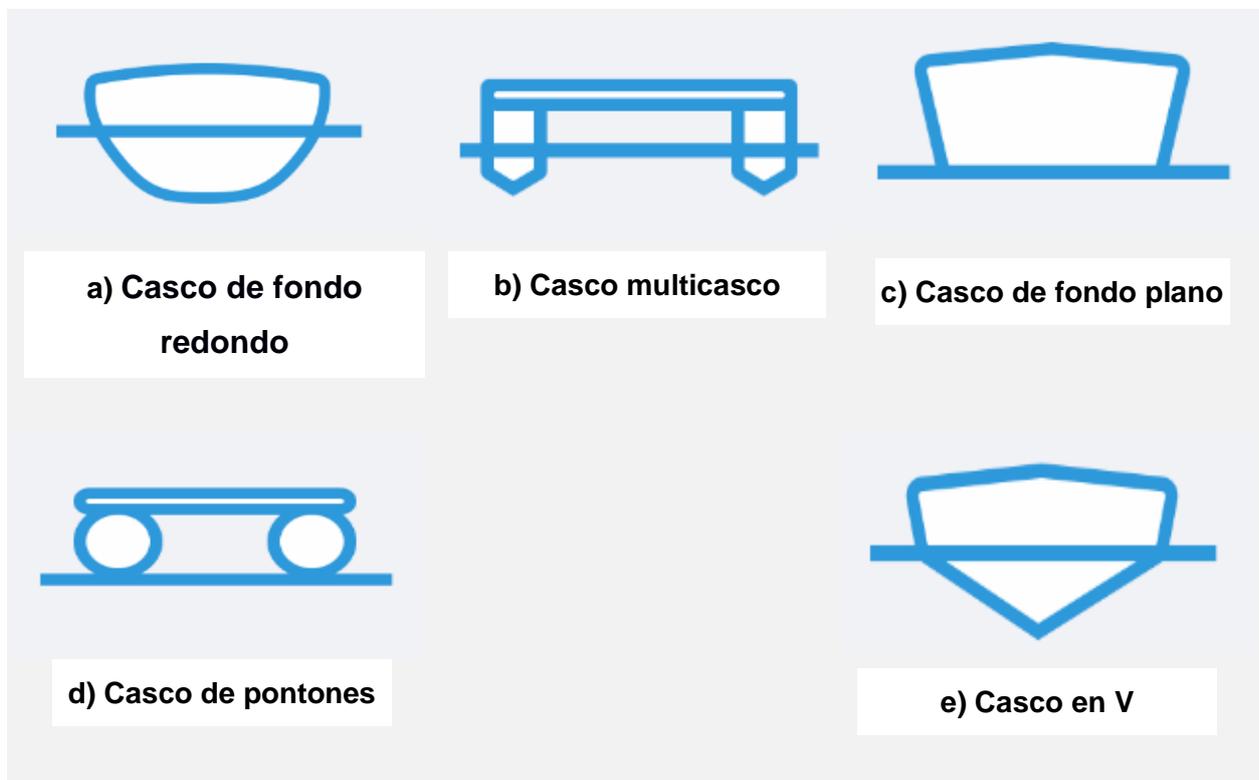


Figura 1.1 Tipos de Casco [22]

Los cascos redondos (Figura 1.1 Tipos de Casco : a) son lentos y se tienden a balancear en estado de reposo, sin embargo, tienen una muy buena estabilidad durante el movimiento y una capacidad para transportar grandes cargas con poca

potencia de propulsión. Son comúnmente utilizados en grandes embarcaciones, arrastreros y veleros [22] [23].

Los cascos multicascos (Figura 1.1 Tipos de Casco : b), brindan estabilidad, son difíciles de volcar, y se desplazan a altas velocidades. Poseen un gran espacio abordable, pero tienen poca maniobrabilidad. Si se usan dos motores para su propulsión se puede aumentar la maniobrabilidad pero el radio de giro tiende a aumentar [22] [23].

Los cascos de fondo plano (Figura 1.1 Tipos de Casco : c) realizan su movimiento sobre la superficie de agua. Debido a esto, poseen fricción casi nula durante su traslado, consecuentemente necesitan poca potencia para moverlos, tienen una velocidad bastante alta y poca maniobrabilidad. Su estabilidad es media y tienden a balancearse fácilmente con el viento. Se usan en cuerpos de agua pequeños. Son comúnmente utilizados para la construcción de botes de pesca [23] [23] [24].

Los cascos en V (Figura 1.1 Tipos de Casco : e) se caracterizan por su gran velocidad y capacidad de navegar sobre aguas corrientosas. Necesitan más potencia para movilizarse y tienden a balancearse o incluso volcarse al momento de realizar giros muy bruscos [23] [24].

Los cascos de pontones (Figura 1.1 Tipos de Casco : d), a diferencia de los multicascos, realizan su navegación sobre la superficie del agua utilizando flotadores o pontones. No tiene buena maniobrabilidad y ni agilidad. Poseen un gran radio de giro, sin embargo su estabilidad es muy buena [21].

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

A continuación, se describirá el procedimiento utilizado para cumplir con los objetivos del proyecto. Se presentan los requerimientos, la selección de la solución propuesta, los dispositivos eléctricos, parámetros mecánicos y de control.

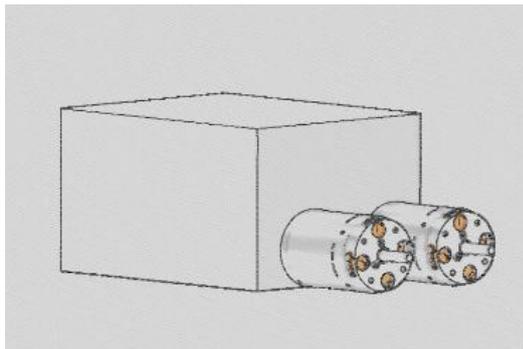
### 2.1 Requerimientos de diseño.

A través de diferentes reuniones con el CTD, se determinó los siguientes requerimientos:

- Utilizar el controlador APMCOPTER-3DR-PX4 y configurarlo para que funcione como bote autónomo.
- Utilizar el firmware de Ardupilot.
- La propulsión del bote mediante el uso de motores Turnigy Aerodrive DST 700 Brushless.
- Uso del 3DR GPS uBlox.
- Definir las dimensiones suficientes como para integrar el sensor SONAR Hélix 7 y demás dispositivos.
- Priorizar la integridad del controlador: evitar que este entre en contacto con el agua.

### 2.2 Diseño Conceptual

En el siguiente bosquejo (Figura 2.2 Diagrama de envío de trayectorias ) se muestra un esquema del diseño inicial del bote.



### **Figura 2.1 Diseño conceptual del bote**

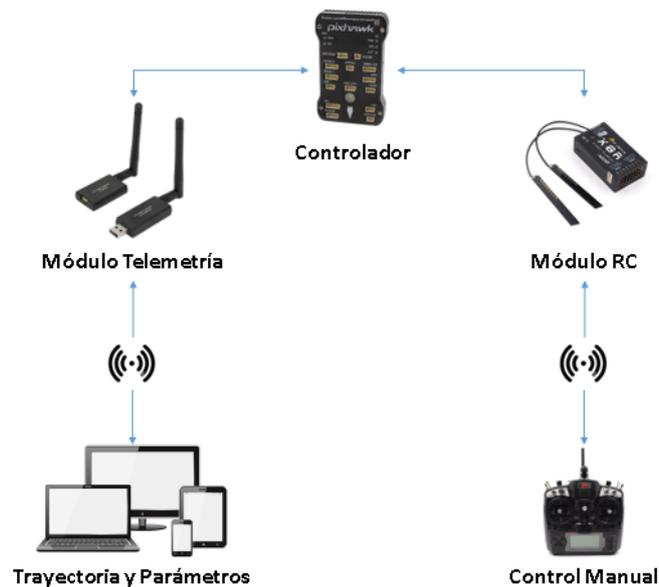
Se tendría una caja la cual contiene los dispositivos electrónicos del proyecto. En este contenedor se encontrarían acoplados 2 motores para la propulsión para el bote.

Como se mencionó en los requerimientos, el dimensionado del contenedor depende del tamaño de los dispositivos electrónicos. Se calculó un área igual a 310 cm<sup>2</sup> correspondiente al GPS, Batería, Controlador, módulo de comunicación y el respectivo cableado de estos. Por otro lado, las dimensiones estandarizadas del SONAR que se utilizó son 10.54" x 5.8" x 3.68", dándonos así un área de la base equivalente a 395 cm<sup>2</sup>. A partir de estos datos, se pudo definir qué se necesita un espacio de 705 cm<sup>2</sup> para poder posicionar cada uno de los elementos de trabajo como se puede observar en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Áreas correspondientes a los elementos electrónicos**

<b>Área de dispositivos electrónicos</b>	310 cm <sup>2</sup>
<b>Área del SONAR</b>	395 cm <sup>2</sup>
<b>Área total necesaria</b>	705 cm <sup>2</sup>

Para el control, se pretendió enviar el recorrido que realizará el bote remotamente desde un computador hacia el controlador del bote, como se puede observar en la Figura 2.2. Las trayectorias serían definidas en el software de control y este se encargaría de enviar las señales al controlador mediante un módulo de comunicación remoto (bluetooth o telemetría). Para un control manual, en caso de requerirlo, se usó un módulo RC el cual puede ser conectado a un control remoto.



**Figura 2.2 Diagrama de envío de trayectorias [16]**

## 2.3 Elementos de monitoreo y control

### 2.3.1 Sensores

El GPS usado es modelo 3DR uBlox (Figura 2.3), con brújula incluida, que sirve para orientar el frente del bote con el norte, y de esa manera controlar su dirección. Tiene una tasa de actualización de 5Hz, cobertor para el circuito, y puertos de 6 pines DF13 listos para conectarlos al controlador. Su entrada alimentación es de +3V (dada por el propio controlador), con batería de repuesto y regulador.



**Figura 2.3 GPS 3DR Ublox [16]**

Los módulos de telemetría utilizados (Figura 2.4) son marca 3DR con 915MHz. Tiene dos tipos de entrada, una para el controlador tipo 6-pin DF13 y otra para la estación en tierra, de puerto micro USB. Tiene un consumo máximo de hasta 100mW, los cuales fueron proporcionados ya sea por el mismo controlador o por el equipo que se esté usando como estación. Debido a su bajo consumo, pueden ser alimentados tanto como una entrada USB o una entrada de dispositivo móvil. Esto es crucial para el envío y recibo de datos ya sea un computador, en un celular o Tablet.



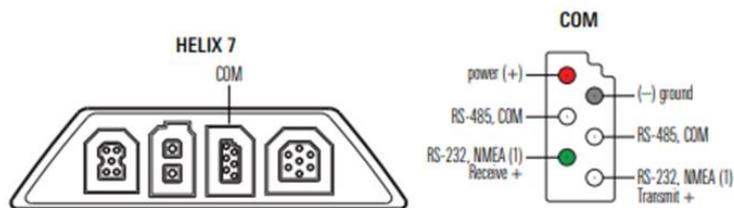
**Figura 2.4 SiK Radio de telemetría [16]**

Para el receptor de control se determinó que no es necesario que tenga tantos canales, pero sí es necesario que puedan integrarse los mismos en una señal de PPM. El único disponible en el mercado es el RC FrSky X8R ( Figura 2.5) cuenta de 8 a 16 canales. Su alimentación es proporcionada por el mismo controlador, con 5V y 100mA.



**Figura 2.5 Modulo RC [16]**

Para el proceso de batimetría, se utilizó el sonar Humminbird Helix 7. A través de una pantalla de siete pulgadas, se puede observar hasta una profundidad de 125 pies como imagen, y una profundidad de 1000 pies como onda espectral. Incluye GPS y cálculo de velocidad en tiempo real, además se una entrada de micro SD [26]. Además, tiene una salida de comunicación tipo NMEA 0183 (Figura 2.6, Figura 2.7), la cual puede ser habilitada para transferencia de datos [27]. Este protocolo puede ser leído a través del puerto de telemetría del controlador.



**Figura 2.6 Puerto de comunicación del SONAR [27]**

**TELEM1, TELEM2 ports**

Pin	Signal	Volt
1 (red)	VCC	+5V
2 (blk)	TX (OUT)	+3.3V <span style="color: yellow;">■</span>
3 (blk)	RX (IN)	+3.3V <span style="color: brown;">■</span>
4 (blk)	CTS	+3.3V
5 (blk)	RTS	+3.3V
6 (blk)	GND	GND <span style="color: black;">■</span>

**Figura 2.7 Identificación de pin de conexión [7]**

### 2.3.2 Controlador

El controlador que se utilizó es el 3DR PixHawk 1, encargado de recibir una ruta predefinida o señales del control remoto. A través del GPS y la brújula sigue dicha ruta variando la velocidad de los motores que tenga conectado. Este llevó el firmware y parámetros de control necesarios para que el error durante el viaje sea el mínimo. Tiene integrado un acelerómetro, giroscopio y barómetro. Posee un procesador de 32-bit, de 256KB RAM a 168MHz. Tiene, configurables, 5 puertos seriales UART, entrada GPS de tipo modulación de espectro digital, entrada PPM, PWM, I2C, CAN, USB, además de dos entradas de 3.3V y 6.6V de conversión analógico digital [28]. A través de sus puertos seriales, puede entender los protocolos MAVLink, NMEA, DroneCAN, entre otros [29].



Figura 2.8 PixHawk 1 utilizado [16]

### 2.3.3 Selección del Ground Control Station.

Para seleccionar el Ground Control se establecieron los siguientes parámetros:

- Interfaz: La facilidad que uno tiene para manejarse a través de la plataforma
- Parámetros: La cantidad parámetros pueden ser configurados.
- Dispositivos: La cantidad de dispositivos en los que el software es compatible.

Las alternativas que se propusieron, ya expuestas anteriormente, fueron:

- A. **QGroundControl.**
- B. **Mission Planner.**

**Tabla 2.2 Matriz de criterios (selección de estación de control)**

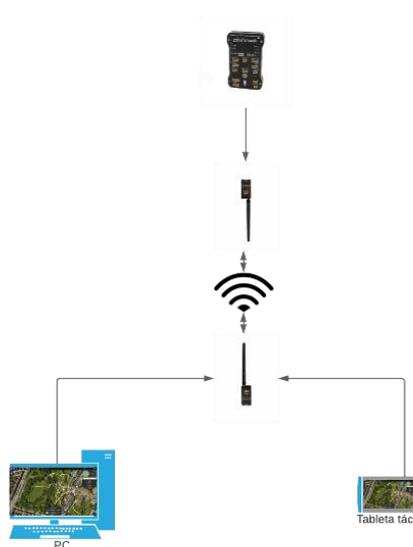
	Interfaz	Parámetros	Dispositivos	Suma+1	Ponderación
Interfaz		1	0	2	0,33
Parámetros	0		0	1	0,17
Dispositivos	1	1		3	0.5
			Suma	6	1

**Tabla 2.3 Matriz de conclusiones (selección de estación de control)**

Soluciones	Interfaz	Parámetros	Dispositivos	Suma+1	Prioridad
QGroundControl	0,22	0,06	0,33	1,61	1
Mission Planner	0,11	0,11	0,17	1,39	2

En la tabla 2.2, se puede observar como la máxima prioridad es la disponibilidad del software en varios dispositivos, para facilitar el envío de trayectorías. Lo que no afecta mucho a la decisión son la cantidad de parámetros, debido a que la mayoría no van a ser ajustados. La documentación de Ardupilot nos muestra una gran variedad de software de control compatibles. Para lograr escoger el que sea adecuado a nuestro problema nos basamos en la portabilidad que este nos brindara.

Como muestra la tabla 2.3, el Ground Control Station escogido fue el QGroundControl.



**Figura 2.9 Esquema de conexión al QGroundControl [7]**

## 2.4 Parámetros del diseño electrónico.

Se realizó un análisis de consumo máximo de energía (ecuación (2.1), donde P hace referencia a potencia), para observar la duración del recorrido del bote a máxima potencia. Los dos motores consumen 140W cada uno, y el controlador está regulado por su módulo de alimentación a una salida máxima de 5V y 3A:

$$P[W] = P_{motor}[W] + P_{controlador}[W] \quad (2.1)$$
$$P = 295[W]$$

Se propuso el uso de una batería de 15V de capacidad y a partir de la ecuación (2.2) se obtuvo el amperaje consumido para la potencia máxima de trabajo:

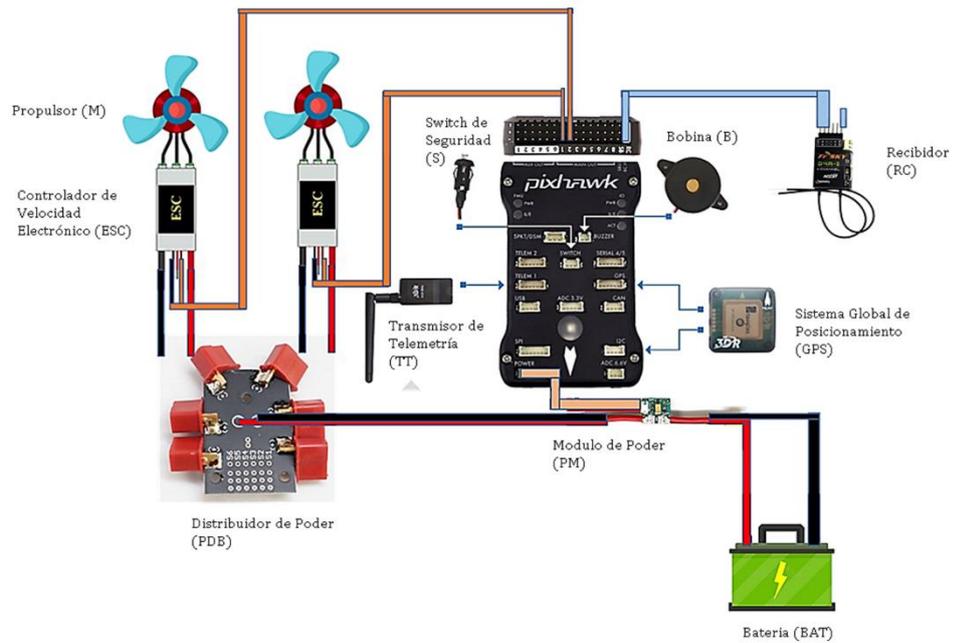
$$P[W] = Voltaje[V] * Corriente[A] \quad (2.2)$$
$$A = 19.7 [A]$$

Con el amperaje obtenido en la ecuación (2.2), se procede a obtener el tiempo de trabajo (ecuación (2.3)) para una batería de alimentación de 10000 mAh:

$$t[h] = \frac{C[Ah]}{A[A]} \quad (2.3)$$

$$t[h] = 0.51[h] = 30 [min]$$

Se puede observar que, en máxima potencia, teóricamente tendríamos alrededor de media hora de operación. En la práctica, sin embargo, este tiempo podría ser aumentar debido a que no siempre se usará el bote a esta capacidad.



**Figura 2.10 Diagrama de conexiones electrónicas [28]**

A partir de los análisis realizados, la alimentación del controlador y motores se realizó con una batería Multistar Lipo 14.8V de 4 celdas (Figura 2.11), con capacidad de 10000mAh.



**Figura 2.11: Batería Multistar Lipo 14.8V [16]**

Para la alimentación de los motores, se diseñó una placa de distribución de poder (PCB) para evitar sobre voltajes. La conexión final de todos los dispositivos electrónicos se observa en la Figura 2.10.

## 2.5 Parámetros de diseño mecánico.

Para el diseño mecánico del bote, se estudiaron varios factores tales como selección de materiales, diseño y flotabilidad del casco del bote, y análisis de motores.

### 2.5.1 Calculo velocidad del bote.

Como se planteó anteriormente, uno de los requerimientos era la reutilización de los motores Turnigy Aerodrive DST-700 (Figura 2.12).



Figura 2.12 Motores Turnigy Aerodrive DST-700 [16]

En la Tabla 2.4 se detallan las especificaciones del motor:

Tabla 2.4 Especificaciones motores Turnigy Aerodrive DS-700

<b>Kv</b>	700 [RPV]	<b>Corriente al vacío</b>	0.6 [A]
<b>Voltaje</b>	7.4 ~ 14.4 [V]	<b>Resistencia</b>	0.27 [ohm]
<b>Corriente máxima</b>	11 [A]	<b>Tamaño del eje</b>	M3
<b>Potencia máxima</b>	140 [W]	<b>Peso</b>	65 [g]
<b>Diámetro del motor</b>	30 [mm]	<b>Centros de orificios para pernos de montaje</b>	20.5 [mm]
<b>Rosca del orificio del perno de montaje</b>	M2.5	<b>ESC sugeridos</b>	15 [A]

A partir de los datos de la Tabla 2.4 y conociendo que la fuerza de empuje de los motores es de 2 [Kgf], se calculó la velocidad del bote mediante la ecuación (2.4):

$$P[W] = F[N] * V \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (2.4)$$

$$V = 7.13 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

La velocidad máxima a la que puede ir el bote sería de 7,13 m/s. Se escogió una velocidad menor para así evitar que el bote volqué al momento de realizar los cambios de dirección, hacer que recorra el perímetro de la piscina en alrededor de un minuto (máximo rango de gráficas), además de disminuir el impacto debido a cualquier golpe con los bordes. La velocidad de 0.6m/s que se eligió en este proyecto permite un recorrido en un minuto.



**Figura 2.13 Propulsores**

Finalmente, para efectuar el movimiento del bote, se le adjuntaron los respectivos propulsores en el eje (Figura 2.13). Los propulsores tienen una medida de 36 [mm] x 16 [mm] y poseen 3 aspas, y el motor será el encargado de su giro.

### **2.5.2 Selección de materiales para el casco del bote.**

Para la selección de material con el cual se fabricaría el casco del bote se analizaron varias alternativas, de las cuales se establecieron varios parámetros de selección:

- Precio del material: en este parámetro interviene el costo del material, ya que se pretende realizar una debida reducción de presupuesto.
- Proceso de manufactura: para este criterio se analizó el tiempo y la dificultad del proceso de manufactura al cual debe ser sometido el material.
- Densidad del material: este factor es de suma importancia, ya que se requiere que el material tenga la flotabilidad suficiente para el casco del

vehículo, teniendo en cuenta que se trabajara para un mismo modelo de casco (igual volumen para cada alternativa).

Las alternativas propuestas para los posibles materiales de la manufactura del bote fueron las siguientes:

- A. **PET-g:** Es un poliéster termoplástico, muy conocido debido a su uso como material de impresión 3D. Tiene una densidad de 1270 Kg/m<sup>3</sup>. El costo del filamento es igual a \$22,40. [25] [26]
- B. **Poliestireno expandido (EPS):** El poliestireno expandido es un material plástico el cual se conforma por perlas pre-expandidas de EPS presentando así una estructura rígida, cerrada y rellena de aire. Es comúnmente usado para letreros, figuras en 3d, manualidades, entre otros. Su densidad se encuentra en un intervalo de 10 Kg/m<sup>3</sup> hasta los 35 Kg/m<sup>3</sup> (dependiendo del uso) [27]. Su precio es dependiente del tamaño, y va desde \$1 hasta \$10.
- C. **Fibra de vidrio:** está conformado por la unión de delgados hilos de vidrio, los cuales mediante la generación de cierto patrón conforman una malla. Se usa para realizar manualidades, perfiles estructurales, partes de carrocerías, tablas de surf, lanchas, toboganes, entre otros. Su densidad es de 2600 Kg/m<sup>3</sup> [28].

En la Tabla 2.5, se realizó la debida ponderación de criterios obteniendo el siguiente orden de importancia: Precio >Densidad>Proceso de manufactura. En la Tabla 2.6 se concluyó que el material del casco elegido es el Poliestireno expandido (EPS).

**Tabla 2.5 Ponderación de criterios (material del casco del bote)**

	Precio	Proceso de manufactura	Densidad del material	Suma +1	Ponderación
Precio		0,5	1	2,5	0,42
Proceso de manufactura	0,5		0	1,5	0,25
Densidad del material	0	1		2	0,33
			Suma	6	1

**Tabla 2.6 Matriz de conclusión (selección de material)**

<b>Soluciones</b>	<b>Precio</b>	<b>Proceso de manufactura</b>	<b>Densidad del material</b>	<b>Suma +1</b>	<b>prioridad</b>
PET-g	0,14	0,08	0,11	1,33	2
Poliestireno expandido (EPS):	0,21	0,13	0,17	1,50	1
Fibra de vidrio	0,07	0,04	0,06	1,17	3

### **2.5.3 Diseño del casco del bote.**

Para el diseño del casco, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- **Maniobrabilidad:** Es la capacidad de un barco de moverse en varias direcciones. Este parámetro es importante ya que nuestro bote estará en constante movimiento por la planeación de trayectorias y manipulación mediante control remoto.
- **Rapidez:** Se analizó que la estructura pueda tener la forma pertinente para poder moverse rápido y fácilmente sobre el agua con respecto a los motores.
- **Estabilidad:** Este parámetro controla que el casco a escoger no tienda a balancear demasiado y que su estructura sea aerodinámica.
- **Volumen:** Con este criterio se analiza que la estructura no ocupe mucho volumen, con la finalidad de que el bote se pueda movilizar con poca potencia.
- **Desplazamiento de agua:** En este criterio se analiza que no exista mucho desplazamiento de agua que pueda salpicar a los dispositivos electrónicos del bote.

Mediante una investigación exhaustiva sobre los tipos de cascos [21] [22] [23] [24] que se podrían utilizar, se propusieron las siguientes alternativas:

- Figura 1.1 Tipos de Casco a)
- Figura 1.1 Tipos de Casco b)
- Figura 1.1 Tipos de Casco c)
- Figura 1.1 Tipos de Casco d)
- Figura 1.1 Tipos de Casco e)

La priorización de los criterios como se puede visualizar en la Tabla 2.7 es:

Potencia necesaria > Estabilidad = Desplazamiento de agua > Maniobrabilidad > Rapidez.

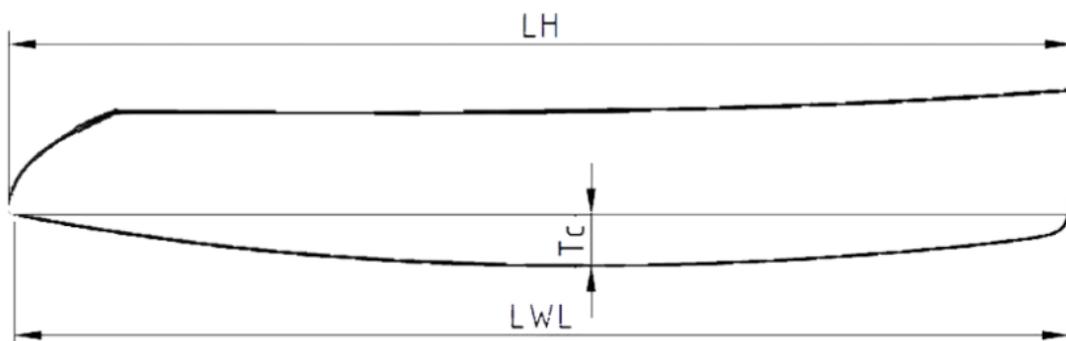
**Tabla 2.7 Matriz de criterios (selección del casco)**

	Maniobrabilidad	Rapidez	Estabilidad	Volumen	Desplazamiento de agua	Suma +1	ponderación
Maniobrabilidad		1	0,5	0	0	2,5	0,17
Rapidez	0		0	0	0,5	1,5	0,10
Estabilidad	0,5	1		0,5	0,5	3,5	0,23
Volumen	1	1	0,5		0,5	4	0,27
Desplazamiento de agua	1	0,5	0,5	0,5		3,5	0,23
					<b>Suma</b>	15	1

**Tabla 2.8 Matriz de conclusión (selección del casco del bote)**

Conclusión	Maniobrabilidad	Rapidez	Estabilidad	Potencia necesaria	Desplazamiento de agua	Suma +1	prioridad
Redondeado	0,05	0,03	0,02	0,06	0,07	1,22	2
Multicascos.	0,05	0,03	0,07	0,06	0,07	1,28	1
Plano	0,02	0,01	0,07	0,06	0,03	1,20	3
Casco en V	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	1,13	5
Pontones	0,02	0,01	0,05	0,06	0,03	1,17	4

El diseño multicasco fue el escogido.



**Figura 2.14 Longitudes principales multicascos [29]**

Una vez seleccionado el tipo de casco se procedió a realizar el dimensionamiento correspondiente. Para cascos multicascos tenemos dos longitudes importantes (Figura 2.14) la longitud del casco  $L_H$  y la longitud de la línea de flotación  $L_{WI}$  [29]. El bote fue diseñado en referencia a un bloque de EPS con medida estandarizada de 30x50x20 cm, dejando así un área abordable igual a 1500 cm<sup>2</sup>, equivalente al doble del área necesaria para los equipos de trabajo. Por tanto, la medida para  $L_H$  es igual a 50 cm y para  $L_{WI}$  se tomó el valor de 45 cm.

Después de elegir las dos longitudes principales, se calculó el valor de relación longitud – manga de los cascos,  $L_{Br}$ , este valor depende de la cantidad de carga que se vaya a aplicar; para cargas pesadas el valor de  $L_{Br}$  debe ser bajo, sin embargo, para valores menores a “8” el bote tiende a formar olas, por tanto el valor debería encontrarse entre 9 – 12 [29]. Debido a que el bote debe soportar el peso de los componentes como se mencionó anteriormente, se escogió el valor más bajo: 9.

Mediante la ecuación (2.5) se obtuvo la longitud de la manga del bote el cual es de 5 cm.

$$B_{WL}[cm] = \frac{L_{WI}[cm]}{L_{Br}} \quad (2.5)$$

$$B_{WL} = 5 [cm]$$

Una vez calculado el valor de la manga, se calculó el calado del bote  $T_c$ . Valores de  $B_{Tr}$  cercanos a 2 minimizan la resistencia a la fricción y valores bajos minimizan la creación de olas, por esta razón el intervalo razonable para escoger está entre 1,5 a 2,8 [29]. Para el proyecto, se propuso un valor de 1,9 y de esta manera el barco pueda tener mayor facilidad de movimiento sobre el agua. De la ecuación (2.6) se obtuvo la dimensión del calado equivalente a 2,63 [cm].

$$T_c[cm] = \frac{B_{WL}[cm]}{B_{Tr}} \quad (2.6)$$

$$T_c = 2,63 [cm]$$

El ancho del casco,  $BH$ , es equivalente a 30 cm. Para el ancho de cada casco  $BH1$ , se determinó que sea igual a 9 cm. A partir de estos valores fijados y mediante la ecuación (2.7), se obtuvo que la distancia entre cascos  $BCB$  es igual a

$$BH = BH1 + BCB \quad (2.7)$$

$$BCB = 21 [cm]$$

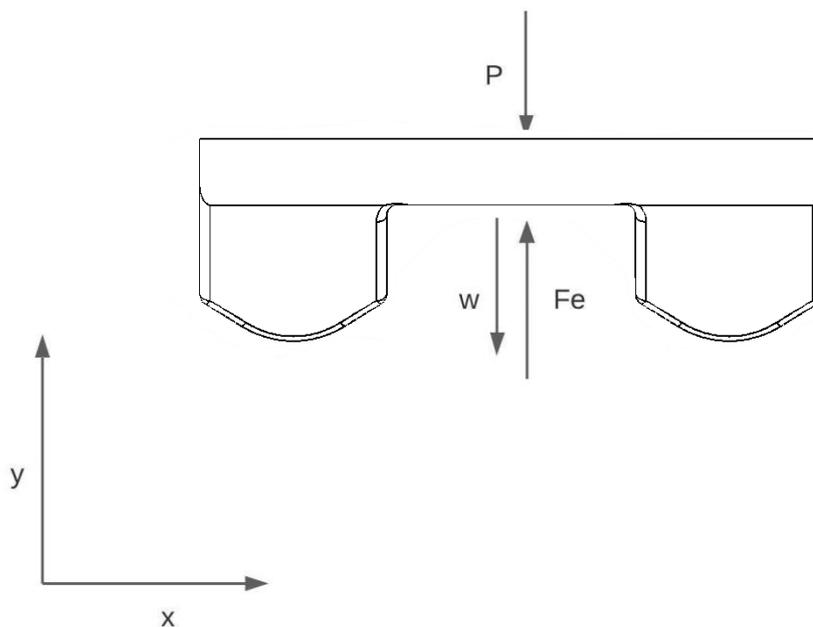
Con las dimensiones obtenidas, se procede a realizar el diseño en un software CAD del modelo del casco del bote (Figura 2.15).



**Figura 2.15 Diseño 3D del casco del bote**

Mediante un análisis en el software de diseño, se obtuvo que el volumen del casco del bote es igual a  $0,009 \text{ m}^3$ .

Finalmente, para verificar la flotabilidad del bote, se realizó un análisis mediante el principio de Arquímedes:



**Figura 2.16 Diagrama de cuerpo libre del bote**

En el diagrama de cuerpo libre de la Figura 2.16, se puede visualizar que tenemos 3 fuerzas actuando en el bote: el peso del casco  $W$ , la fuerza de empuje  $Fe$  y el peso de los elementos  $P$ . Mediante un análisis de fuerzas (ecuación (2.8)) se logró obtener la fuerza de empuje. Con la obtención de esa fuerza, se analizó la

flotabilidad del casco (2.9) obteniendo que aproximadamente un 50% del casco se encontraría sumergido.

$$\sum Fy = Fe - P - W = 0 \quad (2.8)$$

$$Fe = 42,65 [N]$$

$$Fe = \rho_e * Vd \quad (2.9)$$

$$Vd = 0.004 [m^3]$$

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Parámetros de control

Para lograr iniciar el funcionamiento del controlador en el vehículo, se tuvieron que realizar las configuraciones iniciales y luego configuraciones específicas en los parámetros de usuario y parámetros avanzados para garantizar un control correcto.

#### 3.1.1 Configuraciones iniciales

Primero, se actualizó el firmware especificando el nombre del controlador (PX4 1.M) y el nombre del sistema operativo a instalar (ChibiOs) [30]. Después se definió en el controlador que el vehículo va a ser del tipo bote, como se puede observar en la Figura 3.1. Luego, se efectuó la calibración y configuración de los sensores del vehículo, véase Figura 3.2.

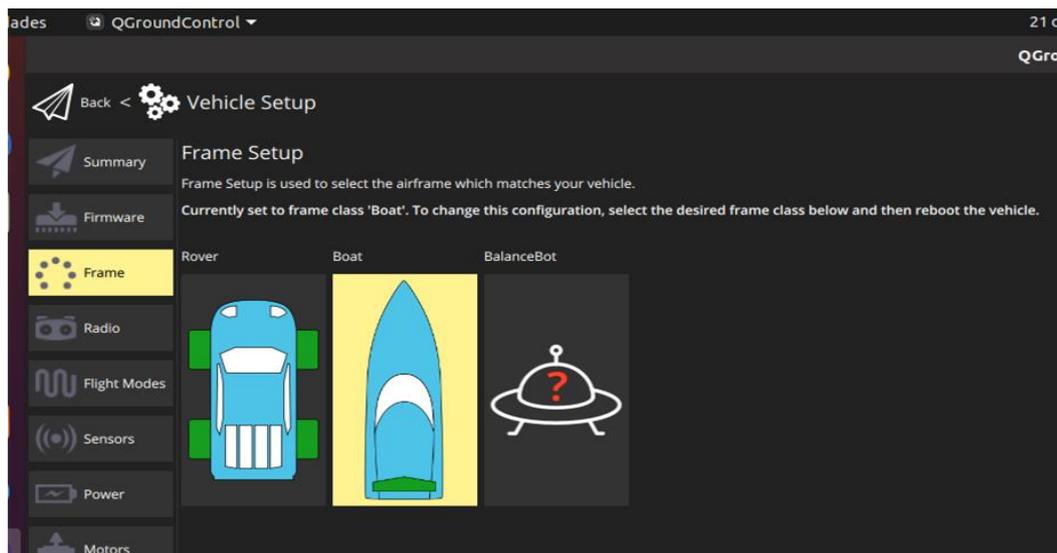
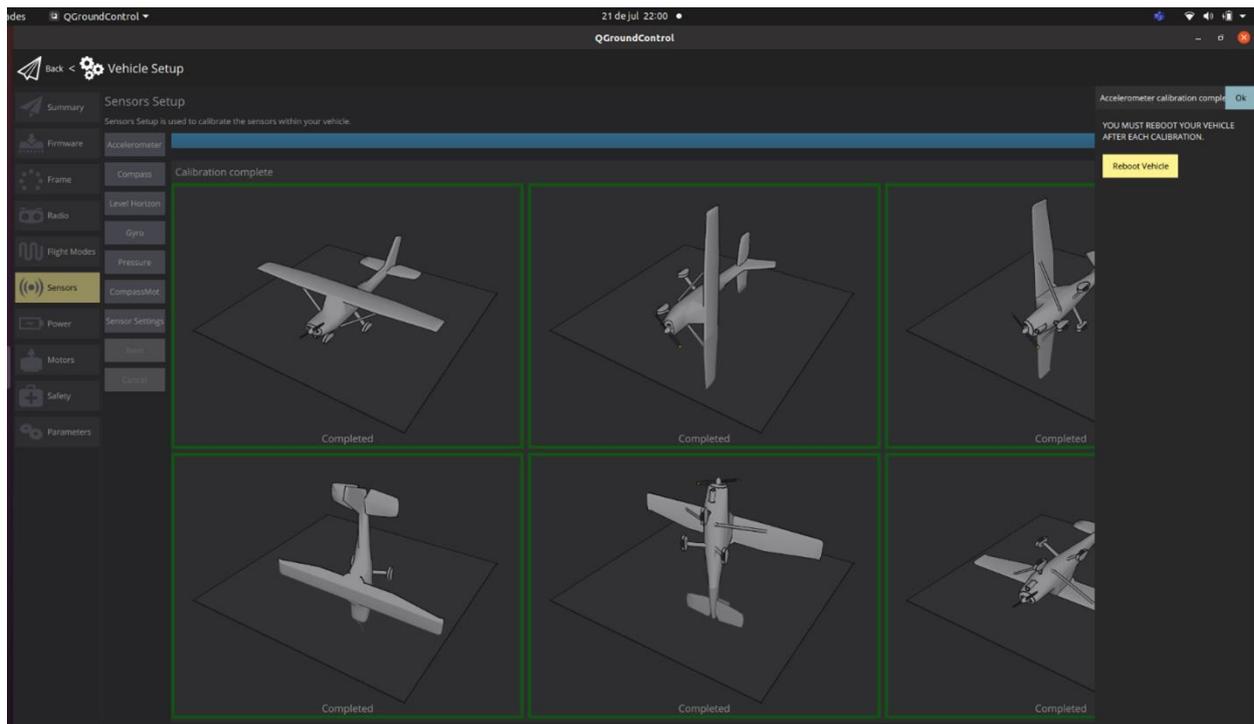


Figura 3.1 Selección configuración Rover



**Figura 3.2 Calibración de la brújula del vehículo**

### 3.1.2 Configuración de parámetros del controlador

En el APÉNDICE A se describen cada uno de los parámetros modificados en el controlador para un correcto funcionamiento. Entre estos se encuentran los involucrados en la dirección, velocidad, conexión a sensores (SONAR, GPS), identificación de pines, protocolos de comunicación y control del movimiento del bote.

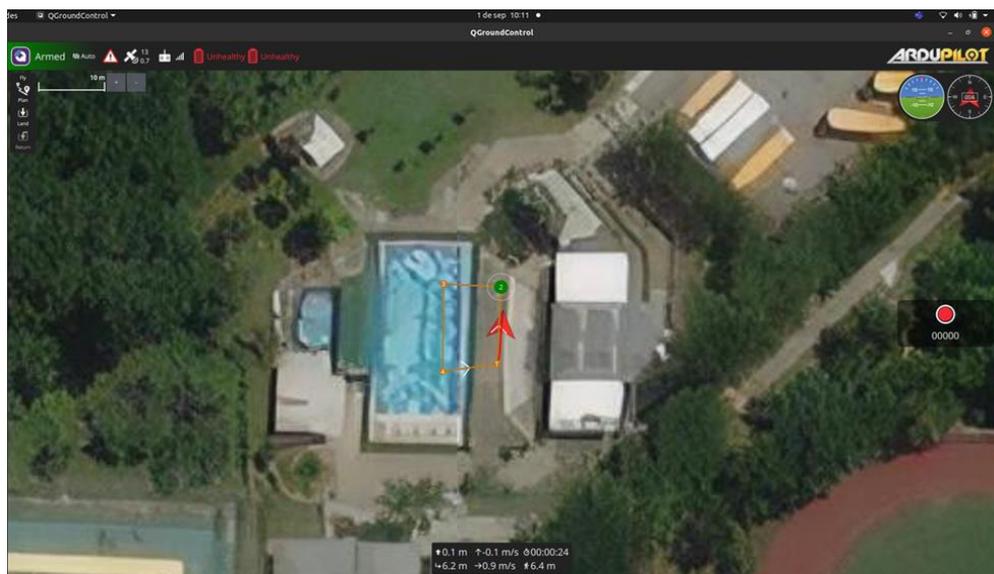
En el APÉNDICE C se encuentra el registro de parámetros del controlador. Este registro fue descargado a través del QGroundControl en un formato “.params”. De esta manera se pudo verificar que los cambios realizados fueron grabados correctamente.

### 3.2 Planificación de trayectorias

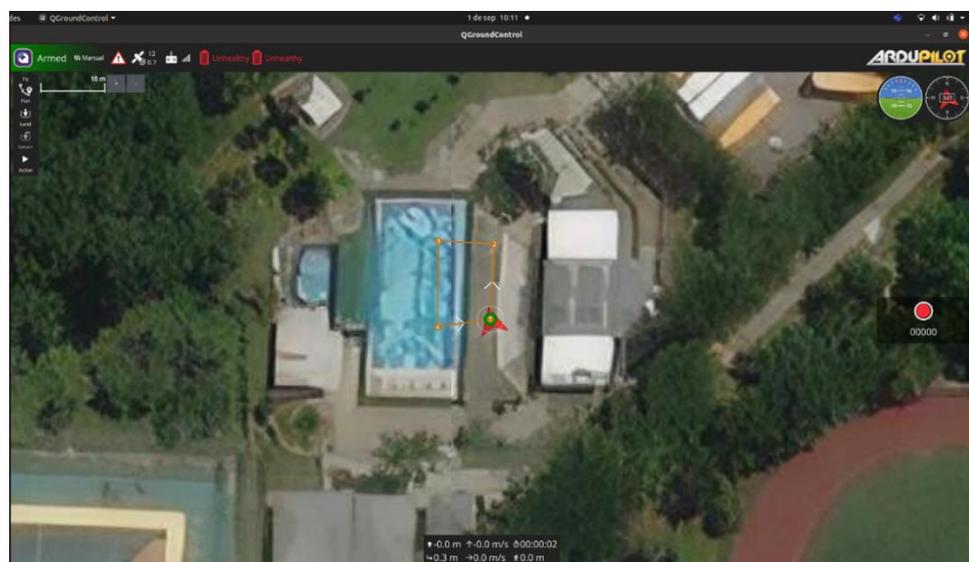
Se realizaron pruebas de funcionamiento en la piscina de la ESPOL, donde mediante el QGroundControl se creó una trayectoria compuesta de 4 puntos de parada (waypoints) como se puede observar en la Figura 3.3. Cabe recalcar que existía un desfase de alrededor 5 metros a la derecha y 5 metros al frente de la

posición real producido por la inexactitud del GPS, por ende la trayectoria fue planificada teniendo en cuenta este error.

Una vez planificada la trayectoria, se enviaban los datos desde el QGroundControl hacia el controlador del bote para respectivamente proceder a realizar el armado del vehículo (armar el bote, en el QGroundControl, hace referencia a la activación de motores para su movimiento) y posteriormente, cambiar del modo Manual a Auto donde el bote comenzaba a realizar el desplazamiento respectivo (Figura 3.4).

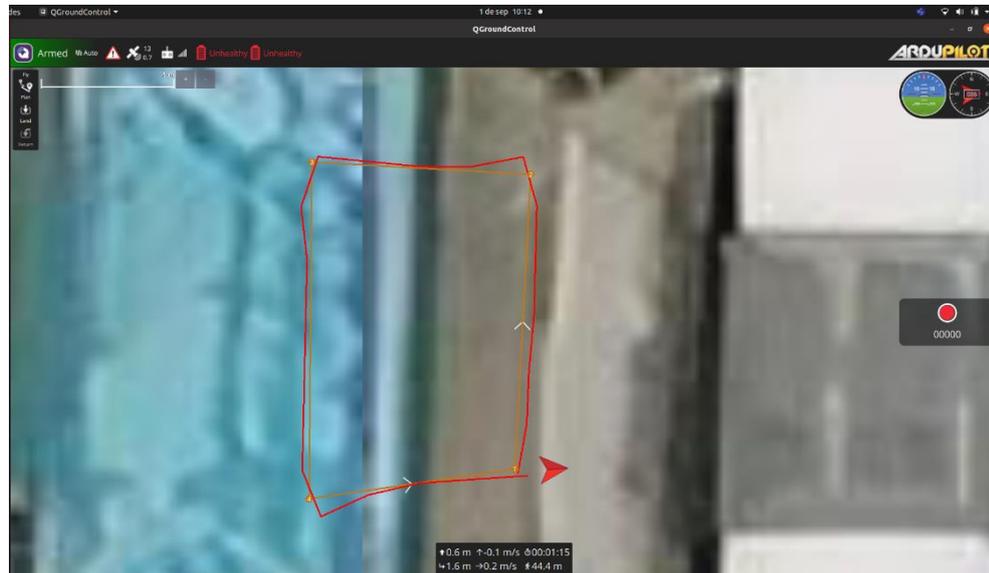


**Figura 3.3 Trayectoria planificada**



**Figura 3.4 Inicialización de la trayectoria**

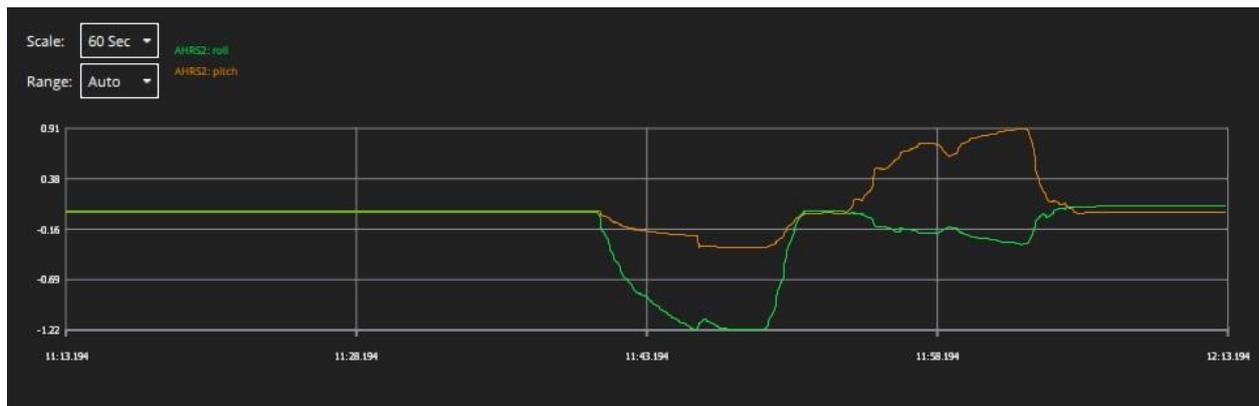
La trayectoria fue realizada sin que el bote se volque y evitando sufrir ningún daño en los dispositivos electrónicos en un tiempo de 1 min y 15 segundos con un recorrido total de 44,4 metros. La velocidad promedio de la ruta fue de 0.6 m/s, igual que la velocidad crucero configurada en los parámetros del controlador (APÉNDICE B). Estos datos pueden ser visualizados en la figura.



**Figura 3.5 Trayectoria completa**

### **3.3 Análisis de Estabilidad**

La estabilidad del bote se puede comprobar a través de dos variables de visualización que permite el controlador gracias al giroscopio integrado. La primera, llamada “roll”, que se traduce a rodar, indica la inclinación hacia los lados: la derecha es positivo y la izquierda es negativo. La segunda, llamada “pitch”, que se traduce a cabecear, indica la inclinación en dirección al recorrido: al frente es positivo y hacia atrás es negativo. Las unidades están en radianes. En la Figura 3.6 se ejemplificó primero una inclinación hacia la izquierda del -1.22 radianes, luego una inclinación hacia el frente del 0.91 radianes.



**Figura 3.6 Ejemplo de gráfica de estabilidad**

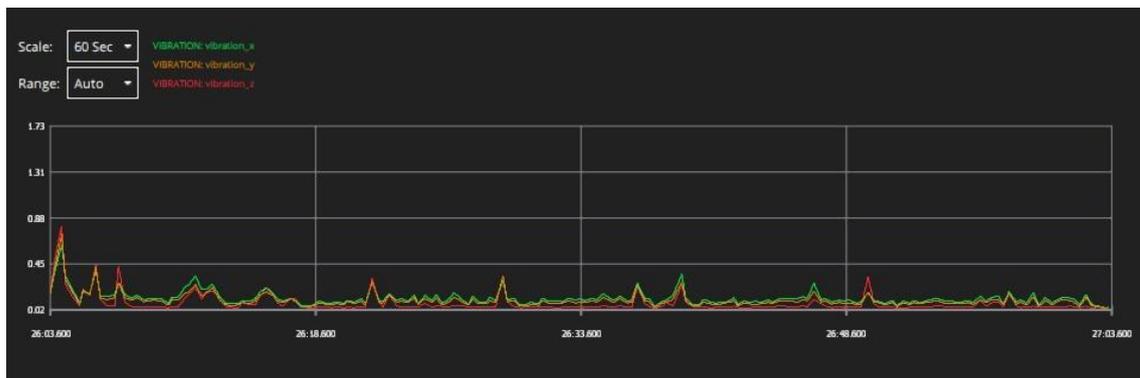
Otra salida que muestra es llamada “yaw”, que se traduce a desvío. Este se lo obtiene de la diferencia entre el frente del bote y el norte de la tierra. Yaw no solo nos permite saber cuándo el bote realiza los giros, sino también cuánto se desvía de una trayectoria recta. Su valor es de 0.0 radianes frente al norte, 1.5 radianes frente al este, -1.5 radianes al oeste y 3.0 radianes al sur. En la Figura 3.7, en el gráfico inferior se puede ver cómo es usualmente en los giros donde los picos de inclinación ocurren.

En la Figura 3.7, en el gráfico superior se puede ver una inclinación pico sin razón aparente en medio del trayecto, esto se pudo deber a un fuerte viento. Esta inclinación no supera los 0.25 radianes, además de ser muy puntual. Además, como la trayectoria escogida es de caminos rectas, la gráfica de “Yaw” muestran que, mientras más estables sean, menos errores se tiene al seguir el camino.



**Figura 3.7 Gráfica de Estabilidad**

Otra gráfica interesante es la de vibración, medido en  $m/s^2$ , el cual muestra cambios bruscos en los ejes principales del controlador. La Figura 3.8 muestra como el arranque muestra una gran cantidad de vibración, y tiene sentido al empezar la ruta. De allí existen unos que otros picos puntuales a lo largo de la ruta, pero incluso en curvas no sobrepasan los  $0.5m/s^2$ . Según la propia Ardupilot, un vehículo se considera estable si su vibración no sobrepasa los  $3m/s^2$  [36].



**Figura 3.8 Gráfica de vibración**

### 3.4 Análisis de Comunicación

#### 3.4.1 Comunicación RC y Control Remoto

Para realizar el vínculo entre el bote y el control remoto, se tienen que configurar tres cosas: el RC conectado al controlador, el módulo de telemetría (si tiene uno) conectado al control remoto, y el propio control remoto. El RC que se utilizó es el X8R, el cual puede conectarse a un control remoto modelo Taranis o a un módulo de telemetría FrSky. Sí se utilizó un módulo en este proyecto, el módulo DJT mostrado en la Figura 3.9. El control remoto utilizado es modelo FS-TH9. En el RC, solo se tiene que aplastar el botón reseteo al momento de conectarlo al controlador. En el caso del DJT, es que sus dos interruptores se encuentren abajo, y encender el control remoto presionando el botón de conexión.



**Figura 3.9 Módulo de telemetría DJT FrSky [37]**

La configuración del control remoto se realiza a través de su pantalla integrada. El control remoto FS-TH9X perteneciente a FlySky, se configuran el tipo de comunicación y el número de canales que se conectarán.

El dron X8R+, del cuál se utilizó su control remoto, perteneció a una marca llamada 3DR. Esta compañía la cual cerró hace unos años y tenía la característica de instalar su propio software dentro de sus controles remotos. El programa no permite modificaciones en parámetros ni nuevos tipos de RC se conecten. Debido a esto, se imposibilitó la conexión y programación hacia el bote.

#### 3.4.2 Comunicación Sonar y Controlador

El sonar Humminbird, según la literatura, tiene una comunicación del tipo NMEA 0183, típica en transmisión de datos GPS y de algunos tipos de sensores. A través

de la conexión NMEA se pueden enviar sentencias de datos en forma de oraciones que inicializan con un "\$".

Se realizó la conexión entre el SONAR y el Ardupilot realizando el cambio de parámetros respectivos para la identificación y configuración de pines como se especifica en el APÉNDICE B. Se confirmó la correcta conexión entre los dispositivos a través de medición de voltaje, sin embargo, la recepción de datos fue nula.

El PixHawk es capaz de tomar lecturas NMEA 0183 de cualquier tipo de sensor, no obstante, sólo puede tomar una sentencia por puerto. Humminbird llega a enviar hasta 9 oraciones en un solo envío [27].

### **3.5 Análisis de Costos**

En la tabla 3.1 se detallan los costos basados en la fabricación del prototipo, incluido el costo por mano de obra y diseño del bote.

La mayor parte del costo corresponde al hardware de control. Se podría omitir el costo del control remoto, pero en caso de emergencias como la pérdida de comunicación por telemetría, se tiene que esperar a que el bote termine de recorrer su ruta. Además, el caso y las conexiones externas deben ser impermeables, de allí el alto costo de la mano de obra al construir el producto.

Tabla 3.1 Cotización de Partes

Sistema	Descripción	Cantidad	Precio Total	Sistema Total
Control	Pixhawk Kit, incluye:	1	\$350,00	\$898,99
	Pixhawk 1: 1			
	Módulos de Telemetría 915Mhz: 2			
	Módulo de Alimentación: 1			
	GPS/Compas: 1			
	Switch de Seguridad: 1			
	Bocina: 1	1	\$39,88	
	FrSky Receptor X8R	1	\$250,00	
	Control Remoto FrSky Taranis X9D+	2	\$20,00	
	Controlador Eléctrico ESC 12A	1	\$240,00	
	Sonar KOGGER 2D	1	\$89,97	
Batería Multistar 10000mAh 14,8v	1	\$1,00		
Distribuidor de Poder 7VDC 15A	1	\$10,00		
Mecánico	Cables y Puertos	2	\$17,44	\$565,02
	Motores Turnigy DST-700	2	\$17,58	
	Propelas para barco de 27mm con 3 cuchillas	1	\$500,00	
	Diseño del bote en fibra de vidrio	1	\$30,00	
Otros	Soporte de GPS y Control	1	\$500,00	\$500,00
	Diseño y Construcción	1	\$500,00	<b>\$2.064,98</b>

En el mercado hay unos pocos de estos botes autónomos. Sin embargo, según la tabla 3.2, nuestra solución es más compacta y ligera: ideal para cuerpos de agua pocos accesibles. Su duración mínima de 30 minutos es del bote recorriendo a 2.85m/s, pero durante las pruebas se ha mantenido encendido durante alrededor de 2 horas sin problema, a una velocidad de 0.60m/s. Aun con eso en mente, se obtuvo alrededor de la mitad del costo del producto en el mercado.

**Tabla 3.2 Comparación con el mercado actual**

<b>Producto</b>	<b>Marca</b>	<b>Principales Características</b>	<b>Precio</b>
POSEIDON SU30 [32]	SOUTH	Software Propio Comunicación LAN Cámara 360° No incluye sonar. Peso final de 8kg Es el doble de largo y ancho que la solución propuesta Duración de 4 horas	\$ 27,950.00
HyDrone [33]	Seafloor	Sonar Seafloor HydroLite-TM Peso final de 15kg Es el doble de largo y ancho que la solución propuesta Duración de 6 horas	\$ 7,500.00
Bathycat Survey Catamaran [40]	Bathylogger	Sonar Bathylogger BL200 Peso final de 11kg Es el doble de largo y ancho que la solución propuesta Duración de 4 horas	\$ 3,700.00
Solución Propuesta (Roboat)	-	Sonar Lowrance HST-WSBL 83 Peso final de 5kg Mide 50cm de largo y 30cm de ancho. Duración de 2 horas	\$ ~ 2,100.00

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Este sistema de navegación fue propuesto para ayudar a mejorar el proceso de obtención de datos batimétricos del lago de ESPOL. Mediante los resultados obtenidos, se pudo verificar que el tiempo de navegación es bastante reducido en comparación al método cotidiano, de igual manera, se nota una disminución en el tiempo de preparación ya que, en la toma de datos regular, se debe llevar la embarcación a utilizar hasta el sitio de estudio, mientras que nuestro sistema, al ser una embarcación pequeña, puede ser incorporada al cuerpo de agua fácilmente.
- Aunque se propuso dos modalidades de manejo del bote, el del tipo manual no fue posible debido a la limitación de conexión por parte del fabricante del control remoto planteado. Sin embargo, se puede conseguir un radio control más actualizado y compatible con el cual se pueda realizar la conexión satisfactoriamente, además en los parámetros se habilitaron las funcionalidades de RTL (Return to Launch), función la cual envía al vehículo al punto definido como hogar en caso de nivel de batería bajo.
- La conexión Serial al SONAR Humminbird Hélix 7, no se pudo realizar en este proyecto. Se tiene la hipótesis de que en la salida NMEA, el sensor envía varias sentencias hacia el controlador (profundidad, temperatura del agua, latitud, longitud, GPS, fecha, entre otras). Sin embargo, en el controlador, el parámetro Rangefinder solo tiene 2 valores de visualización (voltaje y profundidad), provocando así que el controlador no logre identificar y clasificar los datos.
- Por otro lado, gracias a los parámetros de configuración determinados en el controlador, se pudieron realizar las trayectorias en modo autómatas con bastante éxito, al mostrar pocas desviaciones del camino escogido. Se obtuvo que el bote pudo realizar una vuelta completa sin volcarse, a una velocidad moderada, sin salpicar agua a los componentes y soportando las cargas

estipuladas. Por lo tanto, se concluye que el diseño de casco y el material escogido fueron los pertinentes para esta iteración.

## 4.2 Recomendaciones

- Un sensor recomendado, incluso por el mismo Ardupilot, sería el BathyLogger BL-200, el cual también usa protocolo NMEA y los datos de salida solo corresponden a la profundidad censada [35]. También se recomienda el uso de controladores extras, como Arduino, ya que este puede facilitar la obtención de datos batimétricos de parte del sensor. También se puede utilizar un sonar analógico y utilizar un DST-2, que convierte señal analógica a señal NMEA.
- La comunicación con el control remoto se la puede realizar ya sea vinculando un control remoto de marca Taranis, que vincula automáticamente. Se puede comprar un módulo de recepción de FrSky XJT, modelo más actualizado, con un control remoto de otra marca. Inclusive, sabiendo que es un módulo de telemetría, se podría usar un Arduino para que se encargue del control manual desde una estación en tierra aparte.
- Para mejorar la resistencia y flotabilidad del bote, se puede aplicar un cambio de material como puede ser la fibra de vidrio, balsa o la hibridez de materiales. Se puede mantener la configuración multicasco, sin embargo, se puede rediseñar aplicando más conceptos náuticos, para así aumentar la seguridad, estabilidad e hidrodinámica del bote.
- El problema de exactitud del GPS utilizado puede ser mejorado mediante la implementación de un GPS diferencial. Los GPSs diferencial tienen la facultad de corregir los datos de posicionamiento que están obteniendo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Valdivielso, «¿Qué es un embalse?,» iAgua, [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-embalse>. [Último acceso: 2022].
- [2] S. Márquez, *Distribucion espacial de la presencia de coliformes totales en el embalse de la ESPOL*, Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral, 2010.
- [3] H. C. A. Ferreira, A. Martins, J. Almeida, N. Dias, A. Dias y E. Silva, «Autonomous bathymetry for risk assessment with ROAZ robotic surface vehicle,» *OCEANS 2009-EUROPE*, pp. 1-6, 2009.
- [4] E. De la Rosa, «Laboratorio de Procesado de Imagen,» 2007. [En línea]. Available: [https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_06\\_07/io7/public\\_html/index.html](https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io7/public_html/index.html). [Último acceso: 2022].
- [5] K. Rutledge, M. McDaniel, S. Teng, H. Hall, T. Ramproop, E. Sprout, J. Hunt, D. Boudreau y H. Costa, «Bathymetry | National Geographic,» National Geographic Society, 20 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://education.nationalgeographic.org/resource/bathymetry>. [Último acceso: 2022].
- [6] N. Sanunga, M. Valero, B. Orozco y A. Jara, «Batimetria en el lago de Espol,» Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil, 2019.
- [7] ArduPilot Dev Team, «Introduction to Rover,» ArduPilot, 2021. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/rover/docs/gettit.html#rover-components>. [Último acceso: Junio 2022].
- [8] GEOBAT ECUADOR, «GEOBAT ECUADOR – Levantamiento Batimétrico en Lagos, Lagunas y Embalses, utilizando tecnología de punta para llevar a cabo con efectividad y eficiencia este servicio.,» [En línea]. Available: <http://www.geobat.xyz/services/#service-1>. [Último acceso: Junio 2022].
- [9] L. Ballester Mora y D. Garcia Sala, *ESTUDIO BATIMÉTRICO CON ECOSONDA MULTHAZ Y CLASIFICACIÓN DE FONDOS*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.

- [10] M. Guevara, A. Meza-Leandro, E. Esquivel-Segura y A. Dagoberto, «Uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT's) para el monitoreo y manejo de los recursos naturales: una síntesis,» *Tecnología en marcha*, 2020.
- [11] B. Abu, F. y A. Muhammad y M.R., «ASV data logger for bathymetry mapping system,» *2017 IEEE 7th International Conference on Underwater System Technology: Theory and Applications (USYS)*, pp. 1-5, 2017.
- [12] F. Bandini, A. Lopez-Tamayo, G. Merediz y D. Olesen, *Unmanned aerial vehicle observations of water surface elevation and bathymetry in the cenotes and lagoons of the Yucatan Peninsula, Mexico*, 2018.
- [13] N.-H. An, B.-K. Gu, H.-S. Park y H.-Y. Jang, «Autonomous Path-Tracking Performance of an OmniX-Type Boat Based on Open-Source Ardupilot with RTK GPS,» *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, vol. 27, nº 6, p. 867–874, 2021.
- [14] A. G. S. Júnior, A. P. D. Araújo, M. V. A. Silva, R. V. Aroca y L. M. G. Gonçalves, «N-BOAT: An Autonomous Robotic Sailboat,» *Latin American Robotics Symposium and Competition*, pp. 24-29, 2013.
- [15] P. Omprakash, B. Sanjay, M. D. Abilash y M. M. H. M, «Autonomous Surveillance Boat,» *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, vol. 9, nº 8, pp. 42-46, 2021.
- [16] AutoPilot Dev Team, «ArduPilot Documentation — ArduPilot documentation,» Ardupilot.org, 2020. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/ardupilot/>. [Último acceso: 2022].
- [17] R. Alvarez, «Intro to Ardupilot and PX4 (Part 1),» Circuit Cellar, Abril 2020. [En línea]. Available: <https://circuitcellar.com/research-design-hub/intro-to-ardupilot-and-px4-part-1/>. [Último acceso: Junio 2022].
- [18] ArduPilot Dev Team, «Choosing a Ground Station,» ArduPilot, 2021. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/rover/docs/common-choosing-a-ground-station.html#common-choosing-a-ground-station>. [Último acceso: Junio 2022].

- [19] «Overview · QGroundControl User Guide,» QGroundControl, [En línea]. Available: <https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/index.html>. [Último acceso: Junio 2022].
- [20] «Mission Planner Overview,» Ardupilot, 2021. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/planner/docs/mission-planner-overview.html>. [Último acceso: Junio 2022].
- [21] C. Lewis, «See Outdoor,» [En línea]. Available: <https://seeoutdoor.com/how-does-sonar-work/>. [Último acceso: 2022].
- [22] R. Pinto, «Different Types of Hull Forms: An Analysis,» Learnshipdesign.com, 8 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://learnshipdesign.com/hullForms.html>. [Último acceso: 2022].
- [23] S. Buckles, «The Illustrated Guide To Boat Hull Types (11 Examples),» Improve Sailing, [En línea]. Available: <https://improvesailing.com/guides/boat-hull-types#displacement-hulls>.
- [24] National Marine Manufacturers Association, «Boat Hull Types, Shapes & Designs,» Discover Boating, 2022. [En línea]. Available: <https://www.discoverboating.com/resources/boat-hull-types>. [Último acceso: 2022].
- [25] 4Sail Nautica, «¿Qué tipo de casco debo elegir para mi embarcación? - Semirrígidas Online,» Semirrígidas Online, 6 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://4sailnautica.com/tipos-y-formas-de-casco-de-barcos/>.
- [26] Humminbird, «HELIX 7 CHIRP MEGA SI GPS G3N,» 2021. [En línea]. Available: <https://humminbird.johnsonoutdoors.com/fish-finders/discontinued/helix-7-chirp-mega-si-gps-g3n>. [Último acceso: 2022].
- [27] Humminbird, «HOW TO OUTPUT DIGITAL DEPTH,» 2022. [En línea]. Available: <https://humminbird-help.johnsonoutdoors.com/hc/en-us/articles/4413977870999-How-to-Output-Digital-Depth>. [Último acceso: Septiembre 2022].
- [28] ArduPilot Dev Team, «Pixhawk Overview,» 11 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html>. [Último acceso: 2022].

- [29] ArduPilot Dev Team, «Complete Parameter List,» 2021. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/copter/docs/parameters.html>. [Último acceso: 2022].
- [30] ACME, «What is PETg plastic? Information on PETg | Acme Plastic,» Acmeplastic.com, [En línea]. Available: <https://www.acmeplastics.com/what-is-petg>.
- [31] Simplify3D, «Ultimate 3D Printing Material Properties Table,» Simplify3d.com. [En línea].
- [32] British Plastics Federation, «Expanded and Extruded Polystyrene (EPS/XPS),» British Plastics Federation, [En línea]. Available: [https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/expanded-and-extruded-polystyrene-eps-xps.aspx#:~:text=Expanded%20Polystyrene%20\(EPS\)%20is%20a,dissolved%20within%20the%20polystyrene%20bead](https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/expanded-and-extruded-polystyrene-eps-xps.aspx#:~:text=Expanded%20Polystyrene%20(EPS)%20is%20a,dissolved%20within%20the%20polystyrene%20bead).
- [33] M. Islam, «Glass Fiber: Types, Properties, Manufacturing Process and Uses,» Textilelearner.net, 19 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://textilelearner.net/glass-fiber-types-properties/>.
- [34] R. Woods, «Catamaran Desing Formulas,» Catamaransite.com, 29 Junio 2010. [En línea]. Available: [https://www.catamaransite.com/reference/catamaran\\_hull\\_design\\_formulas/](https://www.catamaransite.com/reference/catamaran_hull_design_formulas/).
- [35] ChibiOS EmbeddedWare, «ChibiOS Homepage,» [En línea]. Available: <https://www.chibios.org/dokuwiki/doku.php>.
- [36] ArduPilot Dev Team, «Diagnosing problems using Logs,» 22 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-diagnosing-problems-using-logs.html>. [Último acceso: 2022].
- [37] FrSky, «DJT,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.frsky-rc.com/product/djt-2/>. [Último acceso: 2022].
- [38] South Survey, «POSEIDON SU30,» 2022. [En línea]. Available: [https://www.southinstrument.com/product/details/pro\\_tid/239/id/213.html](https://www.southinstrument.com/product/details/pro_tid/239/id/213.html). [Último acceso: 2022].

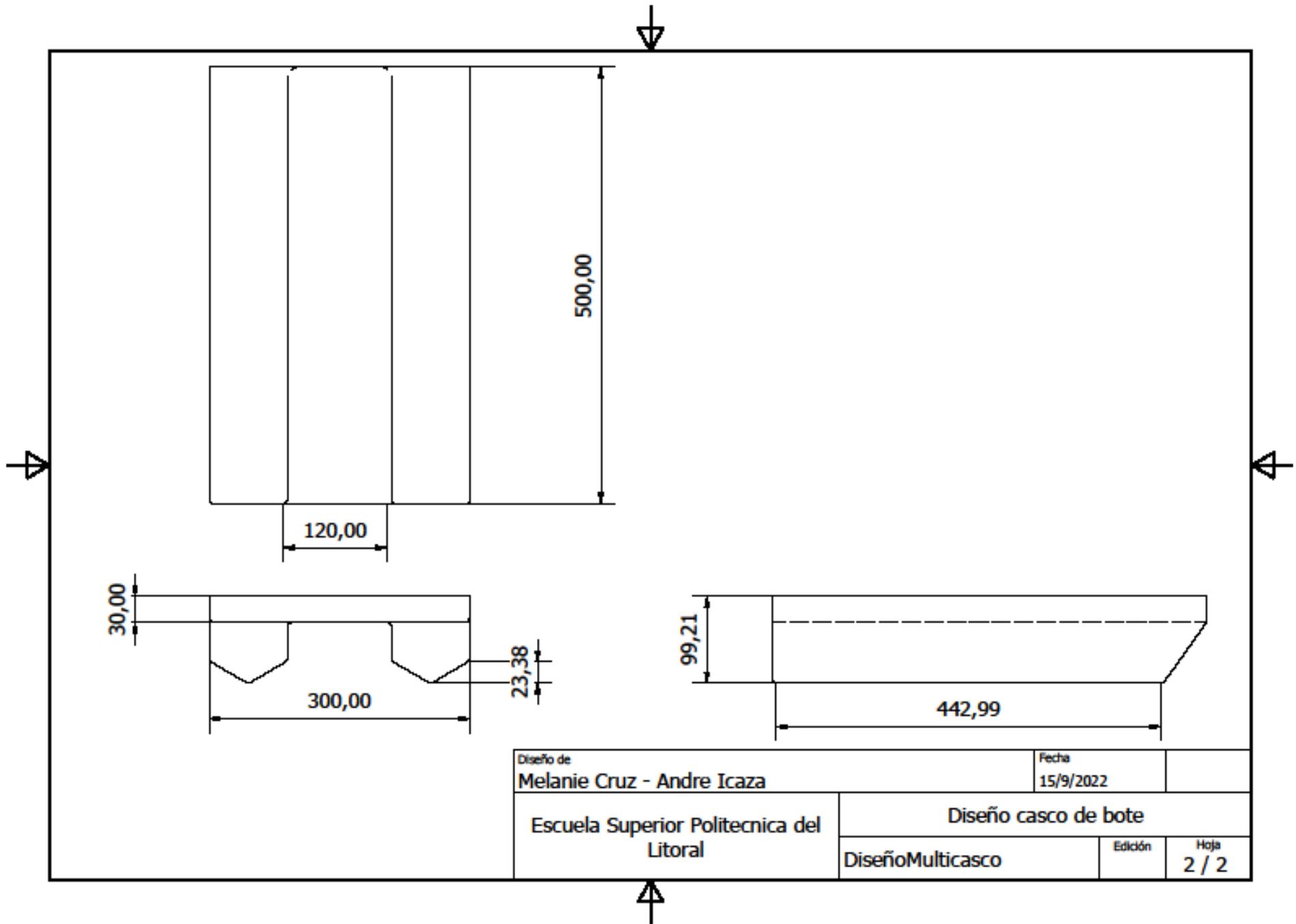
- [39] Seafloor TM, «HyDrone™,» 9 Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.seafloorsystems.com/hydrone>. [Último acceso: 2022].
- [40] Bathylogger, «BathyCat Survey Catamaran,» 2018. [En línea]. Available: <https://bathylogger.com/product/bathycat-survey-catamaran/>. [Último acceso: 2022].
- [41] ArduPilot Dev Team, «Underwater Sonar (Analog),» Ardupilot, 2021. [En línea]. [Último acceso: 2022].



# APÉNDICES

# **APÉNDICE A**

**PLANO 1 Casco del bote**



Diseño de Melanie Cruz - Andre Icaza		Fecha 15/9/2022	
Escuela Superior Politecnica del Litoral	Diseño casco de bote		
	DiseñoMulticasco	Edición	Hoja 2 / 2

## APÉNDICE B

Parámetro	Valor	Descripción
SERVO1_FUNCTION	74	Este parámetro sirve para darle conocer al controlador cuál motor es el encargado de realizar el movimiento hacia la derecha (74) o a la izquierda (73).
SERVO2_FUNCTION	73	Este parámetro sirve para darle conocer al controlador cuál motor es el encargado de realizar el movimiento hacia la derecha (74) o a la izquierda (73).  Se activo la reversa en el motor 2, debido a que las aspas del propulsor conectado al eje tienen un sentido de giro contrario al de por defecto.
SERVO2_REVERSED	1	
RNNGFND1_TYPE	17	El valor 17 hace referencia a que el tipo de conexión con el sensor será NMEA.
RNGFND1_ORIENT	25	El valor de 25 indica que el sensor SONAR estará receptando datos con dirección hacia abajo (Batimetría).
RGNFND1_MAX_CM	3000	En este parámetro se especifica la distancia máxima censada por el SONAR. En este caso, se especificó 3000 [cm].
SERIAL2_PROTOCOL	9	Se configuró el valor de 9 equivalente a la configuración <span style="float: right;">Rangefinder.</span> A este pin de Serial se conectó el SONAR.
SERIAL2_BAUD	4	El SONAR tiene una salida serial de 4800 baudios. Es por esta razón que se pone el valor de 4.
SERIAL1_PROTOCOL	2	A este pin se encuentra conectado el módulo de telemetría por lo que se habilita el protocolo de MAVLink2, el cual a diferencia del 1, brinda protección en el envío de datos.

SERIAL3_PROTOCOL	5	A este pin de telemetría se encuentra conectado el GPS, por esta razón se escribe el valor de 5.
TURN_RADIUS	0.5	Se estableció un radio de giro igual a 50 cm.
WP_RADIUS	0.5	Este es el radio desde el Waypoint, en donde se considera que se ha llegado y el bote comienza a tomar la dirección al siguiente punto.
CRUISE_SPEED	0.6	Esta es la velocidad con la que el vehículo va a realizar el movimiento en el modo Auto.
BATT_FS_LOW_ACT	1	Aquí se configuró que cuando la batería del bote llegue al nivel determinado como bajo, el bote regrese al punto de lanzamiento. (RTL)
BATT_LOW_MAH	2500	Aquí se especifica el nivel de batería que se considere como bajo. En este caso, 2500 mAh

## APÉNDICE C

```
# Onboard parameters for Vehicle 1
#
# Stack: ArduPilot
# Vehicle: Rover
# Version: -1.-1.-1
# Git Revision:
#
# Vehicle-Id Component-Id Name Value Type
1 1 ACRO_TURN_RATE 180.000000000000000000 9
1 1 AHRS_COMP_BETA 0.100000001490116119 9
1 1 AHRS_CUSTOM_PIT 0.000000000000000000 9
1 1 AHRS_CUSTOM_ROLL 0.000000000000000000 9
1 1 AHRS_CUSTOM_YAW 0.000000000000000000 9
1 1 AHRS_EKF_TYPE 3 2
1 1 AHRS_GPS_GAIN 1.000000000000000000 9
1 1 AHRS_GPS_MINSATS 6 2
1 1 AHRS_GPS_USE 1 2
1 1 AHRS_ORIENTATION 0 2
1 1 AHRS_RP_P 0.200000002980232239 9
1 1 AHRS_TRIM_X 0.005177650135010481 9
1 1 AHRS_TRIM_Y -0.006698481272906065 9
1 1 AHRS_TRIM_Z 0.000000000000000000 9
1 1 AHRS_WIND_MAX 0 2
1 1 AHRS_YAW_P 0.200000002980232239 9
1 1 ARMING_ACCTHRESH 0.750000000000000000 9
1 1 ARMING_CHECK 2048 6
1 1 ARMING_MIS_ITEMS 0 6
1 1 ARMING_REQUIRE 1 2
1 1 ARMING_RUDDER 2 2
1 1 ARSPD_TYPE 0 2
1 1 ATC_ACCEL_MAX 1.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_D 0.029999999329447746 9
1 1 ATC_BAL_FF 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_FLTD 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_FLTE 10.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_FLTT 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_I 1.500000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_IMAX 1.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_P 1.799999952316284180 9
1 1 ATC_BAL_SMAX 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_BAL_SPD_FF 1.000000000000000000 9
1 1 ATC_BRAKE 0 2
1 1 ATC_DECEL_MAX 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_D 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_FF 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_FLTD 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_FLTE 10.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_FLTT 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_I 0.100000001490116119 9
1 1 ATC_SAIL_IMAX 1.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_P 1.000000000000000000 9
1 1 ATC_SAIL_SMAX 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SPEED_D 0.000000000000000000 9
1 1 ATC_SPEED_FF 0.000000000000000000 9
```

1	1	ATC_SPEED_FLTD	0.000000000000000000	9
1	1	ATC_SPEED_FLTE	10.000000000000000000	9
1	1	ATC_SPEED_FLTT	0.000000000000000000	9
1	1	ATC_SPEED_I	0.119999997317790985	9
1	1	ATC_SPEED_IMAX	1.000000000000000000	9
1	1	ATC_SPEED_P	0.119999997317790985	9
1	1	ATC_SPEED_SMAX	0.000000000000000000	9
1	1	ATC_STOP_SPEED	0.100000001490116119	9
1	1	ATC_STR_ACC_MAX	120.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_ANG_P	9.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_RAT_D	0.001000000047497451	9
1	1	ATC_STR_RAT_FF	0.400000005960464478	9
1	1	ATC_STR_RAT_FLTD	0.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_RAT_FLTE	10.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_RAT_FLTT	0.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_RAT_I	2.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_RAT_IMAX	0.200000002980232239	9
1	1	ATC_STR_RAT_MAX	60.000000000000000000	9
1	1	ATC_STR_RAT_P	1.200000047683715820	9
1	1	ATC_STR_RAT_SMAX	0.000000000000000000	9
1	1	ATC_TURN_MAX_G	0.600000023841857910	9
1	1	AUTO_KICKSTART	0.000000000000000000	9
1	1	AUTO_TRIGGER_PIN	-1 2	
1	1	AVOID_ACCEL_MAX	3.000000000000000000	9
1	1	AVOID_BACKUP_DZ	0.100000001490116119	9
1	1	AVOID_BACKUP_SPD	0.750000000000000000	9
1	1	AVOID_ENABLE	3 2	
1	1	AVOID_MARGIN	2.000000000000000000	9
1	1	BAL_PITCH_MAX	2.000000000000000000	9
1	1	BAL_PITCH_TRIM	0.000000000000000000	9
1	1	BARO1_DEVID	721674 6	
1	1	BARO1_GND_PRESS	99949.953125000000000000	9
1	1	BARO2_DEVID	6	
1	1	BARO2_GND_PRESS	0.000000000000000000	9
1	1	BARO3_DEVID	6	
1	1	BARO3_GND_PRESS	0.000000000000000000	9
1	1	BARO_ALT_OFFSET	0.000000000000000000	9
1	1	BARO_EXT_BUS	-1 2	
1	1	BARO_FLTR_RNG	0 2	
1	1	BARO_GND_TEMP	0.000000000000000000	9
1	1	BARO_PRIMARY	0 2	
1	1	BARO_PROBE_EXT	0 6	
1	1	BATT2_ARM_MAH	0 6	
1	1	BATT2_ARM_VOLT	0.000000000000000000	9
1	1	BATT2_CAPACITY	3300 6	
1	1	BATT2_CRT_MAH	0.000000000000000000	9
1	1	BATT2_CRT_VOLT	0.000000000000000000	9
1	1	BATT2_CURR_MULT	1.000000000000000000	9
1	1	BATT2_FS_CRT_ACT	0 2	
1	1	BATT2_FS_LOW_ACT	0 2	
1	1	BATT2_FS_VOLTSRC	0 2	
1	1	BATT2_LOW_MAH	0.000000000000000000	9
1	1	BATT2_LOW_TIMER	10 2	
1	1	BATT2_LOW_VOLT	0.000000000000000000	9
1	1	BATT2_MONITOR	8 2	
1	1	BATT2_OPTIONS	0 6	

1	1	BATT2_SERIAL_NUM	-1	6		
1	1	BATT3_MONITOR	0	2		
1	1	BATT4_MONITOR	0	2		
1	1	BATT5_MONITOR	0	2		
1	1	BATT6_MONITOR	0	2		
1	1	BATT7_MONITOR	0	2		
1	1	BATT8_MONITOR	0	2		
1	1	BATT9_MONITOR	0	2		
1	1	BATT_ARM_MAH	0	6		
1	1	BATT_ARM_VOLT	0.00000000000000000000		9	
1	1	BATT_CAPACITY	10000	6		
1	1	BATT_CRT_MAH	0.00000000000000000000		9	
1	1	BATT_CRT_VOLT	0.00000000000000000000		9	
1	1	BATT_FS_CRT_ACT	1	2		
1	1	BATT_FS_LOW_ACT	1	2		
1	1	BATT_FS_VOLTSRC	0	2		
1	1	BATT_LOW_MAH	2500.00000000000000000000		9	
1	1	BATT_LOW_TIMER	10	2		
1	1	BATT_LOW_VOLT	0.00000000000000000000		9	
1	1	BATT_MONITOR	9	2		
1	1	BATT_OPTIONS	0	6		
1	1	BATT_SERIAL_NUM	-1	6		
1	1	BCN_TYPE	0	2		
1	1	BRD_BOOT_DELAY	0	4		
1	1	BRD_HEAT_I	0.300000011920928955		9	
1	1	BRD_HEAT_IMAX	70.00000000000000000000		9	
1	1	BRD_HEAT_LOWMGN	0	2		
1	1	BRD_HEAT_P	200.00000000000000000000		9	
1	1	BRD_HEAT_TARG	-1	2		
1	1	BRD_IO_ENABLE	1	2		
1	1	BRD_OPTIONS1	6			
1	1	BRD_RTC_TYPES	1	2		
1	1	BRD_RTC_TZ_MIN	0	4		
1	1	BRD_SAFETYENABLE	0	2		
1	1	BRD_SAFETYOPTION	7	4		
1	1	BRD_SAFETY_MASK	0	6		
1	1	BRD_SBUS_OUT	0	2		
1	1	BRD_SD_SLOWDOWN	0	2		
1	1	BRD_SER1_RTSCTS	2	2		
1	1	BRD_SER2_RTSCTS	2	2		
1	1	BRD_SERIAL_NUM	0	4		
1	1	BRD_TYPE	2	2		
1	1	BRD_VBUS_MIN	4.300000190734863281		9	
1	1	BRD_VSERVO_MIN	0.00000000000000000000		9	
1	1	BTN_ENABLE	0	2		
1	1	CAM_AUTO_ONLY	0	2		
1	1	CAM_DURATION	10	2		
1	1	CAM_FEEDBACK_PIN	-1	2		
1	1	CAM_FEEDBACK_POL	1	2		
1	1	CAM_MAX_ROLL	0	4		
1	1	CAM_MIN_INTERVAL	0	4		
1	1	CAM_RELAY_ON	1	2		
1	1	CAM_SERVO_OFF	1100	4		
1	1	CAM_SERVO_ON	1300	4		
1	1	CAM_TRIGG_DIST	0.00000000000000000000		9	
1	1	CAM_TRIGG_TYPE	0	2		

1	1	CAM_TYPE	0	2		
1	1	CAN_D1_PROTOCOL	1	2		
1	1	CAN_D2_PROTOCOL	1	2		
1	1	CAN_LOGLEVEL	0	2		
1	1	CAN_P1_DRIVER	0	2		
1	1	CAN_P2_DRIVER	0	2		
1	1	CAN_SLCAN_CPORT	0	2		
1	1	CAN_SLCAN_SDELAY	1	2		
1	1	CAN_SLCAN_SERNUM	-1	2		
1	1	CAN_SLCAN_TIMEOUT	0	2		
1	1	COMPASS_AUTODEC	1	2		
1	1	COMPASS_AUTO_ROT	2	2		
1	1	COMPASS_CAL_FIT	100.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_CUS_PIT	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_CUS_ROLL	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_CUS_YAW	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_DEC	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_DEV_ID	131594	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID2	0	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID3	0	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID4	0	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID5	0	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID6	0	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID7	0	6		
1	1	COMPASS_DEV_ID8	0	6		
1	1	COMPASS_DIA2_X	0.991022229194641113	9		
1	1	COMPASS_DIA2_Y	1.004313826560974121	9		
1	1	COMPASS_DIA2_Z	1.179549217224121094	9		
1	1	COMPASS_DIA3_X	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_DIA3_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_DIA3_Z	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_DIA_X	1.002780437469482422	9		
1	1	COMPASS_DIA_Y	0.973909318447113037	9		
1	1	COMPASS_DIA_Z	1.008645296096801758	9		
1	1	COMPASS_ENABLE	1	2		
1	1	COMPASS_EXTERN2	0	2		
1	1	COMPASS_EXTERN3	0	2		
1	1	COMPASS_EXTERNAL	1	2		
1	1	COMPASS_FLTR_RNG	0	2		
1	1	COMPASS_LEARN	0	2		
1	1	COMPASS_MOT2_X	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT2_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT2_Z	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT3_X	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT3_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT3_Z	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOTCT	0	2		
1	1	COMPASS_MOT_X	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_MOT_Z	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_ODI2_X	-0.019573649391531944	9		
1	1	COMPASS_ODI2_Y	0.003694865619763732	9		
1	1	COMPASS_ODI2_Z	0.018078915774822235	9		
1	1	COMPASS_ODI3_X	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_ODI3_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	COMPASS_ODI3_Z	0.000000000000000000	9		

1	1	COMPASS_ODI_X	-0.029570698738098145	9
1	1	COMPASS_ODI_Y	-0.000866910966578871	9
1	1	COMPASS_ODI_Z	-0.027277598157525063	9
1	1	COMPASS_OFFS_MAX	1800 4	
1	1	COMPASS_OFS2_X	-98.072601318359375000	9
1	1	COMPASS_OFS2_Y	-107.576217651367187500	9
1	1	COMPASS_OFS2_Z	406.597045898437500000	9
1	1	COMPASS_OFS3_X	0.000000000000000000	9
1	1	COMPASS_OFS3_Y	0.000000000000000000	9
1	1	COMPASS_OFS3_Z	0.000000000000000000	9
1	1	COMPASS_OFS_X	-238.842529296875000000	9
1	1	COMPASS_OFS_Y	2.877605915069580078	9
1	1	COMPASS_OFS_Z	-417.910125732421875000	9
1	1	COMPASS_OPTIONS	0 4	
1	1	COMPASS_ORIENT	0 2	
1	1	COMPASS_ORIENT2	0 2	
1	1	COMPASS_ORIENT3	0 2	
1	1	COMPASS_PMOT_EN	0 2	
1	1	COMPASS_PRIO1_ID	131594 6	
1	1	COMPASS_PRIO2_ID	466441 6	
1	1	COMPASS_PRIO3_ID	0 6	
1	1	COMPASS_SCALE	1.251035332679748535	9
1	1	COMPASS_SCALE2	1.129394412040710449	9
1	1	COMPASS_SCALE3	0.000000000000000000	9
1	1	COMPASS_TYEMASK	0 6	
1	1	COMPASS_USE1	2	
1	1	COMPASS_USE2	1 2	
1	1	COMPASS_USE3	0 2	
1	1	CRASH_ANGLE0	2	
1	1	CRUISE_SPEED	0.600000011920928955	9
1	1	CRUISE_THROTTLE	50 2	
1	1	EK3_ABIAS_P_NSE	0.003000000026077032	9
1	1	EK3_ACC_BIAS_LIM	1.000000000000000000	9
1	1	EK3_ACC_P_NSE	0.349999994039535522	9
1	1	EK3_AFFINITY	0 6	
1	1	EK3_ALT_M_NSE	2.000000000000000000	9
1	1	EK3_BCN_DELAY	50 2	
1	1	EK3_BCN_I_GTE	500 4	
1	1	EK3_BCN_M_NSE	1.000000000000000000	9
1	1	EK3_BETA_MASK	0 2	
1	1	EK3_CHECK_SCALE	100 4	
1	1	EK3_DRAG_BCOEF_X	0.000000000000000000	9
1	1	EK3_DRAG_BCOEF_Y	0.000000000000000000	9
1	1	EK3_DRAG_MCOEF	0.000000000000000000	9
1	1	EK3_DRAG_M_NSE	0.500000000000000000	9
1	1	EK3_EAS_I_GATE	400 4	
1	1	EK3_EAS_M_NSE	1.399999976158142090	9
1	1	EK3_ENABLE 1	2	
1	1	EK3_ERR_THRESH	0.200000002980232239	9
1	1	EK3_FLOW_DELAY	10 2	
1	1	EK3_FLOW_I_GATE	300 4	
1	1	EK3_FLOW_M_NSE	0.250000000000000000	9
1	1	EK3_FLOW_USE	1 2	
1	1	EK3_GBIAS_P_NSE	0.001000000047497451	9
1	1	EK3_GLITCH_RAD	25 2	
1	1	EK3_GND_EFF_DZ	4.000000000000000000	9

1	1	EK3_GPS_CHECK	31	2		
1	1	EK3_GSF_RST_MAX	2	2		
1	1	EK3_GSF_RUN_MASK	3	2		
1	1	EK3_GSF_USE_MASK	3	2		
1	1	EK3_GYRO_P_NSE	0.014999999664723873		9	
1	1	EK3_HGT_DELAY	60	4		
1	1	EK3_HGT_I_GATE	500	4		
1	1	EK3_HRT_FILT	2.000000000000000000		9	
1	1	EK3_IMU_MASK	3	2		
1	1	EK3_MAGB_P_NSE	0.00009999997473788		9	
1	1	EK3_MAGE_P_NSE	0.001000000047497451		9	
1	1	EK3_MAG_CAL2	2			
1	1	EK3_MAG_EF_LIM	50	4		
1	1	EK3_MAG_I_GATE	300	4		
1	1	EK3_MAG_MASK	0	2		
1	1	EK3_MAG_M_NSE	0.050000000745058060		9	
1	1	EK3_MAX_FLOW	2.500000000000000000		9	
1	1	EK3_NOAID_M_NSE	10.000000000000000000		9	
1	1	EK3_OGNM_TEST_SF	2.000000000000000000		9	
1	1	EK3_OGN_HGT_MASK	0	2		
1	1	EK3_POSNE_M_NSE	0.500000000000000000		9	
1	1	EK3_POS_I_GATE	500	4		
1	1	EK3_PRIMARY0	2			
1	1	EK3_RNG_I_GATE	500	4		
1	1	EK3_RNG_M_NSE	0.500000000000000000		9	
1	1	EK3_RNG_USE_HGT	-1	2		
1	1	EK3_RNG_USE_SPD	2.000000000000000000		9	
1	1	EK3_SRC1_POSXY	3	2		
1	1	EK3_SRC1_POSZ	1	2		
1	1	EK3_SRC1_VELXY	3	2		
1	1	EK3_SRC1_VELZ	3	2		
1	1	EK3_SRC1_YAW	1	2		
1	1	EK3_SRC2_POSXY	0	2		
1	1	EK3_SRC2_POSZ	1	2		
1	1	EK3_SRC2_VELXY	0	2		
1	1	EK3_SRC2_VELZ	0	2		
1	1	EK3_SRC2_YAW	0	2		
1	1	EK3_SRC3_POSXY	0	2		
1	1	EK3_SRC3_POSZ	1	2		
1	1	EK3_SRC3_VELXY	0	2		
1	1	EK3_SRC3_VELZ	0	2		
1	1	EK3_SRC3_YAW	0	2		
1	1	EK3_SRC_OPTIONS	1	4		
1	1	EK3_TAU_OUTPUT	25	2		
1	1	EK3_TERR_GRAD	0.100000001490116119		9	
1	1	EK3_VELD_M_NSE	0.699999988079071045		9	
1	1	EK3_VELNE_M_NSE	0.500000000000000000		9	
1	1	EK3_VEL_I_GATE	500	4		
1	1	EK3_VIS_VERR_MAX	0.899999976158142090		9	
1	1	EK3_VIS_VERR_MIN	0.100000001490116119		9	
1	1	EK3_WENC_VERR	0.100000001490116119		9	
1	1	EK3_WIND_PSCALE	1.000000000000000000		9	
1	1	EK3_WIND_P_NSE	0.100000001490116119		9	
1	1	EK3_YAW_I_GATE	300	4		
1	1	EK3_YAW_M_NSE	0.500000000000000000		9	
1	1	FENCE_ACTION	1	2		

1	1	FENCE_ENABLE	0	2	
1	1	FENCE_MARGIN	2.0000000000000000	9	
1	1	FENCE_RADIUS	300.0000000000000000	9	
1	1	FENCE_TOTAL	0	2	
1	1	FENCE_TYPE	6	2	
1	1	FOLL_ENABLE	0	2	
1	1	FORMAT_VERSION	16	4	
1	1	FRAME_CLASS	2	2	
1	1	FRAME_TYPE	0	2	
1	1	FRSKY_DNLINK1_ID	20	2	
1	1	FRSKY_DNLINK2_ID	7	2	
1	1	FRSKY_DNLINK_ID	27	2	
1	1	FRSKY_OPTIONS	0	2	
1	1	FRSKY_UPLINK_ID	13	2	
1	1	FS_ACTION	0	2	
1	1	FS_CRASH_CHECK	0	2	
1	1	FS_EKF_ACTION	1	2	
1	1	FS_EKF_THRESH	0.800000011920928955	9	
1	1	FS_GCS_ENABLE	0	2	
1	1	FS_OPTIONS	0	6	
1	1	FS_THR_ENABLE	2	2	
1	1	FS_THR_VALUE	910	4	
1	1	FS_TIMEOUT	5.0000000000000000	9	
1	1	GCS_PID_MASK	0	4	
1	1	GPS1_CAN_OVRIDE	0	6	
1	1	GPS2_CAN_OVRIDE	0	6	
1	1	GPS_AUTO_CONFIG	1	2	
1	1	GPS_AUTO_SWITCH	1	2	
1	1	GPS_BLEND_MASK	5	2	
1	1	GPS_BLEND_TC	10.0000000000000000	9	
1	1	GPS_CAN_NODEID1	0	6	
1	1	GPS_CAN_NODEID2	0	6	
1	1	GPS_COM_PORT	1	2	
1	1	GPS_COM_PORT2	1	2	
1	1	GPS_DELAY_MS	0	4	
1	1	GPS_DELAY_MS2	0	4	
1	1	GPS_GNSS_MODE	0	2	
1	1	GPS_GNSS_MODE2	0	2	
1	1	GPS_INJECT_TO	127	2	
1	1	GPS_MIN_DGPS	100	2	
1	1	GPS_MIN_ELEV	-100	2	
1	1	GPS_NAVFILTER	8	2	
1	1	GPS_POS1_X	0.0000000000000000	9	
1	1	GPS_POS1_Y	0.0000000000000000	9	
1	1	GPS_POS1_Z	0.0000000000000000	9	
1	1	GPS_POS2_X	0.0000000000000000	9	
1	1	GPS_POS2_Y	0.0000000000000000	9	
1	1	GPS_POS2_Z	0.0000000000000000	9	
1	1	GPS_PRIMARY	0	2	
1	1	GPS_RATE_MS200	4		
1	1	GPS_RATE_MS2	200	4	
1	1	GPS_RAW_DATA	0	2	
1	1	GPS_SAVE_CFG	2	2	
1	1	GPS_SBAS_MODE	2	2	
1	1	GPS_SBP_LOGMASK	-256	4	
1	1	GPS_TYPE	1	2	

1	1	GPS_TYPE2	0	2		
1	1	GRIP_ENABLE	0	2		
1	1	INITIAL_MODE	0	2		
1	1	INS_ACC2OFFS_X	-0.204391404986381531	9		
1	1	INS_ACC2OFFS_Y	-0.007309096399694681	9		
1	1	INS_ACC2OFFS_Z	0.470583140850067139	9		
1	1	INS_ACC2SCAL_X	0.994304299354553223	9		
1	1	INS_ACC2SCAL_Y	1.030974149703979492	9		
1	1	INS_ACC2SCAL_Z	1.026968955993652344	9		
1	1	INS_ACC2_ID	1114634	6		
1	1	INS_ACCEL_FILTER	10	4		
1	1	INS_ACCOFFS_X	0.117534898221492767	9		
1	1	INS_ACCOFFS_Y	-0.168802753090858459	9		
1	1	INS_ACCOFFS_Z	-0.800650000572204590	9		
1	1	INS_ACCSCAL_X	1.002511978149414063	9		
1	1	INS_ACCSCAL_Y	0.994572341442108154	9		
1	1	INS_ACCSCAL_Z	0.991169691085815430	9		
1	1	INS_ACC_BODYFIX	2	2		
1	1	INS_ACC_ID	1246218	6		
1	1	INS_ENABLE_MASK	127	2		
1	1	INS_FAST_SAMPLE	1	2		
1	1	INS_GYR2OFFS_X	-0.117230758070945740	9		
1	1	INS_GYR2OFFS_Y	0.014390400610864162	9		
1	1	INS_GYR2OFFS_Z	-0.092825815081596375	9		
1	1	INS_GYR2_ID	2228490	6		
1	1	INS_GYROFFS_X	0.019060807302594185	9		
1	1	INS_GYROFFS_Y	0.022008206695318222	9		
1	1	INS_GYROFFS_Z	-0.010163197293877602	9		
1	1	INS_GYRO_FILTER	4	4		
1	1	INS_GYRO_RATE	0	2		
1	1	INS_GYR_CAL1	2			
1	1	INS_GYR_ID	2163722	6		
1	1	INS_HNTC2_ENABLE	0	2		
1	1	INS_HNTCH_ENABLE	0	2		
1	1	INS_LOG_BAT_CNT	1024	4		
1	1	INS_LOG_BAT_LGCT	32	4		
1	1	INS_LOG_BAT_LGIN	20	2		
1	1	INS_LOG_BAT_MASK	0	2		
1	1	INS_LOG_BAT_OPT	0	2		
1	1	INS_POS1_X	0.000000000000000000	9		
1	1	INS_POS1_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	INS_POS1_Z	0.000000000000000000	9		
1	1	INS_POS2_X	0.000000000000000000	9		
1	1	INS_POS2_Y	0.000000000000000000	9		
1	1	INS_POS2_Z	0.000000000000000000	9		
1	1	INS_STILL_THRESH	0.100000001490116119	9		
1	1	INS_TRIM_OPTION	1	2		
1	1	INS_USE	1	2		
1	1	INS_USE2	1	2		
1	1	LOG_BACKEND_TYPE	1	2		
1	1	LOG_BITMASK	65535	6		
1	1	LOG_DISARMED	0	2		
1	1	LOG_FILE_BUFSIZE	16	4		
1	1	LOG_FILE_DSRMROT	0	2		
1	1	LOG_FILE_MB_FREE	500	4		
1	1	LOG_FILE_RATEMAX	0.000000000000000000	9		

1	1	LOG_FILE_TIMEOUT	5	4		
1	1	LOG_MAV_BUFSIZE	8	2		
1	1	LOG_MAV_RATEMAX	0.000000000000000000		9	
1	1	LOG_REPLAY	0	2		
1	1	LOIT_RADIUS	2.0000000000000000		9	
1	1	LOIT_SPEED_GAIN	0.5000000000000000		9	
1	1	LOIT_TYPE	0	2		
1	1	MIS_DONE_BEHAVE	1	2		
1	1	MIS_OPTIONS	0	4		
1	1	MIS_RESTART	0	2		
1	1	MIS_TOTAL	0	4		
1	1	MODE1	0	2		
1	1	MODE2	4	2		
1	1	MODE3	10	2		
1	1	MODE4	12	2		
1	1	MODE5	0	2		
1	1	MODE6	0	2		
1	1	MODE_CH	8	2		
1	1	MOT_PWM_FREQ	16	2		
1	1	MOT_PWM_TYPE	0	2		
1	1	MOT_SAFE_DISARM	0	2		
1	1	MOT_SLEWRATE	100	4		
1	1	MOT_SPD_SCA_BASE	1.0000000000000000		9	
1	1	MOT_STR_THR_MIX	0.5000000000000000		9	
1	1	MOT_THR_MAX	100	2		
1	1	MOT_THR_MIN	0	2		
1	1	MOT_THST_EXPO	0.0000000000000000		9	
1	1	MOT_VEC_ANGLEMAX	0.0000000000000000		9	
1	1	NAVL1_DAMPING	0.7500000000000000		9	
1	1	NAVL1_PERIOD	8.0000000000000000		9	
1	1	NAVL1_XTRACK_I	0.019999999952965164		9	
1	1	NTF_BUZZ_ON_LVL	1	2		
1	1	NTF_BUZZ_PIN	0	2		
1	1	NTF_BUZZ_TYPES	5	2		
1	1	NTF_BUZZ_VOLUME	100	2		
1	1	NTF_LED_BRIGHT	3	2		
1	1	NTF_LED_LEN1	2			
1	1	NTF_LED_OVERRIDE	0	2		
1	1	NTF_LED_TYPES	199	6		
1	1	OA_TYPE	0	2		
1	1	PILOT_STEER_TYPE	0	2		
1	1	RALLY_INCL_HOME	1	2		
1	1	RALLY_LIMIT_KM	0.5000000000000000		9	
1	1	RALLY_TOTAL	0	2		
1	1	RC10_DZ	0	4		
1	1	RC10_MAX	1900	4		
1	1	RC10_MIN	1100	4		
1	1	RC10_OPTION	0	4		
1	1	RC10_REVERSED	0	2		
1	1	RC10_TRIM	0	4		
1	1	RC11_DZ	0	4		
1	1	RC11_MAX	1900	4		
1	1	RC11_MIN	1100	4		
1	1	RC11_OPTION	0	4		
1	1	RC11_REVERSED	0	2		
1	1	RC11_TRIM	0	4		

1	1	RC12_DZ	0	4	
1	1	RC12_MAX	1900	4	
1	1	RC12_MIN	1100	4	
1	1	RC12_OPTION0		4	
1	1	RC12_REVERSED	0	4	2
1	1	RC12_TRIM	0	4	
1	1	RC13_DZ	0	4	
1	1	RC13_MAX	1900	4	
1	1	RC13_MIN	1100	4	
1	1	RC13_OPTION0		4	
1	1	RC13_REVERSED	0	4	2
1	1	RC13_TRIM	0	4	
1	1	RC14_DZ	0	4	
1	1	RC14_MAX	1900	4	
1	1	RC14_MIN	1100	4	
1	1	RC14_OPTION0		4	
1	1	RC14_REVERSED	0	4	2
1	1	RC14_TRIM	0	4	
1	1	RC15_DZ	0	4	
1	1	RC15_MAX	1900	4	
1	1	RC15_MIN	1100	4	
1	1	RC15_OPTION0		4	
1	1	RC15_REVERSED	0	4	2
1	1	RC15_TRIM	0	4	
1	1	RC16_DZ	0	4	
1	1	RC16_MAX	1900	4	
1	1	RC16_MIN	1100	4	
1	1	RC16_OPTION0		4	
1	1	RC16_REVERSED	0	4	2
1	1	RC16_TRIM	0	4	
1	1	RC1_DZ	30	4	
1	1	RC1_MAX	2017	4	
1	1	RC1_MIN	990	4	
1	1	RC1_OPTION0	0	4	
1	1	RC1_REVERSED	0	4	2
1	1	RC1_TRIM	1501	4	
1	1	RC2_DZ	0	4	
1	1	RC2_MAX	2016	4	
1	1	RC2_MIN	992	4	
1	1	RC2_OPTION0	0	4	
1	1	RC2_REVERSED	0	4	2
1	1	RC2_TRIM	1512	4	
1	1	RC3_DZ	30	4	
1	1	RC3_MAX	2016	4	
1	1	RC3_MIN	992	4	
1	1	RC3_OPTION0	0	4	
1	1	RC3_REVERSED	0	4	2
1	1	RC3_TRIM	993	4	
1	1	RC4_DZ	30	4	
1	1	RC4_MAX	2018	4	
1	1	RC4_MIN	992	4	
1	1	RC4_OPTION0	0	4	
1	1	RC4_REVERSED	0	4	2
1	1	RC4_TRIM	1500	4	
1	1	RC5_DZ	0	4	
1	1	RC5_MAX	1863	4	

1	1	RC5_MIN	1145	4		
1	1	RC5_OPTION	0	4		
1	1	RC5_REVERSED	0	4	2	
1	1	RC5_TRIM	1430	4		
1	1	RC6_DZ	0	4		
1	1	RC6_MAX	2017	4		
1	1	RC6_MIN	992	4		
1	1	RC6_OPTION	0	4		
1	1	RC6_REVERSED	0	4	2	
1	1	RC6_TRIM	2016	4		
1	1	RC7_DZ	0	4		
1	1	RC7_MAX	2017	4		
1	1	RC7_MIN	992	4		
1	1	RC7_OPTION	0	4		
1	1	RC7_REVERSED	0	4	2	
1	1	RC7_TRIM	993	4		
1	1	RC8_DZ	0	4		
1	1	RC8_MAX	1507	4		
1	1	RC8_MIN	1503	4		
1	1	RC8_OPTION	0	4		
1	1	RC8_REVERSED	0	4	2	
1	1	RC8_TRIM	1503	4		
1	1	RC9_DZ	0	4		
1	1	RC9_MAX	1900	4		
1	1	RC9_MIN	1100	4		
1	1	RC9_OPTION	0	4		
1	1	RC9_REVERSED	0	4	2	
1	1	RC9_TRIM	0	4		
1	1	RCMAP_PITCH	2	2		
1	1	RCMAP_ROLL	1	2		
1	1	RCMAP_THROTTLE	3	2	2	
1	1	RCMAP_YAW	4	2		
1	1	RC_OPTIONS	32	6		
1	1	RC_OVERRIDE_TIME	3.0000000000000000	9		
1	1	RC_PROTOCOLS	1	6		
1	1	RELAY_DEFAULT	0	2		
1	1	RELAY_PIN	-1	2		
1	1	RELAY_PIN2	-1	2		
1	1	RELAY_PIN3	-1	2		
1	1	RELAY_PIN4	-1	2		
1	1	RELAY_PIN5	-1	2		
1	1	RELAY_PIN6	-1	2		
1	1	RNGFND1_ADDR	0	2		
1	1	RNGFND1_FUNCTION	0	2		
1	1	RNGFND1_GNDCLEAR	10	2		
1	1	RNGFND1_MAX_CM	30000	4		
1	1	RNGFND1_MIN_CM	5	4		
1	1	RNGFND1_OFFSET	0.0000000000000000	9		
1	1	RNGFND1_ORIENT	25	2		
1	1	RNGFND1_PIN-1	2			
1	1	RNGFND1_POS_X	0.0000000000000000	9		
1	1	RNGFND1_POS_Y	0.0000000000000000	9		
1	1	RNGFND1_POS_Z	0.0000000000000000	9		
1	1	RNGFND1_PWRRNG	0	4		
1	1	RNGFND1_RMETRIC	1	2		
1	1	RNGFND1_SCALING	3.0000000000000000	9		

1	1	RNGFND1_STOP_PIN	-1	2
1	1	RNGFND1_TYPE	17	2
1	1	RNGFND2_TYPE	0	2
1	1	RNGFND3_TYPE	0	2
1	1	RNGFND4_TYPE	0	2
1	1	RNGFND5_TYPE	0	2
1	1	RNGFND6_TYPE	0	2
1	1	RNGFND7_TYPE	0	2
1	1	RNGFND8_TYPE	0	2
1	1	RNGFND9_TYPE	0	2
1	1	RNGFNDA_TYPE	0	2
1	1	RPM1_TYPE	0	2
1	1	RPM2_TYPE	0	2
1	1	RSSI_TYPE	0	2
1	1	RST_SWITCH_CH	0	2
1	1	RTL_SPEED	0.699999988079071045	9
1	1	SAIL_ENABLE	0	2
1	1	SCHED_DEBUG	0	2
1	1	SCHED_LOOP_RATE	50	4
1	1	SCHED_OPTIONS	0	2
1	1	SERIAL0_BAUD	115	6
1	1	SERIAL0_PROTOCOL	2	2
1	1	SERIAL1_BAUD	57	6
1	1	SERIAL1_OPTIONS	0	4
1	1	SERIAL1_PROTOCOL	2	2
1	1	SERIAL2_BAUD	4	6
1	1	SERIAL2_OPTIONS	0	4
1	1	SERIAL2_PROTOCOL	9	2
1	1	SERIAL3_BAUD	38	6
1	1	SERIAL3_OPTIONS	0	4
1	1	SERIAL3_PROTOCOL	5	2
1	1	SERIAL4_BAUD	38	6
1	1	SERIAL4_OPTIONS	0	4
1	1	SERIAL4_PROTOCOL	5	2
1	1	SERIAL5_BAUD	57	6
1	1	SERIAL5_OPTIONS	0	4
1	1	SERIAL5_PROTOCOL	-1	2
1	1	SERIAL_PASS1	0	2
1	1	SERIAL_PASS2	-1	2
1	1	SERIAL_PASSTIMO	45	2
1	1	SERVO10_FUNCTION	0	4
1	1	SERVO10_MAX	1900	4
1	1	SERVO10_MIN	1100	4
1	1	SERVO10_REVERSED	0	2
1	1	SERVO10_TRIM	1500	4
1	1	SERVO11_FUNCTION	0	4
1	1	SERVO11_MAX	1900	4
1	1	SERVO11_MIN	1100	4
1	1	SERVO11_REVERSED	0	2
1	1	SERVO11_TRIM	1500	4
1	1	SERVO12_FUNCTION	0	4
1	1	SERVO12_MAX	1900	4
1	1	SERVO12_MIN	1100	4
1	1	SERVO12_REVERSED	0	2
1	1	SERVO12_TRIM	1500	4
1	1	SERVO13_FUNCTION	0	4

1	1	SERVO13_MAX	1900	4	
1	1	SERVO13_MIN	1100	4	
1	1	SERVO13_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO13_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO14_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO14_MAX	1900	4	
1	1	SERVO14_MIN	1100	4	
1	1	SERVO14_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO14_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO15_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO15_MAX	1900	4	
1	1	SERVO15_MIN	1100	4	
1	1	SERVO15_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO15_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO16_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO16_MAX	1900	4	
1	1	SERVO16_MIN	1100	4	
1	1	SERVO16_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO16_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO1_FUNCTION	74	4	
1	1	SERVO1_MAX	1900	4	
1	1	SERVO1_MIN	1100	4	
1	1	SERVO1_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO1_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO2_FUNCTION	73	4	
1	1	SERVO2_MAX	1900	4	
1	1	SERVO2_MIN	1100	4	
1	1	SERVO2_REVERSED	1	2	
1	1	SERVO2_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO3_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO3_MAX	1900	4	
1	1	SERVO3_MIN	1100	4	
1	1	SERVO3_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO3_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO4_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO4_MAX	1900	4	
1	1	SERVO4_MIN	1100	4	
1	1	SERVO4_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO4_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO5_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO5_MAX	1900	4	
1	1	SERVO5_MIN	1100	4	
1	1	SERVO5_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO5_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO6_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO6_MAX	1900	4	
1	1	SERVO6_MIN	1100	4	
1	1	SERVO6_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO6_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO7_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO7_MAX	1900	4	
1	1	SERVO7_MIN	1100	4	
1	1	SERVO7_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO7_TRIM	1500	4	
1	1	SERVO8_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO8_MAX	1900	4	

1	1	SERVO8_MIN	1100	4	
1	1	SERVO8_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO8_TRIM1500	4		
1	1	SERVO9_FUNCTION	0	4	
1	1	SERVO9_MAX	1900	4	
1	1	SERVO9_MIN	1100	4	
1	1	SERVO9_REVERSED	0	2	
1	1	SERVO9_TRIM1500	4		
1	1	SERVO_BLH_3DMASK	0	6	
1	1	SERVO_BLH_AUTO	0	2	
1	1	SERVO_BLH_DEBUG	0	2	
1	1	SERVO_BLH_MASK	0	6	
1	1	SERVO_BLH_OTYPE	0	2	
1	1	SERVO_BLH_POLES	14	2	
1	1	SERVO_BLH_PORT	0	2	
1	1	SERVO_BLH_RVMASK	0	6	
1	1	SERVO_BLH_TEST	0	2	
1	1	SERVO_BLH_TMOUT	0	4	
1	1	SERVO_BLH_TRATE	10	4	
1	1	SERVO_DSHOT_ESC	0	2	
1	1	SERVO_DSHOT_RATE	0	2	
1	1	SERVO_GPIO_MASK	0	6	
1	1	SERVO_RATE	50	4	
1	1	SERVO_ROB_POSMAX	4095	6	
1	1	SERVO_ROB_POSMIN	0	6	
1	1	SERVO_SBUS_RATE	50	4	
1	1	SERVO_VOLZ_MASK	0	6	
1	1	SIMPLE_TYPE0	2		
1	1	SPEED_MAX	0.00000000000000000000	9	
1	1	SR0_ADSB	0	4	
1	1	SR0_EXTRA1	10	4	
1	1	SR0_EXTRA2	10	4	
1	1	SR0_EXTRA3	3	4	
1	1	SR0_EXT_STAT	2	4	
1	1	SR0_PARAMS	10	4	
1	1	SR0_POSITION	3	4	
1	1	SR0_RAW_CTRL	1	4	
1	1	SR0_RAW_SENS	2	4	
1	1	SR0_RC_CHAN2	4		
1	1	SR1_ADSB	0	4	
1	1	SR1_EXTRA1	10	4	
1	1	SR1_EXTRA2	10	4	
1	1	SR1_EXTRA3	3	4	
1	1	SR1_EXT_STAT	2	4	
1	1	SR1_PARAMS	10	4	
1	1	SR1_POSITION	3	4	
1	1	SR1_RAW_CTRL	1	4	
1	1	SR1_RAW_SENS	2	4	
1	1	SR1_RC_CHAN2	4		
1	1	SR2_ADSB	0	4	
1	1	SR2_EXTRA1	1	4	
1	1	SR2_EXTRA2	1	4	
1	1	SR2_EXTRA3	1	4	
1	1	SR2_EXT_STAT	1	4	
1	1	SR2_PARAMS	10	4	
1	1	SR2_POSITION	1	4	

1	1	SR2_RAW_CTRL	1	4	
1	1	SR2_RAW_SENS	1	4	
1	1	SR2_RC_CHAN1	4		
1	1	SR3_ADSB 0	4		
1	1	SR3_EXTRA1 1	4		
1	1	SR3_EXTRA2 1	4		
1	1	SR3_EXTRA3 1	4		
1	1	SR3_EXT_STAT	1	4	
1	1	SR3_PARAMS 10	4		
1	1	SR3_POSITION	1	4	
1	1	SR3_RAW_CTRL	1	4	
1	1	SR3_RAW_SENS	1	4	
1	1	SR3_RC_CHAN1	4		
1	1	SR4_ADSB 0	4		
1	1	SR4_EXTRA1 1	4		
1	1	SR4_EXTRA2 1	4		
1	1	SR4_EXTRA3 1	4		
1	1	SR4_EXT_STAT	1	4	
1	1	SR4_PARAMS 10	4		
1	1	SR4_POSITION	1	4	
1	1	SR4_RAW_CTRL	1	4	
1	1	SR4_RAW_SENS	1	4	
1	1	SR4_RC_CHAN1	4		
1	1	SRTL_ACCURACY	2.00000000000000000000		9
1	1	SRTL_OPTIONS	0	6	
1	1	SRTL_POINTS 300	4		
1	1	STAT_BOOTCNT	136	4	
1	1	STAT_FLTTIME	453	6	
1	1	STAT_RESET -504907712	6		
1	1	STAT_RUNTIME	59020	6	
1	1	STICK_MIXING	0	2	
1	1	SYSID_ENFORCE	0	2	
1	1	SYSID_MYGCS 255	4		
1	1	SYSID_THISMAV	1	4	
1	1	TELEM_DELAY 0	2		
1	1	TURN_RADIUS 0.50000000000000000000			9
1	1	VTX_ENABLE 0	2		
1	1	WENC_TYPE 0	2		
1	1	WNDVN_TYPE 0	2		
1	1	WP_OVERSHOOT	2.00000000000000000000		9
1	1	WP_PIVOT_ANGLE	60	4	
1	1	WP_PIVOT_DELAY	0.00000000000000000000		9
1	1	WP_PIVOT_RATE	90	4	
1	1	WP_RADIUS 0.50000000000000000000			9
1	1	WP_SPEED 0.60000000000000000000			9
1	1	WP_SPEED_MIN	0.00000000000000000000		9
1	1	WRC_ENABLE 0	2		