

**DESARROLLO DE DRONE HÍBRIDO (RACER Y TOMAS AÉREAS)
IMPLEMENTANDO DISEÑO, MODELADO, PROGRAMACIÓN, ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA E IMPRESIÓN 3D CON ENFOQUE EDUCATIVO
DE LA INDUSTRIA 4.0**

KEVIN JULIÁN VELÁSQUEZ BEDOYA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA SISTEMAS MECATRÓNICOS
MEDELLÍN
2023**

**DESARROLLO DE DRONE HÍBRIDO (RACER Y TOMAS AÉREAS)
IMPLEMENTANDO DISEÑO, MODELADO, PROGRAMACIÓN, ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA E IMPRESIÓN 3D CON ENFOQUE EDUCATIVO
DE LA INDUSTRIA 4.0**

KEVIN JULIÁN VELÁSQUEZ BEDOYA

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Sistemas Mecatrónicos

Asesor Técnico

Carlos Enrique Pino Ramos

Magíster en Impresión 3D y Robótica Educativa

Asesor Metodológico

Carlos Enrique Pino Ramos

Magíster en Impresión 3D y Robótica Educativa

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA SISTEMAS MECATRÓNICOS

MEDELLÍN

2023

Tabla de contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	8
Glosario.....	9
Introducción	11
1. Planteamiento del problema.....	12
1.1. Descripción	12
1.2. Formulación	12
2. Justificación	13
3. Objetivos	14
3.1. Objetivo general.....	14
3.2. Objetivos específicos	14
4. Marco teórico	15
4.1. Aeronaves no tripuladas.....	15
4.2. Drones en la educación	17
5. Metodología	18
5.1. Tipo de proyecto	18
5.2. Método	18
5.3. Instrumentos de recolección de información	19
5.3.1. Fuentes primarias.....	19
5.3.2. Fuentes secundarias.....	20
6. Resultados	20
6.1. Modelado 3D, Fabricación de partes y montaje de componentes electrónicos	20
6.1.1. Modelado 3D usando software CAD/CAE.....	20
6.1.2. Selección de material para Frame de drone	21
6.1.3. Impresión 3D de frame y partes del drone	26
6.2. Montaje de componentes electrónicos y mecánicos	30
6.2.1. Controladora de vuelo (FC)	30
6.2.2. Controlador de velocidad electrónico (ESC)	32
6.2.3. Motor sin escobillas	34
6.2.4. Hélices.....	36
6.2.5. Placa distribuidora (PDB).....	38
6.2.6. Batería.....	40
6.2.7. Cámara VTX.....	42

6.2.8.	Cámara de acción GoPro (opcional)	44
6.2.9.	Radiocontrol (Rx/Tx):.....	46
6.2.10.	Sensores adicionales opcionales:	50
6.3.	Calibración inicial.....	51
7.	Conclusiones	61
8.	Recomendaciones	62
	Referencias bibliográficas.....	63

Listado de Figuras

Figura 1 DJI SPARK	15
Figura 2 DRONE RACER Figura 3 DRONE RACER.....	16
Figura 4 DJI MATRICE 300 RTK Figura 5 DJI MATRICE 600	16
Figura 6 MODELO 3D FRAME DE DRONE Y PARTES EN SOFTWARE CAD/CAE	21
Figura 7 FRAME DC Figura 8 FRAME X.....	25
Figura 9 PARTES DEL FRAME DEL DRONE PARA IMPRESION 3D	27
Figura 10 PARAMETROS DE IMPRESION 3D PARA PIERZAS DEL DRONE	28
Figura 11 IMPRESION 3D DE FRAME Y PIEZAS DE DRONE	29
Figura 12 CONTROLADORA DE VUELO SP PRO RACER F3.....	31
Figura 13 MONTAJE DE CONTROLADORA DE VUELO SP RACING F3	32
Figura 14 VARIADOR DE VELOCIDAD 20A 4 EN 1 BLHELI_S OPTO 2-4S ESC.....	33
Figura 15 MONTAJE DE CONTROLADOR DE VELOCIDAD ELECTRONICO.....	34
Figura 16 MOTOR SIN ESCOBILLAS BR2205 2300KV	35
Figura 17 MONTAJE DE MOTORES SIN ESCOBILLAS EN EL FRAME X.....	36
Figura 18 HELICES DE TRES ASPAS PARA DRONE RACER.....	37
Figura 19 PLACA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA - PDB	39
Figura 20 MONTAJE Y CONEXION DE PLACA DISTRIBUIDORA	39
Figura 21 BATERIA DE LIPO 2S 4000 MAH	41
Figura 22 MONTAJE DE BATERIAS EN SOPORTE DE BATERIAS IMPRESO EN 3D	41
Figura 23 CAMARA MINI CON VTX.....	43
Figura 24 MONTAJE DE CAMARA MINI RACER FRONTAL	43
Figura 25 CAMARA GOPRO HERO 4	45
Figura 26 RECEPTOR RX PARA RADIOCONTROL	47
Figura 27 MONTAJE Y CONEXION DE RECEPTOR RX.....	47
Figura 28 RADIOCONTROL FS-I6 DE FLYSKY.....	49
Figura 29 CONEXION Y VINCULACION DE TRANSMISORA CON DRONE.....	49
Figura 30 MODULO GPS QWINOUT MINI M8.....	51
Figura 31 PAGINA DE INSTALACION DE CLEANFLIGHT	52
Figura 32 INTERFAZ PRINCIPAL DE USUARIO EN CLEANFLIGHT	52
Figura 33 CONEXION Y COMUNICACION DEL DRONE CON EL PROGRAMA CLEANFLIGHT	53
Figura 34 REPRESENTACION DEL DRONE DENTRO DE CLEANFLIGHT.....	53
Figura 35 MUESTREO DE DRONE CON FORMA DE X DENTRO DE CLEANFLIGHT	54
Figura 36 DRONE NIVELADO LUEGO DE SU CALIBRACION EN CLEANFLIGHT	55
Figura 37 LIERACION DE PUERTOS UART DESDE CLEANFLIGHT	56
Figura 38 CONFIGURACION DE MOTORES Y RESPUESTA DE ACELEROMETROS EN CLEANFLIGHT	57
Figura 39 CONFIGURACION DE MODOS DE VUELO EN CLEANFLIGHT	58
Figura 40 REVISION DE COMUNICACION INALAMBRICA EN CLEANFLIGHT	59
Figura 41 SOBRESERITURA DE CONFIGURACION Y DESCONEXION FINAL DEL PROGRAMA CLEANFLIGHT	60

Listado de Tablas

Tabla 1 PROPIEDADES MECANICAS DEL PETG	22
Tabla 2 PROPIEDADES MECANICAS DEL ASA	23
Tabla 3 PROPIEDADES MECANICAS DEL ABS	24
Tabla 4 PROPIEDADES MECANICAS DEL PLA.....	25
Tabla 5 ESPECIFICACIONES DE CONTROLADORA DE VUELO SP PRO RACING F3.....	30
Tabla 6 ESPECIFICACIONES DE CONTROLADOR DE VELOCIDAD RACESTAR.....	33
Tabla 7 ESPECIFICACIONES DE MOTOR SIN ESCOBILLAS RACESTAR.....	35
Tabla 8 ESPECIFICACIONES DE HELICES TRES ASPAS.....	37
Tabla 9 ESPECIFICACIONES DE PDB.....	38
Tabla 10 ESPECIFICACIONES DE PDB.....	40
Tabla 11 ESPECIFICACION DE PDB	42
Tabla 12 ESPECIFICACIONES DE GOPRO HERO 4.....	44
Tabla 13 ESPECIFICACIONES DE RECEPTOR FS-A8S	46
Tabla 14 ESPECIFICACIONES DE TRANSMISORA FS-I6.....	48
Tabla 15 ESPECIFICACIONES DE MODULO GPS QWINOUT MINI M8.....	50

Resumen

DESARROLLO DE DRONE HÍBRIDO (RACER Y TOMAS AÉREAS) IMPLEMENTANDO DISEÑO, MODELADO, PROGRAMACIÓN, ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN, ROBÓTICA E IMPRESIÓN 3D CON ENFOQUE EDUCATIVO DE LA INDUSTRIA 4.0

KEVIN JULIÁN VELÁSQUEZ BEDOYA

La construcción de un drone híbrido tipo racer y fotografía implica la combinación de componentes de alto rendimiento y una configuración especializada para lograr un equilibrio entre velocidad, agilidad y capacidades de captura de imágenes. Este tipo de drone está diseñado para entusiastas que desean experimentar la emoción de las carreras aéreas a alta velocidad y al mismo tiempo capturar fotografías impresionantes desde el aire.

En términos de componentes, el drone híbrido tipo racer y fotografía utiliza motores potentes y ligeros, hélices de alta eficiencia y una estructura aerodinámica y resistente para garantizar la velocidad y la maniobrabilidad necesarias en las carreras. Además, incorpora una electrónica de vuelo avanzada que permite un control preciso y sensible.

En cuanto a la fotografía, este tipo de drone cuenta con una cámara de alta resolución y estabilización de imagen para capturar imágenes claras y nítidas. También puede tener sistemas de transmisión de video en tiempo real que permiten al piloto ver lo que la cámara está capturando en tiempo real.

La construcción de un drone híbrido tipo racer y fotografía requiere habilidades técnicas y conocimientos especializados. Es importante seleccionar cuidadosamente los componentes adecuados y realizar las conexiones correctas para asegurar un rendimiento óptimo y una calidad de imagen impresionante.

Abstract

DEVELOPMENT OF HYBRID DRONE (RACER AND AERIAL SHOTS)

IMPLEMENTING DESIGN, MODELING, PROGRAMMING, ELECTRONICS,

AUTOMATION, ROBOTICS AND 3D PRINTING WITH INDUSTRY 4.0

EDUCATIONAL APPROACH

KEVIN JULIÁN VELÁSQUEZ BEDOYA

Building a hybrid racer and photography drone involves combining high-performance components and specialized configuration to strike a balance between speed, agility, and imaging capabilities. This type of drone is designed for enthusiasts who want to experience the thrill of high-speed air racing while also capturing stunning photos from the air.

In terms of components, the hybrid racer and photography drone uses powerful and lightweight motors, high-efficiency propellers, and a strong, aerodynamic structure to ensure the speed and maneuverability needed in racing. In addition, it incorporates advanced flight electronics that allow precise and sensitive control.

As for photography, this type of drone has a high-resolution camera and image range to capture clear and sharp images. You can also have real-time video transmission systems that allow the pilot to see what the camera is capturing in real time.

Building a hybrid racer and photography drone requires specialized technical skills and knowledge. It is important to carefully select the right components and make the correct connections to ensure optimum performance and impressive image quality.

Glosario

Marco (Frame): Es la estructura principal del dron. Puede estar hecho de fibra de carbono, aleación de aluminio u otros materiales ligeros y resistentes.

Motores (Motors): Los drones cuadricópteros de carreras tienen cuatro motores, uno en cada brazo del marco. Estos motores proporcionan la potencia necesaria para el vuelo.

ESC (Electronic Speed Controllers): Son los controladores electrónicos de velocidad. Cada motor tiene su propio ESC, que controla la velocidad y la dirección de giro del motor.

Hélices (Propellers): Cada motor está equipado con una hélice, generalmente de tres palas. Las hélices generan la fuerza de empuje que impulsa al dron hacia arriba.

Controladora de vuelo (Flight Controller): Es el cerebro del dron. La controladora de vuelo recibe los comandos del piloto y los traduce en señales para los motores y los ESC. También ayuda a mantener el equilibrio y la estabilidad del dron durante el vuelo.

Batería (Battery): Proporciona la energía necesaria para alimentar los motores, la controladora de vuelo y otros componentes electrónicos. Las baterías utilizadas en los drones de carreras suelen ser de 3 a 6 celdas de ion de litio (LiPo) para obtener altos niveles de potencia.

Control remoto (Remote Control): Es el dispositivo utilizado por el piloto para controlar el dron. El control remoto se comunica con la controladora de vuelo a través de una señal de radiofrecuencia.

Receptor (Receiver): Es el dispositivo que se encuentra en el dron y que recibe las señales del control remoto. El receptor las transmite a la controladora de vuelo para ejecutar los comandos del piloto.

Cámara FPV (First Person View): Es una cámara de video que se encuentra en el dron y

transmite imágenes en tiempo real al piloto a través de gafas o un monitor. Permite al piloto tener una vista en primera persona y una experiencia inmersiva durante la carrera.

Transmisor de video (Video Transmitter): Es el componente que envía la señal de video de la cámara FPV al receptor de video en las gafas o el monitor del piloto.

GPS (Global Positioning System): Un sistema de posicionamiento por satélite utilizado en muchos drones para obtener información precisa de la ubicación y ayudar en la navegación, el retorno a casa y la estabilización del vuelo.

Gimbal: Un sistema de estabilización mecánica que permite mantener la cámara del dron estable durante el vuelo, reduciendo las vibraciones y los movimientos no deseados.

Sensores de evitación de obstáculos (Obstacle Avoidance Sensors): Sensores que detectan y evitan obstáculos en el entorno del dron, lo que ayuda a prevenir colisiones durante el vuelo.

Modo de vuelo autónomo (Autonomous Flight Mode): Un modo en el que el dron puede volar de forma automática siguiendo una ruta predefinida o ejecutando comandos programados.

Introducción

En la última década, los drones han adquirido una enorme popularidad gracias a su versatilidad y capacidades en diversas áreas, desde el entretenimiento hasta la fotografía y la videografía profesional. Dentro de este emocionante mundo de la tecnología de drones, ha surgido una categoría particularmente emocionante: los drones híbridos tipo racer.

Los drones híbridos tipo racer combinan la velocidad y agilidad de los drones de carreras con las capacidades de captura de imágenes de los drones de fotografía. Estos drones han sido diseñados para entusiastas de la velocidad y la fotografía que buscan combinar la emoción de volar a altas velocidades con la capacidad de capturar imágenes impresionantes desde las alturas.

La construcción de un drone híbrido tipo racer y fotografía implica la combinación de componentes de alto rendimiento y una configuración especializada para satisfacer las demandas de velocidad y maniobrabilidad, al tiempo que se integran capacidades de captura de imágenes de calidad.

En términos de componentes, un drone híbrido tipo racer y fotografía suele contar con motores potentes y ligeros, hélices de alta eficiencia, una estructura aerodinámica y resistente, y una electrónica de vuelo avanzada para un control preciso. También se utilizan baterías de alto rendimiento para garantizar una autonomía adecuada.

En cuanto a la parte de la fotografía, estos drones suelen incorporar cámaras de alta resolución y estabilización de imagen para obtener imágenes nítidas y estables. Además, pueden incluir sistemas de transmisión de video en tiempo real, permitiendo al piloto tener una vista en primera persona mientras vuela a velocidades vertiginosas.

La construcción de un drone híbrido tipo racer y fotografía es un desafío emocionante que requiere habilidades técnicas y conocimientos especializados. Es importante considerar aspectos como la seguridad, el rendimiento y la calidad de imagen al seleccionar los componentes adecuados y realizar las conexiones correctas.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción

A medida que la tecnología avanza no se puede dejar de lado la parte educativa vinculada a la misma ya que sin herramientas suficientes para que cada uno de los estudiantes e interesados en adquirir conocimientos no existe la posibilidad de que la comunidad se desarrolle de la mano a la velocidad de crecimiento tecnológico.

Las aeronaves no tripuladas o drones por su parte son un avance tecnológico gigantesco, estos permiten alcanzar lugares y puntos visuales imposibles para una persona sin dicha herramienta, también pueden verse en la industria enfocados en realizar captura de información relevante para ingeniería civil, la agroindustria, inspección de infraestructuras, modelado 3D e incluso se han llevado hasta la escena deportiva teniendo las carreras de drones como un deporte de alta velocidad controlado a distancia.

Estas herramientas tecnológicas y sus diversos campos de acción pueden crear espacios de creatividad y esparcimiento para cada persona o comunidad, pero aún existe un gran desconocimiento alrededor de los equipos, su funcionamiento, manufactura, costes y complejidad.

Basándose en este desarrollo se pretende brindar un equipo con buenas prestaciones al alcance de toda la comunidad estudiantil para vincular aún más a las personas dentro del mundo de las aeronaves no tripuladas y su infinidad de aplicaciones.

1.2. Formulación

¿Puede crearse una aeronave no tripulada (drone) de altas prestaciones, asequible para la comunidad estudiantil que permita explorar diferentes campos de acción de estos equipos?

2. Justificación

El desarrollo de este proyecto permitirá a la comunidad educativa tener una posibilidad de acercarse un poco más al mundo de las aeronaves no tripuladas de buenas prestaciones fortaleciendo paso a paso las diferentes ramas de estudio relacionadas con el mismo tales como el diseño y modelado 3D, las características en diferentes materiales relacionados con el fuselaje y la estructura general del equipo, la electrónica, programación y soldadura que deberán de utilizarse para la unificación de los componentes internos y finalmente la robótica y automatización llegando al último punto enfocado en calibración y pruebas de vuelo.

Por otro lado, las universidades tendrán la posibilidad de brindar las herramientas necesarias para el montaje de un drone por completo de altas prestaciones desde cero que brindará a sus estudiantes facilidades de construcción y conocimiento alrededor de la tecnología.

Aquellas personas que deseen profundizar en las capacidades de uso de estos equipos se verán beneficiadas ya que este desarrollo genera conciencia en torno a las aplicaciones finales de las aeronaves no tripuladas de altas prestaciones buscando fines deportivos como drones de competencia a altas velocidades o desde la parte de productividad como captura de imágenes aéreas enfocadas en la cinematografía, la publicidad, la comunicación audiovisual, los estudios especializados en infraestructura, ingeniería civil, levantamientos topográficos, generación de modelos 3D, entre otros.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Fabricar una aeronave no tripulada de altas prestaciones híbrido racer con capacidad para realizar tomas aéreas.

3.2. Objetivos específicos

Construir fuselaje y partes fundamentales del montaje para la aeronave con herramientas de fabricación digital.

Configurar la sensórica y electrónica de la aeronave con su respectiva programación y calibración.

Realizar puesta a punto de la aeronave y ejecución de vuelos de prueba.

4. Marco teórico

4.1. Aeronaves no tripuladas

Como humanos tenemos limitaciones, pero usando nuestras capacidades mentales e intelecto desarrollamos herramientas que nos permiten suplir necesidades que no están sujetos a las mismas limitantes que nuestros cuerpos, un gran ejemplo es que no tenemos la capacidad de despegar los pies de la tierra a voluntad, esto se ve desarraigado a las aeronaves no tripuladas o drones ya que su capacidad de sustentación en el aire les permite surcar áreas sin la necesidad de tener algún contacto físico con el entorno sólido.



Figura 1 DJI SPARK

Fuente: <https://es.digitaltrends.com/wp-content/uploads/2017/07/DJI-Spark-best-under-500.jpg?p=1s>

Otro de los grandes beneficios de esta tecnología es su variedad de tamaños con posibilidades de tener un equipo diminuto y ágil que pueda tener la capacidad de volar sorteando obstáculos, realizar cambios rápidos de dirección, y montado con una cámara nos brinda la facilidad de capturar imágenes y videos aéreos de gran impacto para utilizarlas en medios comunicativos, informativos o enfocados en entornos deportivos como la competencia a gran nivel de drones.

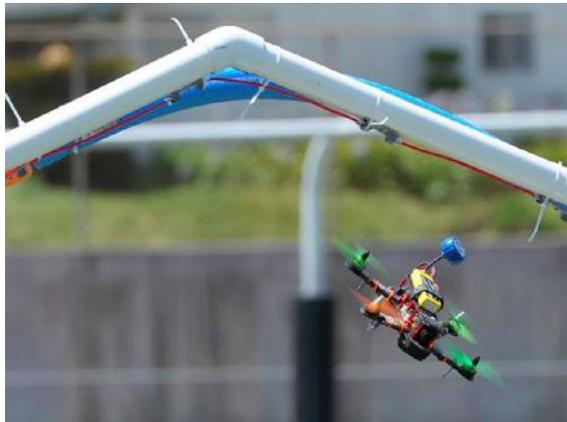


Figura 2 DRONE RACER



Figura 3 DRONE RACER

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRI7MJTHPwEE9yx1yaNpglNybsmOROm-HhaDQ&usqp=CAU>

Por otro lado se puede tener una aeronave no tripulada de gran envergadura y potencia que le brinda estabilidad, tiempo de vuelo y la posibilidad de montar sensores especializados para captura de información dando así características enfocadas en análisis de ingeniería como generación de nubes de puntos densas ubicadas por coordenadas, levantamientos topográficos de grandes terrenos, captura de video aéreo especializado en cinematografía, inspecciones térmicas relacionadas con infraestructura eléctrica y urbana, análisis de cultivos para la agroindustria, fumigación y control de plantaciones o hasta vigilancia y seguridad alrededor de grandes zonas.



Figura 4 DJI MATRICE 300 RTK



Figura 5 DJI MATRICE 600

Fuente: https://i.blogs.es/1e9bd8/c27a5c11-d947-41a3-a4d5-dc5f88a47111/450_1000.jpeg

4.2. Drones en la educación

Tener herramientas tecnológicas actuales disponibles en nuestras comunidades educativas permite adquirir conocimientos y del mismo modo compartirlo de una manera didáctica y participativa, siendo el tutor un facilitador para los estudiantes ya que la tecnología se lleva el foco de atención, así la motivación e interés de cada uno de los involucrados se ve impactada de manera positiva e invita a involucrarse con este vasto mundo con miras al futuro, pensando en introducir nuevas metodologías de enseñanza, lo que brinda un gran avance para los docentes, estudiantes y la sociedad en general de la mano con el avance tecnológico formando profesionales capacitados en ámbitos actuales y modernos.

“La tecnología avanza progresivamente a mayor velocidad, impulsando el desarrollo prácticamente en todas las áreas del conocimiento humano. En el ámbito forestal, la tecnología ha venido a aligerar y mejorar el trabajo en campo. El uso de vehículos aéreos no tripulados, está impactando favorablemente en estudios de estructura de comunidades vegetales, desarrollo de inventarios y ordenamiento forestal, entre otros aspectos. Es necesario integrar las tecnologías para la información y análisis de datos masivos, enfocados en sistemas forestales para hacer propuestas de aprovechamiento, conservación y recuperación de superficies maderables. En nuestro país, ya están siendo utilizadas estas tecnologías, es necesario formar profesionistas que tengan todas las capacidades para manejarlas. Por lo anterior, se propone integrar esos conocimientos en una materia de la currícula de los planes de estudio del nivel medio superior y superior. La propuesta se aborda desde un punto de vista práctico, con la utilización de uno de los drones más accesibles en el mercado.” (Uribe Salas, 2022)

“Uso de drones como herramienta educativa en las universidades” como hacen referencia al impacto positivo y didáctico de la implementación de drones y equipos actualizados de tecnología dentro de las universidades, que si bien son un gran reto para toda la comunidad brindan oportunidades únicas en la formación de profesionales capacitados en solventar problemas y generar soluciones en gran cantidad de sectores de la industria. (Ríos Sánchez, 2018)

Estas anteriores publicaciones son el claro ejemplo de que a nivel mundial las nuevas tecnologías en las que están categorizadas las aeronaves no tripuladas acercan herramientas y conocimientos especializados para cada uno de los integrantes de las comunidades generando en ellos iniciativa, motivación y facilidades para utilizar dichos equipos en amplios ámbitos de la industria 4.0.

5. Metodología

5.1. Tipo de proyecto

Este proyecto corresponde al tipo de investigación aplicada, la estrategia metodológica empleada será experimental, ya que consiste en el diseño de un prototipo de dron, además se emplea el método inductivo para analizar los distintos procesos por los que tendrá que pasar el diseño, así como las pruebas que se dispondrán para observar cómo se comporta ante las diferentes variables, de tal manera que se puedan obtener los resultados propuestos con un balance entre confiabilidad y economía.

5.2. Método

Para la ejecución del proyecto se estableció un esquema de pasos a seguir, los cuales se presentan a continuación y posteriormente se detallan en las líneas subsiguientes al diagrama presentado.

En primer lugar, se realizará una exhaustiva investigación sobre los materiales y componentes necesarios para el montaje del dron. Se considerarán aspectos como la resistencia, la ligereza y la calidad de los componentes, así como su compatibilidad y rendimiento en el contexto de un dron híbrido racer. Se consultarán diversas fuentes, incluyendo artículos científicos y sitios web confiables, para garantizar la elección de los mejores materiales y componentes para el proyecto.

En el proceso de construcción del dron, se empleará la tecnología de impresión 3D para obtener las piezas del fuselaje. Utilizando modelos CAD previamente diseñados, se imprimirán las piezas en material resistente y liviano, como el ABS o el PLA, para garantizar una estructura sólida y

aerodinámica. La impresión 3D permite una mayor flexibilidad en la creación de piezas personalizadas, adaptadas específicamente a los requerimientos del dron híbrido racer.

Una vez que se obtengan todos los componentes necesarios, se procederá al montaje e integración de los elementos electrónicos del dron. Esto incluirá la instalación de los motores, los controladores de vuelo, los variadores de velocidad y otros componentes esenciales. Se prestará especial atención a las conexiones y el cableado para garantizar un ensamblaje adecuado y seguro. Además, se llevarán a cabo pruebas intermedias para verificar la funcionalidad y la compatibilidad de los componentes electrónicos.

Finalmente, se realizará la calibración y pruebas de vuelo del dron una vez completado el montaje. Se ajustarán los parámetros del controlador de vuelo y se ejecutarán pruebas dinámicas para asegurar un rendimiento óptimo y una estabilidad adecuada. Se llevarán a cabo pruebas en diferentes condiciones de vuelo, tanto en interiores como en exteriores, para evaluar la respuesta y el comportamiento del dron en diferentes escenarios. Se observarán los resultados y se tomarán medidas correctivas en caso de ser necesario, para asegurar que el dron culmine con condiciones óptimas para realizar tomas aéreas de manera segura y eficiente.

5.3. Instrumentos de recolección de información

5.3.1. Fuentes primarias.

Para la organización de esta etapa es necesario contar con las teorías relacionadas con la temática de aeronaves no tripuladas (Dron) y su impacto en la educación, así como la definición de las posibles fuentes de información, dentro de las cuales destacan libros, escritos e informes cuyo contenido esté relacionado con este proyecto. Se usaron como fuentes de información primaria y con veracidad: Revista virtual de investigación Scielo, Base de datos académico científica Science Direct, Proyecto AESIR II como base fundamental del proyecto.

5.3.2. Fuentes secundarias.

Como fuentes secundarias se tomaron diversos artículos científicos y documentos sacados de Google Académico, ya que estos trabajos o documentos han sido verificados científicamente. Todas estas fuentes pueden ser vistas de manera detallada en la bibliografía de este documento, por otra parte, los test al prototipo y los análisis, servirán como fuentes de recolección de información que se obtendrán a medida que se avance en el proyecto, también se deben tener en cuenta las observaciones de los estudiantes en las regiones y su situación académica.

6. Resultados

6.1. Modelado 3D, Fabricación de partes y montaje de componentes electrónicos

6.1.1. Modelado 3D usando software CAD/CAE

Para el desarrollo del modelo tridimensional del prototipo se usa el software Autodesk Fusion 360, herramienta versátil utilizada por profesionales y entusiastas del diseño para crear modelos 3D, visualizar diseños, simular movimientos y generar instrucciones de fabricación.

Fusion 360 ofrece una amplia gama de herramientas de diseño, incluyendo modelado sólido, modelado de superficies, simulación de movimiento, generación de ensamblajes y herramientas de renderizado. Estas capacidades permiten a los diseñadores crear modelos complejos y detallados con facilidad, y visualizar cómo se comportarán los objetos en el mundo real.

El modelo del proyecto consta de 9 subensambles, distribuidos en 25 piezas que incluyen el frame, electrónica y accesorios.

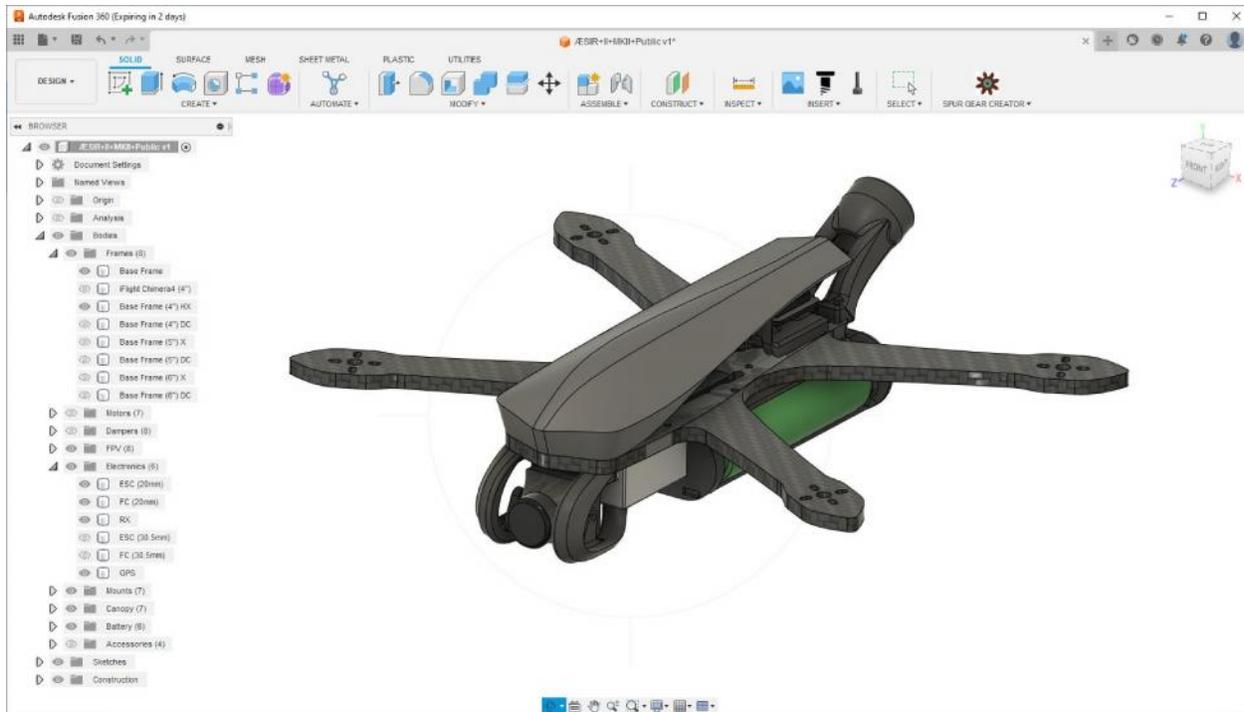


Figura 6 MODELO 3D FRAME DE DRONE Y PARTES EN SOFTWARE CAD/CAE

Fuente: Proyecto AESIR II modelo en Fusion 360

6.1.2. Selección de material para Frame de drone

Como parte inicial y principal que brinda el soporte y el espacio necesario para unificar todos los demás componentes de la aeronave no tripulada comenzamos con la creación del frame. Para dicha construcción se utiliza la impresión 3D incluyendo 4 tipos de opciones de materiales diferentes (PETG, ASA, ABS y PLA) analizados por sus propiedades mecánicas que permitan la rigidez suficiente y un bajo peso que contribuyan en la estabilidad de la aeronave final.

Comenzamos por el PETG, ampliamente utilizado en la industria como el plástico para las botellas de agua o bebidas gaseosas, se tiene presente para este proyecto debido a sus características que permiten producir piezas que necesiten algo de flexibilidad y una gran resistencia a los golpes incluso a bajas temperaturas. En la impresión 3D es generalmente incluido en la creación de piezas sujetas a presión, piezas de protección o recipientes para alimentos y otro plus de dicho material es el ser 100% reciclable. A continuación, tenemos la tabla de propiedades mecánicas del mismo:

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia al impacto	150 J/m
Resistencia a la tracción	50 MPa
Resistencia a la flexión	69 MPa
Módulo de flexión	2100 MPa
Dureza superficial	Rockwell 108
PROPIEDADES TÉRMICAS	
Temperatura de reblandecimiento	85°C
Temperatura de fusión	N/A
PROPIEDADES ESPECÍFICAS	
Transparencia	Muy Alta 91%

Tabla 1 PROPIEDADES MECANICAS DEL PETG

Fuente: https://filament2print.com/es/copoliesteres-pet/735-petg-smartfil.html#/257-color-natural/217-diametro-175_mm/223-formato-bobina_750_g

El ASA se utiliza normalmente en la fundición de plásticos para exteriores como techos de viviendas, componentes externos en vehículos, estructuras al aire libre e instalaciones eléctricas, sus características le permiten tener una resistencia intrínseca a los rayos UV, esto evita su deterioro a la intemperie causado por los rayos del sol, del mismo modo tiene una gran dureza y un acabado brillante que destaca. Las anteriores propiedades hacen del ASA un material óptimo para el proyecto ya que brinda una durabilidad excelente y gran resistencia al impacto que aportan rigidez al frame. A continuación, tendremos la tabla de propiedades mecánicas del ASA:

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia al impacto	441 J/m
Resistencia a la tracción	40 MPa
Resistencia a la flexión	62 MPa
Módulo de flexión	1814 MPa
Dureza superficial	Rockwell 92
PROPIEDADES TÉRMICAS	
Temperatura de reblandecimiento	86°C
Temperatura de fusión	N/A
PROPIEDADES ESPECÍFICAS	
Transparencia	N/A

Tabla 2 PROPIEDADES MECANICAS DEL ASA

Fuente: <https://filament2print.com/es/asa/679-asa-natural.html>

En este punto tenemos el ABS, comúnmente lo vemos en teclados y piezas de computadoras, juguetes LEGO, carcasas de herramientas y componentes eléctricos, maletas, cascos, sillas y demás, sus características le permiten tener infinidad de aplicación en la industria. Dicho material se tiene presente para el proyecto dada su bajo costo, alta resistencia al impacto incluso en bajas temperaturas, bajo peso y facilidad de moldeado y modificación lo que da paso a una construcción óptima del frame para la aeronave. A continuación, tenemos la tabla de propiedades mecánicas del ABS:

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia al impacto	442 J/m
Resistencia a la tracción	42 MPa

Resistencia a la flexión	68 MPa
Módulo de flexión	2255 MPa
Dureza superficial	Rockwell 110
PROPIEDADES TÉRMICAS	
Temperatura de reblandecimiento	105°C
Temperatura de fusión	200°C
PROPIEDADES ESPECÍFICAS	
Transparencia	Alta 75%

Tabla 3 PROPIEDADES MECANICAS DEL ABS

Fuente: <https://filament2print.com/es/abs-basic/692-abs-basic-negro.html>

Finalmente analizamos el PLA, es un plástico obtenido de biopolímeros, es decir creado en base de caña de azúcar procesada, utilizado en la industria textil para tapicería y toldos, por otro lado, en medicina para implantes y suturas, es un material biodegradable y asequible en la impresión 3D, pero por sus características tiene menos resistencia al impacto y esto hace que sea descartado para el proyecto dada su alta probabilidad de golpes. Del mismo modo que los materiales anteriores a continuación tenemos la tabla de propiedades mecánicas:

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia al impacto	118 J/m
Resistencia a la tracción	50 MPa
Resistencia a la flexión	N/A
Módulo de flexión	2315 MPa

Dureza superficial	N/A
PROPIEDADES TÉRMICAS	
Temperatura de reblandecimiento	80-90°C
Temperatura de fusión	175°C
PROPIEDADES ESPECÍFICAS	
Transparencia	Alta 75%

Tabla 4 PROPIEDADES MECANICAS DEL PLA

Fuente: <https://filament2print.com/es/pla-basic/693-pla-basic-negro-bobina-1kg.html>

Teniendo en cuenta los 4 materiales escogidos para la elaboración del frame y los diferentes componentes impresos en 3D, buscamos la definición del tamaño y forma del frame. Esta aeronave tiene disponible frames de 4, 5 y 6 pulgadas y también en forma de X o DC inspirados en drones racer de competencias.

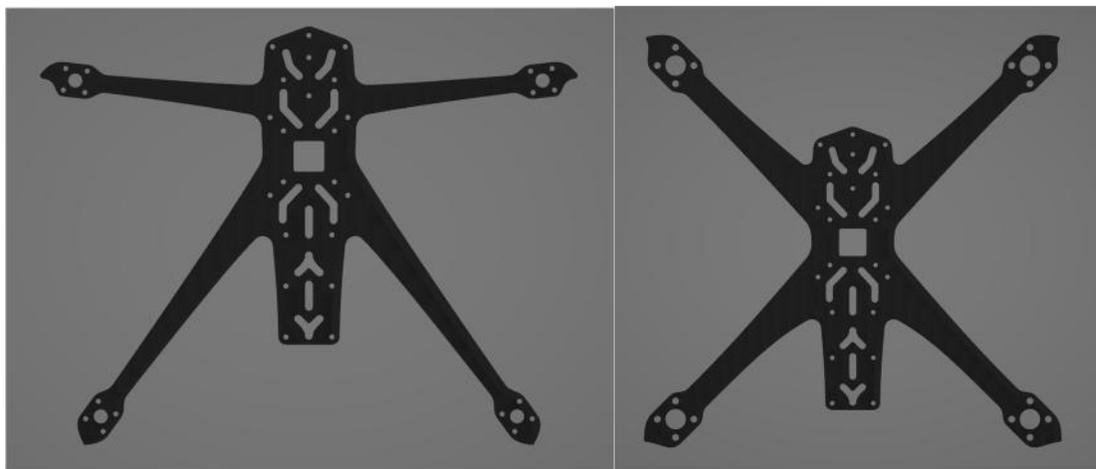


Figura 7 FRAME DC

Figura 8 FRAME X

Fuente: Modelos 3D en software Paint 3D

Ambas formas ofrecen diferentes tamaños que afectan la aerodinámica y el posicionamiento de los componentes que formarán nuestra aeronave no tripulada. Se usa un Frame X de 5 pulgadas, ya que nos brinda buena aerodinámica y una óptima distribución de pesos para los componentes

que complementarían el proyecto, añadido a que su impacto visual y estético es más común y reconocible dentro del mundo de los drones, también se aprovecha un frame que se tenía a la mano para abaratar costos.

6.1.3. Impresión 3D de frame y partes del drone

Se utiliza el software Ultimaker Cura para el proceso de impresión 3D, debido a que es laminador de impresión 3D altamente popular debido a su interfaz intuitiva, amplia compatibilidad, configuraciones predefinidas, personalización avanzada, soporte para múltiples extrusores y actualizaciones regulares. Cura se ha establecido como uno de los laminadores más populares y ampliamente utilizados en la comunidad de impresión 3D debido a sus numerosas ventajas y características destacadas. A continuación, describiré algunas de ellas:

Interfaz de usuario intuitiva: Ultimaker Cura cuenta con una interfaz de usuario muy amigable y fácil de usar. Su diseño intuitivo facilita la configuración y el manejo de la impresión 3D, tanto para principiantes como para usuarios más experimentados.

Amplia compatibilidad: Cura es compatible con una amplia gama de impresoras 3D, no solo con las de la marca Ultimaker. Esto significa que puedes utilizar el software con diversas máquinas de diferentes fabricantes, lo cual es una ventaja importante si trabajas con diferentes modelos de impresoras.

Configuraciones predefinidas: Cura proporciona una amplia selección de perfiles predefinidos para diferentes materiales de impresión, lo que facilita la configuración inicial. Estos perfiles están optimizados para una variedad de filamentos, como PLA, ABS, Nylon, entre otros, y te permiten obtener resultados de impresión de alta calidad sin tener que ajustar manualmente todos los parámetros.

Personalización avanzada: Aunque Cura ofrece configuraciones predefinidas, también permite una personalización avanzada de los parámetros de impresión. Esto es ideal para usuarios más experimentados que deseen ajustar aspectos específicos de la impresión, como la velocidad, la temperatura, la densidad del relleno y otros detalles para optimizar aún más la calidad y la eficiencia de impresión.

Soporte de múltiples extrusores: Si tienes una impresora 3D con múltiples extrusores, Ultimaker Cura ofrece un excelente soporte para este tipo de configuraciones. Puedes asignar diferentes colores o materiales a cada extrusor y configurar su comportamiento individualmente, lo que abre posibilidades para impresiones multicolores o con materiales combinados.

Actualizaciones regulares: Ultimaker es conocido por brindar actualizaciones frecuentes y mejoras continuas a su software Cura. Estas actualizaciones garantizan que el software se mantenga al día con las últimas tecnologías y necesidades de los usuarios, ofreciendo nuevas funciones y mejoras de rendimiento con regularidad.

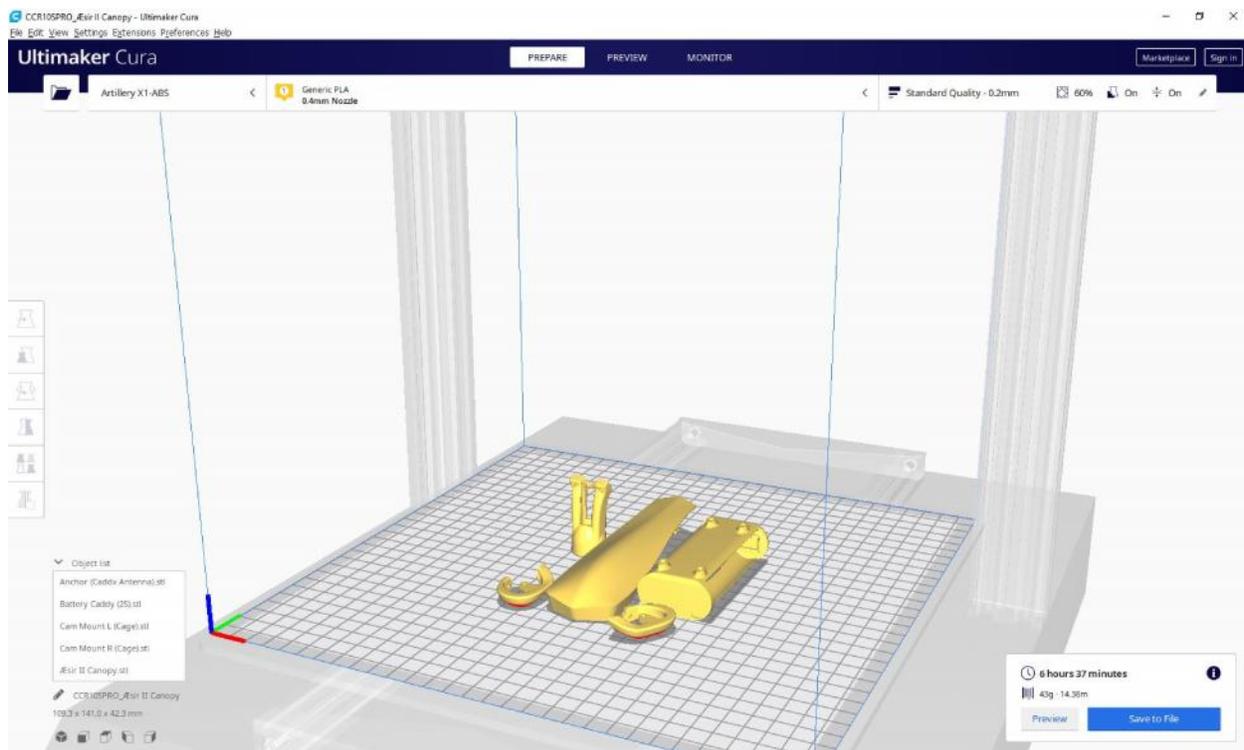


Figura 9 PARTES DEL FRAME DEL DRONE PARA IMPRESION 3D

Fuente: Software Ultimaker Cura

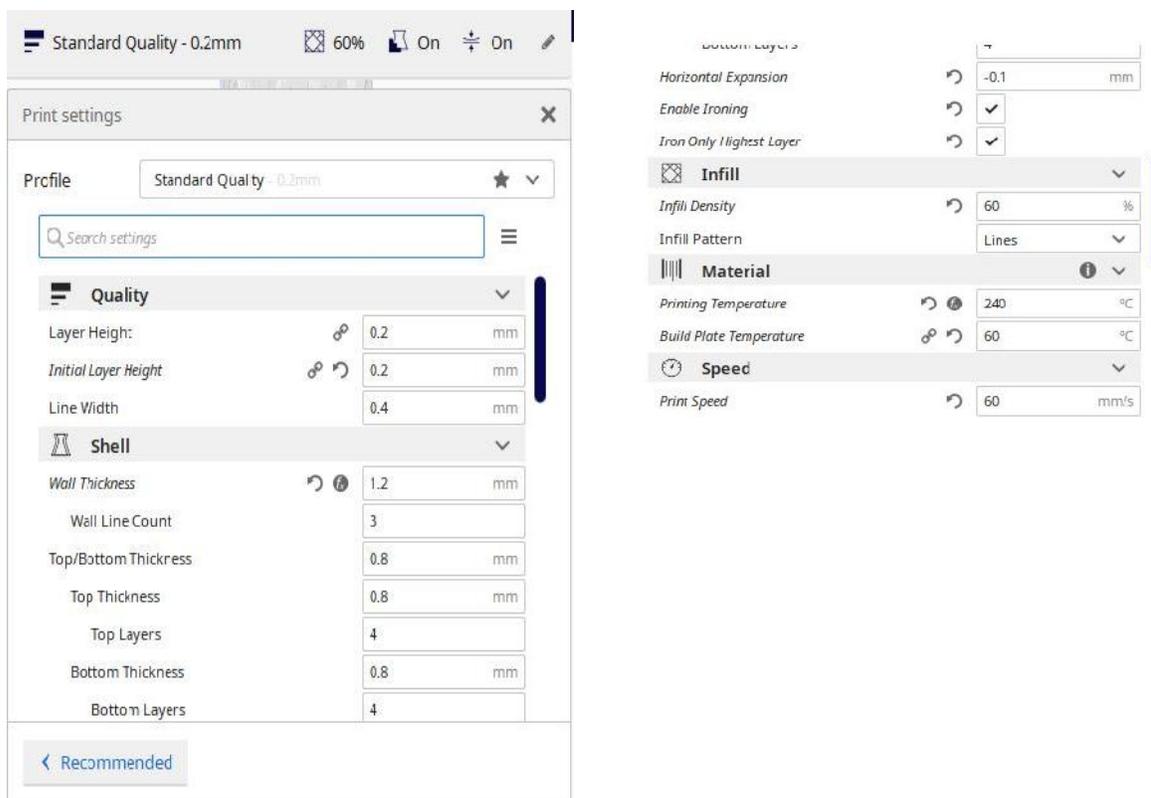


Figura 10 PARAMETROS DE IMPRESION 3D PARA PIERZAS DEL DRONE

Fuente: Software Ultimaker Cura



Figura 11 IMPRESION 3D DE FRAME Y PIEZAS DE DRONE

Fuente: Propia

Luego de tener una base sólida definida para el funcionamiento de nuestra aeronave procedemos a realizar el montaje e integración de toda la parte electrónica que permite cubrir todo el funcionamiento deseado con el proyecto.

6.2. Montaje de componentes electrónicos y mecánicos

6.2.1. Controladora de vuelo (FC)

Como principal componente y cerebro del equipo usamos una Controladora de vuelo SP Pro racer F3, está en pocas palabras es una tarjeta integrada con un algoritmo de control que opera en base a la información suministrada por diferentes sensores como giroscopio, brújula digital y magnetómetro que se encuentran dentro de la unidad de movimiento inercial, mejor conocido como IMU.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	GOOLSKY
Nombre del artículo	Controladora de vuelo
Modelo	SP Pro Racing F3
CPU	STM32F3
Tamaño de la placa	35x35mm
Versión de la placa	Deluxe 10DOF con barómetro y brújula
Sensores	Acelerómetro, giroscopio, barómetro, brújula
Programación y conexión	Sí por puerto microUSB

Tabla 5 ESPECIFICACIONES DE CONTROLADORA DE VUELO SP PRO RACING F3

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/controlador-de-vuelo-sp-pro-racing-f3-para-multicopteros/>

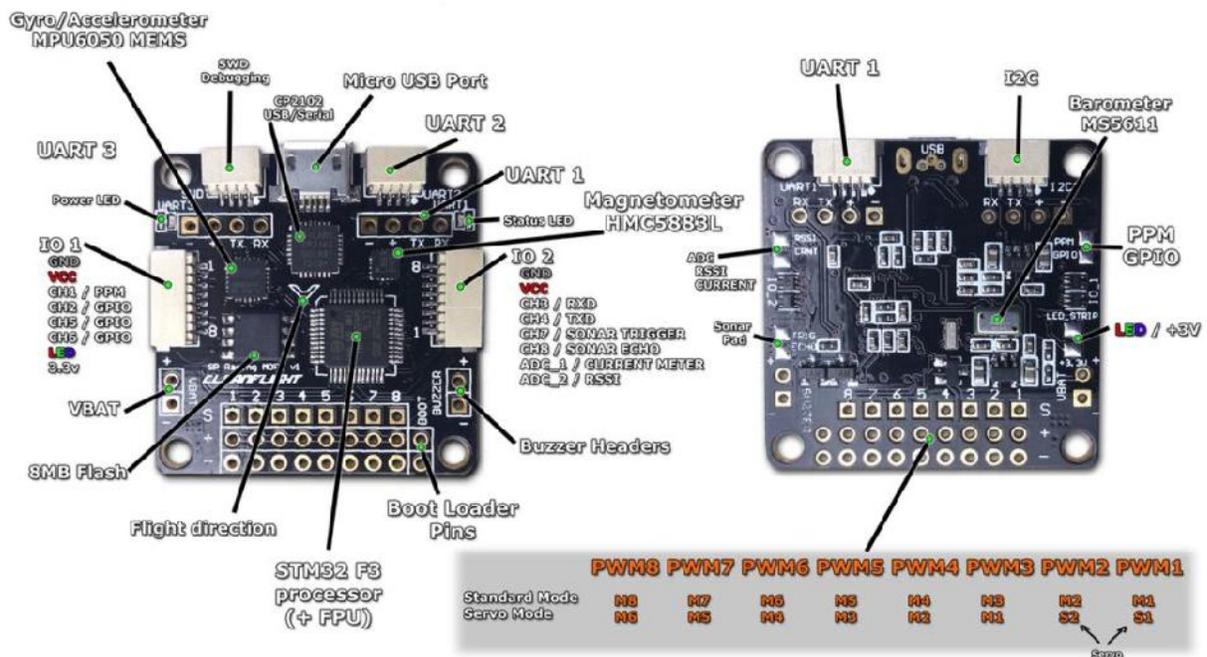


Figura 12 CONTROLADORA DE VUELO SP PRO RACER F3

Fuente: <https://cdn.electronilab.co/wp-content/uploads/2018/02/Controlador-de-vuelo-SP-Pro-Racing-F3-para-Multicopteros-Deluxe-10-DOF-conexi%C3%B3n-2.png>

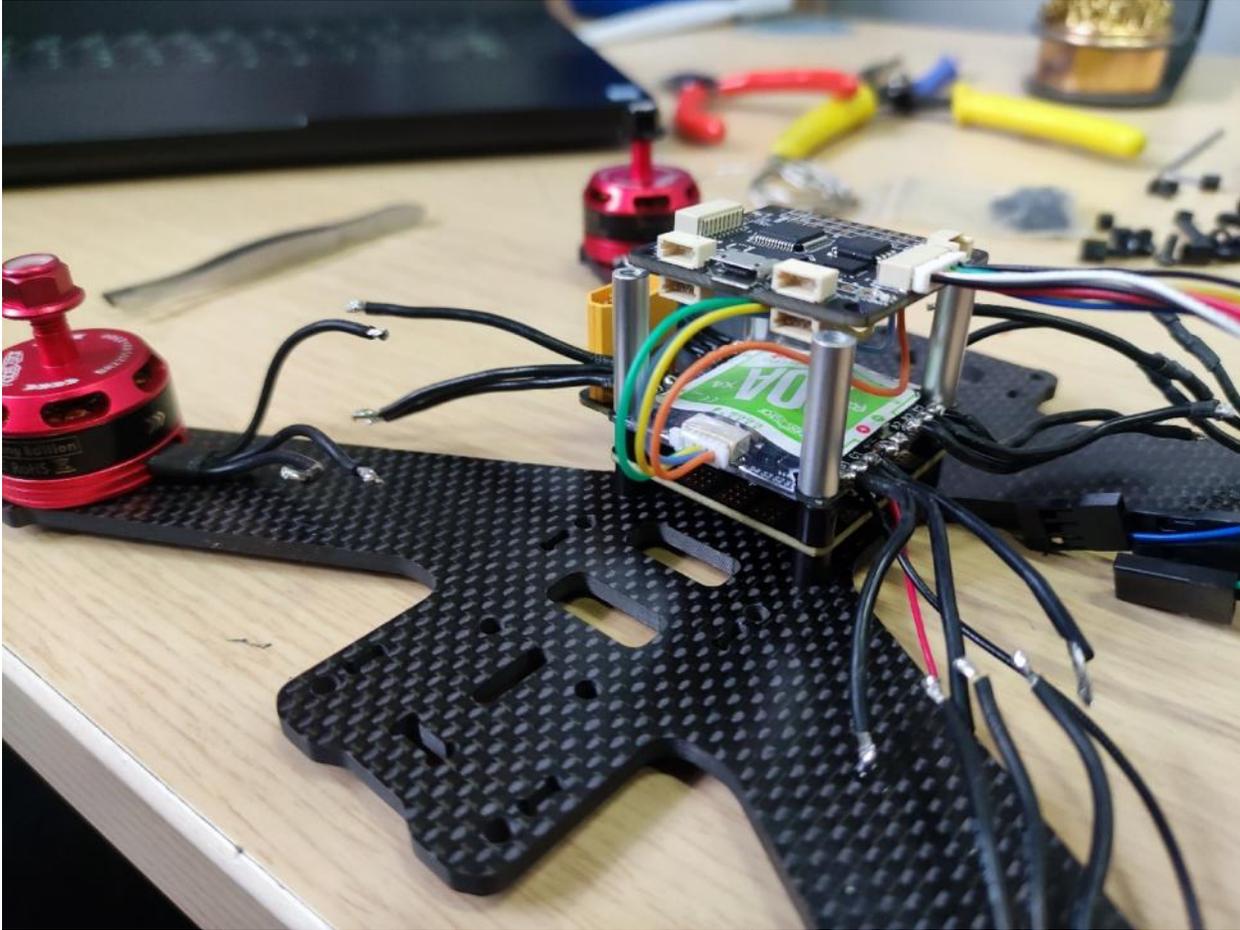


Figura 13 MONTAJE DE CONTROLADORA DE VUELO SP RACING F3

Fuente: Imagen propia

6.2.2. Controlador de velocidad electrónico (ESC)

Continuando debemos integrar los controladores de velocidad electrónicos o ESC (por su definición en inglés de Electronic Speed Controller), este componente es el que genera los voltajes necesarios para que los motores puedan girar a las velocidades necesarias para la sustentación y desplazamiento aéreos del proyecto. Aquí decidimos optar por la ESC Racestar 20A 4 en 1.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Racerstar
Nombre del artículo	20A 4 en 1 Blheli_S Opto 2-4S ESC
Modelo	RS20Ax4
Voltaje de entrada	2-4S
Con Corriente	20A
Corriente de pico (10s	25A
BEC	NO
Programación	Sí
Distancia de instalación	30mm
Peso	19g
Tamaño (PCB)	36x36mm

Tabla 6 ESPECIFICACIONES DE CONTROLADOR DE VELOCIDAD RACESTAR

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/32837432810.html>



Figura 14 VARIADOR DE VELOCIDAD 20A 4 EN 1 BLHELI_S OPTO 2-4S ESC

Fuente: <https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1sXIxmGagSKJy0Fcq6AZeVXaZ.jpg>

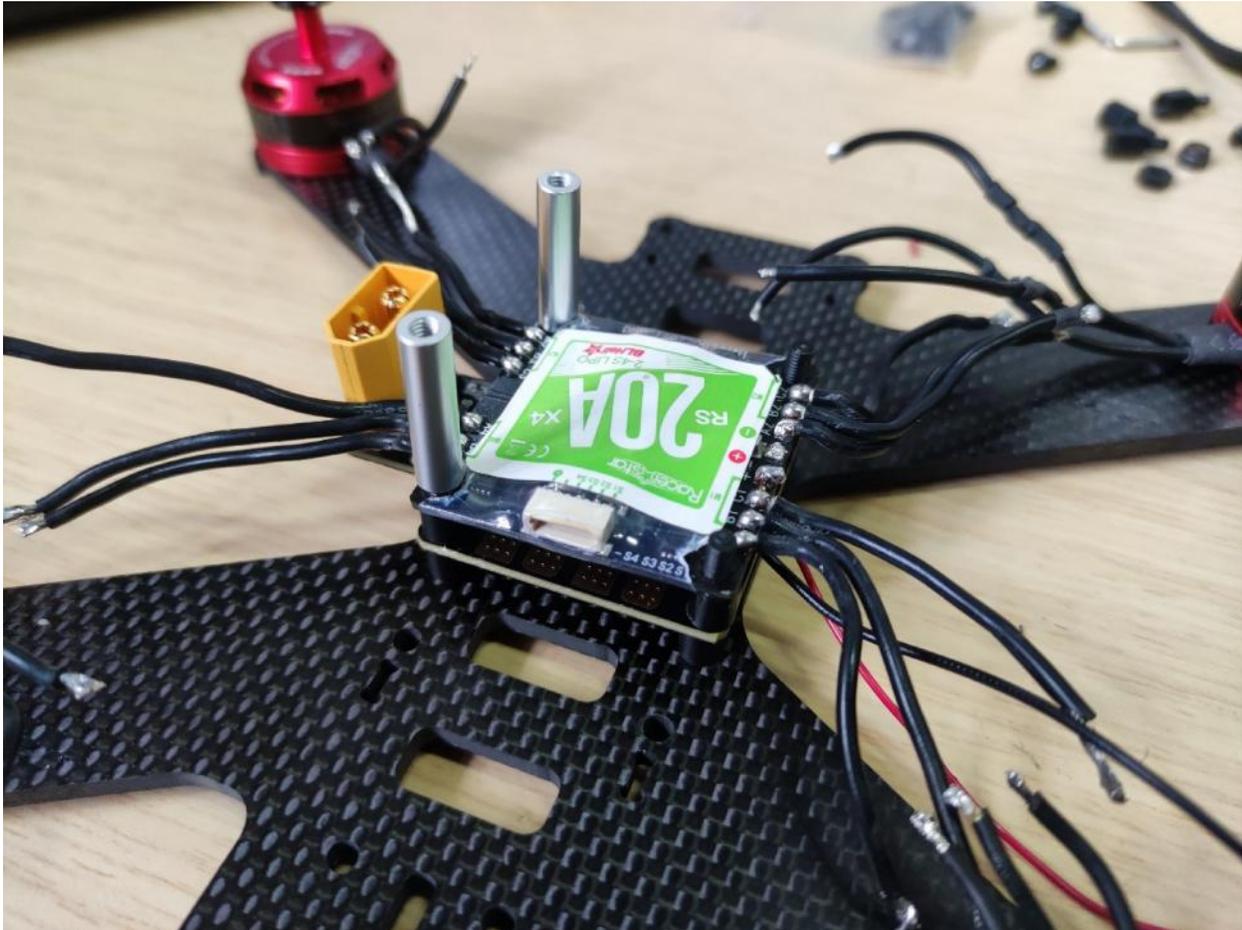


Figura 15 MONTAJE DE CONTROLADOR DE VELOCIDAD ELECTRONICO

Fuente: Imagen propia

6.2.3. Motor sin escobillas

Para los motores que van vinculados a las ESC anteriormente mencionadas utilizamos los Racerstar BR2205 de 2300 rpm, con ellos llegaremos a tener suficiente potencia para realizar aceleraciones fuertes en poco tiempo y una maniobrabilidad excepcional a la hora de realizar cambios de sentido, características fundamentales en los drones racer.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Racerstar
Nombre del artículo	BR2205 2300KV Motor sin escobillas
RPM / V	2300 KV
Altura	31.5mm
Anchura	27.9 mm
Diámetro del eje	M5
Tamaño del orificio de montaje	M3
Peso	28 g
Voltaje	Batería de Li-Po 2-4S
Giro en sentido de las agujas del reloj (CW)	Color de tapa roja
Giro en contra de las agujas del reloj (CCW)	Color de tapa negra

Tabla 7 ESPECIFICACIONES DE MOTOR SIN ESCOBILLAS RACESTAR

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/32712455498.html>



Figura 16 MOTOR SIN ESCOBILLAS BR2205 2300KV

Fuente: https://www.rotorama.com/assets/images/3334d87db18d09f59f3a019bde5b0800/649-750_750.jpg



Figura 17 MONTAJE DE MOTORES SIN ESCOBILLAS EN EL FRAME X

Fuente: Imagen propia

6.2.4. Hélices

Para poder transmitir la energía que proporcionan los motores hacia el medio en el cual se desplazan las aeronaves, es decir, el aire, se necesita un componente que puede tener muchas formas y cada una de ellas tiene ventajas o desventajas bien sea su forma y perfil de ataque, hablamos de las hélices. Para el proyecto se instalarán hélices de 3 aspas, lo que permite mayor fluidez de aire a través de las mismas y del mismo modo menos esfuerzo de los motores para cambios de sentido, algo a tener en cuenta es que al ser mayor número de aspas disminuirá el sonido que generan al cortar el aire comparándolas con unas de menos cantidad que son más comunes en los drones comerciales.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Fo the fore
Nombre del artículo	Hélice de 3 aspas T5146 CW / T5146 CCW
Diámetro interior	5 mm
Uso en diámetro de aeronave	5.1" / 6"
Material	Policarbonato

Tabla 8 ESPECIFICACIONES DE HELICES TRES ASPAS

Fuente: <https://es.aliexpress.com>



Figura 18 HELICES DE TRES ASPAS PARA DRONE RACER

Fuente: https://ae01.alicdn.com/kf/Hc0da0b129e9743948de922f62f99f184R/H-lice-de-3-aspas-compatible-con-CW-CCW-motor-en-T-FPV-accesorios-para-Dron.jpg_Q90.jpg_.webp

6.2.5. Placa distribuidora (PDB)

De modo que cada componente electrónico pueda verse comunicado entre sí con su suministro energético requerimos montar la placa distribuidora PDB que permita repartir la energía eléctrica proporcionada por la batería a cada uno de los dispositivos que componen toda la aeronave no tripulada, esta placa tiene un ingreso de energía por dos puntos estratégicos y permite conectar hasta 6 cables positivo-negativo de forma que entrega la energía de una sola batería hasta 6 diferentes componentes de buen consumo.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Matek Systems
Nombre del artículo	PDB XT60
Peso	11 g con conector
Distancia de los orificios	30.5 mm
Potencia de entrada	3S – 4S
Conectores de ESC	6 conectores
Amperaje de salida constante	100 A
Amperaje de salida rápida	120 A, 10 segundos cada minuto
Salida de voltaje 5V	2A constante
Salida de voltaje 12V	500 mA constante
Indicador LED	Si
Conexión directa a batería	Si

Tabla 9 ESPECIFICACIONES DE PDB

Fuente: <https://es.aliexpress.com>

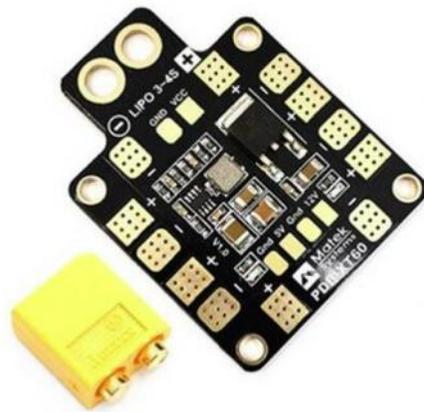


Figura 19 PLACA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA - PDB

Fuente: <https://www.techtonics.in/image/cache/catalog/Images022023/pdb-xt60-with-bec-5v-and-12v-tech3229-8250-550x550h.jpg>



Figura 20 MONTAJE Y CONEXION DE PLACA DISTRIBUIDORA

Fuente: Imagen propia

6.2.6. Batería

Dado que se están utilizando componentes electrónicos que requieren energía eléctrica de alguna fuente para funcionar nos adentraremos en las baterías que se adquirieron para esta aeronave no tripulada. Las baterías de polímero de litio o Li-po se tomaron como una alternativa económica y de fácil modificación ya que este montaje permite usar desde 2 hasta 8 celdas dependiendo de la cantidad de tiempo en el aire. En este proyecto se optó por montar una batería de 2 celdas y una capacidad de 8000 mAh.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Turnigy
Nombre del artículo	1300 mAh 3S 20C LiPo
Capacidad mínima	1300 mAh
Cantidad de celdas	3 celdas
Voltaje	11.1 v
Peso	115 g
Dimensiones	81 x 36 x 21 mm
Conector	XT60

Tabla 10 ESPECIFICACIONES DE PDB

Fuente: https://www.modellsport.gr/index.php?main_page=product_info&products_id=7178&language=en



Figura 21 BATERIA DE LIPO 2S 4000 MAH

Fuente:

https://es.lightmalls.com/media/catalog/product/cache/a254b30ddc259bb4a30589b415ef5b34/m/0/m02633_4_.jpg
https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_895458-MCO53458063149_012023-V.jpg



Figura 22 MONTAJE DE BATERIAS EN SOPORTE DE BATERIAS IMPRESO EN 3D

Fuente: Imagen propia

6.2.7. Cámara VTX

Uno de los objetivos principales del proyecto es proveer imágenes en tiempo real desde la perspectiva del dron, del mismo modo como se ve en las competiciones de drones racer, las cámaras FPV usadas para esto se integran en la parte frontal del fuselaje, en nuestro caso se realiza una impresión 3d que permita ubicar y proteger la cámara usada para dicho fin.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	AIO
Nombre del artículo	Cámara conmutable super mini AIO 5.8G 40CH
Tamaño del sensor	1/3" CMOS
Resolución de la cámara	600 TVL
Voltaje de entrada	3.5 – 5.5
Peso	6 g
Dimensiones	20.66 x 14.06 x 6 mm
Dimensiones de la antena	22 x 29 mm
Sistema de video	NTSC
Angulo focal	120°
Frecuencia	5.8 GHz
Canal inalámbrico	40 CH

Tabla 11 ESPECIFICACION DE PDB

Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/1005001881830596.html>

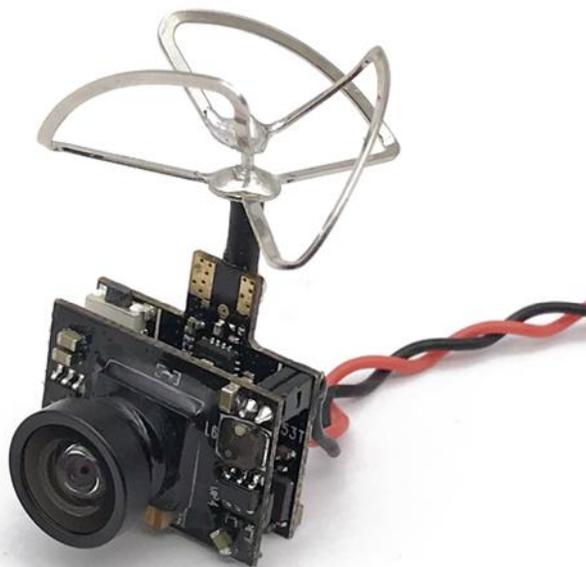


Figura 23 CAMARA MINI CON VTX

Fuente: https://ae01.alicdn.com/kf/He455a17684834500bad42aa73fb5406fy/C-mara-conmutable-Super-Mini-AIO-5-8G-40CH-0-25MW-50MW-200MW-VTX-600TVL-1.jpg_Q90.jpg_.webp

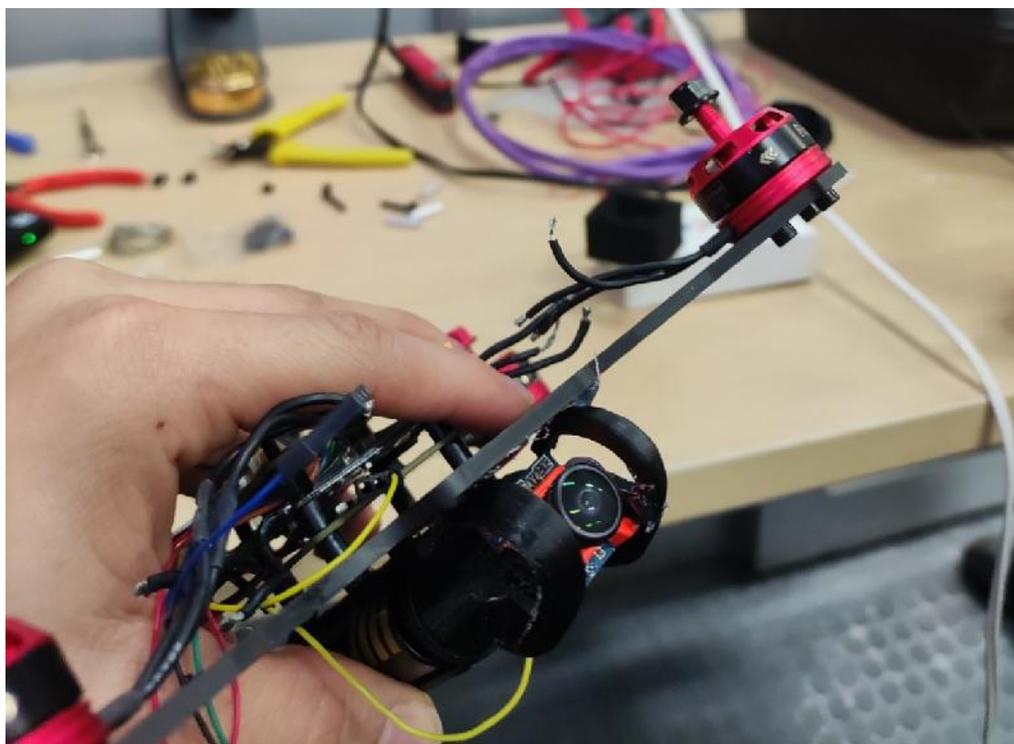


Figura 24 MONTAJE DE CAMARA MINI RACER FRONTAL

Fuente: Imagen propia

6.2.8. Cámara de acción GoPro (opcional)

Con el punto anterior se tiene cubierto el tema de la imagen en tiempo real para un drone racer, pero a la hora realizar capturas de imágenes aéreas en una calidad decente se debe optar por una cámara de mayor capacidad que las FPV, para esto se incluye una montura para una cámara GoPro que permite realizar tomas aéreas en una calidad superior durante todo el recorrido de la aeronave no tripulada en vuelo. Dentro del proyecto no se incluye la GoPro en el montaje físico final, pero se toca en este punto ya que es una posibilidad de mejora a futuro del mismo montaje.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	GoPro
Nombre del artículo	GoPro Hero 4 Silver
Resolución de la cámara	12MP imagen / hasta 4k a 15 FPS video
Batería	1160 mAh
Peso	83 g
Dimensiones	41 x 59 x 21/30 mm
Pantalla	Táctil de 1.7 pulgadas
Sistema de video	NTSC
Capacidad de grabación	4:40 h en video 1080p y con microSD de 64 GB

Tabla 12 ESPECIFICACIONES DE GOPRO HERO 4

Fuente: <https://filmora.wondershare.es/action-camera/gopro-hero-4-silver-review.html>



Figura 25 CAMARA GOPRO HERO 4

Fuente:

https://s3.amazonaws.com/storage.wobiz.com/191/191288/images/Large/1618502571_5dcc2065a110456ec422f34e8ab1712f.191288.jpeg

6.2.9. Radiocontrol (Rx/Tx):

Este equipo requiere una comunicación de manera inalámbrica tanto para transmitir el video en tiempo real como la señal que permite pilotarlo a distancia por medio de un mando o transmisora, para ello debe emplearse un componente conocido como receptor (Rx), este componente es una tarjeta electrónica con antenas incorporadas que se utiliza para enviar y recibir señales transmitidas por el aire del medio.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Flysky
Nombre del artículo	Receptor FS-A8S
Canales	PPM 8CH, i-BUS 18CH
Tipo de modelo	Multi rotor
Rango de frecuencia	2.408 - 2.475 GHz
Longitud de la antena	26 mm
Voltaje de entrada	4 - 8.4 V
Indicador LED	Si
Dimensiones	20 x 14 x 5.3 mm
Distancia de comunicación	> 300 m

Tabla 13 ESPECIFICACIONES DE RECEPTOR FS-A8S

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-486964133-receptor-flysky-fs-i6-fs-a8s-24g-8ch-i-bus-sbus->

_JM



Figura 26 RECEPTOR RX PARA RADIOCONTROL

Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_770124-MCO32703746301_102019-O.jpg

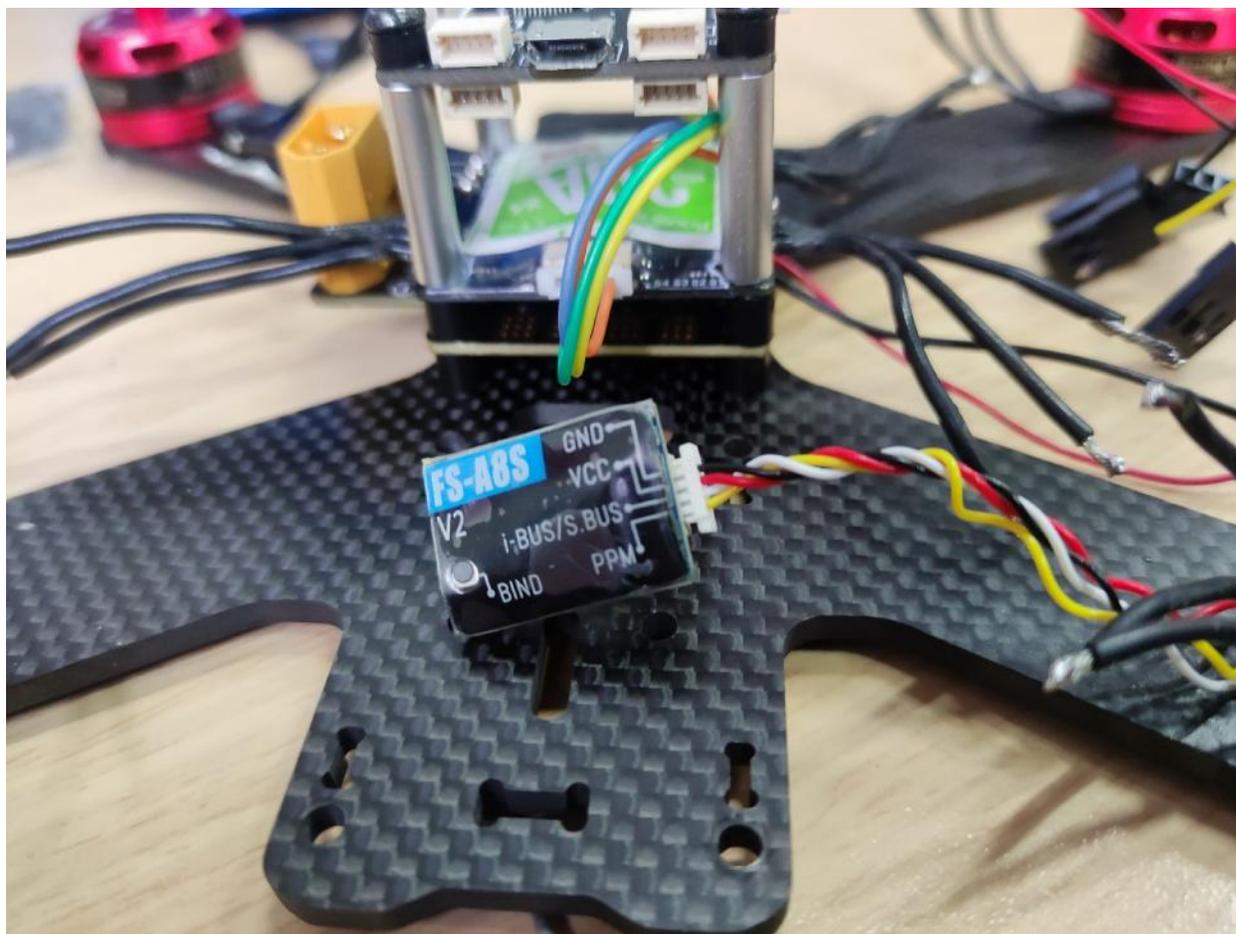


Figura 27 MONTAJE Y CONEXION DE RECEPTOR RX

Fuente: Imagen propia

La transmisora (Tx) es un control remoto con joysticks y botones configurables que permiten al piloto en tierra enviar que movimientos desea que la aeronave realice en el momento del vuelo, varíe la velocidad de respuesta o capture imágenes durante sus desplazamientos. Cada transmisora tiene diferente forma de emparejarle con la tarjeta receptora (Rx) que está incorporada en el fuselaje de la aeronave.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	Flysky
Nombre del artículo	Transmisora FS-I6
Canales	6 canales
Tipo de modelo	Cuadricóptero
Rango de frecuencia	2.408 - 2.475 GHz
Alarma de bajo voltaje	Si menos de 4.2V
Voltaje de entrada	6V DC (1.4AA x 4)
Indicador LED	Si
Dimensiones	174 x 89 x 190 mm
Peso	392 g

Tabla 14 ESPECIFICACIONES DE TRANSMISORA FS-I6

Fuente: <https://www.flysky-cn.com/fsi6>



Figura 28 RADIOCONTROL FS-I6 DE FLYSKY

Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_609941-MCO42969880338_082020-O.jpg

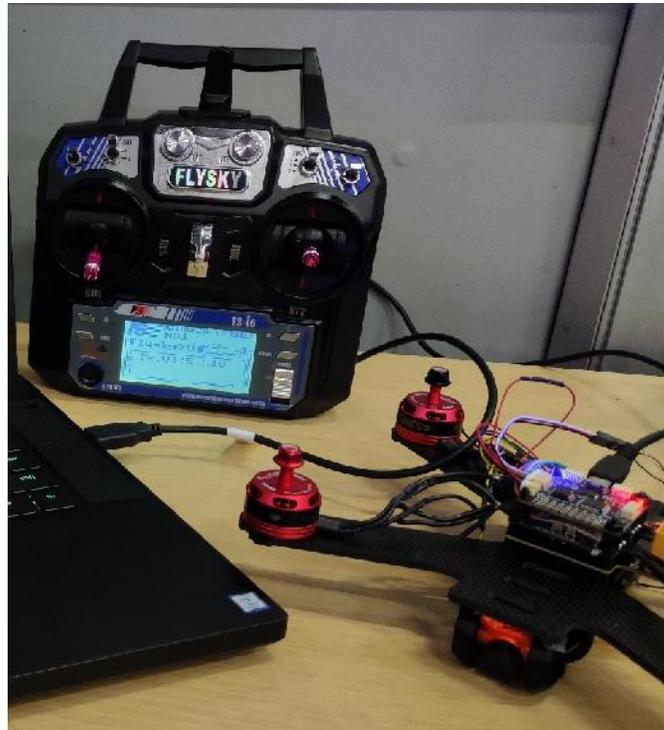


Figura 29 CONEXION Y VINCULACION DE TRANSMISORA CON DRONE

Fuente: Imagen propia

6.2.10. Sensores adicionales opcionales:

Como adicional, a este dron puede anexarse diferentes sensores que incrementen sus capacidades, uno de los más llamativos es el sensor GPS, es una antena que brinda la capacidad de comunicarse con satélites de ubicación alrededor de la tierra y que por medio de una triangulación ayuda mantener la ubicación en el espacio de las aeronaves no tripuladas y ya con desarrollos más profundos permiten realizar desplazamientos autónomos del dron. Estos sensores no se incluyeron en el montaje físico final, pero se tienen en cuenta por futuras mejoras de la aeronave.

ESPECIFICACIONES	
Nombre de marca	QWinOut
Nombre del artículo	Mini M8 N GPS
Peso	18 g
Velocidad de captura de satélites	6 satélites en 10 segundos
Compatibilidad con placas	APM, PIXHAWK, CC3D, SP Racing F3, NAZE32 y Flip32
Conector	5 pines APM o 6 pines PIXHAWK

Tabla 15 ESPECIFICACIONES DE MODULO GPS QWINOUT MINI M8

Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/qwinout-neo-m8-módulo-PX4-2-4-6-Pixhawk-bricolaje/dp/B01FXKQY1A>



Figura 30 MODULO GPS QWINOUT MINI M8

Fuente: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51Syjm96XkL._AC_UL210_SR210,210_.jpg

Luego de unificar todos los componentes mencionados obtenemos la siguiente aeronave no tripulada, un equipo fácil de instalar y modificable a gusto de cada persona que desee adentrarse en su creación.

6.3. Calibración inicial

Este proyecto que utiliza sensores inerciales para su funcionamiento requiere realizar una calibración manual que permita a dichos componentes adecuarse a la posición correcta y que de este modo dichos sensores indiquen la corrección óptima y exacta para los desplazamientos que se lleven a cabo durante los vuelos.

Apoyándonos en el software Cleanflight para configuración de drones se realiza la puesta a punto ajustando diferentes parámetros hasta conseguir el punto máximo de velocidad, maniobrabilidad, control y estabilidad que permitan a este proyecto destacar en sus dos principales funcionalidades, ser un drone racer y tener la capacidad de realizar tomas aéreas apreciables desde la perspectiva del mismo equipo.

Para configurar y calibrar inicialmente el dron utilizando la aplicación Cleanflight, se han seguido estos pasos detallados:

Conecto la controladora de vuelo SP Racing F3 a mi computadora mediante un cable USB. Me aseguro de que los controladores y el firmware necesario estén instalados en mi computadora.

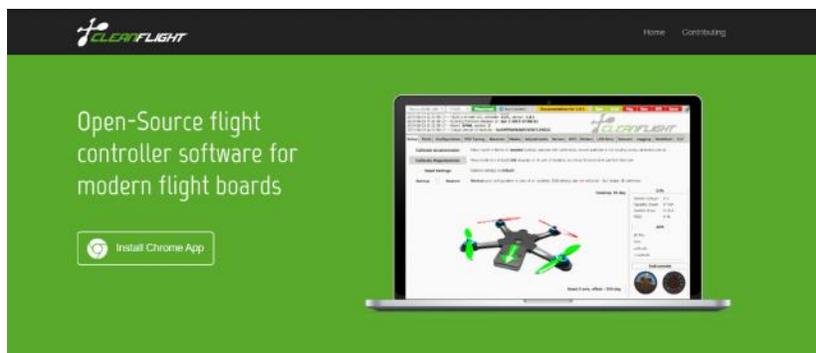


Figura 31 PAGINA DE INSTALACION DE CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Abro la aplicación Cleanflight en mi computadora y veo la interfaz de usuario principal de Cleanflight.

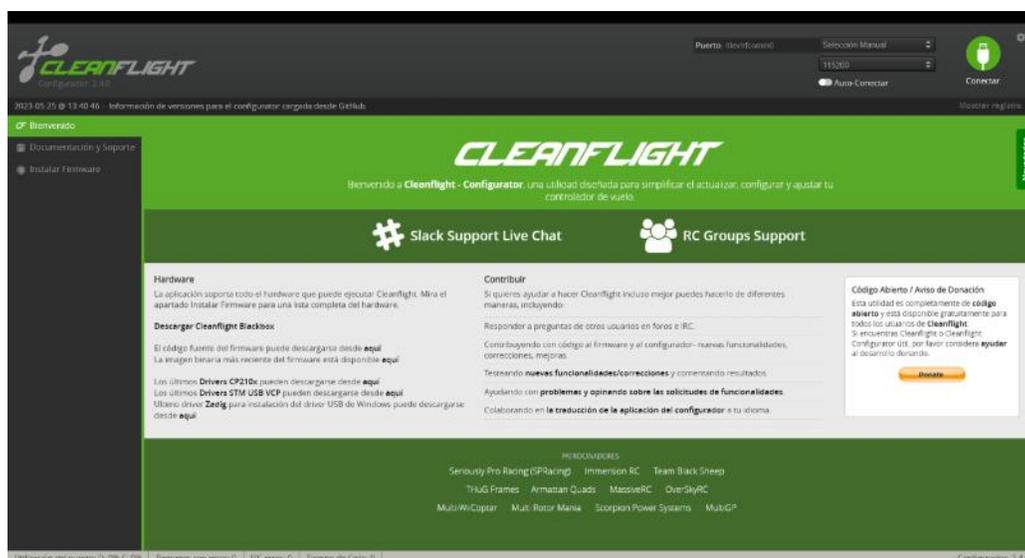


Figura 32 INTERFAZ PRINCIPAL DE USUARIO EN CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

En la parte superior derecha de la interfaz, selecciono el puerto COM #3 para establecer la conexión entre la controladora de vuelo y Cleanflight. Aseguro seleccionar la velocidad de conexión adecuada, generalmente 115200 baudios.

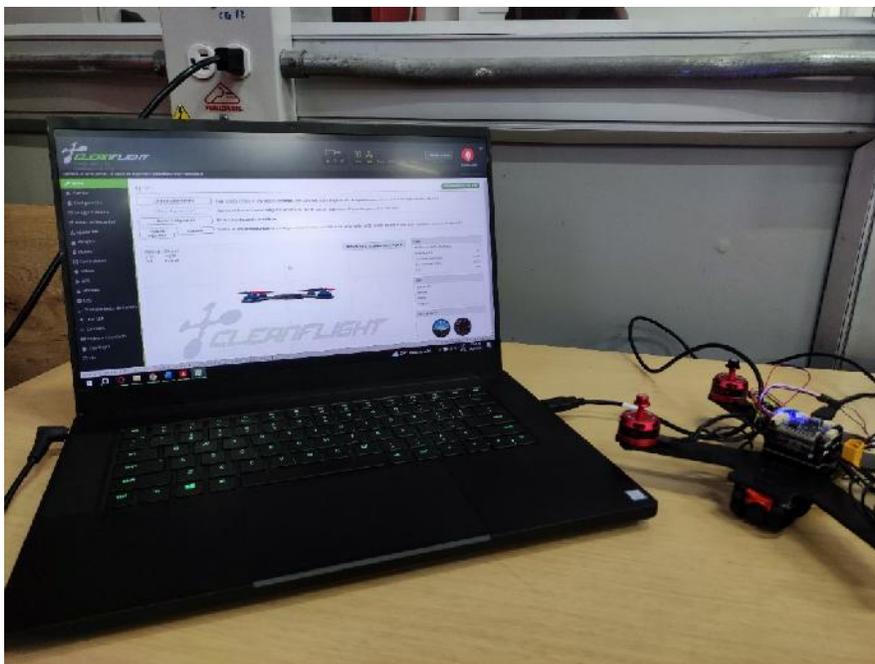


Figura 33 CONEXION Y COMUNICACION DEL DRONE CON EL PROGRAMA CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia



Figura 34 REPRESENTACION DEL DRONE DENTRO DE CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

En la sección "Board and Sensor Alignment", selecciono "X" como el tipo de frame, ya que el frame seleccionado coincide con la forma de "X".

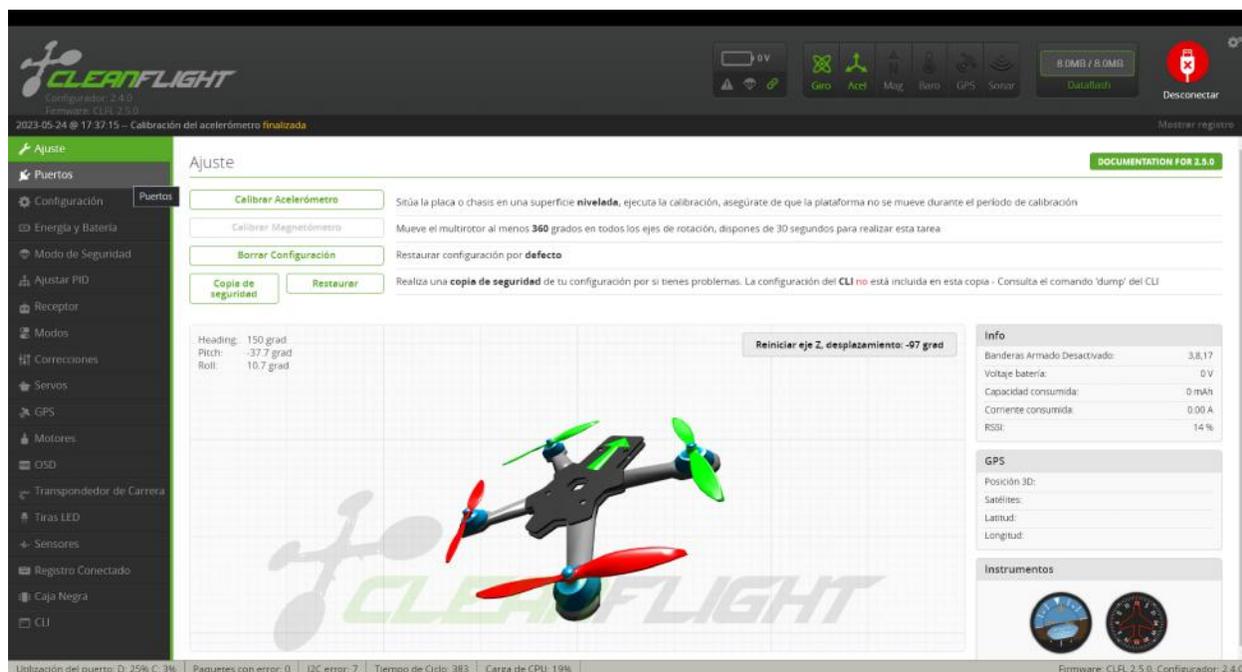


Figura 35 MUESTREO DE DRONE CON FORMA DE X DENTRO DE CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Procedo a calibrar el acelerómetro haciendo clic en el botón "Calibrate Accelerometer" en la sección "Calibration". Sigo las instrucciones en pantalla para colocar el drone en una posición estable durante la calibración.

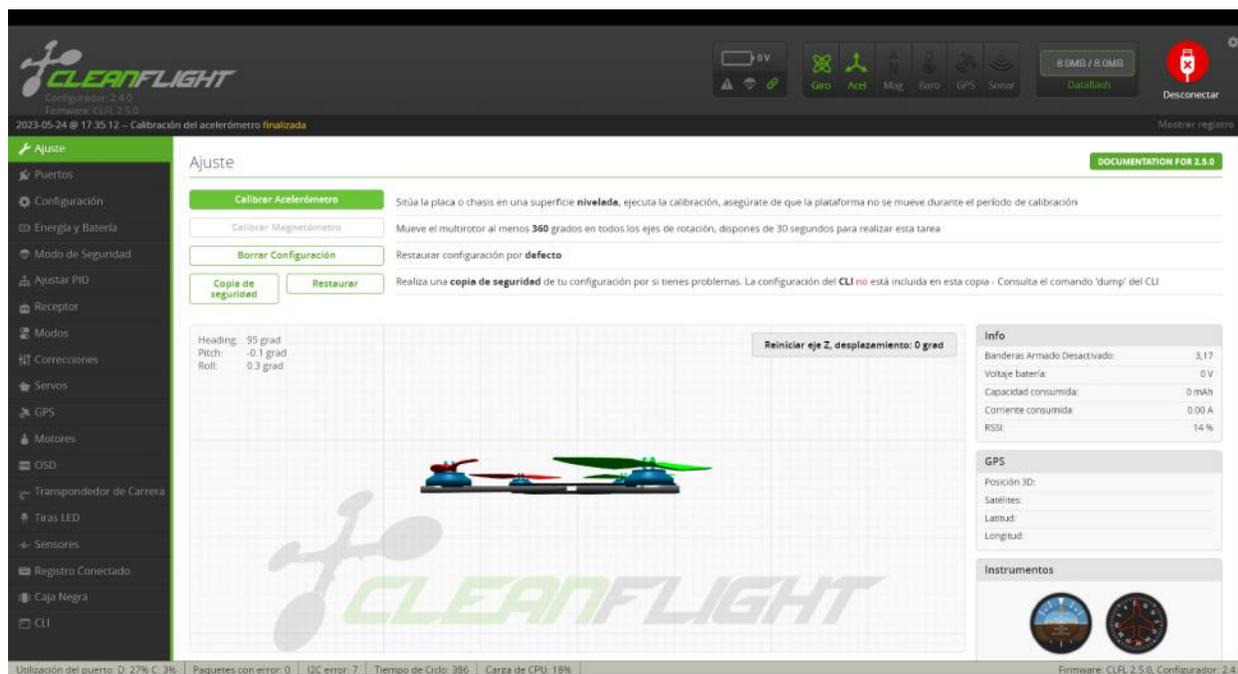


Figura 36 DRONE NIVELADO LUEGO DE SU CALIBRACION EN CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Se habilita manualmente el puerto UART 3 que permite la comunicación de la controladora de vuelo con la controladora de velocidad de los motores, creando así la posibilidad de que la aeronave se pueda sustentar variando la velocidad de rotación de los motores guiadas por las señales de inestabilidad identificadas por la IMU de la controladora de vuelo.

2023-05-24 @ 17:37:15 – Calibración del acelerómetro finalizada

Ajuste

Puertos

Configuración

Energía y Batería

Modo de Seguridad

Ajustar PID

Receptor

Modos

Correcciones

Servos

GPS

Motores

OSD

Transpondedor de Carrera

Tiras LED

Sensores

Registro Conectado

Caja Negra

CLI

Puertos

DOCUMENTATION FOR 2.1.6

Nota: no todas las combinaciones son válidas. Cuando el controlador de vuelo detecta esto la configuración del puerto se reinicila.
Nota: NO desactives MSP en el primer puerto serie a menos que sepas lo que estás haciendo. Puede que tengas que reinstalar y borrar la configuración si lo haces.

Identificador	Configuración/MSP	Rx Serie	Salida de Telemetría	Entrada de Sensores	Periféricos
UART1	<input checked="" type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Desactivado AUTO	Desactivado AUTO	Desactivado AUTO
UART2	<input type="checkbox"/> 115200	<input type="checkbox"/>	Desactivado AUTO	Desactivado AUTO	Desactivado AUTO
UART3	<input type="checkbox"/> 115200	<input checked="" type="checkbox"/>	Desactivado AUTO	Desactivado AUTO	Desactivado AUTO

Guardar y Reiniciar

Utilización del puerto: D: 21% C: 1% Paquetes con error: 0 IQC error: 7 Tiempo de Cdo: 377 Carga de CPU: 17% Firmware: CLFL 2.5.0, Configurador: 2.4.0

Figura 37 LIERACION DE PUERTOS UART DESDE CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

En la sección "Mixer", selecciono el tipo de mezcla de motores adecuada para un cuadricóptero. Aseguro que los motores estén correctamente asignados a los canales correspondientes.



Figura 38 CONFIGURACION DE MOTORES Y RESPUESTA DE ACELEROMETROS EN CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Configuro el modo de vuelo en la sección "Modos" (Modos), adecuó los interruptores o combinaciones de palancas de mi control remoto que activarán los diferentes modos de vuelo, como el modo estabilizado, acrobático o de retorno a casa.

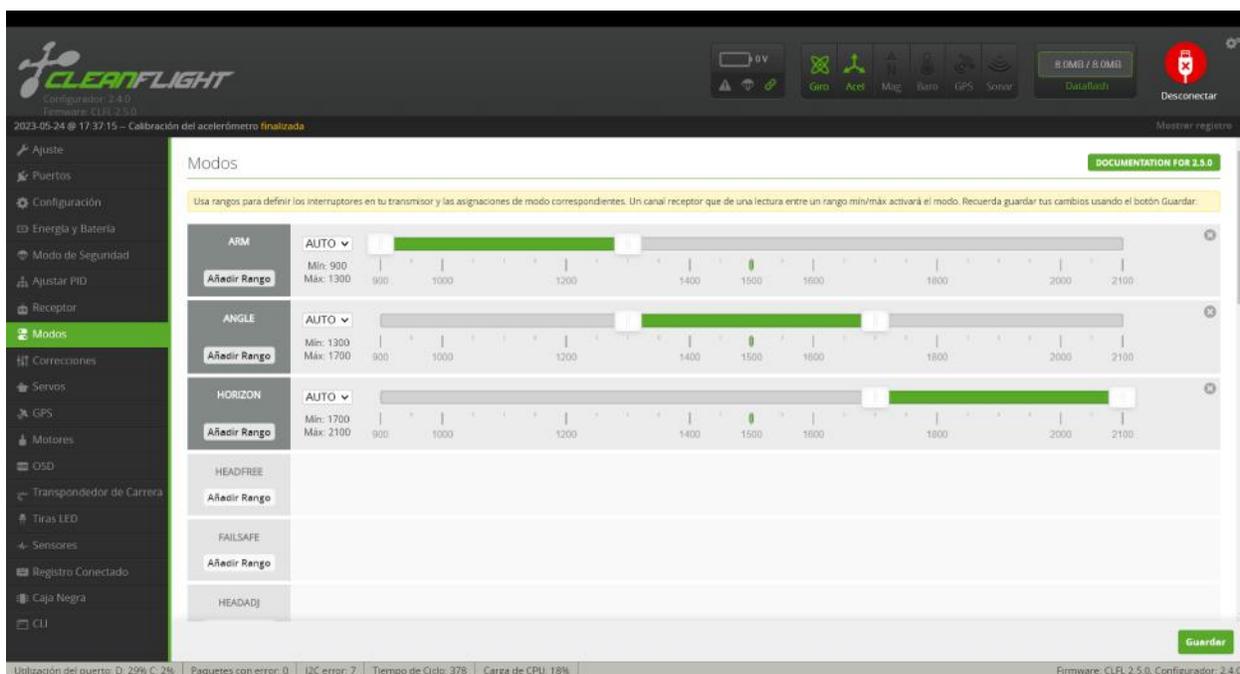


Figura 39 CONFIGURACION DE MODOS DE VUELO EN CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Se realiza una revisión de respuesta en la conexión de cada uno de los canales manejados entre la transmisora y el receptor del dron conectado, en la pestaña de “Reciver” se muestra la respuesta de cada canal incluyendo los joystisk de control de vuelo con valores entre 747 y 2100.

The screenshot displays the CLEANFLIGHT software interface, specifically the 'Receptor' configuration page. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Shows the CLEANFLIGHT logo, version 2.4.0, and firmware CLR 2.5.0. It also includes a battery level indicator (0V) and various sensor status icons (Geo, Accel, Mag, Baro, GPS, Sonar). A 'Desconectar' button is visible on the right.
- Left Sidebar:** A navigation menu with options like 'Ajuste', 'Puertos', 'Configuración', 'Energía y Batería', 'Modo de Seguridad', 'Ajustar PID', 'Receptor' (highlighted), 'Modos', 'Correcciones', 'Servos', 'GPS', 'Motores', 'OSD', 'Transpondedor de Carrera', 'Tiras LED', 'Sensores', 'Registro Conectado', 'Caja Negra', and 'CLI'.
- Main Configuration Area:**
 - Receptor:** A section with a warning message and a table of channel settings:

Channel	Value
Roll [A]	1500
Pitch [E]	1500
Yaw [R]	1500
Acelera. [T]	885
AUX 1	747
AUX 2	747
AUX 3	747
AUX 4	747
AUX 5	747
AUX 6	747
AUX 7	747
AUX 8	747
 - Mapa de Canales:** A dropdown menu set to 'AETR1234' and a 'Canal RSSI' dropdown set to 'Desactivado'.
 - Umbral 'Palanca Baja':** Three sliders for 'Palanca Centro' (1050), 'Palanca Centro' (1500), and 'Umbral 'Palanca Alta' (1900).
 - Banda muerta RC:** Three sliders for 'Banda muerta RC' (0), 'Banda muerta Yaw' (0), and 'Banda Muerta 3D Acelerador' (50).
 - Interpolación de RC:** A dropdown menu set to 'Auto' and a label 'Interpolación de RC'.
 - Vista Previa:** A small 3D model of a drone in the bottom right corner.
- Bottom Bar:** Displays system statistics: 'Utilización del puerto: 0', 'Paquetes con error: 0', 'I2C error: 7', 'Tiempo de Ciclo: 377', 'Carga de CPU: 18%', and 'Firmware: CLR 2.5.0, Configurador: 2.4.0'. 'Actualizar' and 'Guardar' buttons are also present.

Figura 40 REVISION DE COMUNICACION INALAMBRICA EN CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Guardo y sobrescribo la configuración una vez que haya realizado todas las configuraciones necesarias, hago clic en el botón "Save and Reboot" (Guardar y reiniciar) para aplicar los cambios en la configuración de mi dron. Me aseguro de que el dron esté desconectado de la computadora antes de reiniciar.

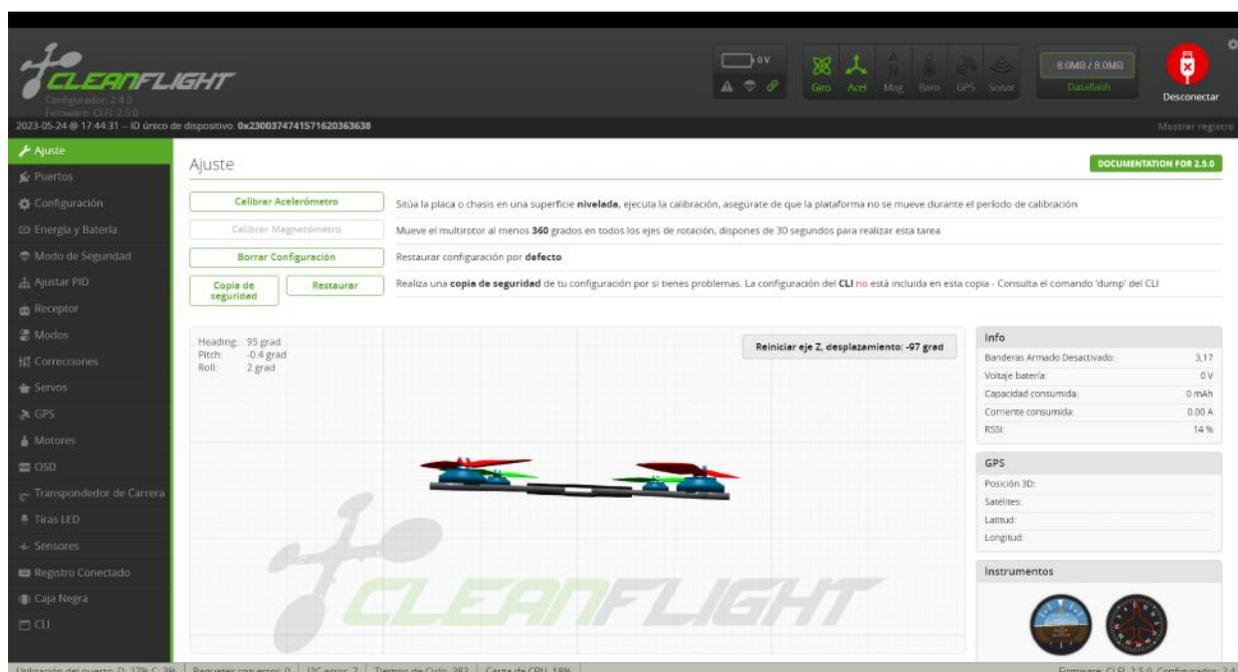


Figura 41 SOBRESCRITURA DE CONFIGURACION Y DESCONEXION FINAL DEL PROGRAMA CLEANFLIGHT

Fuente: Imagen propia

Es importante recordar que este es solo un resumen general del proceso de configuración y calibración inicial utilizando la aplicación Cleanflight. Cada dron puede tener características específicas y necesidades adicionales de configuración. Recomiendo consultar la documentación específica del dron y explorar recursos adicionales, como tutoriales y foros en línea, para obtener información más detallada y precisa sobre la configuración de un dron en particular.

7. Conclusiones

-)] Se logró crear y configurar una aeronave no tripulada de buenas prestaciones con la velocidad y maniobrabilidad que exhiben los drones racer y con la posibilidad de montar en él cámaras especializadas en la captura de imágenes mientras se realiza el vuelo.
-)] Para la construcción del fuselaje y la aerodinámica del equipo se realizó investigación de las propiedades mecánicas de diferentes materiales de impresión 3D descubriendo que el ABS es un material lo suficientemente resistente y liviano que permita tener una aeronave no tripulada con aerodinámica optima para desplazamientos agiles en el aire y un bajo peso que incrementa su eficiencia en vuelo.
-)] La facilidad de acceso a las nuevas tecnologías como la impresión 3D han brindado un apoyo indispensable al momento de crear este dron ya que todo su fuselaje externo y algunos soportes internos de los componentes han sido creados a partir de dichas maquinas.
-)] Durante el proceso de armado de la aeronave se observó que el diseño inicial de la misma presentaba inconsistencias con algunos de los componentes seleccionados para el montaje, pero esto demostró la versatilidad de este equipo al cambio y modificación de su entregable final. Lo anterior es un punto muy positivo enfocado en el tema educativo ya que los grupos de estudio que deseen ejecutar este montaje no se verán obligados a utilizar exactamente los mismos componentes o diseño, cada uno puede incluir ideas y prototipos desarrollados por sus propios medios y con gran variedad de piezas ofrecidas en el mercado de diferentes marcas.
-)] Dependiendo del enfoque final al que se desee llevar el dron se puede optar por diferentes ramas de configuraciones del mismo; buscando un equipo competitivo y cuyo principal objetivo sea maniobrabilidad, agilidad y velocidad en sus desplazamientos se creará una aeronave liviana, con piezas de gran capacidad de respuesta y pequeño tamaño, por otro

lado buscando una opción mas enfocada a la toma de imágenes aéreas o capacitación de pilotos se usaría sensores de posicionamiento como antenas GPS para posicionamiento satélites y sensores ultrasónicos para evitar colisiones dando como resultado un drone estable y fácil de manejar que permita capturas imágenes con calidad excelente en vuelo evitando colisiones y movimientos bruscos.

-) El mundo de los drones tiene un gran atractivo dentro de las comunidades, se puede evidenciar tomando en cuenta que durante el proceso de fabricación y mas aun en las pruebas de vuelo personas de todas las edades prestan atención y se acercan a consultar sobre la aeronave, esto implica que dentro de la comunidad educativa incluir este tipo de proyectos motivará a los estudiantes con un interés genuino en las nuevas tecnologías.

8. Recomendaciones

-) Se evidencia durante el montaje de la aeronave no tripulada la flexibilidad que el diseño del fuselaje ofrece en su adaptación, al utilizar diferentes componentes la forma del diseño original del equipo puede ser modificada para encajar partes electrónicas diversas sin llegar a afectar de sobremanera las capacidades aerodinámicas o la forma del dron en gran medida.
-) Hay variedad de configuraciones que se pueden utilizar para crear un drone con diferentes enfoques o capacidades, es un proyecto que busca motivar a las comunidades a que utilicen su creatividad y enfoquen el desarrollo de la aeronave a las capacidades que deseen ya sea un drone pequeño y ágil para competencias o un equipo mas robusto y estable para tomas aéreas más profesionales.
-) Se deben usar componentes electrónicos de buena calidad y capacidad, ya que estos son los principales sustentadores del equipo en el aire y deben poseer la robustez suficiente para la exigencia de tener una aeronave en vuelo rápido con las posibilidades de tener colisiones.
-) En caso de pretender construir una aeronave no tripulada con mayores capacidades a las que aquí se presentan, es decir, posibilidades como utilizar posicionamiento GPS o

sensores ultrasónicos que eviten colisiones con objetos solidos cercanos se pueden insertar sin ningún inconveniente, solo deberá buscar una ubicación estratégica para los mismos y configurarlos en la conexión para que sean funcionales.

Referencias bibliográficas

Ríos, Y. (2018). Uso de drones como herramienta educativa en las universidades.

Tello, C. M., Serrano, P. M. L., Ramírez, V. R., Miranda, A. T., & Salas, M. D. U. (2021). Experiencia educativa de drones en silvicultura 4.0, competencias específicas del profesional forestal. *e-CUCBA*, (17), 79-87.

GARCÍA-CABAÑAS BUENO, J. A., MUÑOZ SAIFE, J. R., & ALBARES JUBIN, J. A. I. M. E. (2018). *Guía de mantenimiento y reparación de drones (RPAS)*. Ediciones Paraninfo, SA.

Sanz Gómez, J. (2019). *Montaje y configuración de un dron de carreras. Estudio de empuje y autonomía* (Bachelor's thesis).

Cientanni. (n.d.). *AESIR II*. etarfi.org. Retrieved March 12, 2016, from <https://www.etarfi.org/projects/aesir-ii>

Shimomura, R., Kawai, S., & Nobuhara, H. (2018, October). Designing a safe drone with the Coanda effect based on a self-organizing map. In *2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (pp. 4171-4177). IEEE.

Lee, H., Han, S., Lee, H., Jeon, J., Lee, C., Kim, Y. B., ... & Choi, H. R. (2017). Design optimization, modeling, and control of unmanned aerial vehicle lifted by Coand effect. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 22(3), 1327-1336.