



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y fabricación de un prototipo de dron

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Santiago Huete, Alejandro

Tutor/a: Conejero Rodilla, Andrés

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

RESUMEN

Diseño y fabricación de un prototipo de dron.

En la actualidad el uso de drones se ha extendido a numerosos campos, así como la seguridad, la filmación o eventos deportivos. Es por este motivo que existen numerosos diseños de este tipo de vehículo aéreo dependiendo de su utilización. En este proyecto se lleva a cabo el proceso de fabricación de un dron que pretende dotar de una estética determinada y funcionalidad al chasis donde se ubican los diferentes componentes. El proceso comprende un estudio inicial donde se establecen una serie de factores limitantes en base a la estética, la aerodinámica, los componentes, el peso y el proceso de fabricación. Seguidamente, se realiza un bocetado inicial del chasis en el que se tiene en cuenta la apariencia del producto sin dejar de lado la optimización de la geometría y su funcionalidad. Una vez seleccionado el concepto, se modelan las diferentes piezas y se realiza una comprobación del peso del prototipo previo a su impresión mediante impresión 3D sinterizada. Finalmente, se procede al ensamblaje de la electrónica y las diferentes partes del chasis. Como resultado final, se obtiene un vehículo aéreo capaz de mantener de manera autónoma un nivel de vuelo controlado y sostenido que cuenta con un chasis funcional y estéticamente atractivo.

Dron, diseño, fabricación propia, impresión 3D.

ABSTRACT

Design and manufacture of a drone prototype.

Nowadays the use of drones has spread to numerous fields, as well as security, filming or sport events. It is for this reason that there are numerous designs of this type of air vehicle depending on their use. In this project the manufacturing process of a drone is carried out aiming to provide a certain aesthetic and functionality to the chassis where the different components are located. The process comprises an initial study where a series of limiting factors are established based on aesthetics, aerodynamics, components, weight, and manufacturing process. The process involves an initial selection of drone electronics. Then, an initial sketch of the chassis considering the appearance of the product without neglecting the optimization of the geometry and its functionality. Once the concept is selected, the different parts are modelled, and the weight of the prototype is checked. After that, all the parts are printed by sintered 3D printer. Finally, the electronics and the different parts of the chassis are assembled forming the drone. As a result, an aerial vehicle capable of autonomously maintaining a controlled and sustained flight level is obtained. This drone has a functional and aesthetically attractive chassis.

Drone, design, own manufacturing, 3D printing.

RESUM

Disseny i fabricació d'un prototip de dron.

En l'actualitat l'ús de drons s'ha estés a nombrosos camps, així com la seguretat, la filmació o esdeveniments esportius. És per aquest motiu que existeixen nombrosos dissenys d'aquesta mena de vehicle aeri depenent de la seua utilització. En aquest projecte es duu a terme el procés de fabricació d'un dron que pretén dotar d'una estètica determinada i funcionalitat al xassís on se situen els diferents components. El procés comprén un estudi inicial on s'estableixen una sèrie de factors limitants sobre la base de l'estètica, l'aerodinàmica, els components, el pes i el procés de fabricació. Seguidament, es realitza un esbós inicial del xassís en el qual es té en compte l'aparença del producte sense deixar de costat l'optimització de la geometria i la seua funcionalitat. Una vegada seleccionat el concepte, es modelen les diferents peces i es realitza una comprovació del pes del prototip previ a la seua impressió mitjançant impressora 3D sinteritzada. Finalment, es procedeix a l'assemblatge de l'electrònica i les diferents parts del xassís. Com a resultat final, s'obté un vehicle aeri capaç de mantindre de manera autònoma un nivell de vol controlat i sostingut que compta amb un xassís funcional i estèticament atractiu.

Dron, disseny, fabricació pròpia, impressió 3D.

Índice

1. Introducción	9
1.1 Justificación del trabajo.....	9
1.2 Estructura	9
2. Objetivos	11
3. Contexto Inicial.....	12
3.1 Definición de dron	12
3.2 Historia de los drones.....	12
3.3 Tipos de drones	13
3.3.1 Clasificación según configuración	14
3.3.2 Clasificación Europea de drones	15
3.3.3 Clasificación según su aplicación.....	16
3.4 Anatomía de un dron.....	18
3.5 Principios básicos de vuelo.....	20
4. Estudio Inicial	23
4.1 Análisis de referentes	23
4.2 Análisis de la línea a seguir	26
4.3 Componentes seleccionados.....	28
4.4 Factores a Considerar	30
4.4.1 Limitaciones aerodinámicas	30
4.4.2 Limitaciones espaciales	32
4.4.3 Limitaciones de peso	33
4.5 Proceso de fabricación: Impresión mediante sinterizado	34
4.5.1 Guía de diseño para impresión.....	35
5. Planteamiento de soluciones	37
5.1 Bocetado inicial	37
5.2 Generación de alternativas	39
5.2.1 Alternativa 1	39
5.2.2 Alternativa 2	40
5.2.3 Alternativa 3	41
5.2.4 Alternativa 4	42
5.3 Justificación de la solución adoptada	43
5.3.1 Criterios de evaluación	43
5.3.2 Métodos de evaluación y selección	44
5.3.3 Suma ponderada	44
5.3.4 Regla de la mayoría	45
5.3.5 Matriz de selección filtrada	45

6. Descripción de la solución final.....	46
6.1 Proceso de modelado.....	47
6.2 Justificación detallada de los elementos de la solución final.....	50
6.2.1 Suelo inferior.....	50
6.2.2 Soporte de la placa base.....	52
6.2.3 Brazo delantero inferior.....	53
6.2.4 Brazo delantero superior.....	54
6.2.5 Brazos traseros.....	55
6.2.6 Soporte para los brazos delanteros.....	56
6.2.7 Soporte para los brazos traseros.....	57
6.2.8 Cubierta superior.....	58
6.3 Propuesta de acabados para la solución final.....	62
7. Desarrollo del prototipo.....	64
7.1 Paso 1: Impresión sinterizada.....	65
7.2 Paso 2: Chorreo de arena.....	66
7.3 Montaje de componentes electrónicos.....	67
7.4 Generación de agujeros roscados.....	68
7.5 Ensamblaje.....	69
8. Conclusiones.....	72
9. Pliego de condiciones.....	73
9.1 Objeto.....	73
9.2 Normativa de carácter general.....	73
9.3 Condiciones técnicas.....	74
9.3.1 Condiciones técnicas de los materiales utilizados, características y condiciones de suministro.....	74
9.3.2 Condiciones técnicas de los procesos de fabricación y selección de maquinaria.....	78
9.3.3 Proceso de montaje.....	80
9.4 Control de calidad, pruebas y ajustes finales.....	81
10. Presupuesto.....	82
10.1 Coste de impresión y chorreo por arena.....	82
10.2 Coste de recursos.....	85
10.3 Coste de componentes.....	85
10.4 Coste total y conclusiones.....	86
11. Bibliografía.....	87

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: The Bothezat [Imagen] Fuente: Verticalmag.com	13
Ilustración 2: Dron Ala fija [Imagen] Fuente: estudigy.com	14
Ilustración 3: Dron ala rotativa [Imagen] Fuente: Amazon.....	14
Ilustración 4: Clases EASA [Imagen] Fuente: EASA	15
Ilustración 5: Dron de Reparto [Imagen] Fuente: the logisticsworld.com.....	17
Ilustración 6: Dron agrícola [Imagen] Fuente: rmsgeoespacial.com	17
Ilustración 7: Componentes del dron [Imagen] Fuente: EASA	20
Ilustración 8: Principio de sustentación [Imagen] Fuente: manualdevuelo.com	21
Ilustración 9: Movimientos del dron [Gráfico] Fuente: elaboración propia	22
Ilustración 10: Dron Mavic Mini [Imagen] Fuente: DJI	24
Ilustración 11: Parrot dron [Imagen] Fuente: tienda24h.com.....	24
Ilustración 12: HG03 dron [Imagen] Fuente: worten.com	25
Ilustración 13: Eachine E58 dron [Imagen] Fuente: Amazon.com.....	25
Ilustración 14: F1 Moodboard [Imagen] Fuente: Elaboración propia	26
Ilustración 15: Túnel de viento F1 [Imagen] Fuente: astonmarfinf1	27
Ilustración 16: Fuerzas opuestas [Gráfico] Fuente: Elaboración propia	28
Ilustración 17: PCB Dron [Imagen] Fuente: Elaboración propia	28
Ilustración 18: Motores Dron [Imagen] Fuente: amazon.com	29
Ilustración 19: Batería [Imagen] Fuente: amazon.com	29
Ilustración 20: Helices [Imagen] Fuente: amazon.com	30
Ilustración 21: Engranaje motor [Imagen] Fuente: amazon.com	30
Ilustración 22: Ángulo ala delantera [Gráfico] Fuente: Elaboración propia	31
Ilustración 23: Perfil brazos del dron [Gráfico] Fuente: Elaboración propia.....	31
Ilustración 24: Batería y placa [Imagen]Fuente: Elaboración propia.....	32
Ilustración 25: FormLabs FUSE [Imagen] Fuente: FormLabs	35
Ilustración 26 Tamaño de agujeros [Imagen] Fuente: formlabs.com.....	36
Ilustración 27: Grosor de paredes [Imagen] Fuente: formlabs.com.....	36
Ilustración 28: Tolerancias entre piezas [Imagen] Fuente: formlabs.com	36
Ilustración 29: Bocetos iniciales 1 [Boceto] Fuente: Elaboración propia	37
Ilustración 30: Bocetos iniciales 2 [Boceto] Fuente: Elaboración propia	38
Ilustración 31: Bocetos motor [Boceto] Fuente: Elaboración propia	38
Ilustración 32 Alternativa 1 [Boceto] Fuente: Elaboración propia	39
Ilustración 33: Alternativa 2 [Boceto] Fuente: Elaboración propia	40
Ilustración 34: Alternativa 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	41
Ilustración 35: Alternativa 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	42
Ilustración 36: Ponderación atributos 1 [Tabla] Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 37: Calificación atributos 1 [Tabla] Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 38: Resultado de la suma [Tabla] Fuente: Elaboración propia	45
Ilustración 39: Regla de la mayoría [Tabla] Fuente: elaboración propia	45
Ilustración 40: Matriz selección filtrada [Tabla] Fuente: Elaboración propia	46
Ilustración 41: Modelado 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	47
Ilustración 42: Modelado 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	48
Ilustración 43: Modelado 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	48
Ilustración 44: Modelado 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	48
Ilustración 45: Modelado 5 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	49
Ilustración 46: Modelado 6 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	49
Ilustración 47: Modelado 7 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	49
Ilustración 48: Modelado 8 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	49
Ilustración 49: Suelo [Modelado] Fuente: Elaboración propia.....	51
Ilustración 50: Soporte placa [Modelado] Fuente: Elaboración propia.....	52

Ilustración 51: Brazo delantero Inferior [Modelado] Fuente: Elaboración propia	53
Ilustración 52: Brazo delantero superior [Modelado] Fuente: Elaboración propia.....	55
Ilustración 53: Brazo trasero superior [Modelado] Fuente: Elaboración propia	56
Ilustración 54: Brazo trasero inferior [Modelado] Fuente: Elaboración propia.....	56
Ilustración 55: Soporte brazos delanteros [Modelado] Fuente: Elaboración propia	57
Ilustración 56: Soporte brazos traseros [Modelado] Fuente: Elaboración propia.....	57
Ilustración 57: Cubierta Superior [Modelado] Fuente: Elaboración propia	59
Ilustración 58: Cubierta, ala delantera [Modelado] Fuente: Elaboración propia	60
Ilustración 59: Cubierta, morro [Modelado] Fuente: Elaboración propia	60
Ilustración 60: Cubierta, ala trasera [Modelado] Fuente: Elaboración propia	61
Ilustración 61: Cubierta reverso [Modelado] Fuente: Elaboración propia	62
Ilustración 62: Paleta de colores [Imagen] Fuente: Elaboración propia	63
Ilustración 63: Propuesta Acabados 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	63
Ilustración 64: Propuesta acabados 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	63
Ilustración 65: Render de vuelo [Imagen] Fuente: Elaboración propia	64
Ilustración 66: Impresión sinterizada [Imagen] Elaboración propia.....	65
Ilustración 67: Soporte brazos 2 impreso [Imagen] Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 68: Brazos traseros impresos [Imagen] Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 69: Brazos delanteros impresos [Imagen] Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 70: Soporte brazos 1 impreso [Imagen] Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 71: Suelo Impreso [Imagen] Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 72: Soporte Placa Impreso [Imagen] Fuente: Elaboración propia	66
Ilustración 73: Cubierta impresa [Imagen] Elaboración propia	67
Ilustración 74: Electrónica soldada [Imagen] Fuente: Elaboración propia	67
Ilustración 75: Agujeros roscados [Imagen] Fuente: Elaboración propia	68
Ilustración 76: Montaje 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 77: Montaje 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 78: Montaje 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 79: Montaje 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 80: Montaje 5 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 81: Montaje 6 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 82: Prototipo 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	71
Ilustración 83: Prototipo 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	71
Ilustración 84: Prototipo 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	71
Ilustración 85: Prototipo 5 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	71
Ilustración 86: Prototipo 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia	71
Ilustración 87: Tornillos DIN968 [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	75
Ilustración 88: Características térmicas [Tabla] Fuente: Sanmetal.es	76
Ilustración 89: Características mecánicas [Tabla] Fuente: Sanmetal.es	77
Ilustración 90: Características eléctricas [Tabla]Fuente: Sanmetal.es.....	77
Ilustración 91: Proceso Sinterizado [Imagen] Fuente: Extremetech.com	78
Ilustración 92: Cracterísticas FUSE 1 [Imagen] Fuente:FormLabs	79
Ilustración 93: FUSE 1 [Imagen] Fuente: FormLabs.....	79
Ilustración 94: Máquina de chorro de arena [Imagen] Fuente: herramientasymaquinariaindustrial.es	80
Ilustración 95: Coste_1 [Imagen] Fuente: Materialise	82
Ilustración 96: Coste_3 [Imagen] Fuente: Materialise	83
Ilustración 97: Coste_2 [Imagen] Fuente: Materialise	83
Ilustración 98: Coste_5 [Imagen] Fuente: Materialise	84
Ilustración 99: Coste_4 [Imagen] Fuente: Materialise	84
Ilustración 100: Coste_6 [Imagen] Fuente: Materialise	85
Ilustración 101: Coste Componentes [Imagen] Fuente: Elaboración propia.....	85

1. Introducción

Actualmente, la tecnología aplicada a los drones ha revolucionado diversos campos, desde la industria hasta la fotografía y la seguridad. Estos dispositivos aéreos no tripulados han demostrado un potencial significativo, impulsando el interés en su diseño y optimización. Su popularidad ha aumentado de tal manera que existen innumerables marcas, modelos y tipos diferentes de este tipo de vehículos. Además, su accesibilidad se ha visto aumentada a la par que su popularidad debido al reducido coste de algunos modelos.

En este trabajo de fin de grado (TFG), se ha querido llevar a cabo el diseño y la auto fabricación de un dron, partiendo de un estudio inicial del que se extraerán una serie de requerimientos y condicionantes claves. Este recogerá el proceso de diseño llevado a cabo desde el planteamiento de los objetivos hasta la fabricación del prototipo final.

1.1 Justificación del trabajo

A raíz de observaciones generales, se ha podido comprobar que la gran parte de los drones destinados al aprendizaje y el sector aficionado del aeromodelismo, cuentan con un diseño muy similar. La tendencia del diseño de todos estos modelos es simple, rectangular y bastante parecida entre unos y otros. Presentan un cuerpo central compacto y con forma de caja, que únicamente enjaula los componentes y no resulta estéticamente atractivo.

Debido a los motivos descritos, se ha decidido llevar a cabo este trabajo para desarrollar un concepto de dron que no atienda a esta estética. Además, se trata de un proyecto que conlleva un proceso de auto fabricación, este reforzará los resultados obtenidos durante la generación del diseño final y permitirá dominar otras competencias como la electrónica, la seguridad y la fabricación.

1.2 Estructura

El presente TFG se estructura en relación con los pasos a seguir durante un proceso de diseño. Por este motivo, el trabajo se divide en cinco partes fundamentales.

En primer lugar, se establecerá un contexto inicial sobre el que comenzar a desarrollar el proyecto. Seguidamente, se llevará a cabo un exhaustivo estudio inicial a través del cual establecer una serie de requerimientos para el diseño. Una vez establecidos, se procederá con la generación de las primeras alternativas a través de bocetos e ilustraciones.

Con las alternativas propuestas, estas serán evaluadas para extraer una propuesta final que cumpla con los criterios establecidos. A continuación, se describirá el concepto obtenido y

se ofrecerán los detalles de sus materiales, proceso de fabricación, partes y acabados. Al tratarse de un proyecto que incluye la fabricación de un prototipo, también se incluirán todos los detalles acerca de su fabricación y montaje.

Finalmente, el proyecto recogerá los planos necesarios para la comprensión del diseño, el pliego de condiciones y el presupuesto que ha implicado este trabajo.

2. Objetivos

Para el desarrollo del presente trabajo de fin de grado se ha establecido el siguiente objetivo principal:

Se pretende diseñar un prototipo de dron a partir de una electrónica y una estética previamente estudiadas y seleccionadas. Para ello, se deberán cumplir una serie de objetivos específicos:

- Interpretar la estética seleccionada para el diseño del chasis y trasladar sus características fundamentales al diseño final.
- Desarrollar las bases de los principios aerodinámicos y de vuelo de un dron para poder aplicarlos durante la fase de diseño.
- Seleccionar un proceso de auto fabricación accesible y apropiado para las características del trabajo.
- Generar un modelado de acuerdo con los requerimientos, limitaciones y condicionantes establecidos durante el proceso de diseño.
- Obtener un prototipo de dron funcional que incorpore los componentes seleccionados y se adapte a las limitaciones y requerimientos del trabajo.

3. Contexto Inicial

En el mundo actual, el desarrollo de la tecnología resulta de vital importancia a la hora de abordar desafíos a nivel global y apuntar hacia el futuro. En este contexto, el uso de drones ha crecido significativamente debido a su versatilidad a la hora de adaptarse a todo tipo de situaciones. Conocer la trayectoria e innovaciones que han dado forma a los drones a lo largo del tiempo es fundamental para explorar las oportunidades que ofrecen actualmente y el impacto que tendrán en el futuro.

3.1 Definición de dron

Para comprender su historia y evolución, se ha de presentar en primer lugar su definición. Un dron se trata de un vehículo aéreo no tripulado capaz de mantener un vuelo estable de manera autónoma (*concepto de definición*, s. f.). Suelen utilizarse las siglas UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) para referirse a ellos por tratarse de una sencilla definición en la lengua inglesa.

3.2 Historia de los drones

El inicio de los drones se remonta a 1849, año en el cual el ejército Austriaco desarrolló la primera aeronave en una guerra contra Venecia. Se implementaron globos con explosivos que fueron lanzados buscando impactar contra los enemigos, sin embargo, estos primeros dependían en gran medida de las condiciones del entorno (J.Gross, 2023).

Años más tarde en 1890, Otto Lilienthal, quién fue un pionero alemán interesado en el diseño experimental de aviones, lanzó el que es considerado primer vuelo no tripulado de la historia. De la misma manera, el físico, astrónomo e inventor Samuel Pierpont logró lanzar un avión no tripulado durante casi una milla a largo del río Potomac en 1986 (HD Drones, s.f.), proyecto que sería abandonado por tratarse de un avión tripulado remodelado para la ocasión.

A pesar de los avances realizados, la tecnología con la que se contaba no era suficiente y los ejércitos se centraron en el desarrollo de las aeronaves tripuladas. Ya en 1916, el desarrollo de los drones fue de la mano de los misiles como una forma de guiar explosivos para alcanzar diferentes blancos, este tipo de tecnología fue desarrollada con éxito pero sin llegar a fabricarse en serie debido a la finalización de la guerra.

Fue en 1922 cuando se voló por primera vez un cuadricóptero con éxito, conocido como *The Bothezat*, utilizaba rotores en estructura de X. Sin embargo, su complejidad mecánica suponía una carga de trabajo muy alta para el piloto de la aeronave. Con el comienzo de la segunda guerra mundial, el desarrollo de vehículos no tripulados comenzó a expandirse especialmente en Alemania



Ilustración 1: The Bothezat [Imagen] Fuente: Verticalmag.com

(Hernando, 2016). Se desarrollaron numerosos misiles guiados y bombas planeadoras guiadas por radiocontrol para atacar los buques de guerra. Por su parte, los aliados, también utilizaron aviones no tripulados como el dron de asalto TDR-1 utilizado por la marina estadounidense. Este dron era pilotado por vídeo, se controlaba de forma remota desde un avión a través de un cámara.

La guerra permitió mostrar el desarrollo en la tecnología de drones por los diferentes ejércitos involucrados. A medida que los avances fueron suficientes, los drones comenzaron a tomar nuevas acciones de rastreo, observación y seguimiento de los enemigos desde el aire. Esto daría paso a una infinidad de utilidades para estos vehículos aéreos no tripulados en un futuro no muy lejano.

Como la mayoría de los avances en industria y tecnología, los drones pasaron del ámbito militar al civil. Alrededor del año 2005 el uso de drones fue autorizado para fines recreativos fuera del ámbito militar. A partir de entonces, numerosas empresas como 3DR, Loro o DJI, empezaron a desarrollar drones civiles. Además, esta propagación hizo posible que los desarrolladores de todo el mundo pudieran acceder al código fuente para ser capaces de mejorar y optimizar los diseños hardware para el vuelo de drones.

En la actualidad los drones han evolucionado permitiendo nuevas funciones, su utilización a través de numerosas opciones de hardware como Arduino ha permitido acercar los drones a la sociedad de manera simplificada y las utilidades de los drones en la actualidad se han multiplicado.

3.3 Tipos de drones

Para clasificar los diferentes tipos de drones se han de tener en cuenta diferentes criterios como el tipo de configuración, su clasificación según la *European Aviation Safety Agency* (EASA), el número de rotores o la funcionalidad para la que está diseñado.

3.3.1 Clasificación según configuración

En primer lugar, la clasificación de la totalidad de los drones existentes se puede agrupar en dos tipos diferentes dependiendo de la configuración que presentan. Drones de ala fija, o drones de ala rotativa o giratoria.

Los drones de ala fija se asemejan más los aviones más tradicionales. Tienen una estructura similar a un avión, con alas fijas que generan elevación y les permiten volar en el aire. Estos drones utilizan motores para propulsarse y controlar su velocidad y dirección. Su diseño aerodinámico les permite volar a altas velocidades y cubrir distancias largas de manera eficiente (AERPAS, s.f.).



Ilustración 2: Dron Ala fija [Imagen]
Fuente: estudigy.com

Este tipo de drones son ideales para misiones que requieren vuelos prolongados, como la vigilancia aérea, la cartografía, la agricultura de precisión y la entrega de carga. Debido a su capacidad para volar durante períodos prolongados, estos drones son energéticamente eficientes y pueden cubrir grandes áreas. También son más estables en condiciones de viento desfavorables y pueden llevar cargas útiles más pesadas en comparación con los drones de ala rotativa.

Los drones de ala rotativa, también conocidos como multirrotores, utilizan un sistema de rotores giratorios a través de los cuales se generan la elevación y el empuje necesarios para volar. Este tipo de drones cuentan con una serie de rotores dispuestos en configuraciones tales como cuadricópteros (cuatro rotores), hexacópteros (seis rotores) u octocópteros (ocho rotores). La capacidad de estos rotores para girar y cambiar su velocidad de rotación permite el control del vuelo en diferentes direcciones y velocidades.



Ilustración 3: Dron ala rotativa
[Imagen] Fuente: Amazon

Los drones de ala giratoria son conocidos por su gran maniobrabilidad y capacidad para volar en espacios reducidos. Son ideales para aplicaciones que requieren vuelo estacionario, cambios rápidos de dirección y acceso a áreas de difícil acceso. Estos drones se utilizan comúnmente en fotografía aérea y filmación, inspecciones de infraestructura, monitoreo, rastreo y aplicaciones recreativas (UMILES, 2022).

En definitiva, los drones de ala fija son mayormente utilizados en misiones que requieren vuelos prolongados, pues son los más adecuados a la hora de cubrir áreas extensas y

transportar cargas pesadas por su estabilidad y su mayor eficiencia. Por su parte, los drones de ala rotativa o giratoria son ideales para misiones que requieran de buena maniobrabilidad, vuelo estacionario o una gran precisión y estabilidad. Ambos tipos de drones cuentan con una serie de ventajas y desventajas a tener en cuenta para su correcta elección.

3.3.2 Clasificación Europea de drones

En segundo lugar, la clasificación más apropiada a la hora de obtener un dron es la establecida por la EASA, esta se basa en diferentes características como el peso, la velocidad o la altura que estos alcanzan entre otras.

Dentro de la nueva normativa establecida por la EASA se distinguen hasta siete categorías diferentes de drones, estas comprenden de la C0 a la C6 y sus diferencias principales se definen en función de las restricciones operacionales que tienen y los sistemas que integran. De igual manera, estas siete categorías se dividen en dos categorías generales; categoría abierta, con drones desde C0 hasta C4 y categoría específica, que incluye a los drones de C5 y C6 (EASA, 2020).

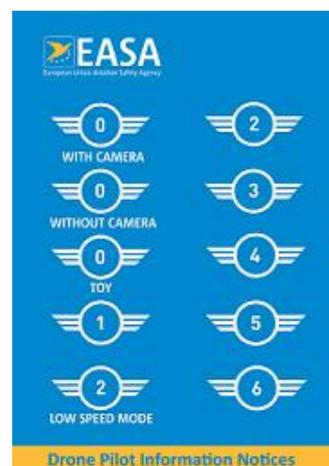


Ilustración 4: Clases EASA [Imagen]
Fuente: EASA

Comenzando por los drones más accesibles y de menor tamaño, se encuentra la categoría C0, sus principales características son: tener una masa inferior a 250g y una velocidad máxima de vuelo de 19 m/s, tener una altura limitada de 120m y estar alimentado con electricidad. Este tipo de drones son fácilmente accesibles y controlables, se relacionan directamente con los drones recreativos de juguete o para principiantes.

Siguiendo con la clase C1, esta reúne los siguientes requisitos indispensables: tener una masa inferior a 900 g o que su energía transmitida en caso de impacto sea menor que 80 J, poseer una velocidad máxima de 19 m/s, tener limitada una altura máxima de 120 m, disponer de un número de serie, contar con un sistema de identificación a distancia e incluir un sistema de aviso de baja batería. Este tipo de aeronaves superan a las de la clase C0 en prestaciones, pero siguen formando parte de los drones enfocados a principiantes.

Los drones de la clase C2, cuentan con los siguientes parámetros: masa inferior a 4 Kg, altura máxima de 120m, alimentación mediante electricidad, modo de baja velocidad a 3 m/s, número de serie único, sistema de identificación a distancia, sistema de geo consciencia, luces de altitud y vuelo nocturno y sistema de aviso por baja batería. En esta clase se incluyen drones que dejan a un lado el uso recreativo y ofrecen prestaciones más avanzadas.

Por su parte, los drones de la clase C3 han de cumplir todos los requisitos de las clases inferiores a excepción del peso, pues este incrementa su límite hasta los 25 Kg. Esta clase ya ubica drones profesionales y son los fabricantes los encargados de asegurar que se cumplen los requisitos enumerados.

La clase C4 cuenta con las mismas especificaciones técnicas y requisitos que los drones de la clase C3, sin embargo, su principal diferencia reside en que estos drones están pensados para el aeromodelismo y la fabricación propia. Estos también podrían incluir algunos de los drones de carreras o aeronaves muy específicas.

Por último, los drones de las clases C5 y C6, aeronaves de categoría específica; cuentan con numerosos requisitos que los diferencian por completo de las demás categorías. Son aeronaves pensadas para volar de manera completamente autónoma y cuentan con unas prestaciones muy elevadas, el precio de este tipo de drones es muy alto en relación con el resto y son utilizados de manera profesional.

En definitiva, las diferentes clases de drones establecidas por la EASA permiten clasificar las diferentes aeronaves en el mercado en función de sus prestaciones. Su uso, precio y finalidad, van completamente ligados a la clase establecida. Con esta clasificación establecida por Europa, se busca crear un espacio aéreo seguro tanto para las aeronaves como para todo su alrededor.

3.3.3 Clasificación según su aplicación

Independientemente de su configuración o clasificación europea, todos los drones pueden clasificarse dependiendo de la utilidad para la cual estén destinados. Desde sus inicios en los que el uso estaba limitado al ámbito militar, su utilidad se ha visto extendida a numerosos campos como la filmación, la entrega o el rastreo. A continuación se presentan las utilidades más extendidas en el ámbito de las aeronaves no tripuladas (UMILES, 2022).

Drones recreativos: Son los más accesibles y populares para el uso personal enfocado al ocio. Suelen ser aeronaves pequeñas y baratas, y se utilizan principalmente para capturar fotografías aéreas y videos de baja calidad. A pesar de que las prestaciones son muy bajas, este tipo de drones están pensados para la iniciación y no permiten a principiantes y aficionados entrar en el mundo de los drones.

Drones de entrega: Estos drones están diseñados para transportar y entregar paquetes pequeños. Son utilizados por empresas de logística y comercio electrónico para realizar entregas rápidas y eficientes en zonas urbanas. Cada vez son más utilizados y se prevé que en el largo plazo, la gran mayoría de envíos se realicen a través del aire.



Ilustración 5: Dron de Reparto [Imagen]
Fuente: the logisticsworld.com

Drones de fotografía y cinematografía: Estos drones están equipados con cámaras de alta calidad que le permiten capturar imágenes y videos desde perspectivas aéreas. Se utilizan en la industria del cine, eventos deportivos, documentales y fotografía profesional. A raíz de su evolución; películas, eventos y filmaciones, incluyen cada vez más planos tomados por este tipo de drones, pues aportan un nuevo punto de vista hasta hace años poco explorado.

Drones de seguridad, búsqueda y rescate: Estos drones se utilizan en operaciones de búsqueda y rescate para localizar a personas perdidas o en situaciones de emergencia. Pueden cubrir grandes áreas de terreno y proporcionar imágenes en tiempo real para guiar a los equipos de rescate. Además, son frecuentemente utilizados por las fuerzas de seguridad para garantizar la seguridad de eventos deportivos o grandes aglomeraciones de personas.

Drones agrícolas: Estos drones están equipados con cámaras y sensores especiales para recopilar datos sobre cultivos, suelos y condiciones climáticas. Los agricultores utilizan estos datos para optimizar la producción, cartografiar la tierra y aplicar fertilizantes y plaguicidas con precisión. Una nueva forma de monitorizar cultivos que evita a los propietarios la visita repetitiva de sus cultivos.



Ilustración 6: Dron agrícola [Imagen]
Fuente: rmsgeoespacial.com

Drones militares: Como en la mayoría de los avances tecnológicos, la guerra supone la creación de nuevos dispositivos como son los drones. Tras su creación en el pasado, los drones militares son utilizados por las fuerzas armadas en la actualidad para una variedad de propósitos, tales como vigilancia, reconocimiento, ataque y apoyo en operaciones tácticas. Pueden estar equipados con armas avanzadas y sistemas de inteligencia que permiten a los ejércitos tener una posición aérea sin demasiado esfuerzo económico.

Drones de carreras: Estos drones se utilizan exclusivamente para competir, la mayoría de estos están completamente diseñados y modificados por sus propietarios, por lo que

únicamente atienden a las regulaciones establecidas por la competición en la que participan. Se trata de drones muy ligeros y rápidos, con una gran maniobrabilidad y una rotación veloz, todo ello busca extraer el máximo potencial posible de estas aeronaves para la competición. Una característica particular de estos drones es que se dirigen a través de video, los pilotos utilizan gafas con una pantalla en la que tienen una visión en primera persona de los movimientos del dron.

Cada dron cuenta con una funcionalidad específica, su configuración, el número de rotores y su clasificación dentro de las clases que distingue la EASA, permiten a un determinado tipo de aeronave adaptarse de manera más adecuada a la utilidad que deba de cumplir. Además, el uso de los drones no tiene un límite establecido, el desarrollo de la tecnología apunta a desarrollar nuevas utilidades para estas aeronaves no tripuladas. En la actualidad, ya se realizan espectáculos de luces nocturnas con ellos y las fuerzas militares han implementado algunos en misiones de espionaje.

3.4 Anatomía de un dron

Para conocer el funcionamiento de vuelo de un dron es necesario conocer en primer lugar que componentes lo constituyen. Cada tipo de dron presenta unas características diferentes y cuenta por tanto con componentes diferentes, sin embargo, para conseguir que un dron funcione, ha de contar como mínimo con los componentes mencionados a continuación.

El chasis o estructura central: Se trata del soporte sobre el que irán colocados el resto de los componentes del dron. Por lo general, se suelen fabricar con materiales ligeros pero resistentes, como fibra de carbono o plástico reforzado, pues su función principal es asegurar que todos los elementos del dron quedan debidamente acoplados sin suponer un exceso de peso para la aeronave. Esta estructura puede incluir elementos como brazos, patas de aterrizaje y sistemas de amortiguación para proteger los componentes internos de impactos y vibraciones. Los drones más simples, cuentan con un chasis plano con forma en x, que sujeta los elementos en la misma disposición, sin embargo, algunos también pueden incorporar una cubierta superior que proteja los diferentes componentes.

La placa de control de vuelo: También conocido como la unidad de control de vuelo, es el cerebro del dron. Esta placa contiene un microcontrolador o microprocesador que ejecuta algoritmos especializados y software para controlar los movimientos de la aeronave. Todos los componentes electrónicos del dron están conectados de una forma u otra con esta placa que suele ir colocada en el centro del chasis. Además, esta incluye el receptor radio y la tarjeta de

control que se encarga de recibir información de sensores integrados, como giroscopios, acelerómetros y magnetómetros, para estabilizar y controlar la actitud y posición del dron.

La batería: Es el componente encargado de suministrar energía eléctrica al dron. Por lo general, se suelen utilizar baterías de litio recargable, debido a su alta densidad de energía y peso relativamente bajo. La capacidad de la batería determinará la duración del vuelo y puede variar dependiendo del tamaño y las características del dron. Es esencial considerar la autonomía de la batería cuando se planifican las operaciones de drones.

Los controladores de velocidad: También conocidos como ESC (*Electronic Speed Controllers*), son dispositivos electrónicos que regulan la velocidad de los motores de drones. Estos controladores reciben señales de la placa controladora y ajustan la velocidad de los motores en tiempo real para lograr los movimientos deseados, como ascendente, descendente, giratorio o basculante (WELLPCB, s.f.). Los controladores de velocidad también pueden ofrecer funciones de protección contra sobrecargas y fallas del motor. Este componente suele situarse en los brazos que conectan los motores con la placa de control, es un componente muy pequeño y ligero por lo que no supone una gran carga de peso para el dron. En el caso de los drones más pequeños, este componente puede no existir, debido a que la simplicidad de su electrónica no los hace necesarios.

Los motores: Son los responsables de generar la fuerza necesaria para que el dron se mueva y permanezca en el aire de manera estable. Los drones más comunes, como los cuadricópteros, tienen cuatro motores, uno en cada brazo. Estos motores son eléctricos y están alimentados por batería. La velocidad y el rendimiento del dron dependen en gran medida de la potencia y la calidad de los motores utilizados. Principalmente existen dos tipos de motores, los motores con escobillas (*brushed*), una menor eficiencia debido a un menor coste o los motores sin escobillas (*brushless*) más eficientes y duraderos, pero de mayor coste (areadron, 2019).

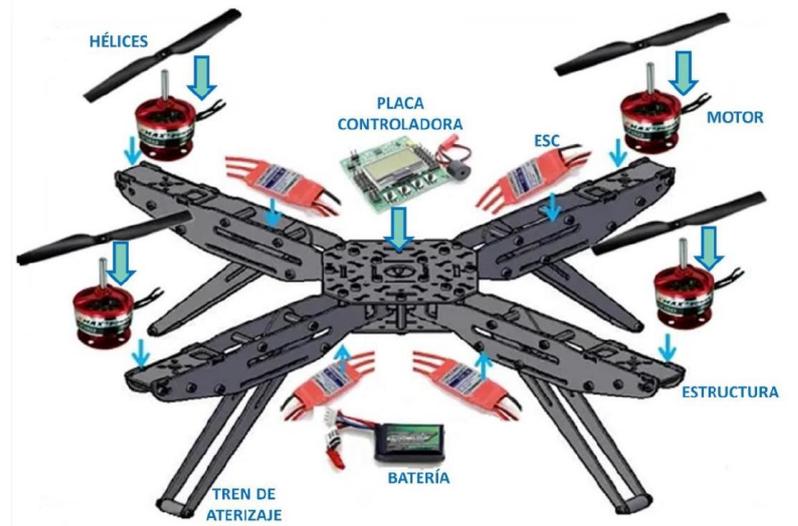


Ilustración 7: Componentes del dron [Imagen] Fuente: EASA

Las hélices: Conocidas como rotores, son elementos giratorios que generan la fuerza de elevación necesaria para que el dron se levante y permanezca en el aire. Los drones pueden tener dos, tres, cuatro o más hélices, dependiendo de su diseño. Las hélices son generalmente de plástico y vienen en pares, con dos hélices girando en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos en el sentido contrario.

Además de los componentes básicos para el vuelo, los drones pueden implementar numerosos accesorios como cámaras de filmación, cámaras con controladores a través de video, sensores de todo tipo, GPS, brújulas, estabilizadores, sistemas de carga de mercancía... etc. Dependiendo de la utilidad del dron este incorpora componentes que le pueden resultar de utilidad para cumplir su misión.

3.5 Principios básicos de vuelo

Una vez analizados todos los componentes que forman un dron, es momento de analizar la manera en la que estas aeronaves no tripuladas consiguen mantener el vuelo. Para ello, se ha seleccionado un tipo de dron con cuatro motores rotativos dispuestos en forma de equis. Esta selección se realiza en base al tipo de dron que se desarrollará en el proyecto.

Los drones en general presentan los mismos principios de aerodinámica que cualquier otro objeto volador, pues están completamente expuestos al flujo de aire que transcurre alrededor de su chasis. Dependiendo de la velocidad y dirección del flujo de aire, y la forma del dron, este se comportará de una manera determinada. Para explicar porque se produce una elevación en este tipo de aeronaves es necesario conocer ciertas nociones básicas:

- Daniel Bernoulli comprobó con su teorema que la presión interna de un fluido, es decir, un líquido o un gas, decrece a medida que la velocidad del fluido se incrementa, lo que resulta en que en cualquier punto de un fluido en movimiento, la suma de la presión y la velocidad permanece constante (González, 2007).
- Giovanni Battista Venturi comprobó experimentalmente que al pasar por un estrechamiento las partículas de un fluido aumentan su velocidad (Martin, 2022).
- Por su parte la tercera ley de Newton dice que para cada acción hay una reacción igual y opuesta.

Estos tres teoremas o leyes permiten explicar el principio de la sustentación mediante el cual los drones tienen la capacidad elevar el vuelo y mantenerse en el aire. El elemento que genera mayor sustentación es el chasis aerodinámico, se requiere de una forma específica para el chasis de una aeronave si se pretende generar sustentación con ella. En el caso más comúnmente conocido, las alas, estas se desplazan a través del aire, el cual posee una presión y velocidad. El ángulo de ataque de esta, es decir, su inclinación con respecto al aire, y la velocidad a la que se desplacen, determinará la fuerza de sustentación generada (Miranda, 2021).



Ilustración 8: Principio de sustentación [Imagen] Fuente: manualdevuelo.com

Este fenómeno se produce gracias a que la velocidad del flujo en la parte superior del ala es mayor, por lo que la presión es menor, y una menor velocidad de flujo en la parte inferior, por lo que la presión es mayor de acuerdo con el teorema de Bernoulli. Esta diferencia de presiones da lugar a un empuje desde la parte inferior de mayor presión hacia la parte superior de menor presión, esta viene dada de acuerdo con Tercera Ley del Movimiento de Newton.

En el caso de un dron cuadricóptero, la fuente de alimentación transmite corriente a los motores que generan una fuerza opuesta a la gravedad. Esta fuerza de sustentación ha de ser como mínimo igual a la generada por el peso de la aeronave. De esta forma, la combinación de las fuerzas generadas por los diferentes motores sobre el centro de gravedad permite al dron mantenerse en el aire (ANAC).

Las características principales de un cuadricóptero son la posición simétrica de sus rotores y su rotación asimétrica dos a dos, esto permite al dron equilibrarse por sí mismo utilizando la rotación de los cuatro motores. La dirección de rotación de los motores 1 y 3 será en sentido opuesto a los motores 2 y 4. Gracias a este giro se consigue generar una sustentación estable y fija en el aire, pues si los motores rotasen en la misma dirección este giraría sobre sí mismo.

Para lograr variar la altura en el vuelo únicamente será necesario aumentar el empuje de todos sus motores incrementando su potencia. Una vez elevado, este es capaz de mantener su altura con la misma potencia generada a cualquier otra altura. De la misma forma, aumentando y disminuyendo la potencia de los diferentes motores se pueden realizar los movimientos de alabeo o desplazamiento lateral, cabeceo o desplazamiento frontal y guiñada o rotación sobre su eje vertical (Miranda, 2021).

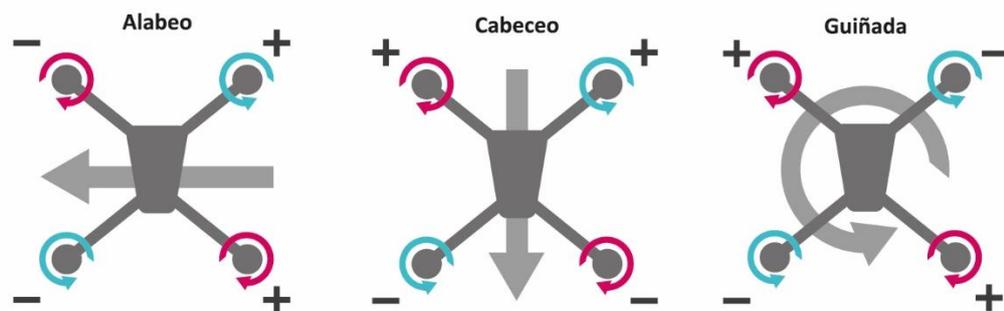


Ilustración 9: Movimientos del dron [Gráfico] Fuente: elaboración propia

En definitiva, la velocidad de rotación de los motores y su combinación son los encargados de mover el dron en diferentes direcciones y mantener su estabilidad. Al contrario que las aeronaves que utilizan la movilidad de sus alas para girar, este tipo de drones resultan más ágiles y reactivos ante cualquier situación. Gracias a su capacidad de rotación sobre su propio eje, son mucho más útiles en espacios reducidos donde la maniobrabilidad es importante. Además, el equilibrio y estabilidad de este tipo de drones está asegurada gracias a la disposición de sus rotores de manera simétrica.

4. Estudio Inicial

Tras conocer previamente a cerca de los drones su evolución, sus aplicaciones, sus tipos y sus componentes, es momento de realizar un análisis más detallado y focalizado. En el presente apartado, se llevará a cabo el estudio inicial para el diseño de un dron cuadricóptero considerando diferentes aspectos clave que influirán en su estética y funcionalidad. Además, se seleccionará la electrónica más conveniente para el tipo de dron que se pretende diseñar.

Este estudio inicial pretende identificar los referentes relevantes en el campo de los drones, examinar la estética que se pretende utilizar y considerar los factores clave que deben ser tenidos en cuenta durante el proceso de diseño. A medida que se ha avanzado en la tecnología, los drones han ido adaptando nuevas funcionalidades y componentes. Por lo tanto, es fundamental comprender las necesidades y exigencias específicas para el tipo de dron que se busca diseñar.

Por otra parte, es importante reconocer que el diseño de un dron está sujeto a una serie de limitaciones y condicionantes técnicos, formales y operativos. Estos factores, que se abordarán en detalle, incluyen restricciones de peso y tamaño, requisitos legales y de seguridad. Con todo ello se pretende lograr un equilibrio adecuado entre funcionalidad y estética de acuerdo con el objetivo principal del proyecto.

4.1 Análisis de referentes

Para proceder con el análisis de referentes en el mercado, se ha de puntualizar que los diferentes drones seleccionados forman parte de la clase C0 establecida por la EASA. Esto quiere decir que se tratan de pequeños drones de menos de 250 g de peso limitados en altura y velocidad máxima. Los drones seleccionados abarcan un rango de precios desde los 830 € hasta los 50€. Esta diferencia viene dada por la diferencia de prestaciones de los drones, pues los drones más caros se alejan de los drones de juguete y buscan ser un método de iniciación real. Por otro lado, los drones más baratos acercan estas aeronaves a cualquier persona interesada ofreciendo drones recreativos a precios muy asequibles.

Nombre: **Mavic Mini DJI Fly**

Peso: 249 g

Velocidad máxima:13 m/s

Rango: 3000 m

Tiempo de vuelo: 30´

Precio: 829€



Ilustración 10: Dron Mavic Mini [Imagen]
Fuente: DJI

De entre todos los drones de categoría C0 y C1, la marca DJI cuenta con una serie de ejemplares como el Mavic mini, el Mini 2 o el Mini 3, que superan en cuanto a prestaciones al resto de drones pequeños. Destaca principalmente en su gran alcance y su tiempo de vuelo, ya que este puede alcanzar hasta la media hora. En cuanto a su estética, se trata de un dron simple con un chasis central rectangular ligeramente curvado del que emergen cuatros brazos articulados donde se alojan los motores. Se trata de un modelo elegante, que a pesar de su simpleza no pasa desapercibido (DJI, 2023).

Nombre: **Parrot Airbone Night Maclane**

Peso: 64 g

Velocidad máxima:12 m/s

Rango: No especificado

Tiempo de vuelo: 10´

Precio: 350€



Ilustración 11: Parrot dron [Imagen] Fuente:
tienda24h.com

El dron de la marca Parrot cuenta con un peso extremadamente reducido, esta característica le permite ser un dron muy maniobrable y seguro en caso de accidente. Tiene un precio intermedio y un tiempo de vuelo aceptable. Su chasis esta formado por un protector exterior y un chasis central que pretende simular un vehículo policial con barras laterales. No se trata de un modelo demasiado atractivo pero se puede ver una idea central bastante lograda entorno a las fuerzas oficiales (Tienda24hs, 2023).

Nombre: **HG03 Mini dron**

Peso: 54 g

Velocidad máxima: 10 m/s

Rango: 50 m

Tiempo de vuelo: 8' - 10'

Precio: 250€



Ilustración 12: HG03 dron [Imagen]
Fuente: Worten.com

Se trata de un dron muy ligero que cuenta con un tiempo de vuelo y precio intermedios. La forma del chasis central pretende simular una mezcla de insectos y dotar al dron de líneas orgánicas en su estructura, sin embargo, los protectores laterales no ocupan una posición ligada a esta forma central.

Nombre: **Eachine E58**

Peso: 107 g

Velocidad máxima: 10 m/s

Rango: 100 m

Tiempo de vuelo: 7'

Precio: 50€



Ilustración 13: Eachine E58 dron [Imagen]
Fuente: Amazon.com

Se trata del dron más barato analizado, el dron de juguete más cercano a los drones de la categoría C0. Su precio lo convierte en un dron perfecto para principiantes y aficionados. No cuenta con un gran tiempo de vuelo, pero tiene un rango bastante amplio en comparación con su competencia.

Tras realizar el análisis de algunos referentes se pueden extraer algunas conclusiones inmediatas. En primer lugar, la diferencia de precio entre los más caros y los más baratos, viene dada por tiempo de vuelo y el peso total del dron. Los drones más ligeros y con más autonomía tienden a ser más caros.

En segundo lugar, teniendo en cuenta la forma del chasis, se observa de manera clara que todos los drones tratan de contar con una forma similar a la de un insecto o ave. La parte central del chasis tiene una forma rectangular considerablemente simple con el que se busca en todos los casos recordar al cuerpo de un insecto. Por su parte, los brazos, tienden a

alargarse y tener formas más geométricas recordando a las lineas pagas con las que cuentan los insectos.

Finalmente, se ha de destacar que la mayoría de los drones de este tamaño cuentan con protectores para las hélices, algunos rodean completamente la aeronave impidiendo el contacto de las hélices con un elemento externo a la hora de un impacto. Otros utilizan pequeños protectores que protegen la hélice únicamente por los lados externos al dron. La estética del dron se ve completamente limitada a la hora de colocar estos protectores, pues no siguen la línea inicial del conjunto del dron.

4.2 Análisis de la línea a seguir

En la búsqueda de una línea estética que muestre los avances en innovación y tecnología, la Fórmula 1 es un claro ejemplo de evolución constante. La línea estética de sus monoplazas cambia cada año en base a las regulaciones deportivas establecidas y el desarrollo de las últimas mejoras tecnológicas. Conocida por su vanguardismo y velocidad sin igual, cautiva a audiencias de todo el mundo con las últimas novedades en aerodinámica, mecánica, *software*, seguridad y eficiencia. Como fuente de inspiración, esta emblemática competición se convierte en el pilar fundamental para la concepción del chasis de un dron que refleje un estilo atractivo y diferenciador.



Ilustración 14: F1 Moodboard [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Las líneas aerodinámicas de un automóvil de Fórmula 1 son uno de los aspectos más críticos para optimizar su rendimiento en pista. Estos vehículos están diseñados con una alta precisión y un enfoque intenso en la aerodinámica para lograr altas velocidades y una

estabilidad excepcional en curvas. Estas líneas se encargan de guiar la dirección del aire desde el inicio hasta el final del monoplaza, lo cual permite utilizar los flujos de aire laminados para crear carga aerodinámica y pegar el coche al suelo, y expulsar el aire turbulento hacia el exterior del vehículo. Para conseguir establecer en recorrido que seguirá el aire durante el paso por su coche, los ingenieros utilizan elementos aerodinámicos de diferentes características.

La parte delantera del automóvil tiene un ala que permite generar una carga aerodinámica descendente o *downforce*. Esta carga empuja el vehículo hacia el suelo, lo que aumenta la tracción de los neumáticos y mejora el agarre en las curvas. La forma y el diseño de las alas delanteras están diseñados para redirigir el flujo de aire alrededor de las ruedas y otros componentes, reduciendo así la resistencia y mejorando la eficiencia aerodinámica (Caro, 2021).

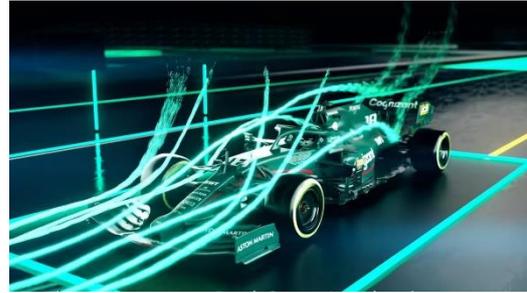


Ilustración 15: Túnel de viento F1 [Imagen] Fuente: astonmarfinf1

El ala trasera también genera carga aerodinámica y juega un papel esencial en el equilibrio del coche. El conductor puede ajustar el ángulo del ala trasera durante la carrera desde la cabina para adaptarse a diferentes condiciones de la pista y estilos de conducción. Un ángulo más plano reduce la resistencia en las rectas, mientras que un ángulo más alto proporciona una mayor carga aerodinámica para mejorar la velocidad en el paso por curva.

La parte trasera inferior del coche cuenta con un difusor, una superficie curva que acelera el flujo de aire que pasa por debajo del vehículo. Al acelerar el aire, la presión en la parte inferior del automóvil se reduce, generando una fuerza que empuja el vehículo contra el suelo. Este fenómeno se conoce como efecto suelo, que a su vez proviene del efecto Venturi explicado anteriormente (Caro, 2021).

Los deflectores situados a los lados del coche están diseñados para dar forma y dirigir el flujo de aire alrededor del vehículo. Aletas y deflectores laterales trabajan juntos para controlar el flujo de aire turbulento y optimizar la aerodinámica del vehículo.

Por último, los pontones son las extensiones laterales que rodean la cabina y el motor. Estos elementos están diseñados para dirigir el flujo de aire hacia atrás y alrededor de los componentes mecánicos del automóvil, mejorando la refrigeración y reduciendo la resistencia.



Ilustración 16: Fuerzas opuestas [Gráfico] Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que todos los elementos aerodinámicos de un monoplaza trabajan en conjunto para pegar el coche al suelo y por tanto conseguir un empuje vertical hacia el suelo. Este efecto resulta totalmente contrario a las necesidades que un dron necesita para volar, por lo que será necesario eliminar o variar ciertos elementos para lograr un empuje opuesto en dirección ascendente.

4.3 Componentes seleccionados

En el presente apartado, se aborda la etapa de selección de los componentes electrónicos fundamentales que conformarán el dron. Estos permitirán el funcionamiento y el rendimiento óptimo de la aeronave no tripulada. La elección adecuada de la electrónica y los mecanismos es un factor necesario previo al proceso de diseño, pues incide directamente en la estabilidad, la autonomía, el peso, la maniobrabilidad y la capacidad de respuesta del dron. Además, será un factor condicionante para el diseño del chasis a la hora de alojar los diferentes elementos en su interior.

Es importante resaltar que el proceso de selección de la electrónica no se ha realizado con la finalidad de dotar al dron con las mejores prestaciones posibles. El proyecto se centra en el desarrollo del chasis y la implementación de los elementos electrónicos en este, por lo que los elementos electrónicos seleccionados se caracterizan por su simplicidad y versatilidad a la hora de ser dispuestos sobre la estructura. De entre todas las posibilidades encontradas en el mercado se han elegido los componentes más accesibles, sin embargo, el chasis siempre podrá ser modificado ante la necesidad de incorporar algún otro elemento.

La placa base utilizada se trata de una placa extraída de un modelo de dron de la marca Global Drone, esta ha sido extraída de un modelo completamente inoperativo y utilizada para el proyecto.

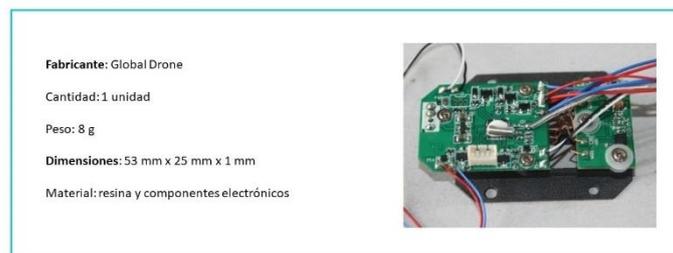


Ilustración 17: PCB Dron [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Se trata de una placa simple que incorpora controladores de velocidad sencillos y 8 conexiones de alimentación para los motores del dron. Tiene unas dimensiones reducidas de 53 mm de largo por 25 mm de largo y esta dividida en dos partes. La placa presenta un grosor de 1 mm ideal para el dron que se busca diseñar.

Para los motores del dron, se ha decidido escoger motores con escobillas, este tipo de motores son más económicos y fácilmente aplicables a cualquier tipo de proyecto gracias a su simplicidad electrónica.



Ilustración 18: Motores Dron [Imagen] Fuente: amazon.com

Para la batería del dron, se ha decidido simplificar el acople entre la placa controladora y esta adoptando una batería con carcasa. Este tipo de baterías son utilizado para diferentes drones actualmente en venta, se trata de batería convencionales acopladas convenientemente en carcasas rectangulares más fácilmente extraíbles y acoplables en el chasis del dron. No solo la forma de la batería encaja de mejor manera, sino que también el conector permite conectar la batería más fácil y eficiente.



Ilustración 19: Batería [Imagen] Fuente: amazon.com

El tipo de hélices seleccionadas se corresponde con unas hélices de lanzamiento rápido plegables, este tipo de hélices facilita el despegue vertical del dron reduciendo el tiempo de

reacción. Además, gracias a su cualidad principal, estas pueden ser recogidas y guardadas en caso de no encontrarse en funcionamiento.



Ilustración 20: Helices [Imagen] Fuente: amazon.com

Finalmente, para la unión entre los rotores y las hélices se ha optado por utilizar unos engranajes de dientes en disposición circular. Estos irán situados de manera que generen un mecanismo con el engranaje incorporado en el motor.



Ilustración 21: Engranaje motor [Imagen] Fuente: amazon.com

4.4 Factores a Considerar

Una vez se han estudiado diversas propuestas en el mercado, analizado la línea de diseño a seguir y seleccionado los componentes necesarios para el dron. El siguiente paso a seguir consiste en plantear que limitaciones y condicionantes afectarán el desarrollo del chasis. Esto permitirá establecer unos requerimientos para la creación de alternativas del diseño.

4.4.1 Limitaciones aerodinámicas

Tras conocer los principios de la aerodinámica básica y haber analizado la línea estética que se busca seguir, se pueden extraer una serie de condicionantes que habrá que incluir a la hora de modelar los elementos del chasis.

Comenzando por la parte delantera de la aeronave, será necesario generar una variación con respecto a la forma en la que el ala delantera actúa frente al aire. Las alas delanteras de los monoplazas de Fórmula 1 cuentan con una inclinación negativa que empuja el coche contra el suelo, es decir, que la forma va de abajo hacia arriba. Para el diseño de un ala



Ilustración 22: Ángulo ala delantera [Gráfico] Fuente: Elaboración propia

delantera para el dron, será necesario invertir la inclinación de esta creando el efecto inverso explicado en los principios de aerodinámica básica.

En cuanto a los brazos del dron donde se ubicarán los motores, son estructuras estrictamente necesarias para el funcionamiento de la aeronave, sin embargo, estos suponen un elemento que incrementa la resistencia tanto al despegar en vertical como al avanzar lateralmente. Dado que son elementos imprescindibles, se debe tratar de crear un diseño superficialmente continuo y de forma que no contenga superficies que choquen de manera perpendicular con los flujos de aire vertical u horizontal. Este condicionante puede resolverse con una forma cilíndrica u ovalada, estas son capaces de desviar el aire por los laterales y generar la mínima resistencia posible.

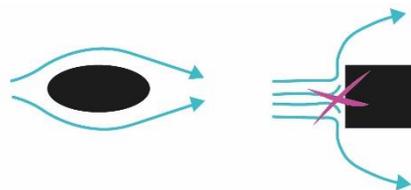


Ilustración 23: Perfil brazos del dron [Gráfico] Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las limitaciones aerodinámicas del cuerpo principal del chasis, estas se basan en el cerramiento completo de la carcasa. Es inevitable que la estructura principal contenga elementos tales como la batería y la placa base, por todo ello será necesario una base que abarque el tamaño mínimo requerido por estas. Teniendo en cuenta esa limitación, el chasis deberá seguir una línea continua y sin fisuras laterales, dejando únicamente aperturas para conexión de elementos electrónicos.

Cabe indicar que los Fórmula 1 cuentan con pontones laterales a través de los cuales el aire recorre el interior del vehículo refrigerando partes del motor y guiando el aire de la manera más adecuada para su aerodinámica. Estos agujeros se encuentran en la parte frontal y suponen una apertura aceptable para conseguir aprovechar ciertos flujos de aire. Tomando como referencia estos agujeros laterales, se podrá plantear la colocación de un sistema similar para los laterales del dron.

Hacia la parte final del dron se encuentra el ala trasera, esta funciona de la misma manera que la delantera empujando el coche contra el suelo. Debido a ello, también se deberá realizar una inversión de la inclinación o eliminar de manera parcial este elemento. Además de simplificar el diseño, reducir los elementos aerodinámicos en el dron siempre se verá reflejado en la maniobrabilidad de este.

Por último, es relevante explicar que, a pesar de todas las consideraciones aerodinámicas, el tamaño del dron que se pretende diseñar es relativamente reducido, por lo que debido a ello estas tendrán un efecto poco destacable a la hora de afectar el vuelo del dron. Para objetos de gran tamaño como pudieran ser aviones, el ángulo de cada una de sus superficies resulta clave para poder volar, por contraposición, para drones del tamaño reducido, existe más libertad formal a la hora de diseñar.

4.4.2 Limitaciones espaciales

En primer lugar, el factor limitante más destacable es el tamaño de la electrónica del dron. La placa base seleccionada ha de ocupar un lugar centrado en el chasis del dron y albergar con ella la batería recargable. Estos dos elementos unidos representan la mayor parte del espacio que la estructura central debe cubrir tal y como se muestra en la imagen.

Para asegurar que el espacio necesario para la electrónica se tiene en cuenta a la hora de diseñar, se han tomado las medidas determinantes del conjunto y se han establecido unos espacios mínimos sobre los que desarrollar el concepto. De esta forma, se determina que el ancho del cuerpo central deberá tener un mínimo de 26

mm para lograr incluir la batería y la placa. Por su parte, la longitud mínima deberá ser de 80 mm puesto que se trata de la longitud total ocupada por el módulo de la batería. En cuanto a la altura, se necesitará un espacio mínimo de 10 mm en la parte donde únicamente esta presente la batería y un espacio vertical total de 20 mm para asegurar el espacio de ambos componentes y sus conectores.

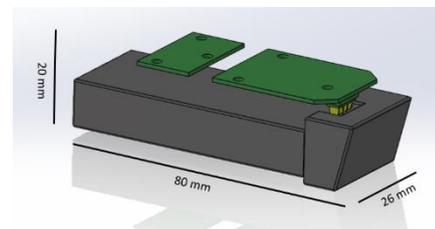


Ilustración 24: Batería y placa
[Imagen]Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los elementos mecánicos, será necesario un espacio de 8,2 mm de diámetro para los rotores en los diferentes brazos que componen el dron. Además, este tiene una longitud de 20 mm y una rueda dentada de 4.2 mm que deberá encajar con el engranaje inferior de la hélice. Por su parte, este engranaje cuenta con un cilindro de 1,5 mm sobre el que pivota, otro cilindro con dientes de diámetro 13,6 mm y un cilindro superior sobre el que se

encaja la hélice que necesitará un diámetro mínimo de 3.6 mm para poder rotar sin impedimento.

Para terminar, es relevante añadir que se tendrán en cuenta espacios para el cableado. Este en la mayoría de las ocasiones suele adaptarse dentro de carcasas o partes huecas del chasis, sin embargo, en ocasiones será necesario crear carriles guía para estos de manera que no interfieran en el cerramiento de la carcasa.

4.4.3 Limitaciones de peso

Limitar el peso en el diseño de un dron es considerado un factor crucial que afecta su capacidad de vuelo y rendimiento general. Cuanto más peso tenga un dron, más potencia necesitará para permanecer en el aire y maniobrar correctamente. Esto significa que se necesitarán motores más potentes y baterías más grandes, lo que a su vez aumenta el tamaño y el costo del dron. Un dron más pesado puede tener dificultades para permanecer en el aire durante períodos prolongados, reduciendo su alcance y alcance. Todo ello también afecta la estabilidad y la capacidad de maniobrar con precisión, lo que puede ser particularmente problemático en escenarios de vuelo más complejos o en condiciones meteorológicas adversas.

Una de las consideraciones fundamentales a la hora de diseñar un dron es asegurar que el centro de masa se encuentre ubicado de manera correcta en relación con los motores y las hélices. El centro de masas es el punto donde se concentra toda la masa del dron. Colocarlo centrado es esencial para un equilibrio adecuado y un vuelo estable. Cuando el centro de masas se encuentra correctamente ubicado en el centro del dron, los motores funcionan de manera más equilibrada. Esto significa que cada motor necesita generar una cantidad similar de empuje para mantener el nivel del dron en el aire. Si el centro de masa se desplaza significativamente hacia un lado, por ejemplo, el dron requiere de más potencia en ciertos motores para mantener el equilibrio, mientras que otros motores pueden no estar trabajando a su capacidad óptima.

La simetría en el diseño de drones también puede ser beneficiosa en términos de equilibrio y control. Un dron simétrico asegura una distribución uniforme de la masa alrededor del centro de la masa, facilitando el mantenimiento de la estabilidad durante el vuelo y ayudando a los motores a trabajar de manera más eficiente y coordinada. En definitiva, controlar con precisión el centro de masas de un dron para colocarlo convenientemente centrado resulta fundamental para garantizar un vuelo estable y un dron maniobrable. Para ello, la simetría y la repetición de elementos resulta indispensable.

4.5 Proceso de fabricación: Impresión mediante sinterizado

A la hora de abordar la fabricación del dron, se han planteado dos opciones iniciales, la impresión 3D y la impresión mediante sinterizado. Ambas son dos tecnologías avanzadas de fabricación aditiva que han revolucionado la forma en que se producen objetos y prototipos. Para conocer los criterios por los cuales se ha de escoger una de las dos posibilidades se presentan a continuación sus características principales.

La impresión sinterizada se basa en una técnica a través de la que un láser o fuente de energía similar se utiliza para fundir selectivamente partículas de polvo o gránulos de material, capa por capa, para formar el objeto deseado. El material se fusiona a nivel molecular, lo que garantiza una alta densidad y precisión en la impresión. Se pueden utilizar diversos materiales, como polímeros, cerámicas o metales en polvo. La amplia gama de materiales disponibles permite la fabricación de piezas con características mecánicas y térmicas avanzadas.

Generalmente, esta técnica proporciona una mayor precisión dimensional y una mejor calidad de la superficie debido a la fusión completa del material en cada capa. Este método es ampliamente utilizado en la producción de piezas de ingeniería, herramientas, dispositivos médicos personalizados y componentes para la industria aeroespacial debido a su alta resistencia y durabilidad. Además, es más rápido en comparación con la impresión 3D, ya que el láser combina grandes áreas de material a la vez. Todo ello también resulta un proceso más caro en comparación con otros métodos más simples (Formlabs, 2023).

Para el método de impresión 3D, se utiliza un material específico, como plástico, resina o metal, este se deposita capa por capa utilizando una boquilla controlada por computadora o un cabezal de impresión. La deposición de material sigue un modelo digital 3D, y cada capa se solidifica para formar el objeto final. Aunque también se ofrece una variedad de materiales, la selección es más limitada en comparación con la sinterización. Los materiales comunes incluyen PLA, ABS, resinas y algunos metales, pero la diversidad de opciones es menor. La precisión puede ser ligeramente menor y el acabado superficial puede ser más áspero, especialmente en piezas con ángulos agudos o detalles finos.

Esta técnica es comúnmente utilizada para prototipado, producción de piezas de uso diario, diseño de joyas y modelado arquitectónico. La velocidad de impresión puede ser más lenta debido al proceso de deposición capa por capa, aunque actualmente ha mejorado considerablemente con los avances tecnológicos (Formlabs, 2023).

En el marco del presente proyecto, se ha contemplado la implementación de la impresión sinterizada como método de fabricación pues presenta varias ventajas clave a la hora de

desarrollar el diseño. En primer lugar, la calidad y la resistencia de las piezas sinterizadas a menudo superan las producidas por la impresión 3D, esto resulta crucial a la hora de fabricar un dron resistente. Además, aunque la impresión sinterizada puede resultar más cara que la impresión 3D tradicional, su versatilidad y capacidad para producir piezas de alto rendimiento justifican su elección en aplicaciones donde se encontrarán geometrías complejas. En este caso, se prevé encontrar geometrías internas para las cuales la impresión sinterizada resultará de gran ayuda. De la misma forma, las tolerancias para la unión de piezas y colocación de tornillos quedarán más ajustadas debido a la precisión que utiliza este proceso de fabricación.

4.5.1 Guía de diseño para impresión

Para establecer las limitaciones a tener en cuenta a la hora de diseñar el dron, se ha utilizado una guía de diseño para la impresión por sinterización, en la que se utilizará la prestigiosa marca FormLabs para su impresora FUSE SLS. La aplicación de esta guía tiene como objetivo garantizar la ejecución óptima del proceso de impresión, asegurando resultados precisos y de alta calidad.

La relevancia de esta guía radica en su capacidad para recoger y delinear los requisitos fundamentales que deben tenerse en cuenta durante la fase de diseño de las piezas destinadas a ser impresas mediante tecnología de sinterización. Su contenido aborda aspectos cruciales, desde principios básicos hasta especificaciones técnicas avanzadas, con el fin de maximizar la eficiencia y eficacia del proceso de fabricación.



Ilustración 25: FormLabs FUSE [Imagen]
Fuente: FormLabs

La empresa Formlabs, reconocida por su liderazgo en el campo de la impresión y sinterización 3D, da un excelente apoyo a esta guía, asegurando que las directrices proporcionadas se basan en las últimas innovaciones de la industria y las mejores prácticas. Así, se pretende fomentar una interacción más fluida y fructífera entre los diseñadores y el proceso de impresión, optimizando la viabilidad y viabilidad de los proyectos desarrollados.

En la siguiente sección se detallan sistemáticamente los requisitos indispensables que deben tenerse en cuenta a la hora de abordar la etapa del diseño, con la finalidad de garantizar resultados satisfactorios en el proceso de sinterización. El conocimiento y la aplicación rigurosa de estas recomendaciones es un pilar fundamental para lograr la máxima calidad en piezas impresas y, en última instancia, para elevar el nivel de excelencia de este proyecto.

En relación con el diseño de agujeros y piezas macho/hembra, se establece un grosor mínimo de 0.8 mm para garantizar su rigidez y un diámetro mínimo de 1 mm para los agujeros, ya que, con un diámetro menor, estos podrían resultar defectuosos (Formlabs, 2023).

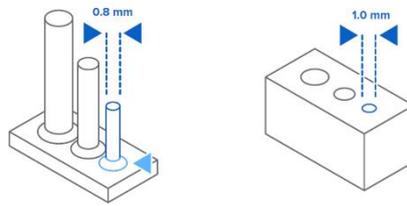


Ilustración 26 Tamaño de agujeros [Imagen] Fuente: formlabs.com

Por su parte, la paredes verticales y horizontales deben contar con un grosor mínimo de 0.6 mm y 0.3 mm respectivamente. Este grosor es necesario para lograr una pared firme y fuerte, en caso de no tener el mínimo espesor requerido, estas podrían presentar defectos o inclinaciones no deseadas (Formlabs, 2023).

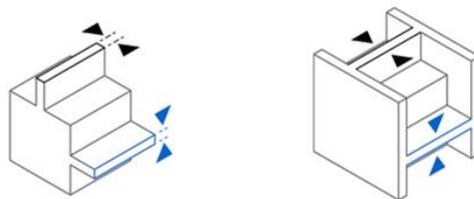


Ilustración 27: Grosor de paredes [Imagen] Fuente: formlabs.com

En cuanto a las tolerancias, la guía establece un espacio mínimo de 0.2 mm para ajustes precisos en piezas de área menor a 20 mm^2 y un espacio mínimo de 0.4 mm para áreas mayores de 20 mm^2 . Por otra parte, para piezas que van a ser impresas a distancias pequeñas se establece un espacio mínimo de 0.3 a 0.6 mm para evitar su fusión con otras a su alrededor.

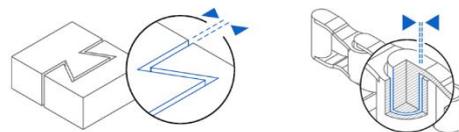


Ilustración 28: Tolerancias entre piezas [Imagen] Fuente: formlabs.com

La guía incluye también consideraciones para piezas completamente cerradas con vaciado interior y otras recomendaciones de diseño para obtener resultados más precisos. Entre todas ellas se encuentran acciones como el redondeo de esquinas y las creación de nervios en lugares en los que existan paredes poco rígidas y visualmente débiles.

Conocidas todas las limitaciones y consideraciones a la hora de abordar el proceso de diseño, se procede a continuación con el planteamiento de las primeras soluciones. Tener en

cuenta todas las consideraciones citadas dará lugar a obtener alternativas más viables y fidelignas.

5. Planteamiento de soluciones

En esta sección del proyecto, se procede a explorar la generación de alternativas para el diseño de un dron mediante la creación de bocetos. Este proceso se desarrolla con el objetivo de abarcar diversas perspectivas y enfoques creativos, permitiendo así la identificación de soluciones innovadoras y eficientes que se ajusten a las limitaciones y consideraciones previamente establecidas. Este apartado, se presenta como una fase dinámica y creativa en la que se articularán diversas propuestas con el objetivo de identificar las más prometedoras y factibles.

Acompañado del posterior análisis de alternativas, el objetivo es consolidar un diseño de dron que se adapte de manera óptima a los requisitos del proyecto, incorporando innovación, eficiencia y funcionalidad en su concepción. Con esta metodología, el objetivo es sentar las bases para una fase de desarrollo posterior que mejore la materialización de un dron adecuadamente diseñado alineado con los objetivos y el alcance del proyecto.

5.1 Bocetado inicial

En la fase de bocetado inicial se reúnen las primeras líneas ideas resultantes del estudio previamente realizado en relación con el cuerpo central del dron. Se muestran diferentes bocetos que distinguen un cuerpo central aerodinámico y continuo. Además, se incluye un ala delantera de tamaño reducido, pues trata de cumplir una función más estética que aerodinámica. En la parte trasera, también se observan variantes que incorporan un pequeño alerón trasero, y otras que lo eliminan por completo.

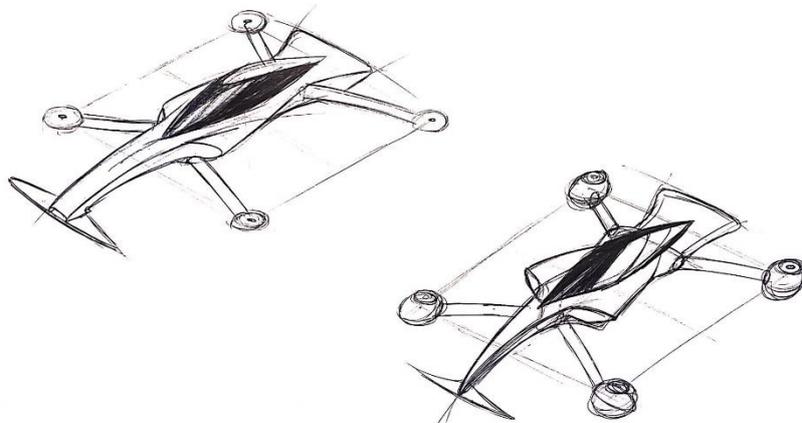


Ilustración 29: Bocetos iniciales 1 [Boceto] Fuente: Elaboración propia

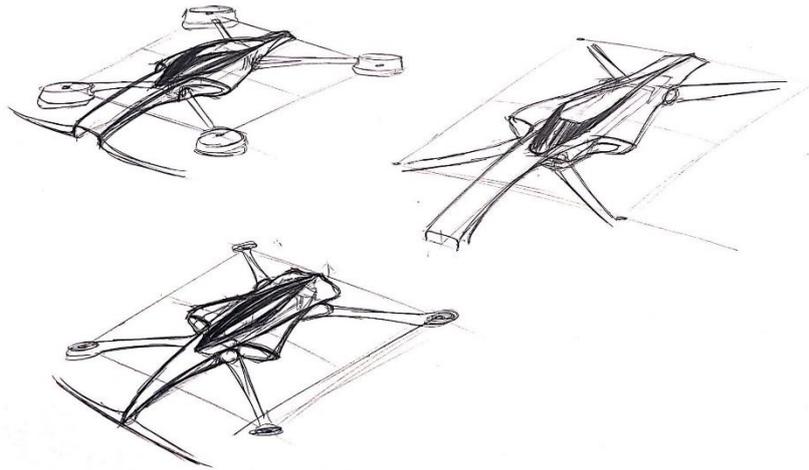


Ilustración 30: Bocetos iniciales 2 [Boceto] Fuente: Elaboración propia

La forma del chasis tiende a formar una equis al igual que la disposición de los motores, esto permite concentrar los elementos principales en el centro de la aeronave y lograr un equilibrio entre ellos. La parte central se remata en todos los casos con una cubierta en forma de cúpula que simula la posición en la que iría localizado el piloto en un monoplaza de Fórmula 1.

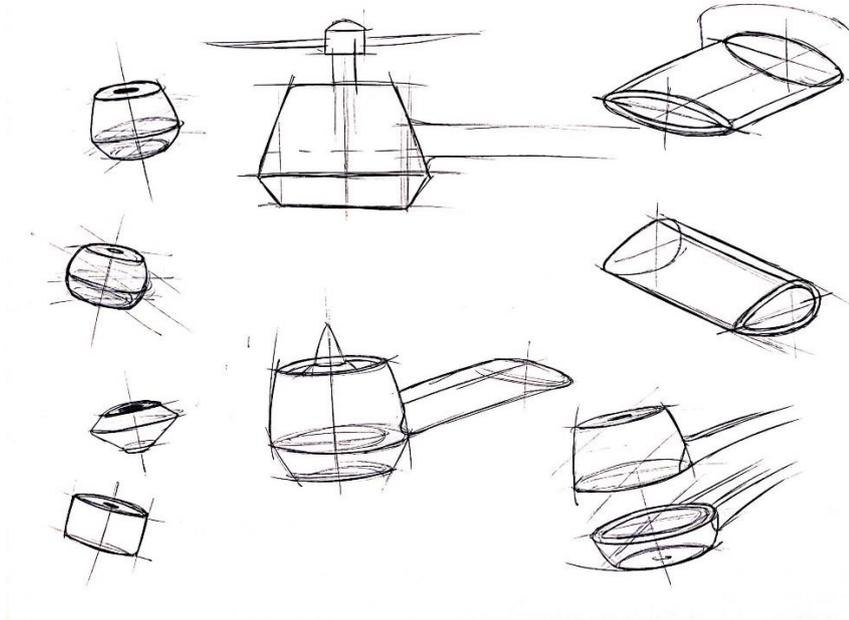


Ilustración 31: Bocetos motor [Boceto] Fuente: Elaboración propia

Continuando con el bocetado de las diferentes partes del dron se muestra la forma de la cubierta que englobará los motores y mecanismo de movimiento de la hélice. Para este elemento se han propuesto diferentes formas cilíndricas que varían el radio en función de la altura. Al igual que las cubiertas para los motores, se exponen diferentes secciones para los

brazos que conectan el cuerpo principal del dron con las hélices. Tal y como se explicó en el apartado de limitaciones aerodinámicas, estos tienen una forma continua y redondeada, pues se busca limitar al máximo la resistencia aerodinámica de un componente estrictamente necesario para el vuelo del dron.

5.2 Generación de alternativas

A continuación, se presentan las diferentes alternativas desarrolladas partiendo de la base de bocetado inicial, todas ellas proponen estructuras centrales diferentes que irán acompañadas por brazos y cubiertas de motor cilíndricas por ser la geometría más apropiada para estos.

5.2.1 Alternativa 1

Para la primera alternativa se presenta un concepto muy rectangular en su conjunto, se trata de un chasis que engloba correctamente la electrónica en su interior e incorpora dos aperturas laterales que tratan de simular dos radiadores de refrigeración. La parte delantera presenta un morro en forma de rectángulo hueco, el cual permite la circulación del aire por el interior y apenas se opone frontalmente al aire. El ala delantera, por su parte, es fina y ligeramente reducida, buscando un efecto aerodinámico lo más neutro posible.

Las cubiertas de los rotores delanteros incorporan una forma similar a una gota de agua, la cual favorece la circulación del viento alrededor de la superficie. En cuanto a los brazos, estos presentan una forma ovala que conecta de manera continua el chasis con los motores. El ala trasera, por su parte, deja un pequeño hueco entre el chasis principal y esta, sin embargo, pretende ser un elemento prácticamente continuo. En definitiva, se trata de un dron en el que las alas apenas toman relevancia y donde la carcasa busca una forma compacta y con el mínimo número de aperturas posibles.

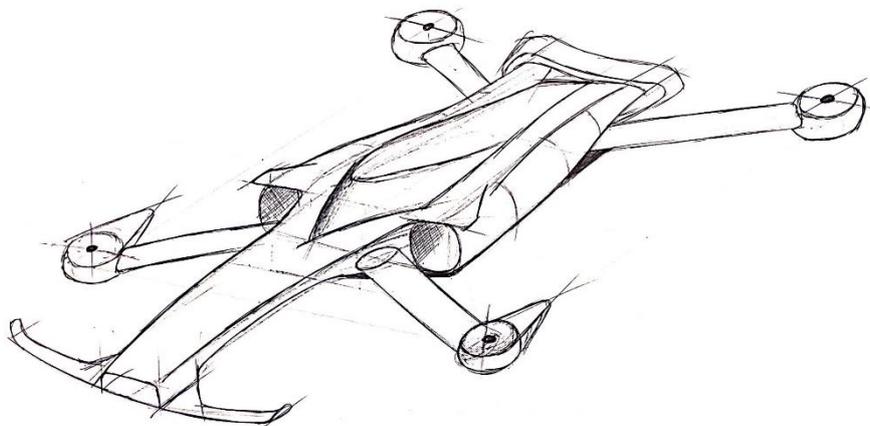


Ilustración 32 Alternativa 1 [Boceto] Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Alternativa 2

En el caso de la segunda alternativa, esta presenta un diseño compacto y en forma de flecha. Incluye una carcasa principal en la que se eliminan las aperturas laterales que simulaban los pontones en la alternativa 1 y crea una continuidad formal que encierra de forma estanca los elementos en su interior. La parte frontal busca reducir al máximo el tamaño del ala delantera, esta adquiere forma de flecha y aporta continuidad formal al dron en su conjunto. La influencia del aire sobre la misma tiene un efecto mínimo, pues el tamaño en relación con el cuerpo del dron es insignificante.

La parte trasera no cuenta con un ala diferenciada, sin embargo, el chasis se alarga considerablemente llegando a crear una pequeña elevación al final de este. La geometría total del dron visualizada del perfil es convexa y tiene como finalidad reducir el efecto del aire durante el despegue, no obstante, puede resultar una estructura formal algo inestable.

En cuanto a las cubiertas para los rotores, estas presentan una forma cónica cortada en ambas direcciones. Esta forma resulta atractiva y a su vez reduce la resistencia aerodinámica tanto en el despegue como en el avance frontal o lateral. Por otro lado, los brazos de unión presentan una transición desde la parte del chasis, en la cual tienen una sección ovala, hasta los rotores, en la cual la sección pasa a ser completamente circular.

En conjunto, el dron presenta una estética compacta y curvada, en la cual la cúpula superior adquiere la mayoría del protagonismo, a su vez, la transición en los brazos de las alas genera un equilibrio entre el cuerpo principal y las cubiertas de los motores.

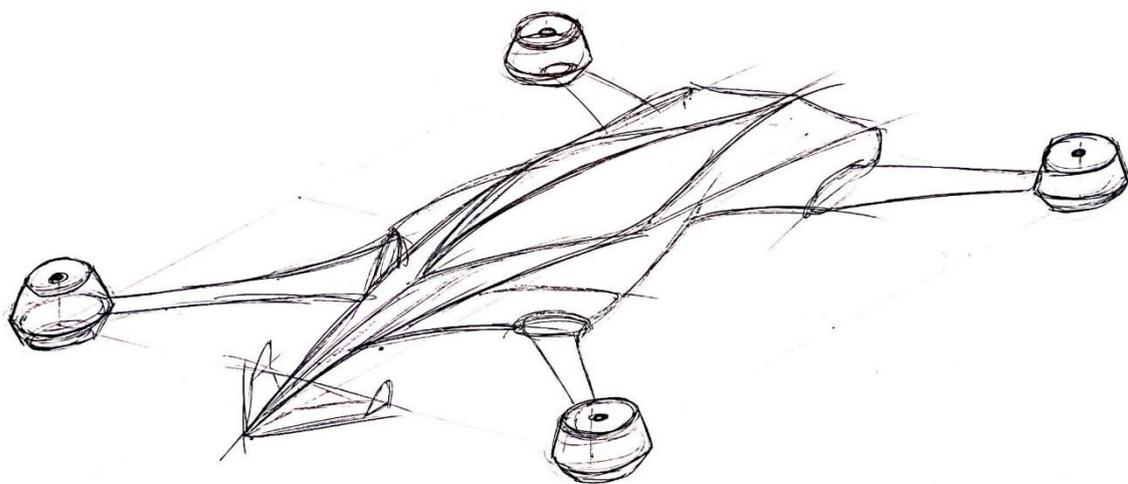


Ilustración 33: Alternativa 2 [Boceto] Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Alternativa 3

La alternativa número 3 cuenta con una forma equis compacta y elegante. El chasis central incorpora aperturas laterales en las cuales se ensamblan los brazos del dron y que a su vez permiten el paso de aire desde la parte delantera hasta la trasera. Además presenta una forma continua en la que destacan los brazos ovalados que acompañan a la estructura en forma de X. Esta configuración sella los elementos internos del dron, dando una apariencia aerodinámica y moderna.

El frente ha sido optimizado para minimizar el tamaño del ala delantera, que adquiere una punta central con alas en forma de uve. La incidencia de esta en el aire permite dividir el flujo en las dos direcciones laterales. Una vez más el ala no supone una desventaja aerodinámica para el dron, pues su tamaño en relación al conjunto es relativamente reducido.

En la parte trasera, se incorpora un ala trasera similar a la que aparecía en la alternativa número 1. Esta consiste en una continuación de los laterales de la carcasa que dejan un espacio en la parte final para generar un pequeño alerón inclinado. La geometría general del dron centra el peso en el punto central y crece a medida que se aleja de este. La cúpula superior se divide en dos mitades simétricas y la parte trasera tiene una forma rectangular. Los brazos de conexión, que se extienden desde la parte del chasis hasta los rotores, presentan un agujero que deja pasar el aire durante el ascenso vertical, esto implica conducir los cables de los motores por ambas laterales del orificio. En definitiva, se trata de un diseño más agresivo y diferenciado del resto por el tamaño de su chasis y la posición de sus alas.

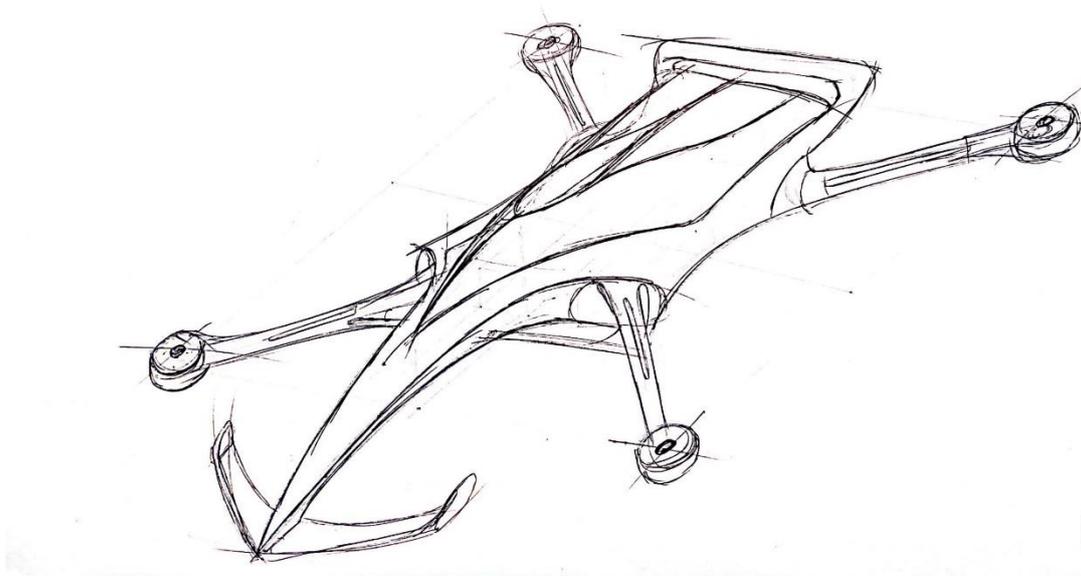


Ilustración 34: Alternativa 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

5.2.4 Alternativa 4

La última alternativa cuenta con una línea muy similar a la de un monoplaza de Fórmula 1. La estructura central tiene una forma rectangular que disminuye a medida que se acerca hacia la parte trasera del dron. Presenta en los laterales dos pontones que conducen el aire desde la parte delantera hacia el final del dron. El concepto resulta elegante e innovador y su continuidad formal en los laterales reduce considerablemente la resistencia aerodinámica. Los brazos laterales que forman la unión con los motores, se disponen en forma de equis y están compuestos por un soporte de unión con la carcasa y una prolongación ovalada hasta las cubiertas.

En la parte delantera, el morro cuenta con una forma rectangular similar a la de la primera alternativa, pero de menor tamaño. Por otro lado, el ala tiene una forma alargada y curvada, que pretende dotar de elevación al dron con una línea similar a las alas de un avión. En los extremos, cuenta con deflectores que dotan de estabilidad al dron. De manera contraria a otras alternativas, el ala trasera seta presente y se encuentra completamente ligada al chasis central, lo cual genera continuidad formal. Además, reduce el número de elementos y no supone un ala con demasiada resistencia. Los motores están diseñados en forma cónica y cuentan con una simetría vertical en su cubierta.

Esta alternativa introduce un chasis que imita la línea de un Fórmula 1 de manera evidente. Su estética es atrevida e innovadora, y el anclaje de los brazos recuerda a los soportes de la suspensión de los monoplazas de carreras.

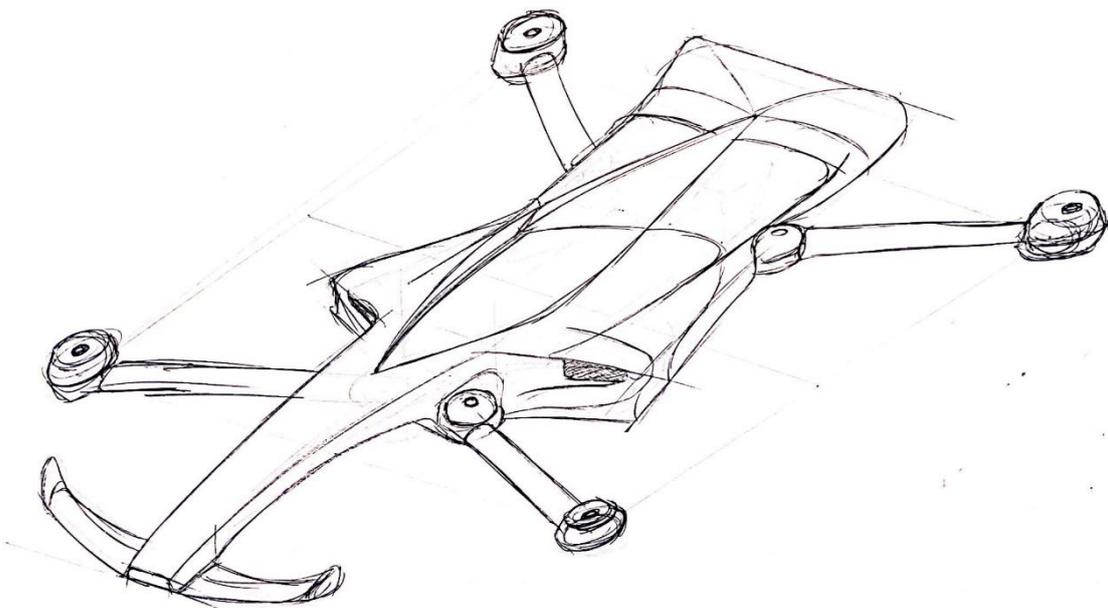


Ilustración 35: Alternativa 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

5.3 Justificación de la solución adoptada

En el presente apartado, la justificación de la selección de la alternativa final se llevará a cabo mediante el análisis de criterios previamente establecidos. De manera objetiva se explicarán los fundamentos que sustentan la elección, centrándose en la evaluación de los diferentes factores que se han considerado durante el proceso de creación de alternativas. La aplicación rigurosa de los criterios proporcionará una base sólida y coherente para apoyar la decisión adoptada.

5.3.1 Criterios de evaluación

Los criterios de selección establecidos vienen dados a partir del estudio inicial para el diseño llevado a cabo con anterioridad. Todo ello se ha recopilado en los siguientes criterios:

La estética de un vehículo de Fórmula 1 se caracteriza por su diseño aerodinámico, líneas elegantes y agresivas, que evocan velocidad y rendimiento. Por lo tanto, uno de los criterios fundamentales para la selección de la alternativa final será su capacidad para reflejar y mantener la esencia estética de estos vehículos de carreras. La similitud buscada desde un inicio en la línea estética a seguir ha de ser un criterio fundamental a tener en cuenta.

La continuidad y la fluidez formal en el diseño son aspectos cruciales a tener en cuenta si se busca un resultado plenamente funcional. Un dron con un chasis no contiguo generará una gran cantidad de resistencia aerodinámica. La alternativa seleccionada debe mantener una continuidad formal, asegurando que todas sus partes y componentes se integren de manera armoniosa y equilibrada, proporcionando una apariencia sólida y atractiva en su conjunto.

La reducción de peso en el diseño es un factor clave para mejorar el rendimiento y la eficiencia de cualquier vehículo. Por lo tanto, se evaluará la capacidad de la alternativa para mantener un enfoque en la ligereza, sin comprometer la seguridad y la resistencia necesarias.

En busca de una solución eficiente y fácil de implementar, se dará preferencia a aquellas alternativas que presenten un diseño simple y funcional. La simplicidad mejora la facilidad de producción, mantenimiento y reparación, que es esencial para optimizar el rendimiento general del vehículo.

Por último, la estabilidad es un aspecto vital para garantizar la seguridad y el control de la aeronave en diversas condiciones de vuelo. Se analizará cuidadosamente la capacidad de la alternativa para ofrecer un alto nivel de estabilidad, lo que permitirá una experiencia de vuelo fiable y segura para el usuario.

La aplicación meticulosa de estos criterios proporcionará una base sólida para la elección de la alternativa final, asegurando que se ajusta de manera óptima a los requisitos estipulados y cumple con las expectativas establecidas para el proyecto en cuestión.

5.3.2 Métodos de evaluación y selección

El siguiente apartado tiene como objetivo abordar la selección de la alternativa óptima para el diseño del dron innovador y versátil. Para lograr este objetivo se utilizarán varios métodos de selección basados en la evaluación de los criterios de evaluación o atributos clave. Estos métodos nos permitirán analizar y comparar objetivamente las diferentes alternativas de diseño. Con un enfoque meticoloso en ponderar criterios se espera obtener la opción óptima que refleje la excelencia en el diseño de este proyecto.

5.3.3 Suma ponderada

El criterio de selección de suma ponderada es un método utilizado en proyectos de diseño, que consiste en asignar ponderaciones a atributos clave y puntuar cada alternativa de acuerdo con esos atributos. Las ponderaciones reflejan la importancia relativa de cada atributo, mientras que las puntuaciones indican el rendimiento de cada opción en relación con los atributos. Luego, las puntuaciones se multiplican por pesos y los resultados se agregan para obtener una puntuación total para cada alternativa (Campos, 2023).

En primer lugar, se asignará a cada atributo un peso específico en función de su importancia como criterio a tener en cuenta:

ATRIBUTOS	PESO	%
ESTÉTICA	0,20	20%
CONTINUIDAD	0,15	15%
LIGEREZA	0,25	25%
SIMPLICIDAD	0,18	18%
ESTABILIDAD	0,22	22%
Σ	1	100%

Ilustración 36: Ponderación atributos 1 [Tabla] Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTOS	PESO	A1	A2	A3	A4
ESTÉTICA	0,20	9	7	6	8
CONTINUIDAD	0,15	7	9	6	7
LIGEREZA	0,25	6	8	7	8
SIMPLICIDAD	0,18	7	8	5	8
ESTABILIDAD	0,22	8	6	8	9

Ilustración 37: Calificación atributos 1 [Tabla] Fuente: Elaboración propia

ATRIBUTOS	PESO	A1	A2	A3	A4
ESTÉTICA	0,20	1,8	1,4	1,2	1,6
CONTINUIDAD	0,15	1,05	1,35	0,9	1,05
LIGEREZA	0,25	1,5	2	1,75	2
SIMPLICIDAD	0,18	1,26	1,44	0,9	1,44
ESTABILIDAD	0,22	1,76	1,32	1,76	1,98
Σ	1	7,37	7,51	6,51	8,07

Ilustración 38: Resultado de la suma [Tabla] Fuente: Elaboración propia

Tras calcular la suma ponderada de las diferentes alternativas se puede observar que la alternativa 4 tiene una mayor nota y por tanto debería de ser la solución adoptada. Sin embargo, con la finalidad de tener más de un modelo se selección y obtener una solución correcta, se procederá con los siguientes métodos de selección.

5.3.4 Regla de la mayoría

En el siguiente método se comparan los atributos dos a dos en base a los diferentes atributos. En cada atributo se colocará la que más se adecue a dicho atributo. Finalmente, el más elegido para los diferentes atributos será escogido (Campos, 2023).

ATRIBUTOS	ESTÉTICA	CONTINUIDAD	LIGEREZA	SIMPLICIDAD	ESTABILIDAD	MAYORÍA
A1-A2	A1	A2	A2	A2	A1	A2
A1-A3	A1	A3	A3	A1	A1	A1
A1-A4	A1	A1	A4	A1	A4	A1
A2-A3	A2	A3	A3	A3	A2	A3
A2-A4	A4	A2	A4	A2	A4	A4
A3-A4	A4	A3	A4	A4	A4	A4

Ilustración 39: Regla de la mayoría [Tabla] Fuente: elaboración propia

A través del método de la regla de la mayoría se obtiene un empate entre las alternativas 1 y 4; por lo que resultará necesario llevar a cabo un último método para comprobar si la elección correcta es la alternativa 4, tras realizar los dos primeros métodos de selección esta propuesta ha quedado elegida en dos ocasiones y por tanto, sería la alternativa a desarrollar por el momento.

5.3.5 Matriz de selección filtrada

El método de selección filtrada se basa en la determinación del cumplimiento de los atributos por parte de las alternativas. Para llevar a cabo este proceso de selección, se disponen las diferentes alternativas y se valoran con < en caso de no cumplir el atributo, > en caso de cumplirlo y 0 si es neutro. Una vez calificados, los resultados se suman y comparan para extraer un ganador (Campos, 2023).

ATRIBUTOS	ESTÉTICA	CONTINUIDAD	LIGEREZA	SIMPLICIDAD	ESTABILIDAD	TOTAL
A1	>	0	<	0	>	1
A2	<	>	0	<	>	0
A3	<	>	>	>	0	2
A4	>	0	>	0	>	3

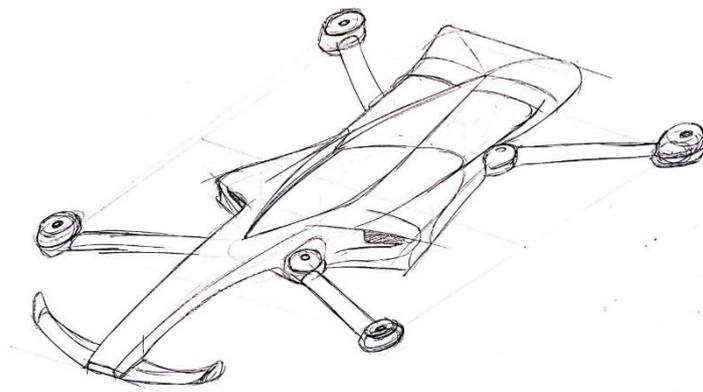
Ilustración 40: Matriz selección filtrada [Tabla] Fuente: Elaboración propia

El sumatorio de todas las calificaciones da como resultado que la alternativa número 4 cumple con la mayoría de los atributos. Por este motivo, y tras haber llevado a cabo tres métodos de selección se puede afirmar que la alternativa que debe ser desarrollada es la número 4, pues ha obtenido la mayor puntuación en todos los métodos utilizados.

6. Descripción de la solución final

La selección a partir de los métodos de suma ponderada, regla de la mayoría y matriz de selección filtrada, han determinado de forma conjunta que la alternativa que más se ajusta a las consideraciones y limitaciones estudiadas previamente. Por este motivo, esta será la alternativa a desarrollar.

Se trata de un concepto que encaja con la estética y la línea de los monoplazas de la Fórmula 1 sin suponer esto una desventaja aerodinámica. Por otro lado, presenta una continuidad formal que comienza en la parte frontal y llega hasta la cola trasera, únicamente dejando espacios abiertos para el anclaje de los brazos. Esta continuidad formal no solo aporta una apariencia estéticamente agradable, sino que también mejora la aerodinámica general del dron, reduciendo la resistencia al viento y mejorando la eficiencia en vuelo. En cuanto al peso, es un concepto que a penas incorpora elementos, tiene un tamaño compacto y no utiliza añadidos innecesarios que podrían perjudicar el vuelo del dron. De la mano de la continuidad formal y la ligereza, el dron presenta un estilo simple y estable, que centra el peso en el centro e incorpora un fondo completamente plano.



Con una selección basada en la idoneidad del dron para cumplir con los criterios establecidos, el siguiente paso clave es llevar a cabo el modelado 3D del diseño elegido. Este proceso de modelado permite dar vida a las características estéticas y funcionales del dron de forma virtual, antes de su materialización física. Para ello, se utiliza el programa SolidWorks como herramienta principal, pues se ha considerado el *software* más adecuado para crear y definir el modelado final de la aeronave.

El programa ofrece un enfoque intuitivo y fácil de aprender que facilita la creación de diseños complejos con precisión y eficiencia. Gracias a su extensa biblioteca de herramientas y funciones especializadas, permite generar modelos detallados y realistas, lo que agiliza el proceso de desarrollo del producto y reduce los tiempos de diseño. Además, esta plataforma también permite simulaciones y análisis para evaluar el comportamiento y el rendimiento de los diseños, lo que conduce a una toma de decisiones más informada y una mejor calidad del producto final.

6.1 Proceso de modelado

A continuación, se explica el proceso que se ha llevado a cabo para la creación del modelado, este no incluye una explicación en profundidad de cada una de las piezas puesto que esta será incluida en la justificación detalla de los elementos. El modelado comienza con el desarrollo del suelo inferior, este ha de contener la batería y las uniones con los brazos de los rotores, para ello, se deja un espacio centrado en el que se ubicará la batería, y se colocan guías laterales de su misma altura. Además, se tiene en cuenta que la placa base se sitúa encima de la batería por lo que se crean agujeros donde instalar un soporte para la placa.

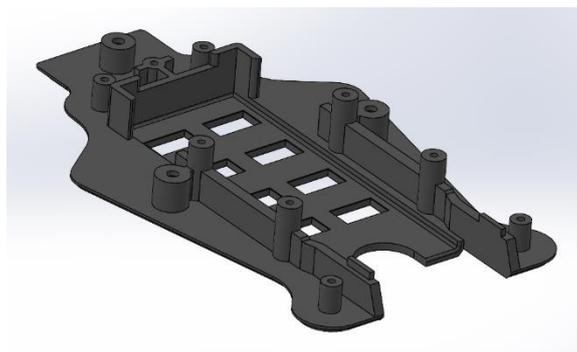


Ilustración 41: Modelado 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a modelar el soporte sobre el que se ubicará la placa, este se coloca encima del suelo y ha de dejar el espacio exacto para que los conectores encajen. El soporte cuenta con el mismo número de agujero que la placa, asegurando de esta forma el encaje.

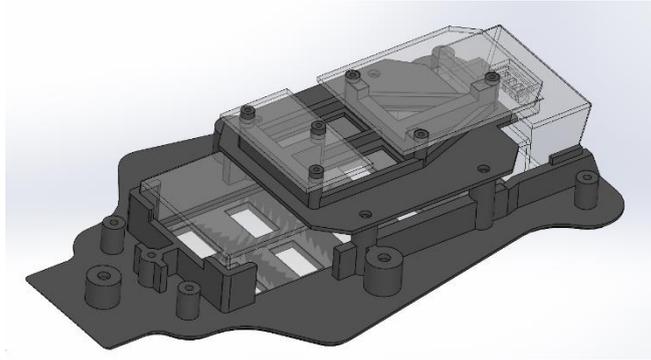


Ilustración 44: Modelado 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procede con el modelado de los brazos donde irán ubicados los motores. Estos se unen al chasis por medio de cuatro torres que dejan a cada motor a una distancia de 160 mm de su análogo. Estos brazos tienen dos partes, la superior y la inferior, en el caso de la superior cuenta con el espacio para alojar los tornillos y la inferior con el espacio para introducirlos. En ambos casos se realiza un hueco para ubicar el motor y se remata en los extremos con la cubierta cónica de los engranajes del motor.



Ilustración 42: Modelado 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

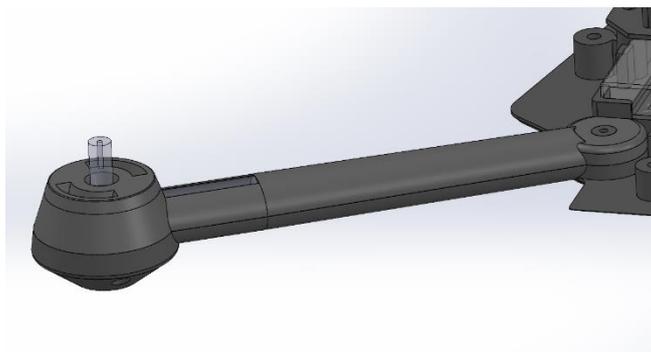


Ilustración 43: Modelado 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Una vez modelados los cuatro brazos se colocan los soportes que unirán a estos con el suelo principal, esta unión mantendrá los brazos fijos en todo momento y asegurará su estabilidad durante el vuelo.

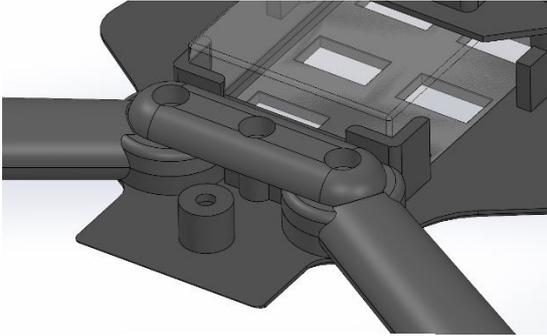


Ilustración 45: Modelado 5 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia

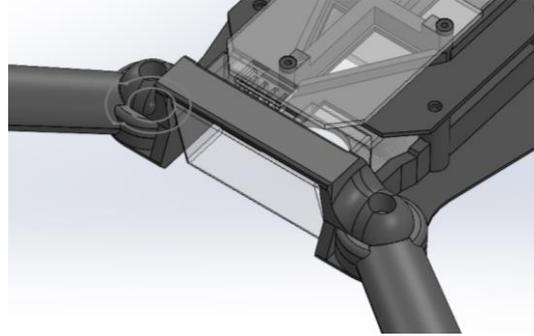


Ilustración 46: Modelado 6 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia

Por último, se procederá con el modelado de la cubierta del dron, esta irá anclada al suelo y apoyará sobre los brazos generando una fuerza de unión entre todos los componentes del conjunto. Al tratarse de la pieza más estética y aerodinámica del conjunto, es la que tomará más tiempo en desarrollarse.

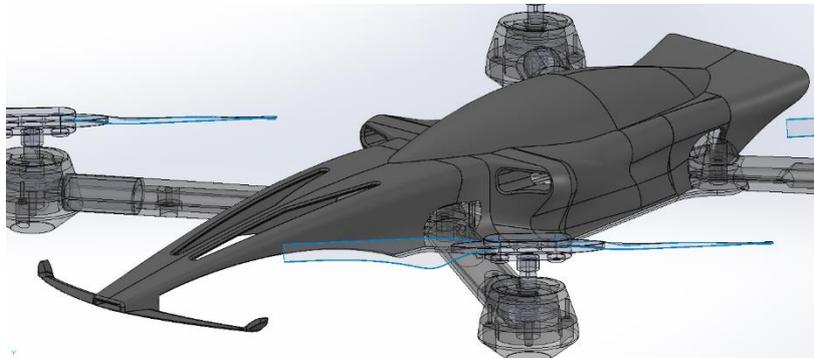


Ilustración 47: Modelado 7 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Como resultado final, se obtiene un modelado de dron que cumple con los criterios establecidos previamente. Incorpora una estética atractiva gracias a su cubierta superior que a pesar de su similitud con la línea de los monoplazas no genera una forma muy recargada o pesada desde el punto de vista visual. El peso total calculado por el software es de 65 g sin contar con la batería, por lo que se trata de un chasis ligero y compacto.



Ilustración 48: Modelado 8 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

6.2 Justificación detallada de los elementos de la solución final

El siguiente apartado presenta los elementos que forman la solución final, se recogen todas las piezas que han sido modeladas y se describirá la forma en la que se les ha dado forma para ocupar su lugar en el modelado.

6.2.1 Suelo inferior

Siguiendo la estructura que presenta el desarrollo del modelado, se debe comenzar explicando el suelo del dron. Es necesario señalar que se ha escogido la construcción de un suelo con la finalidad de que todos los elementos del conjunto descansen sobre este. Dicha organización permite al resto de elementos anclarse al chasis en una misma pieza. El suelo del dron cuenta con un espesor de 2 mm, lo que resulta suficiente a la hora de actuar como base para el resto de los elementos. Únicamente existe una parte en la que el suelo no cuenta con 2 mm de espesor, y es que la parte trasera en la que se ubicará la batería cuenta con un desnivel de 2 mm hacia abajo; de esta forma se consigue que la batería, elemento más pesado del conjunto, sea la pieza más baja en relación con el resto. Esto, junto con una ubicación centrada, permite estabilizar el dron en el centro de masas.

La forma del suelo inferior está claramente inspirada en los fondos planos de los Fórmula 1. Comenzando por la parte delantera, esta se extiende lo justo como para albergar los soportes de los brazos delanteros y colocan una torreta de unión con la cubierta superior. En esta primera parte el ancho del suelo es de 24 mm y crece a medida que se acerca a la batería. En esta segunda parte, se amplía el suelo por los laterales hasta adquirir un ancho total de 62 mm con la finalidad de crear las aperturas laterales en la cubierta y que el aire discurra por una cavidad completamente cerrada. Este sistema, conocido como pontones laterales en los monoplazas de carreras, tiene una utilidad de refrigeración y de conducción del aire hasta la parte trasera del chasis. Hacia la parte final del suelo, este se va estrechando hasta dejar únicamente el espacio necesario para acoplar la batería y los brazos traseros, el ancho pasa a tener 40 mm.

El largo total del suelo es de 101.7 mm en total, este incluye un total de 12 torretas ubicadas en diferentes posiciones que garantizan la fijación de todos los elementos. Las cuatro torretas centrales cuentan con una altura de 20mm y forma la base sobre la que se colocará el soporte de la placa controladora. Las torretas encargadas de unir el suelo con la cubierta superior son tres, la primera de ellas esta situada en la parte delantera del suelo, delante de los brazos delanteros, las otras dos torretas se ubican de manera libre en los laterales del suelo. Por último, existen 5 torretas destinadas a la unión de los brazos del dron con el suelo, las tres

primeras se ubican en la parte frontal, dos de ellas encajarán con los brazos, y la central encaja con la pieza superior que une los tres agujeros. Esta pieza es el soporte de los brazos delanteros, la cual será descrita más adelante en el proyecto. En la parte trasera se pueden encontrar dos torretas más que se encargará de sujetar los brazos traseros.

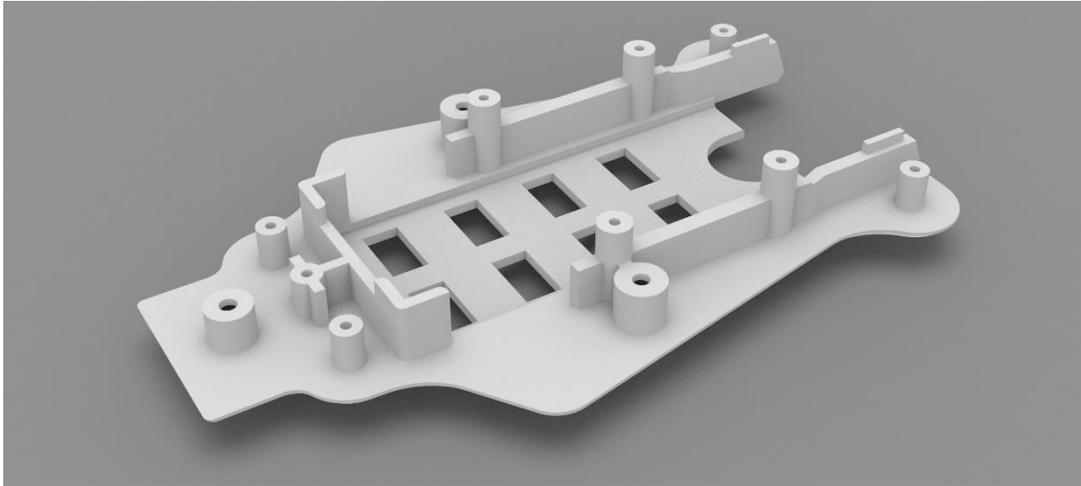


Ilustración 49: Suelo [Modelado] Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones de las torretas varían en función de las necesidades a las que han de atender, en el caso de los brazos, estos han de formar un ajuste con la torreta, por lo que esta ha de ser lo más reducida posible y garantizar fuerza en esos puntos de unión, para ello, se ha elegido un diámetro exterior de 4 mm. En cuanto a las torretas que unirán el soporte de la placa, se ha optado por un diámetro igual, pues es una unión que a penas soporta esfuerzos. Por último, las torretas de unión de la cubierta superior cuentan con un diámetro de 6 mm, pues será necesaria una buena unión para garantizar un conjunto fuerte. Los agujeros para los tornillos cuentan con un diámetro de 1,4 mm en el caso de los que actúan como agujero de apriete y de 2,2 mm en el caso de que actúen como agujero pasante.

Para acabar con la descripción del suelo, se ha de añadir que para la sujeción de la batería se han colocado paredes laterales que actúan a modo de nervios para las torretas. Estas encierran la batería y actúan de tope en la parte delantera del suelo, evitando que esta se pueda mover durante el vuelo. La pared cuenta con un espesor de 1 mm y recorre todo el perfil de la batería exceptuando ciertas partes que se han eliminado para reducir la cantidad de material. Además, la parte del suelo que encierra la batería cuenta con aperturas rectangulares que garantizan la ventilación del componente.

El suelo, como el resto de los elementos que se describirán a continuación, se fabricará mediante impresión sinterizada, método el cual se explicó en el apartado número 2.5 del proyecto en el cual se trataba el método de fabricación escogido.

6.2.2 Soporte de la placa base

Se trata de un soporte destinado a encajar con la placa controladora seleccionada, este debe contar con un método de unión con el suelo del dron y el número necesario de torretas para encajar con la placa. Esta cuenta con 6 agujeros ubicados de forma triangular para cada una de sus partes, ya que se trata de una placa dividida en dos mitades.

El espesor de la base donde van ubicadas las torretas es de 1 mm, sus dimensiones son 44 mm de largo por 37 mm de ancho. Sin embargo, la longitud total varía en uno de los extremos donde existe un saliente rectangular de 10 mm de ancho por 6 de largo que se ubica en el conector de la placa con la batería. Además, la base presenta esquinas a modo de chaflán y agujeros centrales alrededor de los nervios que permiten reducir el material utilizado y a su vez reducir el espacio necesario dentro de la cubierta. Este aspecto será fundamental a la hora de modelar la cubierta, pues cuanto menor sea el tamaño de las piezas en su interior, menos espacio deberá de abarcar la cubierta.

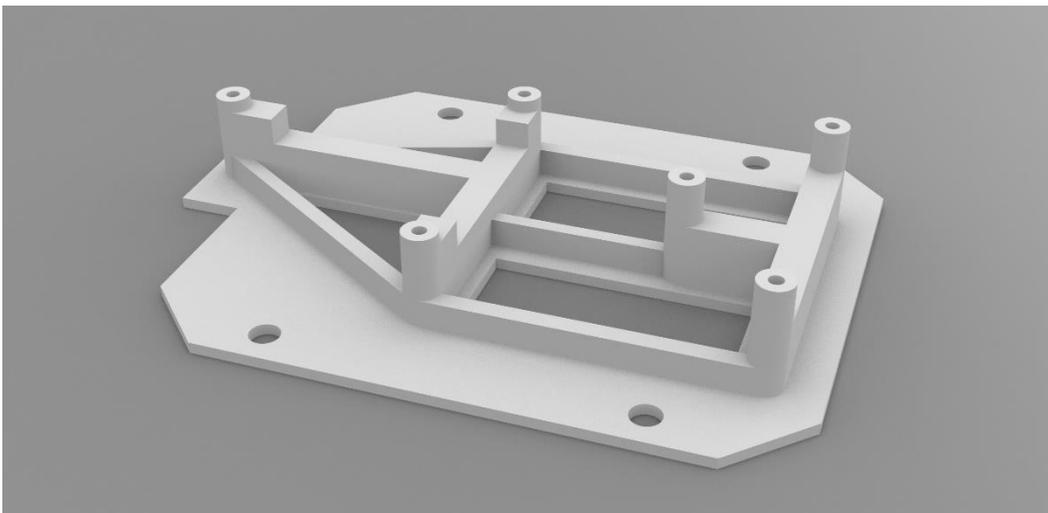


Ilustración 50: Soporte placa [Modelado] Fuente: Elaboración propia

La disposición de las torretas en el área de soporte viene dada por la ubicación necesaria para que la placa conecte con la batería, la cual va situada inmediatamente debajo del soporte. Para ello, modelando la batería y la placa se han colocado ambas partes a los lados del soporte y se ha localizado la ubicación de todas las torretas. Estas, por su parte, tienen una altura de 7,7 mm, la cual es necesaria para encajar los conectores.

Finalmente, se han extruido las torretas de apenas 2,45 mm de diámetro y se han creado nervios alrededor del conjunto para garantizar una buena rigidez. Seguidamente, se han creado los agujeros de 1 mm tal y como establece la guía de Formlabs y se han ubicado agujeros pasantes de 2,2 mm en la base para unir el soporte con el suelo inferior.

6.2.3 Brazo delantero inferior

Los brazos cumplen la función de unir los motores con el chasis central del dron. En el caso del diseño desarrollado, estos incluyen la cubierta del motor y sus engranajes en la misma pieza. Además, al no tratarse de un chasis completamente simétrico, los brazos delanteros tienen una longitud distinta con respecto a los brazos traseros.

Con la finalidad de ubicar los componentes mecánicos y electrónicos en el interior de los brazos, estos presentan una división horizontal en su configuración que deja por un lado la parte inferior, encargada de sujetar los componentes, y por otro lado la superior, que cierra el conjunto fijando el mecanismo en su lugar correspondiente.

Comenzando por el brazo delantero inferior, este cuenta con una longitud de 98,4 mm, una altura de 9.1 mm y un espesor de 1mm. A la hora de describir la pieza, se pueden diferenciar tres partes principales. En primer lugar, la parte donde se ubican los motores cuenta con un diámetro de 22,9mm, y la cavidad interior de esta un diámetro de 15mm. En el centro de la cubierta para el motor inferior, se encuentra el agujero sobre el que pivota el engranaje del mecanismo del motor, este cuenta con un diámetro de 1,8mm. Con la finalidad de cerrar ambas mitades de los brazos, se ubican dos agujeros de diámetro 3 mm que terminan con un diámetro menor de 1,2 mm donde el tornillo hace tope para cerrar la unión, estos se encuentran dispuestos de manera perpendicular con respecto a la longitud de la pieza. En la parte inferior, esta parte del brazo actúa como tren de aterrizaje y presenta una forma de cono

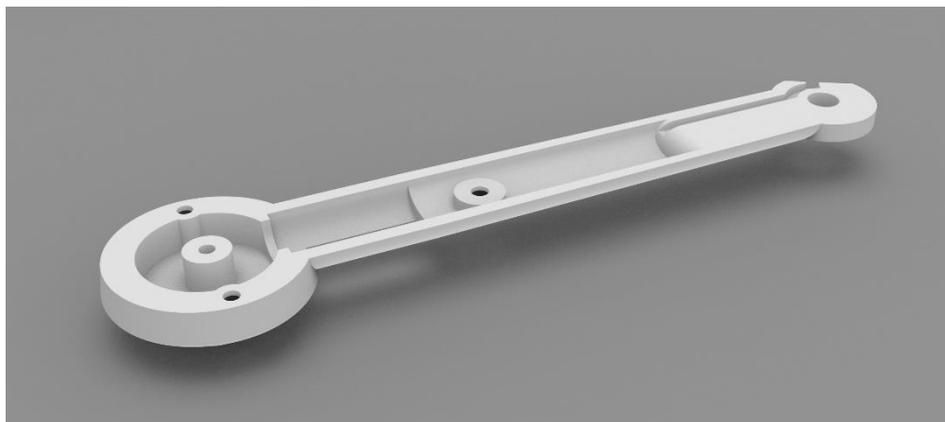


Ilustración 51: Brazo delantero Inferior [Modelado] Fuente: Elaboración propia

partido, esta forma permite colocar el mecanismo en la mitad del conjunto y reducir la cantidad de material utilizada.

La segunda parte diferenciable en el brazo se trata del alojamiento para el motor y los cables. Esta parte presenta una sección ovalada al cerrarse con la mitad superior. Para su diseño, el tamaño del motor es determinante. Al tratarse de un motor de 20 mm de longitud y

8 mm de diámetro, se necesita al menos 1 mm más de espesor a su alrededor para encajarlo. Sin embargo, la solución adoptada va más allá de este requerimiento y combina la forma de un óvalo con el cilindro del motor. De esta manera, el motor queda expuesto por la parte superior e inferior, donde el óvalo tiene el eje menor de 8,2 mm, pero completamente encajado entre los laterales, donde el óvalo sitúa su eje mayor de 12mm. La unión de la primera parte donde se ubicaba el engranaje, y la segunda donde se aloja el motor, se realiza a través de un agujero que crea una transición de las dos partes colocando el motor a la distancia necesaria para hacer funcionar el mecanismo.

En torno al punto medio del brazo, se ubica un cilindro que se utiliza para unir la parte superior con la inferior del brazo, al igual que en los otros dos agujeros para tornillos, este presenta un agujero pasante de 2,2 mm. Todos los agujeros de esta parte inferior del brazo son pasantes puesto que se busca esconder los tornillos del montaje.

A media que la parte del brazo es más próxima al suelo del dron, el ovalo reduce su eje mayor estrechando el conjunto. En la última parte del brazo, la más cercana al suelo, este pasa de estar vacía a ser completamente sólida, únicamente contiene un canal guía de 1,5 mm que lleva los cables desde el motor hasta la placa del dron.

La parte final del brazo, que encaja este con el suelo, presenta una forma cilíndrica de 13,5mm de diámetro cortada en ángulo. Este corte permite encajar el cilindro contra una de las paredes que el suelo tenía en la parte delantera. De esta forma se inhabilita el movimiento de rotación que generaría la pieza en el caso de únicamente pivotar sobre el cilindro del suelo en el que encaja. Para dicho encaje, el brazo cuenta con un agujero pasante de 4 mm que sirve para encajar ambas mitades del brazo y fijarlos en el suelo inferior.

La parte inferior del brazo delantero en su conjunto busca una forma simple, aerodinámica y que reduzca la cantidad de material al mínimo indispensable. La pieza cuenta con un vaciado general que únicamente pasa a ser sólido en la parte más cercana al chasis, puesto que es ahí donde requiere de una mayor resistencia para soportar esfuerzos.

6.2.4 Brazo delantero superior

El brazo delantero superior presenta una geometría casi simétrica con respecto a la mitad inferior del mismo. La principal diferencia de una pieza con la otra reside en la apertura superior de 4mm de diámetro que la cubierta del motor requiere para colocar la hélice. Al contrario que en el brazo inferior delantero. La posición que ocuparía el tren de aterrizaje es utilizada en este caso para colocar dicho agujero, además, este va acompañado de dos orificios semicirculares pensados para actuar como ventilación para ambos componentes.

En cuanto a las dimensiones generales, la pieza presenta una longitud de 98,2mm, una altura de 9mm y un espesor de 1mm. Al igual que ocurría con la parte inferior del brazo, esta se puede dividir en tres partes fácilmente diferenciables. La primera de ellas resulta prácticamente simétrica con su opuesta repitiendo la forma cónica cortada. Otra de las diferencias que presenta es el tamaño de los agujeros para los tornillos, pues al tratarse de agujeros de apriete, tiene un diámetro menor de 1mm. El espesor de la parte superior de esta parte está estrictamente calculado para impedir que el engranaje de motor pueda separarse.

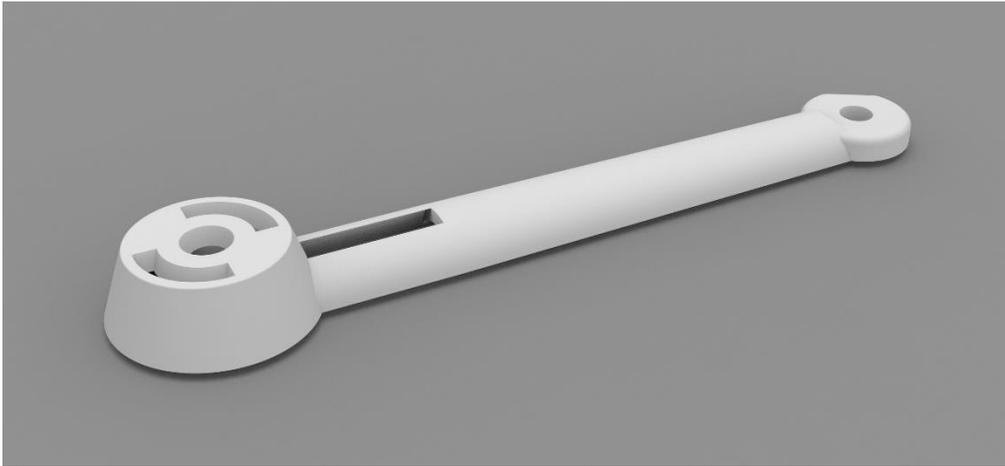


Ilustración 52: Brazo delantero superior [Modelado] Fuente: Elaboración propia

Explicadas las diferencias de la parte superior de la cubierta del motor, el resto del brazo resulta completamente simétrico de manera opuesta a la mitad inferior del mismo. Por lo que queda correctamente descrito. De igual manera, las dos mitades explicadas en el presente apartado muestran el modelado del brazo delantero derecho, al no presentar diferencias, el brazo delantero izquierdo consiste en una simetría de ambas mitades.

6.2.5 Brazos traseros

Al igual que ocurría con los brazos delanteros, estos presentan una estructura partida por la mitad. Además, su geometría resulta idéntica a la de los brazos traseros a excepción de tres características diferenciales.

En primer lugar, estos son más cortos, por lo que la longitud de la mitad inferior pasa a ser de 90,2mm y la de la mitad superior de 89,7mm. A pesar de esta reducción, el eje mayor del óvalo que forma la sección del brazo cuenta con las mismas dimensiones tanto en su origen como en el final. Por lo que se genera una transición más rápida, sin embargo, al no ser una gran diferencia de medida, apenas se evidenciará a efectos visuales.

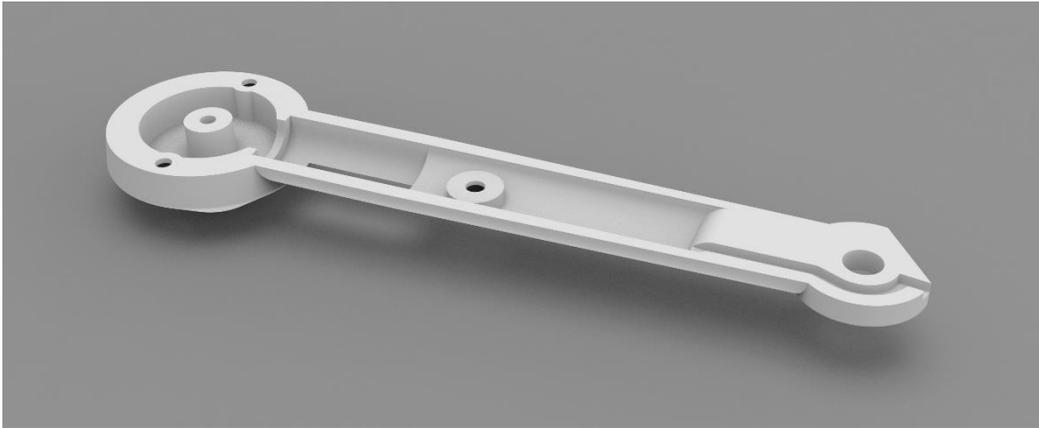


Ilustración 54: Brazo trasero inferior [Modelado] Fuente: Elaboración propia

La segunda diferencia con respecto a la mitad inferior del brazo delantero consiste en el ángulo de corte que presenta el cilindro que une el brazo con el suelo del dron. Este cuenta con la misma utilidad que en el caso del brazo delantero. Sin embargo, el ángulo varía en función de la posición de la pared con la que debe limitar. En el caso del brazo trasero, este limita con la pared que envuelve la batería, por lo que el corte es algo mayor al delantero.

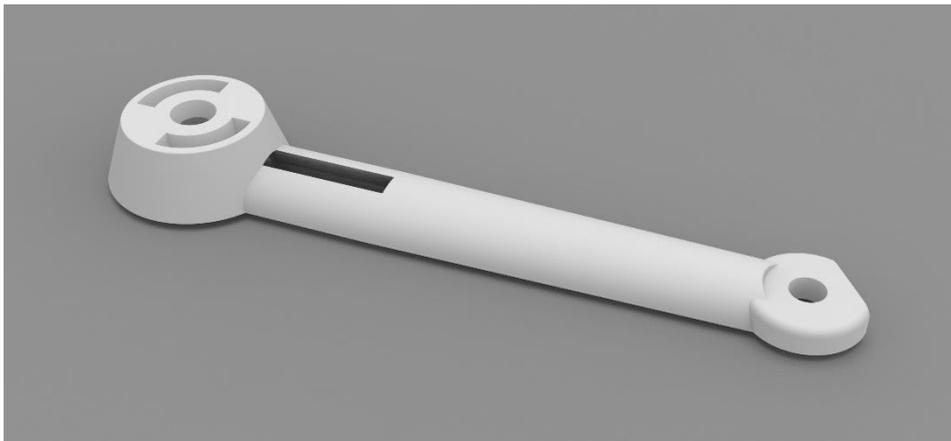


Ilustración 53: Brazo trasero superior [Modelado] Fuente: Elaboración propia

Por último, al variar el ángulo con el que el brazo se une con el chasis, también se produce una variación en la forma del canal guía para los cables. Esta variación se produce en la mitad inferior del brazo, y pasa de dirigir los cables hacia un lado a prácticamente dirigirlos en línea recta, tal y como se observa en la Ilustración 52. Añadir también, que al igual que ocurría con la parte delantera, los brazos izquierdo y derecho son simétricos en la parte trasera, por lo que quedan totalmente definidos todas las piezas de los brazos del dron.

6.2.6 Soporte para los brazos delanteros

Se trata de una pieza relativamente simple, presenta una forma rectangular de bordes redondeados que cuenta con tres agujeros destinados a fijar los brazos delanteros con el suelo

del dron. Presenta unas dimensiones de 31,3mm de largo por 9,3mm de ancho y 4,3mm de alto.

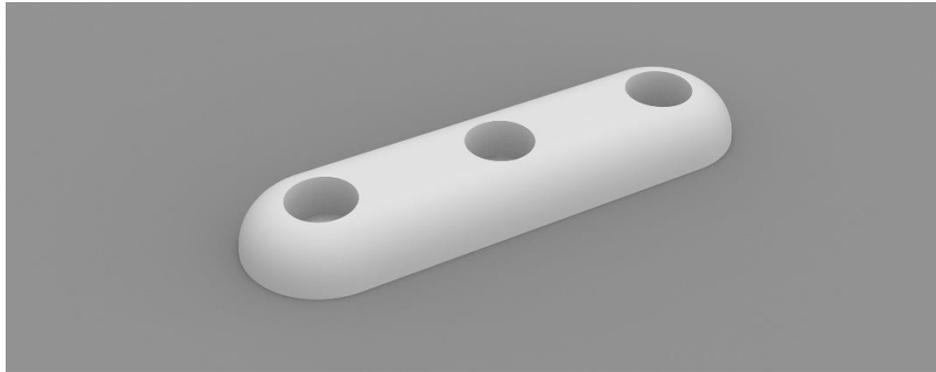


Ilustración 55: Soporte brazos delanteros [Modelado] Fuente: Elaboración propia

Se trata de una pieza extruida hasta el alto deseado que seguidamente se ha redondeado por una de sus caras creando una pieza totalmente curva. Sus tres agujeros tienen un diámetro de 4 mm y acaban en otro agujero pasante de 2,2 mm donde el tornillo hará tope a la hora de fijar los brazos al suelo del dron. Los dos agujeros laterales encajan con cada uno de los brazos delanteros, mientras que el agujero central encaja con la torreta colocada en el suelo del dron.

En definitiva, se trata de una pieza de tamaño reducido que cumple una función tan fundamental como es la sujeción de los brazos delanteros con el conjunto del dron. Se ubican en la parte delantera, justo delante de la batería, y quedará oculta una vez colocada la cubierta superior.

6.2.7 Soporte para los brazos traseros

Al igual que los brazos delanteros requerían de una sujeción fuerte y estable a través del soporte explicado. Los brazos traseros también requieren de una unión con el suelo del dron. Esta pieza presenta una forma de u que deja el espacio suficiente como para poder

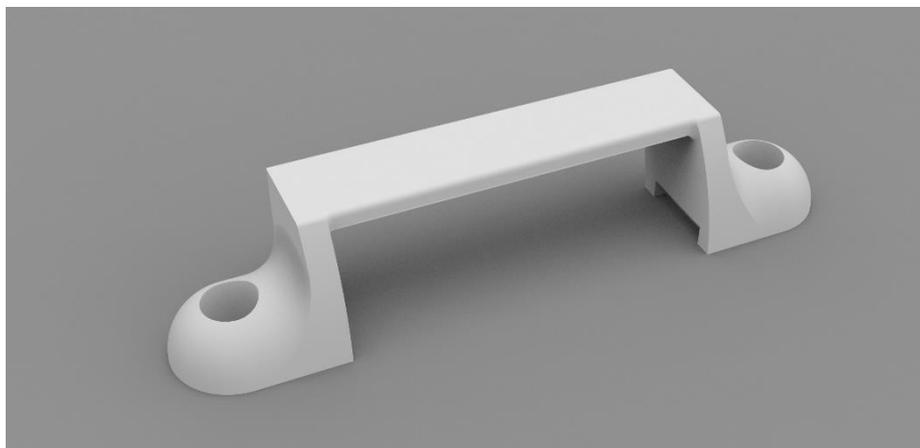


Ilustración 56: Soporte brazos traseros [Modelado] Fuente: Elaboración propia

extraer la batería de la parte inferior del dron, pues si fuera completamente recta como el soporte delantero, impediría la extracción la batería.

Las dimensiones generales que presenta son 51,3mm de largo por 10,8mm de ancho y 9,5mm de alto. La funcionalidad que lleva a cabo es la misma que el caso del soporte delantero, sin embargo, a diferencia de este no cuenta con un tornillo central que una el soporte con el suelo. Al pasar por encima de la batería no existe la posibilidad de colocar un tornillo por lo que se ha utilizado otra solución para este soporte.

La solución adoptada consiste en colocar dos pestañas de encaje en la pieza del suelo que se introducen con precisión en las hendiduras que presenta la pieza en la parte inferior. De esta forma, atornillando los brazos al suelo y encajando debidamente las pestañas, se consigue una unión firme y segura.

En cuanto a las características formales de la pieza, esta presenta en sus extremos unas semiesferas de 9,3mm de diámetro que se atornillan a los brazos traseros. Para ello, se utiliza el agujero de 4 mm de diámetro que se encuentra en cada semiesfera, que como en el caso del resto de agujeros de los soportes, termina con un agujero pasante de 2,2 mm de diámetro. De cada semiesfera lateral se extruye una pared vertical, esta cuenta con una forma continuista con respecto a la pared que sale del suelo del dron. Esta pared se eleva hasta la totalidad de la altura de la pieza y forma una ele para rodear la batería y llegar hasta la otra mitad. Al tratarse de una pieza simétrica, el otro lado presenta la misma forma. La totalidad de la pieza observada desde su perfil muestra una inclinación evidente, esto se debe a que, al seguir la continuidad formal del conjunto, es necesario mantener la inclinación a medida que la pieza gana altura.

En conclusión, se trata de una pieza clave para asegurar la sujeción de los brazos traseros y limitar el movimiento de la placa controladora, sus dimensiones tratan de abarcar el mínimo espacio posible al igual que ocurría con el soporte delantero. Además, también es una pieza que quedará parcialmente oculta una vez colocada la cubierta superior.

6.2.8 Cubierta superior

Se trata de la pieza más compleja que presenta el dron, cuenta con una longitud total de 201,51mm, una anchura de 71,4mm y una altura de 27mm. Al tratarse de la cubierta de un dron, esta engloba todos los elementos que se ubican por encima del suelo y los brazos, es decir, que en caso de no tratarse de un dron, muchos de los elementos que presenta la cubierta estarían fabricados por separado.

La estética de la cubierta superior del dron es uno de los puntos fundamentales del proyecto, pues el aspecto visual de todo el conjunto se verá determinado en gran medida por esta pieza. Con los monoplazas de Fórmula 1 como referencia, se observa una cubierta claramente influenciada por esta línea de diseño que presenta una continuidad formal desde el morro frontal hasta el final de la cubierta. Esta continuidad, dota al dron de un buen perfil aerodinámico a la hora de volar. Las líneas redondeadas y sin cortes, permiten un flujo de aire continuo y sin turbulencias lo que también resulta de ayuda a la hora de generar estabilidad.

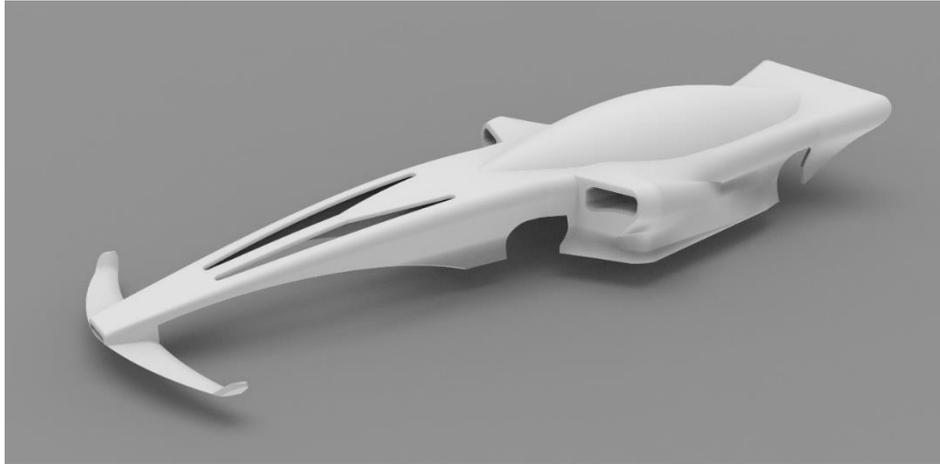


Ilustración 57: Cubierta Superior [Modelado] Fuente: Elaboración propia

A pesar de tratarse de un diseño innovador, agresivo y con carácter; se puede observar una simplicidad en su conjunto, ya que la cantidad de alas o deflectores incorporados es mínima. La línea del contorno principal comienza en el morro y continúa de manera ininterrumpida hasta el ala trasera de la cubierta. Además, la cúpula situada en el centro acompaña adecuadamente la transición de la parte delantera a la trasera.

Comenzando por la parte delantera de la cubierta, se encuentra el ala delantera. La función de este elemento es principalmente estética y no pretende afectar de manera significativa a la aerodinámica del chasis. Diseñada a partir del ala delantera de los Fórmula 1 que buscan pegar el coche al suelo, se coloca de manera invertida con la finalidad de crear el efecto contrario. Esta formada por un plano curvado que disminuye a medida que se acerca a los extremos y unas aletas laterales que hacen continuar los planos con un ángulo de 150°. El espesor del ala en la parte central es de 1mm mientras que las aletas de los extremos cuentan con 2mm, este espesor es variable a lo largo del plano ya que los extremos se encuentran redondeados con la finalidad de crear el efecto aerodinámico deseado.

El movimiento en línea recta de un dron precisa de un cabeceo inicial que inclina el dron hacia delante dando mayor velocidad a los motores de la parte trasera y quitando velocidad a los motores delanteros. Una vez ha iniciado el movimiento, el cabeceo deja de ser

tan pronunciado, pero sigue existiendo una inclinación frontal con la finalidad de facilitar el movimiento del dron en línea recta. Colocar un ala delantera en posición recta generaría un efecto contrario con esta pequeña inclinación en el movimiento frontal. Es por este motivo por el que el ala se encuentra ligeramente inclinada, generando de esta forma una fuerza de empuje vertical en la parte delantera del dron.

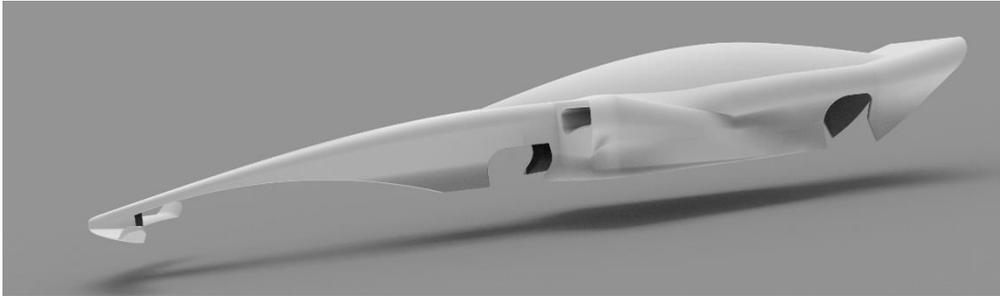


Ilustración 58: Cubierta, ala delantera [Modelado] Fuente: Elaboración propia

A pesar de ser una inclinación que puede generar estabilidad e impulso vertical, se ha optado por un tamaño reducido y una inclinación mínima, puesto que un ala demasiado grande o inclinada puede hacer rotar el vehículo sobre si mismo en la dirección del empuje.

Continuando con el morro de la cubierta, este tiene una longitud de 106mm desde el ala delantera hasta el comienzo de los pontones, se trata de una parte en forma de u invertida que aumenta su tamaño a medida que se acerca al centro de la cubierta. En su comienzo deja una pequeña apertura rectangular que guía el aire por el interior de la cubierta hasta la parte trasera, seguidamente, se observan dos aperturas alargadas en su parte superior. Estas aperturas se colocan para reducir la resistencia al paso del aire en el momento del despegue, pues en ese momento el morro supone una superficie que genera gran parte de la resistencia al ascenso vertical del dron.

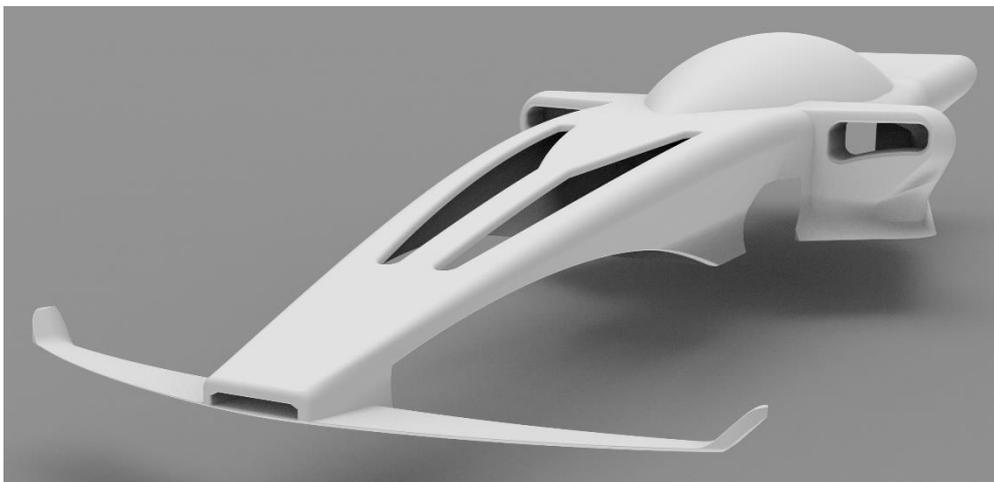


Ilustración 59: Cubierta, morro [Modelado] Fuente: Elaboración propia

Las aperturas cuentan con una longitud de 54,6mm desde el extremo inicial hasta la parte superior y una forma triangular con bordes redondeados. Al romper la continuidad formal no es demasiado beneficioso a la hora de realizar un movimiento frontal, sin embargo, resultaría más perjudicial para un movimiento vertical si estuviera cerrado.

La parte inferior del morro cuenta con una forma curvada que discurre desde el ala delantera hasta el comienzo del suelo del dron, esta cumple una función meramente estética. Finalmente, la unión entre el morro y la parte central de la cubierta se produce con la aparición de los pontones, parte de la cubierta más ancha después del ala delantera con 67mm. Se trata de dos aperturas laterales colocadas con la finalidad de dirigir una parte del flujo que el dron encuentra de frente a través del interior del chasis. Tienen una altura de 6,5mm y una anchura de 13,5 mm, permiten la entrada de aire y hacen desaparecer la pared frontal que supondría no tener estos orificios situados en los laterales.

La transición de la forma de la cubierta desde los pontones hasta el final del ala trasera se realiza a través de planos a distancias muy cercanas que generan una transición suave. Estos perfiles siguen una línea muy similar a la de los Fórmula 1 puesto que los elementos electrónicos en su interior lo permiten. En cuanto a la cúpula, esta se ubica con la intención de ampliar el espacio de los componentes sin perjudicar al diseño. Cuenta con unas dimensiones de 100mm de largo por 35mm de ancho y 9,5mm de alto y se ubica centrada con respecto a la parte central de la cubierta, en un punto intermedio entre los pontones y el ala trasera.

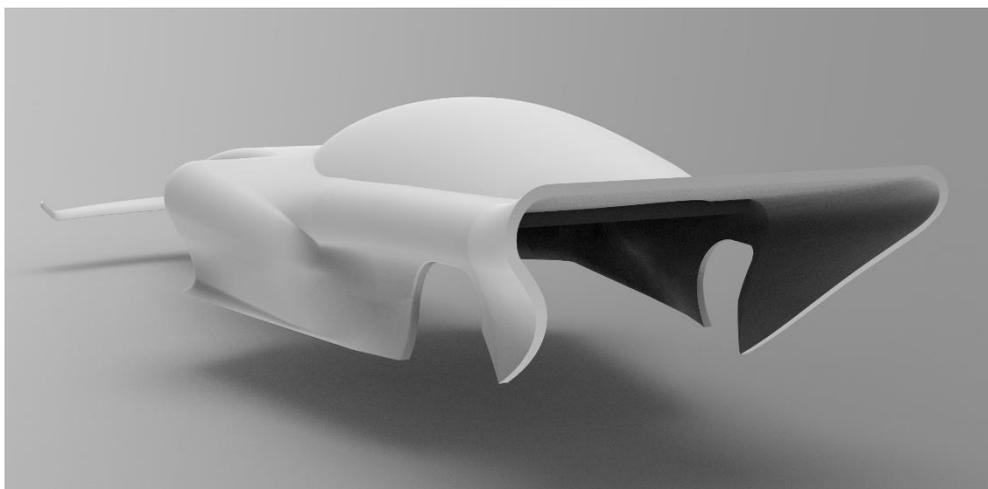


Ilustración 60: Cubierta, ala trasera [Modelado] Fuente: Elaboración propia

A medida que la línea discurre por la cubierta esta llega a la parte trasera, la principal característica de esta parte es que se ha incluido un ala trasera como continuación de la cubierta trasera, de esta forma se ha mejorado la continuidad formal y se ha evitado generar un nuevo elemento aerodinámico. Tal y como se explicó en el apartado de principios

aerodinámicos, el tamaño del dron no resulta suficiente como para que los elementos aerodinámicos tengan un gran efecto sobre el vuelo de este. Por este motivo se ha eliminado el concepto de ala trasera de la Fórmula 1 y se ha añadido una pequeña prolongación que genera el suficiente contraste visual con respecto a el ala delantera.

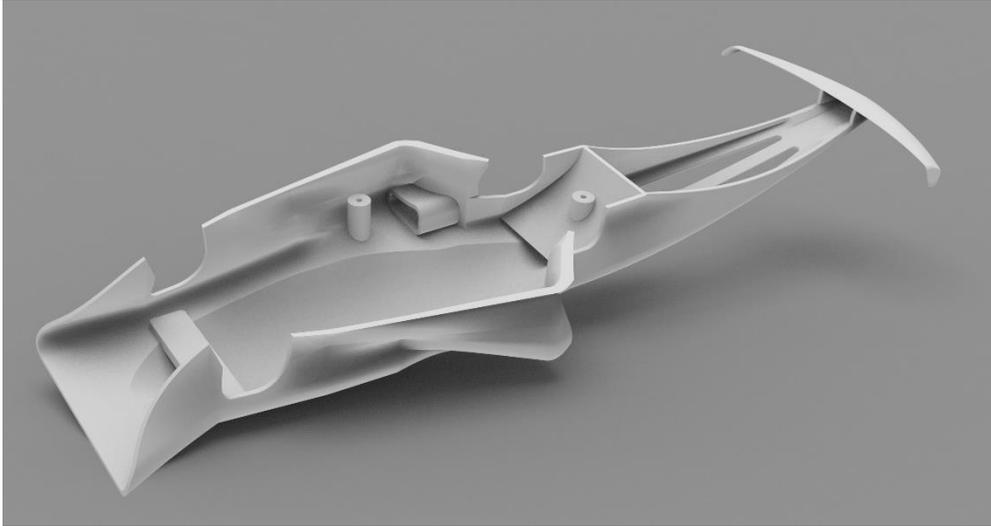


Ilustración 61: Cubierta reverso [Modelado] Fuente: Elaboración propia

Por último, la parte interior de la cubierta muestra que el espesor de todo el conjunto es de 1mm. Además, en la parte interna de la cubierta se pueden encontrar 3 torretas destinadas a fijar la unión de la cubierta con el resto del dron. Se trata de torretas de 4mm de diámetro con un agujero roscable de 1,4mm. Su ubicación coincide con sus análogas en el suelo inferior del dron.

En definitiva, se trata de una pieza muy trabajada y rigurosamente diseñada con la finalidad de adaptarse a los criterios establecidos durante la fase de estudio. Destaca por su parecido con la forma de un Fórmula 1 y cuenta con una continuidad formal únicamente interrumpida por aperturas estrictamente necesarias como las de sujeción de los brazos. Como conjunto, presenta un estilo simplificado y equilibrado entre todos sus componentes.

6.3 Propuesta de acabados para la solución final

Una vez presentada la propuesta final y haber definido cada uno de sus elementos, a continuación, se presenta una propuesta de acabados para el dron. Además, se ha seleccionado un nombre para este: Evoke. Por la estética y cualidades que presenta, se ha decidido que es un nombre apropiado a las sensaciones que el presente diseño evoca.

En cuanto a la paleta de colores elegida para la propuesta, se elige el color PANTONE 319 C que junto al negro y el blanco permiten dotar al dron de personalidad y agresividad.



Ilustración 63: Propuesta Acabados 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

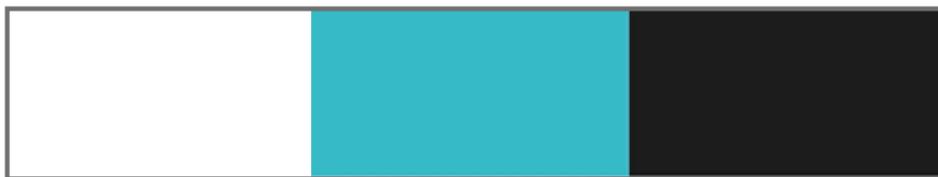


Ilustración 62: Paleta de colores [Imagen] Fuente: Elaboración propia

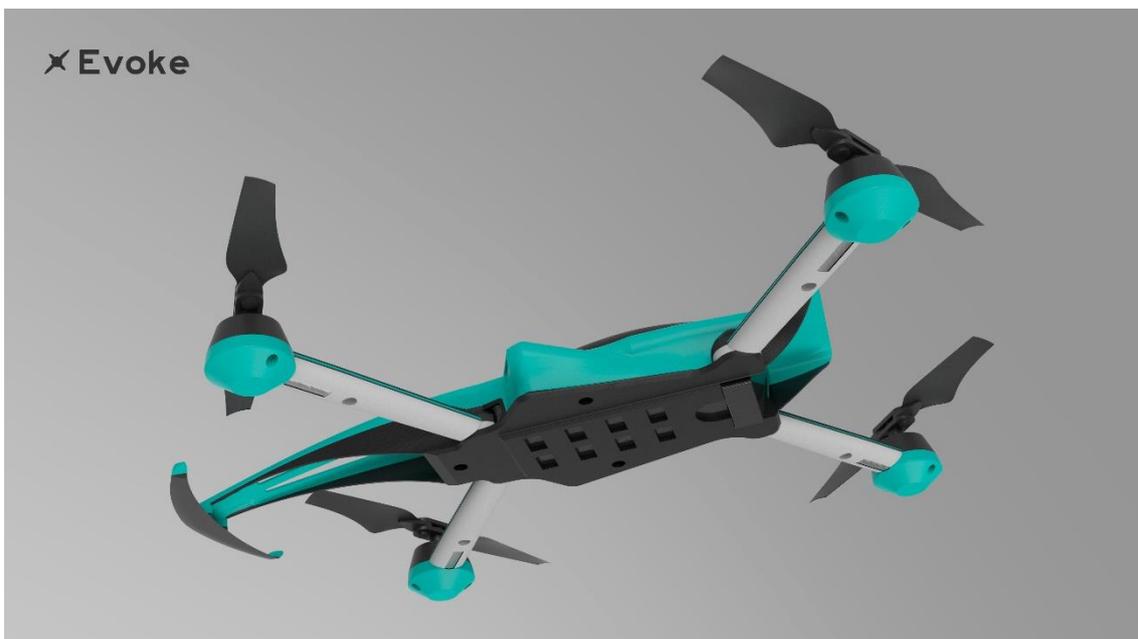


Ilustración 64: Propuesta acabados 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia



Ilustración 65: Render de vuelo [Imagen] Fuente: Elaboración propia

7. Desarrollo del prototipo

En este último apartado de la memoria, se detallará el proceso de creación y ensamblaje del prototipo, el cual ha sido llevado a cabo a través de una secuencia de pasos clave. El inicio del proyecto se centró en el diseño de las distintas piezas del dron utilizando el *software* SolidWorks, una herramienta versátil y potente para la creación de modelos 3D. Mediante el uso de esta plataforma, se logró obtener un modelado detallado y preciso, considerando tanto la estética como la funcionalidad.

Una vez obtenido el modelado final del prototipo, se plantearon los pasos a seguir para su fabricación. El método de fabricación seleccionado se corresponde con la impresión sinterizada en 3D, una técnica que permite la impresión en 3D de las piezas, empleando materiales de alta resistencia y durabilidad. En este caso, se utiliza poliamida 12, este forma parte del grupo de las poliamidas, comercialmente conocidas como nylon. Una vez obtenidas las piezas, estas se exponen a un chorreo de arena con la finalidad de eliminar imperfecciones e impurezas. Seguidamente, se procede con la creación de agujeros en frío en cada una de las piezas y con la unión de los componentes mediante soldadura. Por último, se realiza el montaje y la verificación de cada una de las partes del prototipo final.

7.2 Paso 2: Chorreo de arena

Tras extraer las piezas de la máquina de impresión, estas suelen presentar pequeñas imperfecciones o rebabas. Además, los agujeros de menor tamaño pueden contener polvo no fijado en su interior. Por este motivo, las piezas se exponen a un método de chorreo de arena que pule las piezas y elimina las posibles impurezas. De igual manera, este chorreo también sirve para vaciar los agujeros más pequeños y dar un buen acabado a las partes interiores de las piezas (Kertik, 2017).

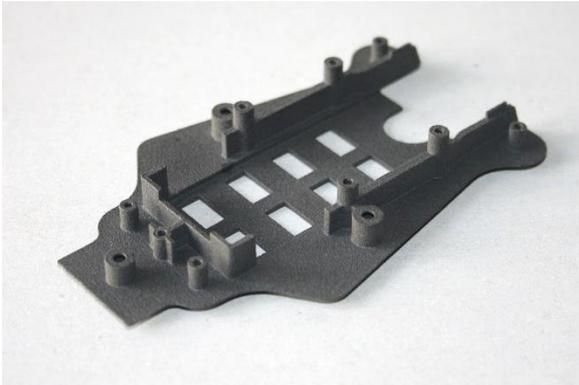


Ilustración 71: Suelo Impreso [Imagen]
Fuente: Elaboración propia

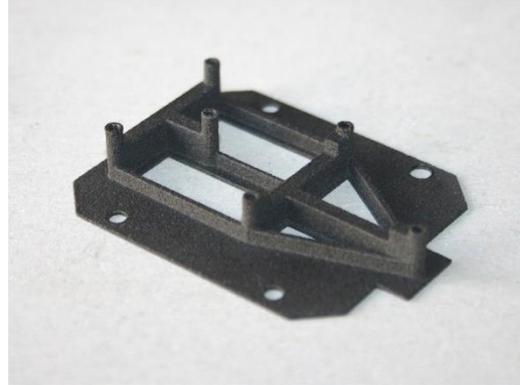


Ilustración 72: Soporte Placa Impreso [Imagen]
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 69: Brazos delanteros impresos
[Imagen] Fuente: Elaboración propia



Ilustración 70: Soporte brazos 1 impreso
[Imagen] Fuente: Elaboración propia



Ilustración 67: Soporte brazos 2 impreso [Imagen]
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 68: Brazos traseros impresos [Imagen]
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 73: Cubierta impresa [Imagen] Elaboración propia

7.3 Montaje de componentes electrónicos

Una vez obtenidas las piezas se procede con la preparación de los componentes electrónicos previo al montaje. Para ello, es necesario soldar los cables del motor a la placa controladora, el resto de los componentes se colocarán a medida que avanza el montaje.

Para soldar los cables a la placa se utiliza un soldador y una bobina de estaño, este, suele presentar una aleación del 60% de estaño y 40% de plomo (LeroyMerlin, 2023). En primer lugar, se calienta el soldador a una temperatura cercana a los 250°, seguidamente se coloca el cable en su lugar correspondiente y se acerca el extremo de estaño. Al acercar el soldador al punto de soldadura este funde el estaño y lo coloca creando una unión entre el conector de la placa y el extremo del cable.

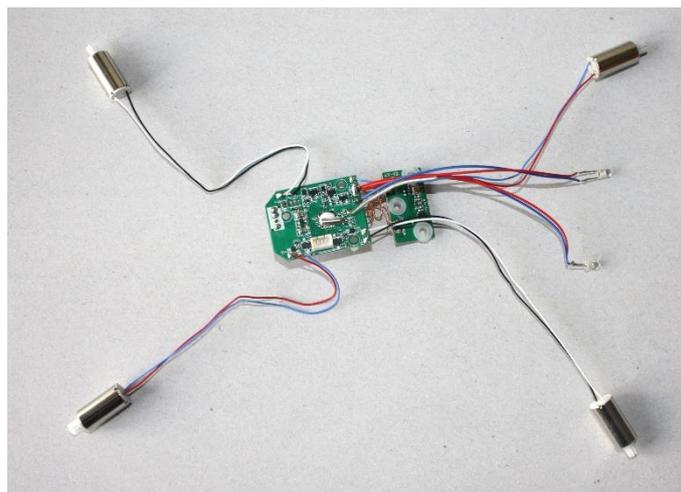


Ilustración 74: Electrónica soldada [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la imagen, la placa tiene 8 puntos de soldadura ubicados en sus extremos, cada motor precisa de dos puntos de soldadura para cada uno de sus cables.

Además, al no presentar la misma dirección de giro, cada uno tiene una posición determinada en función de su dirección. Los motores con los cables azul y rojo se colocan de manera que se genera una rotación en el sentido de las agujas del reloj, por el contrario, los motores con cables blanco y negro se sueldan de manera que se consigue una rotación en sentido antihorario. Esto se realiza mediante un cambio de polaridad, es decir, una conexión contraria a la establecida para lograr un giro en sentido horario.

Por último, se han colocado dos luces led en la parte delantera de la placa aprovechando que esta presentaba un punto de soldadura exclusivo para estas. Gracias a las luces led el dron es más fácilmente visualizable a distancia. Asimismo, al realizar el apagado y encendido del dron, estas servirán como indicador de que todo el sistema esta activo.

7.4 Generación de agujeros roscados

Para proseguir con el montaje del dron, es necesario la creación de agujeros roscados en el lugar donde se ubicarán los tornillos. Este proceso puede realizarse en frío o calor, en este caso, se ha considerado que el método de creación de agujeros roscados en frío es el más adecuado, pues al no calentar el tornillo, se evitan posibles deformaciones o quemaduras en las piezas del prototipo.

Con la finalidad de llevar a cabo el primer método, se requiere únicamente de un destornillador y un tornillo que generará las guías en el interior de los orificios. Seguidamente se coloca el tornillo en cada agujero y se introduce aplicando un mínimo de presión para lograr una deformación en frío. Una vez introducido el tornillo hasta el tope, este se extrae dejando tras de sí un agujero roscado preparado para realizar un apriete. Como resultado, se obtienen las piezas finalizadas, estas ya presentan un aspecto pulido y cuentan con los agujeros roscados necesarios para comenzar con el ensamblaje.



Ilustración 75: Agujeros roscados [Imagen] Fuente: Elaboración propia

7.5 Ensamblaje

Para concluir con el desarrollo del prototipo, se procede al ensamblaje de las piezas. El orden de los aprietes a realizar viene dado por las decisiones tomadas durante el proceso de diseño y modelado. En primer lugar, se atornilla la placa controladora junto con el soporte en el que va colocada, para esta operación, se utilizan 6 tornillos de métrica 1x3mm. Estos tornillos presentan una cabeza grande que genera un mayor apriete al retener la placa contra el soporte.

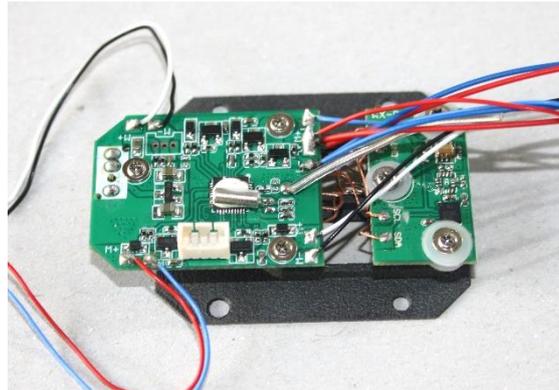


Ilustración 76: Montaje 1 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se procede a la sujeción del soporte de la placa junto con el suelo del dron. Este apriete se lleva a cabo a través de los 4 agujeros presentes en el soporte y sus correspondientes torretas en el suelo inferior. Para este paso se utilizan tornillos de métrica 2x5mm.

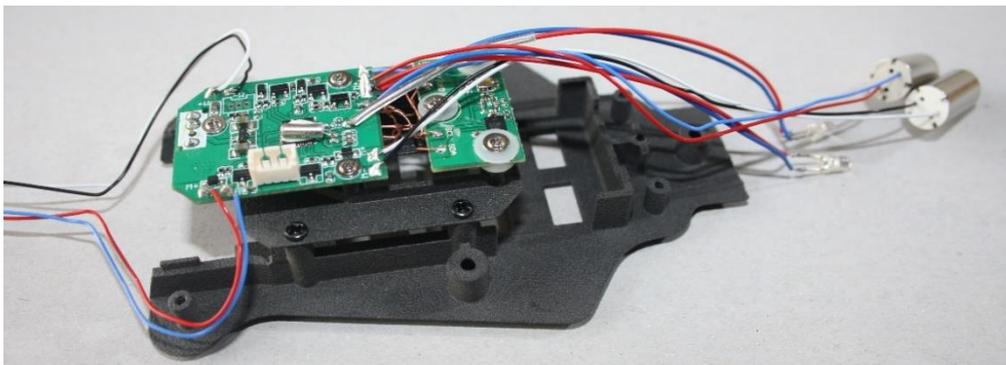


Ilustración 77: Montaje 2 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Tras sujetar la placa al suelo, el tercer paso consiste en la unión de cada una de las mitades de los brazos del dron, para ello, se coloca cada uno de los brazos inferiores en su posición a través de las torretas del suelo y se coloca el motor en su sitio. Acto seguido, se coloca también el engranaje del motor en su posición y se comprueba el correcto funcionamiento de este.

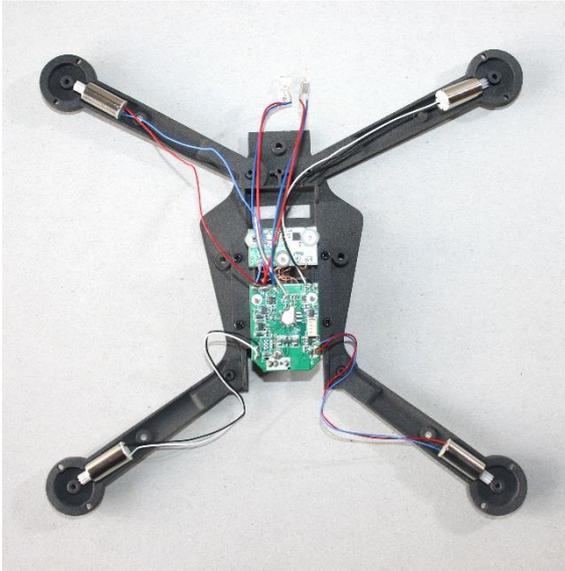


Ilustración 79: Montaje 3 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

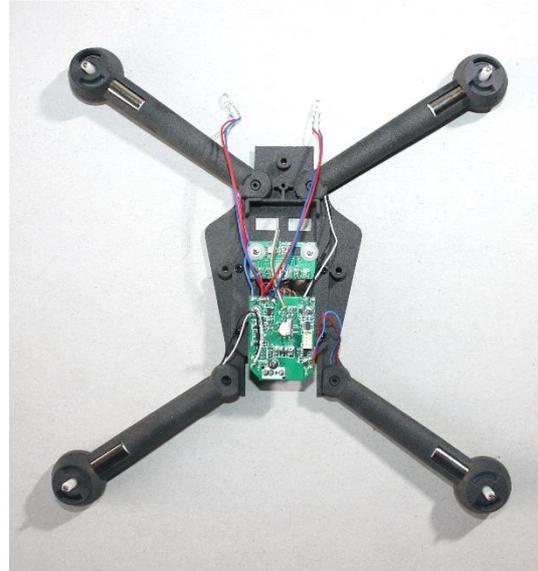


Ilustración 78: Montaje 4 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Una vez, se ha comprobado el funcionamiento del mecanismo y todos componentes están en su posición, se procede a la colocación de tres tornillos por brazo. Un tornillo de métrica 2x4mm en la torreta ubicada en la mitad del brazo, y dos tornillos de métrica 1x4mm en los dos orificios de la cubierta de los rotores. De esta forma, los brazos quedan completamente cerrados y colocados en su posición como se observa en la imagen.

El siguiente paso en el montaje del dron consiste en la colocación de los soportes para los brazos delanteros y traseros, estos generan la fuerza necesaria para fijar de manera firme los brazos al chasis principal del dron. Para estos aprietes se utilizan 5 tornillos de métrica 2x4mm, tres para el soporte delantero y 2 para el trasero.

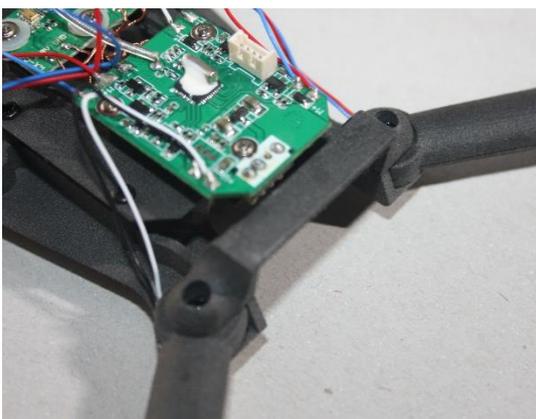


Ilustración 80: Montaje 5 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

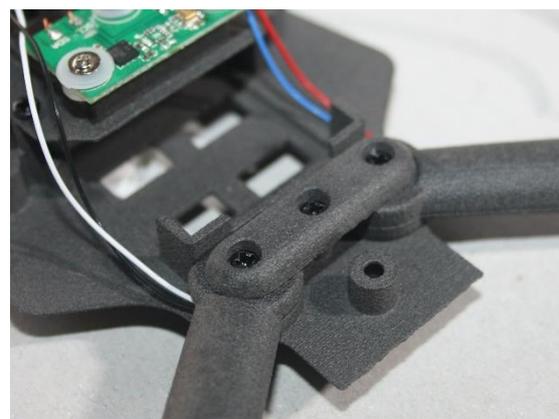


Ilustración 81: Montaje 6 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Para finalizar con el montaje del prototipo se procede a la colocación de la cubierta superior. Esta se fija al suelo inferior a través de dos tornillos laterales y uno situado en la parte delantera, todos ellos de métrica 2x5mm. Además, se colocan las hélices en su

correspondiente posición, las hélices han de coincidir con la dirección de rotación del motor en el que se sitúan. Para su sujeción se utilizan 4 tornillos de métrica 1x3mm. Una vez colocadas las hélices y la cubierta, el prototipo de dron está terminado.



Ilustración 82: Prototipo 1 [Imagen] Fuente: Elaboración propia



Ilustración 84: Prototipo 2 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 83: Prototipo 3 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 86: Prototipo 4 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 85: Prototipo 5 [Imagen]
Fuente: Elaboración propia

8. Conclusiones

Tras desarrollar el proyecto en su totalidad, se puede concluir diciendo que se ha conseguido diseñar un prototipo de dron completamente funcional. Este se ha desarrollado tras seleccionar una electrónica adecuada y atendiendo a una serie de limitaciones, condicionantes y requerimientos establecidos por la estética seleccionada.

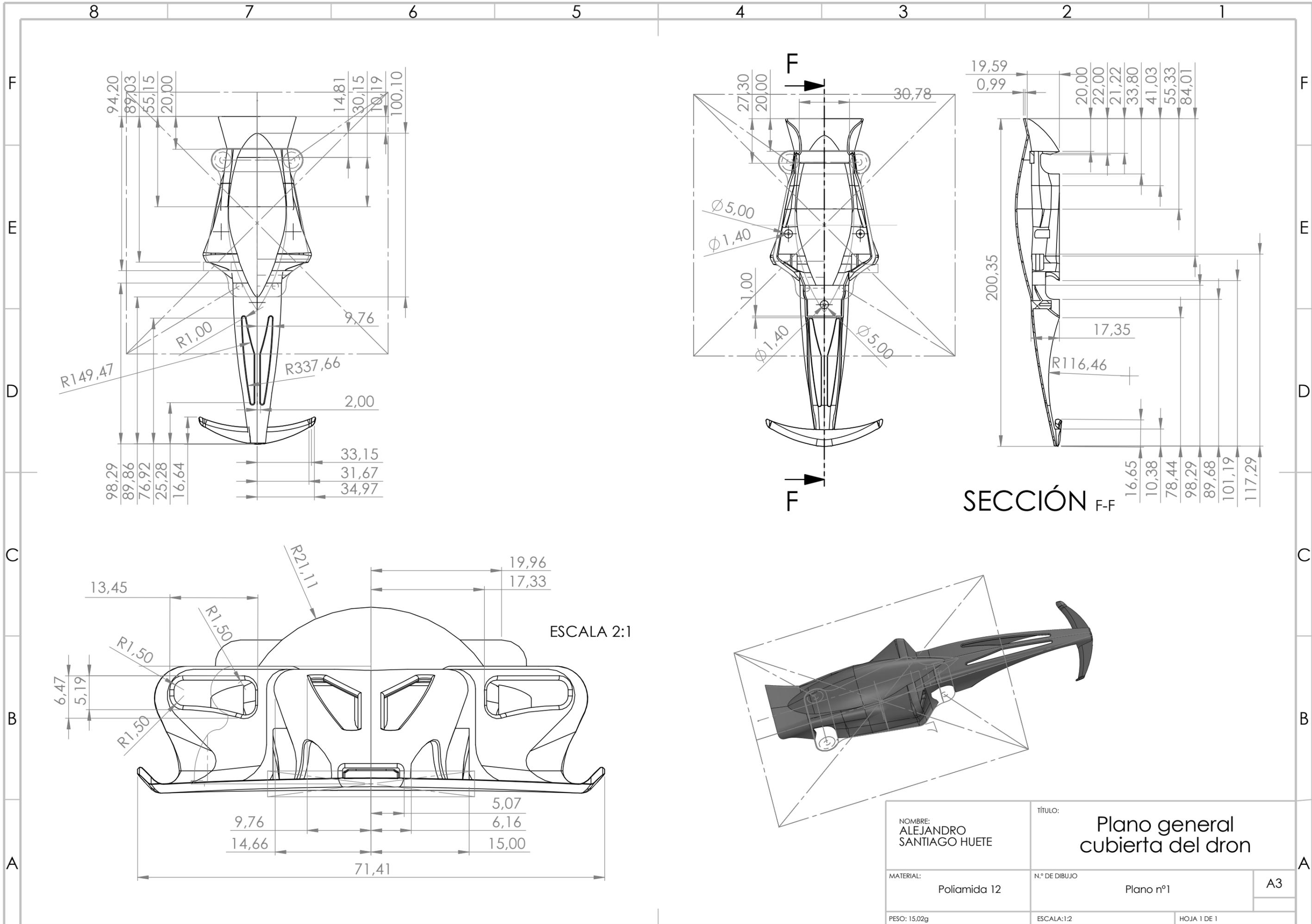
Tras el planteamiento de diferentes alternativas, se ha dictaminado que la más adecuada para cumplir con los objetivos del proyecto es la propuesta Evoke. Pues se trata de una propuesta considerablemente fiel a la estética seleccionada, que cumple con sus funciones básicas y tiene un peso destacablemente reducido.

En relación con esta propuesta, también se ha de añadir que se ha realizado un proceso de traducción coherente a la hora de utilizar los componentes aerodinámicos de un Fórmula 1 y adoptarlos en un dron. Todo ello a través de la interpretación de los componentes aerodinámicos de los monoplazas y los principios aerodinámicos de estos, y su comparación con los principios básicos de vuelo para un dron.

Como método de auto fabricación escogido, se ha llevado a cabo, de manera satisfactoria, la impresión sinterizada. Como se explica en el trabajo, la impresión sinterizada esta principalmente enfocada a la creación de prototipos de manera rápida y eficaz. Debido a ello, el desarrollo del prototipo ha resultado en un concepto ligero, correctamente definido, estético y preciso en sus medidas. Además, se ha obtenido un prototipo funcional, capaz de integrar los elementos electrónicos correspondientes y rápidamente ensamblable. Su peso y tamaño requería de mucha precisión y creatividad a la hora de modelar piezas y uniones, pero ambas han sido alcanzadas a través de la propuesta resultante.

Debido a las restricciones de tamaño, se ha desarrollado un prototipo de dron de tamaño reducido, sin embargo, el desarrollo del prototipo muestra como este podría ser adaptado a cualquier tipo de electrónica a través de la modificación de pequeñas piezas. De esta forma, se posibilitaría añadir nuevos componentes y funcionalidades a este modelo dron de cara a versiones futuras.

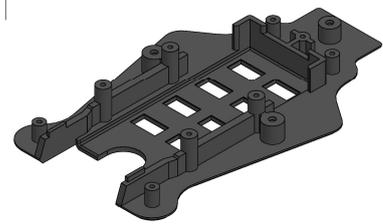
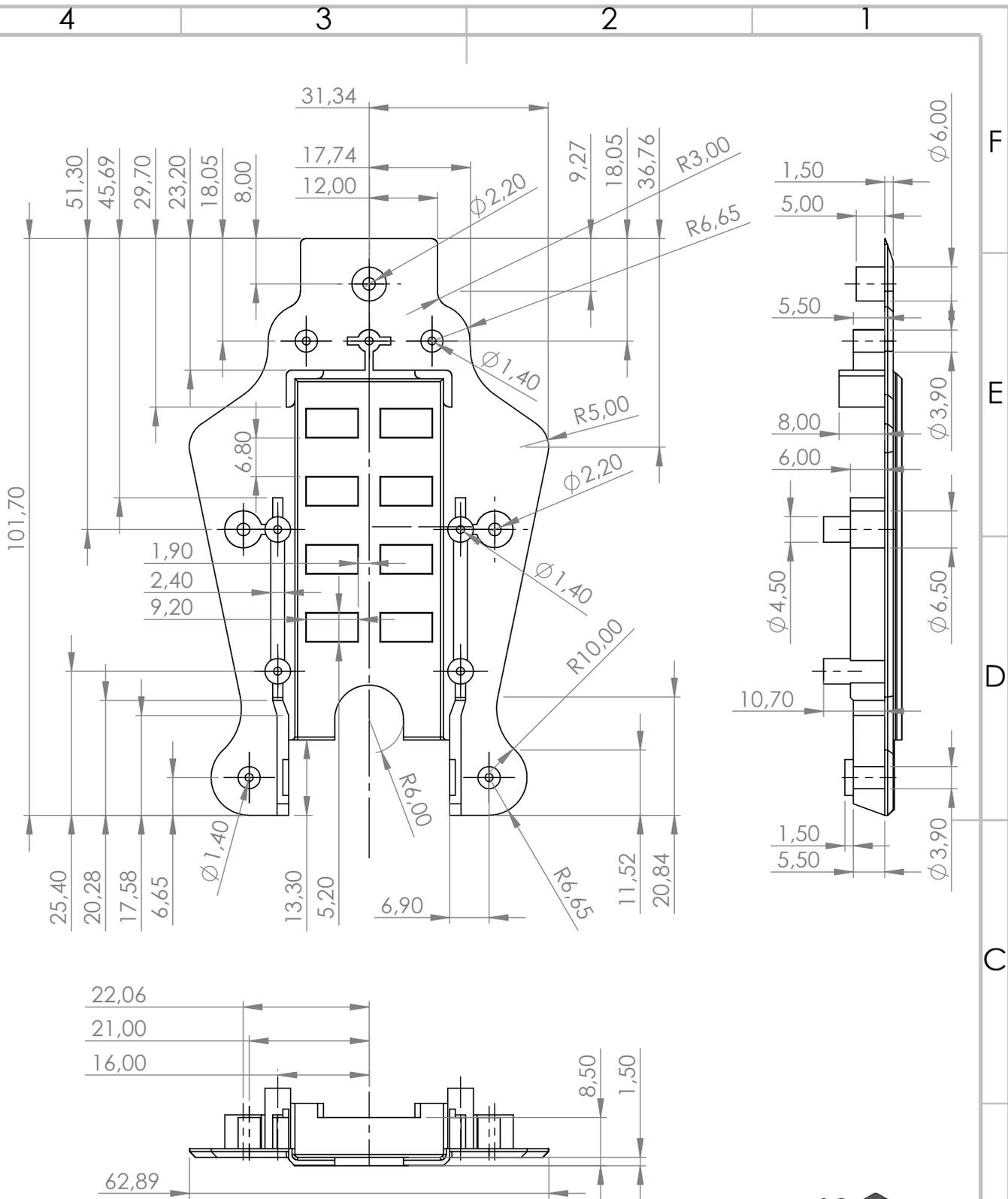
En definitiva, los objetivos propuestos al comienzo del proyecto han supuesto un reto de diseño, interpretación, creatividad y auto fabricación. Sin embargo, se ha conseguido obtener un concepto de dron que representa todas estas facetas y concuerda con los requerimientos establecidos.



SECCIÓN F-F

ESCALA 2:1

NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE		TÍTULO: Plano general cubierta del dron	
MATERIAL: Poliamida 12		N.º DE DIBUJO Plano nº1	
PESO: 15,02g		ESCALA: 1:2	
		HOJA 1 DE 1	
		A3	



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 9,79 g

TÍTULO:

Plano general suelo inferior del dron

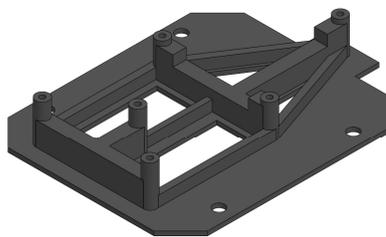
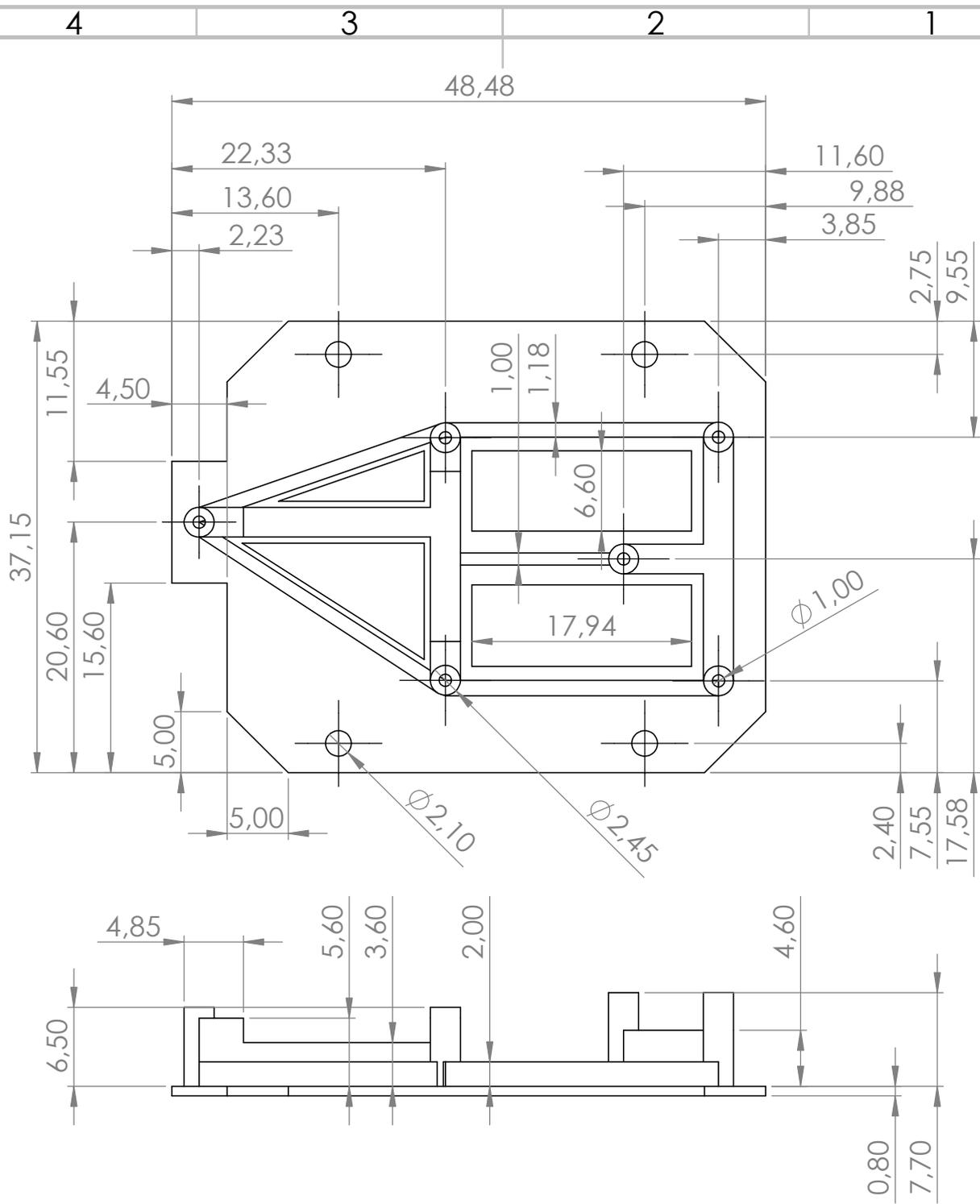
N.º DE DIBUJO

Plano nº2

A4

ESCALA: 1:1

HOJA 1 DE 1



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 2,27 g

título:

Plano general soporte placa

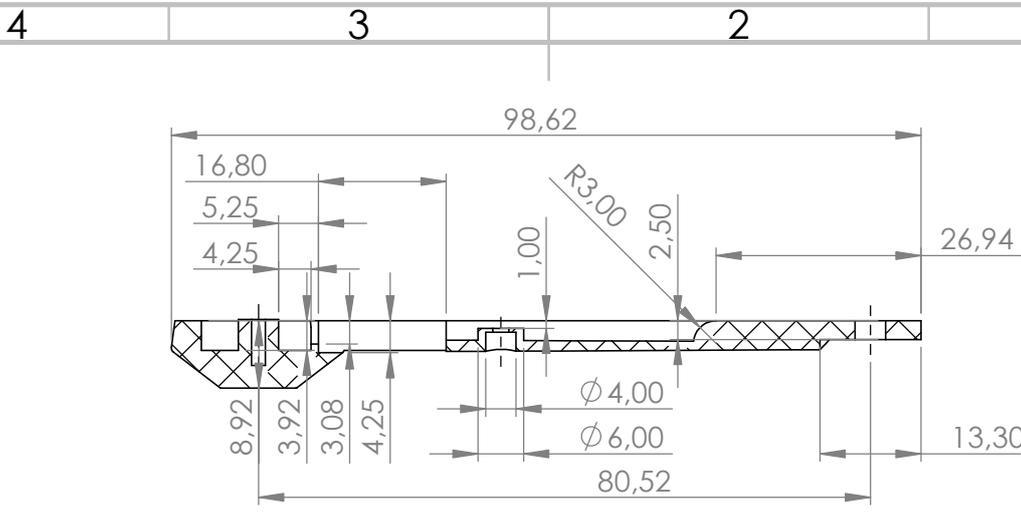
N.º DE DIBUJO

Plano nº3

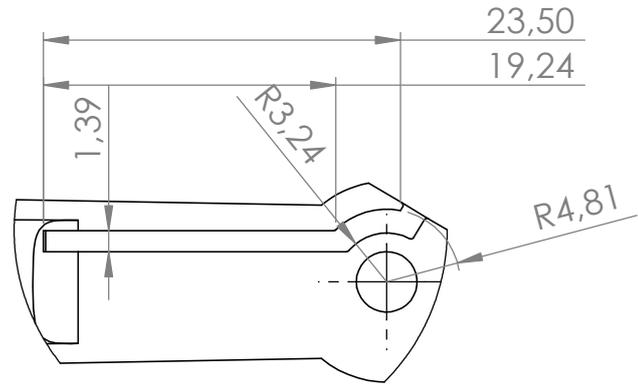
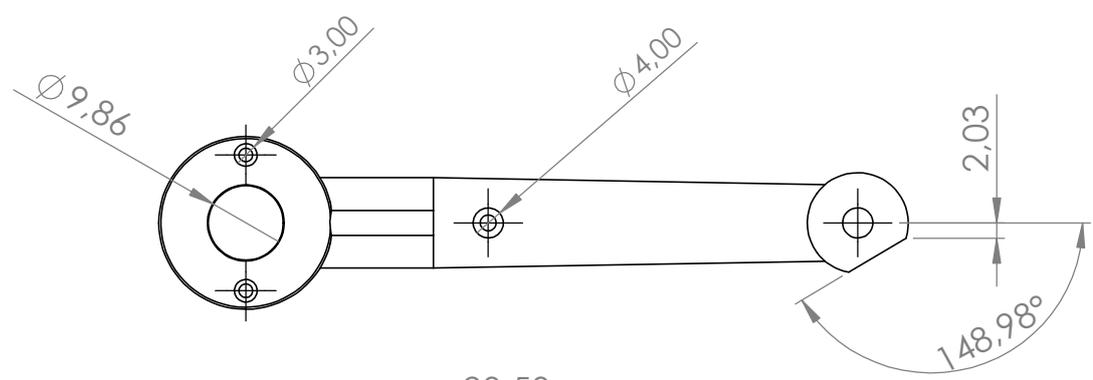
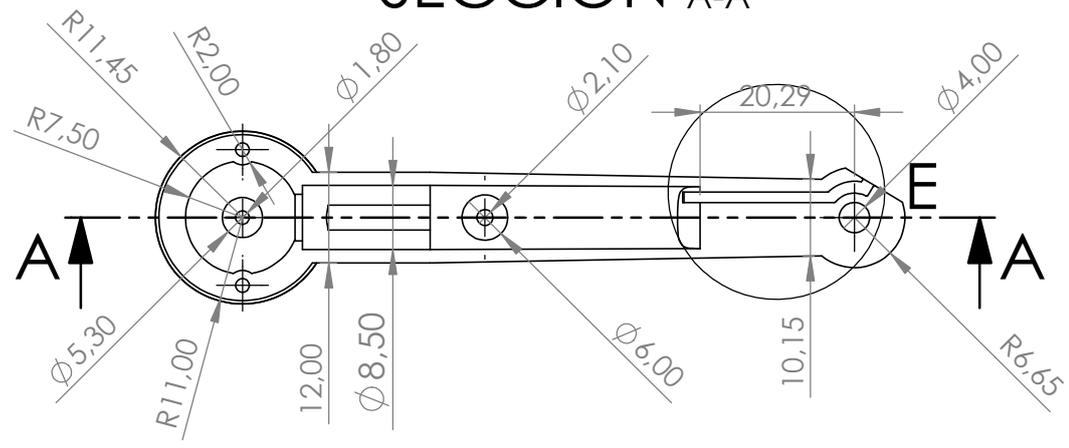
A4

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A

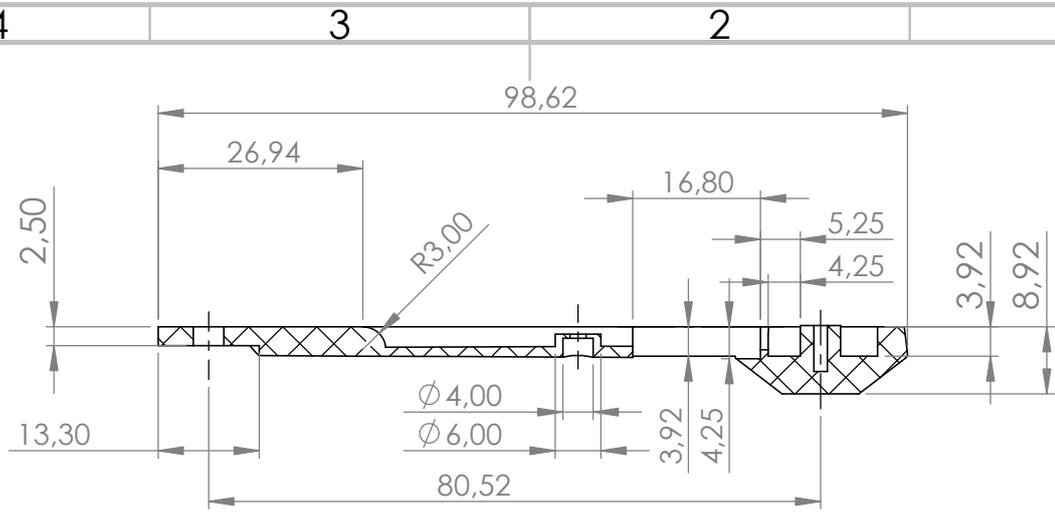


DETALLE E
ESCALA 2 : 1

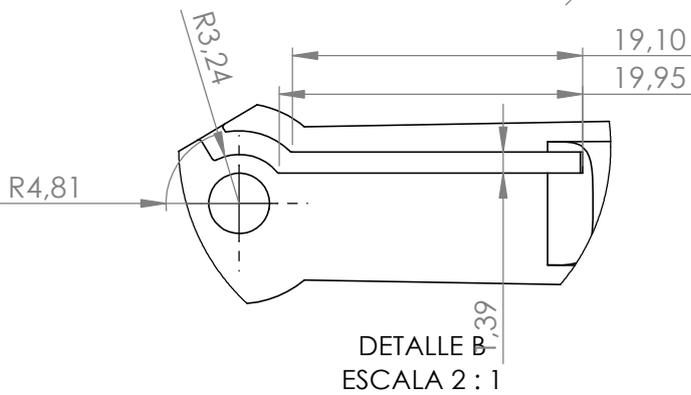
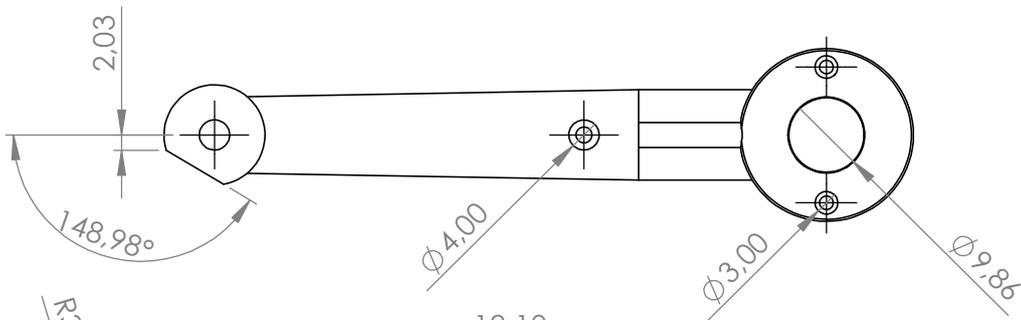
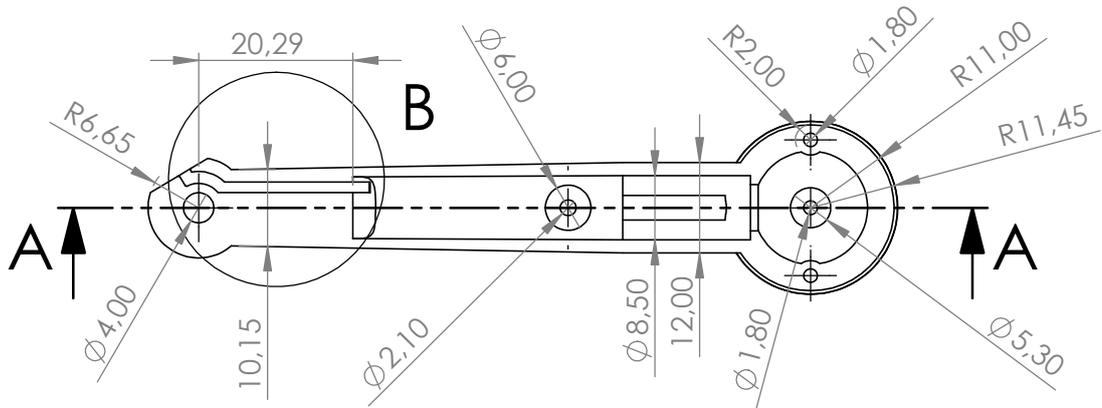


NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE	TÍTULO: Plano general brazo delantero inferior derecho
FECHA: 14-07-2023	
MATERIAL: POLIAMIDA 12	N.º DE DIBUJO Plano nº4

ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1
A4	



SECCIÓN A-A



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 3.87 g

TÍTULO:

Plano general brazo inferior delantero izquierdo

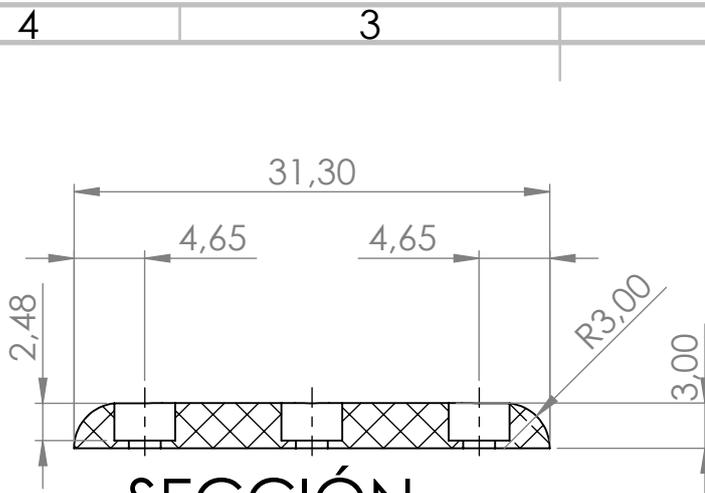
N.º DE DIBUJO

Plano nº5

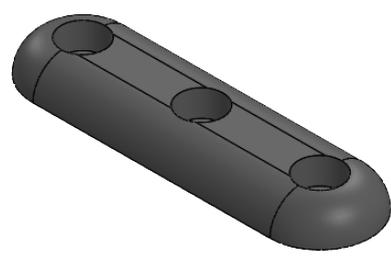
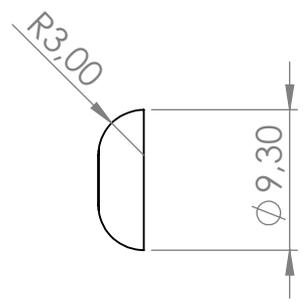
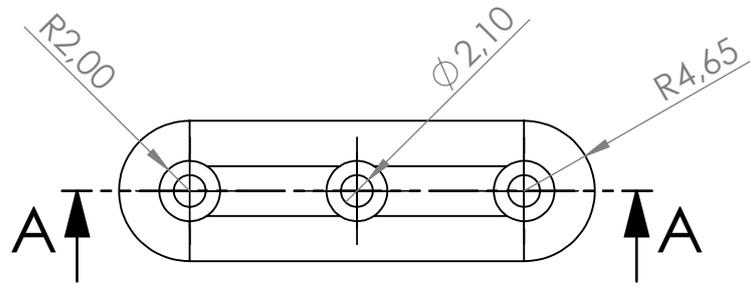
A4

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 0,66 g

TÍTULO:

Plano general soporte brazos delanteros del dron

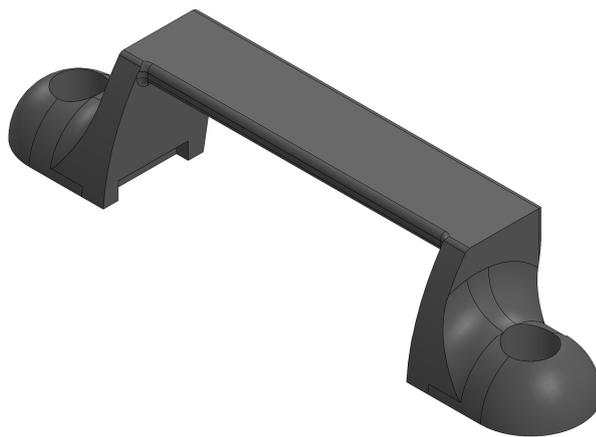
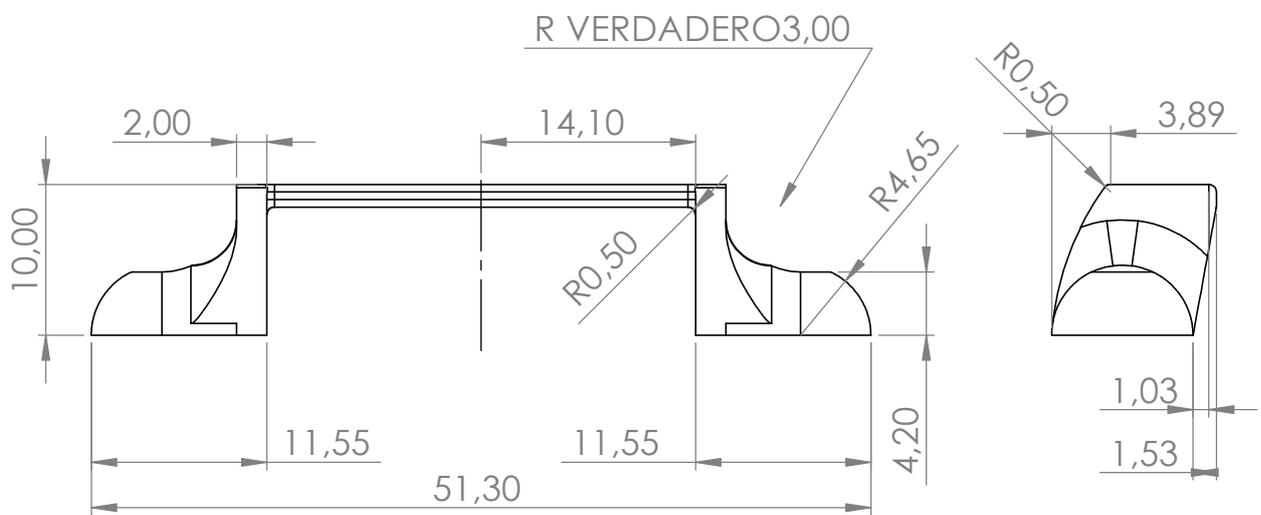
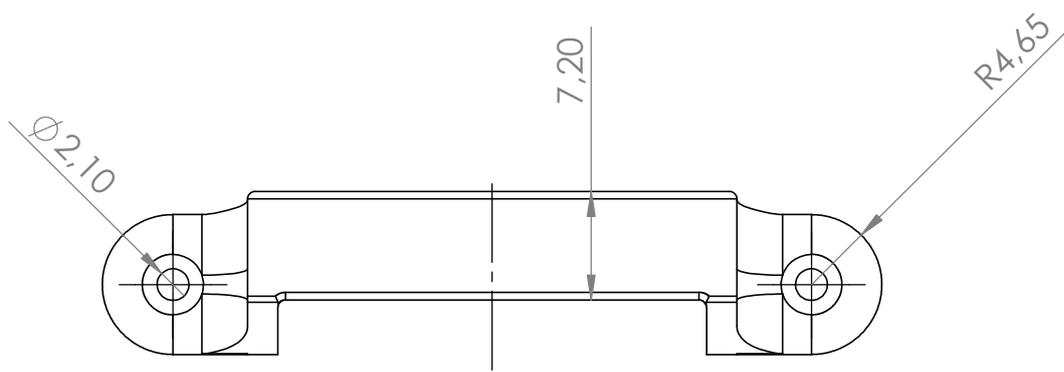
N.º DE DIBUJO

Plano nº6

A4

ESCALA:2:1

HOJA 1 DE 1



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 1,25 g

TÍTULO:

Plano general soporte brazos traseros del dron

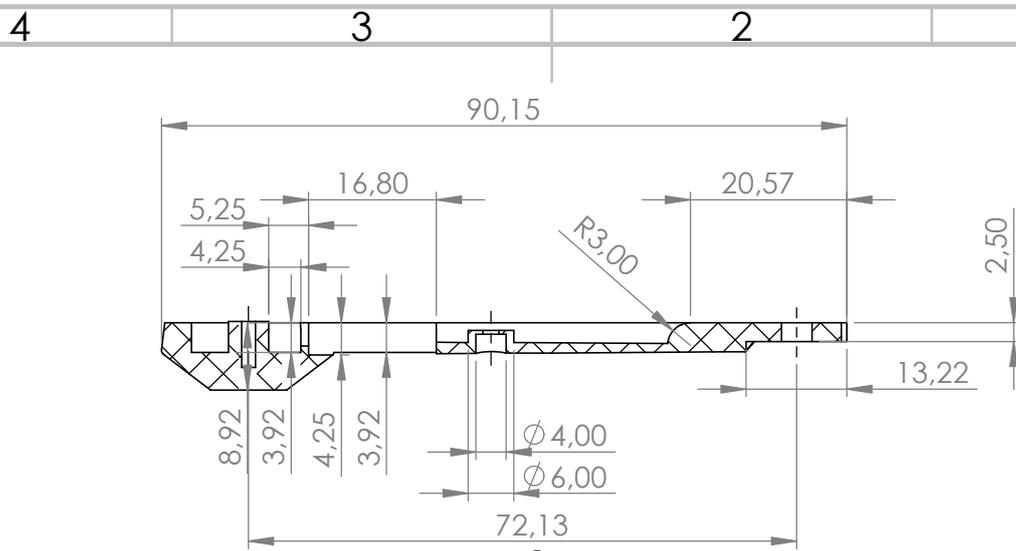
N.º DE DIBUJO

Plano nº7

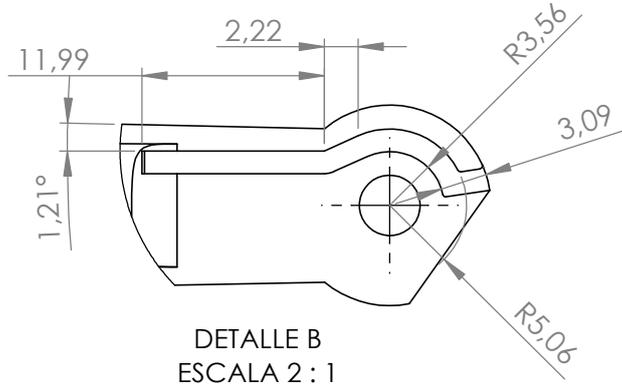
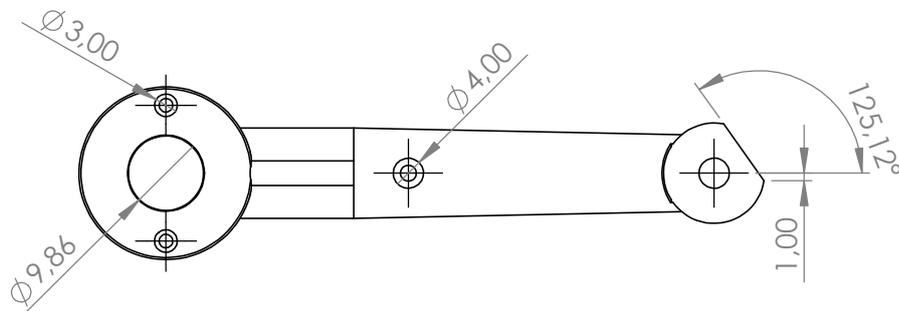
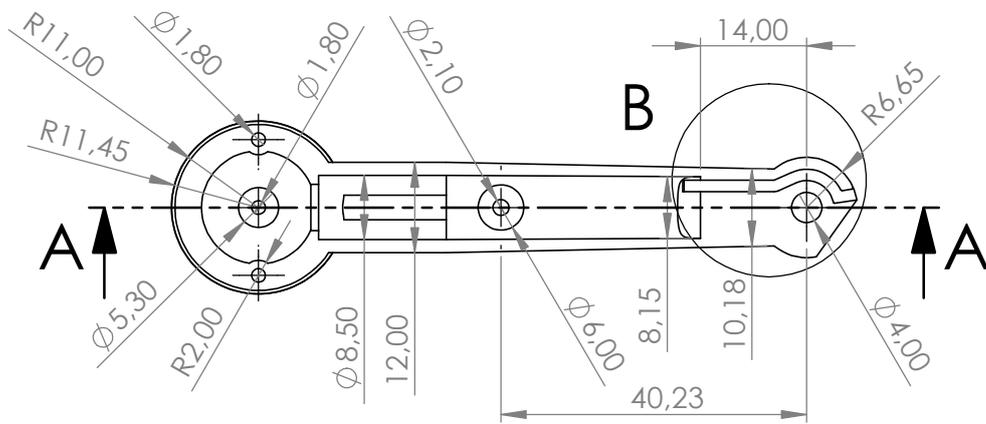
A4

ESCALA:2:1

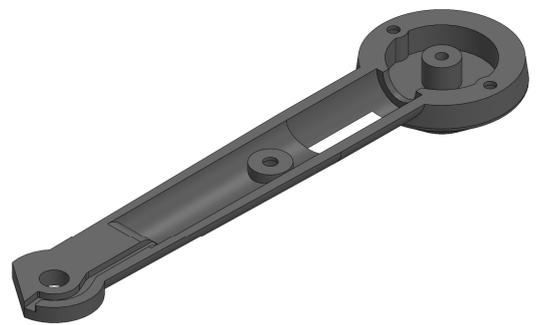
HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 3,87 g

TÍTULO:

Plano general brazo inferior trasero izquierdo

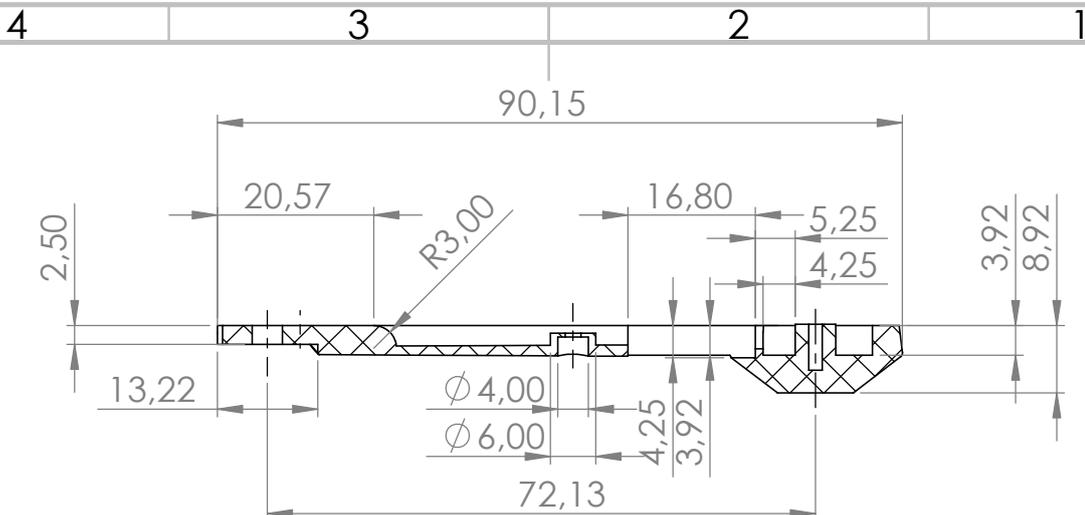
N.º DE DIBUJO

Plano nº8

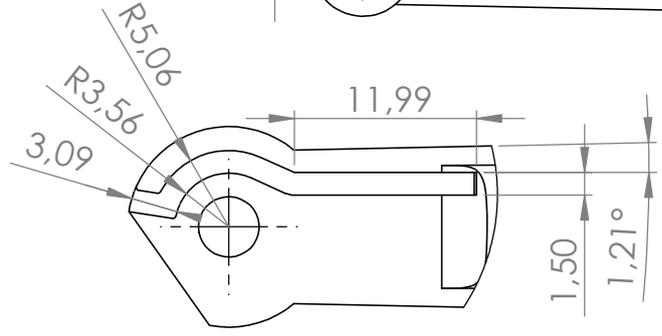
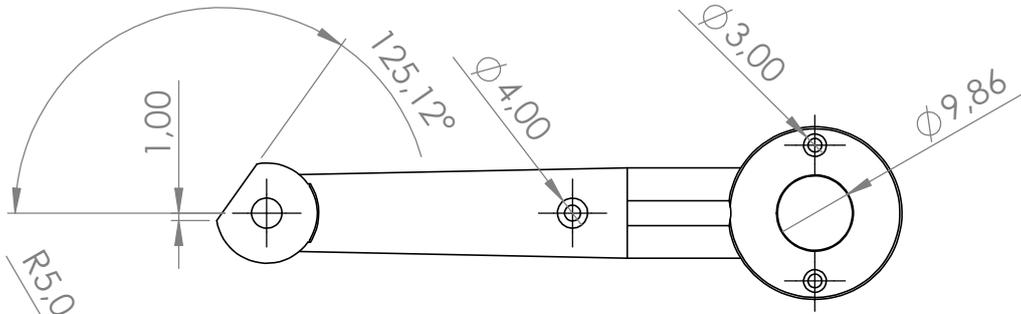
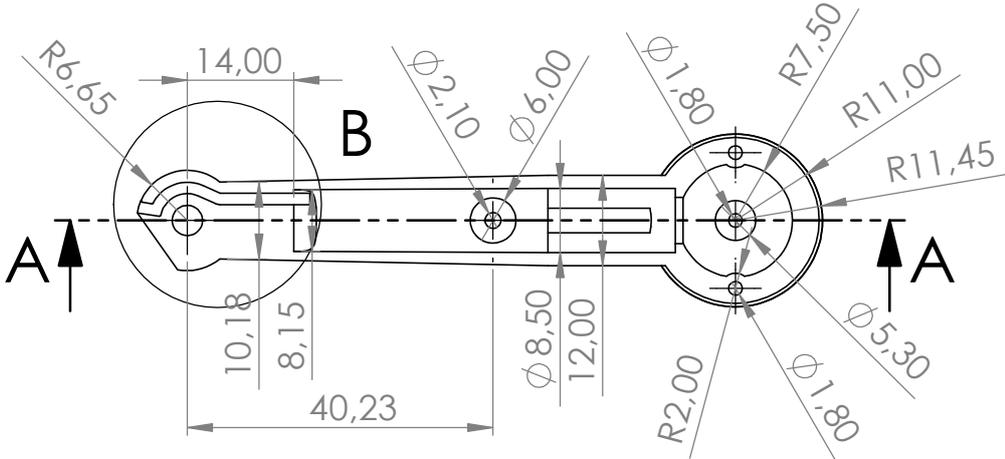
A4

ESCALA:1:1

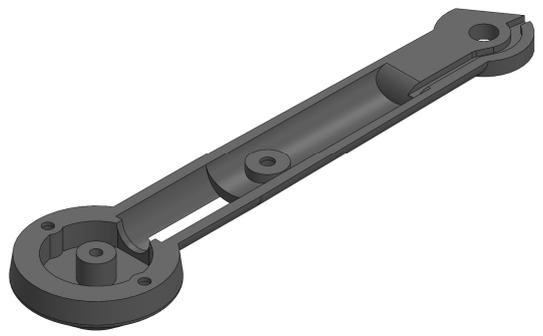
HOJA 1 DE 1



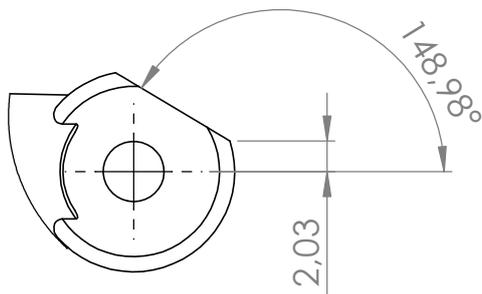
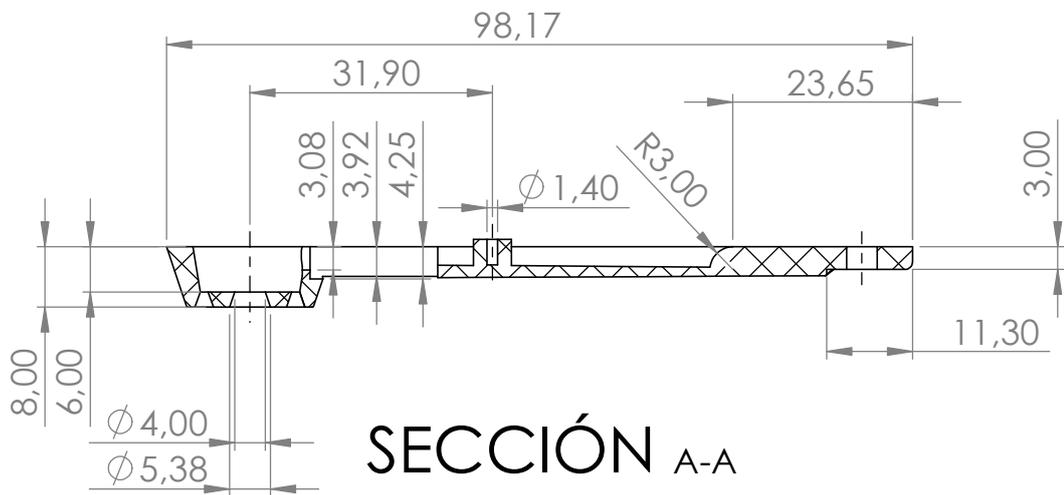
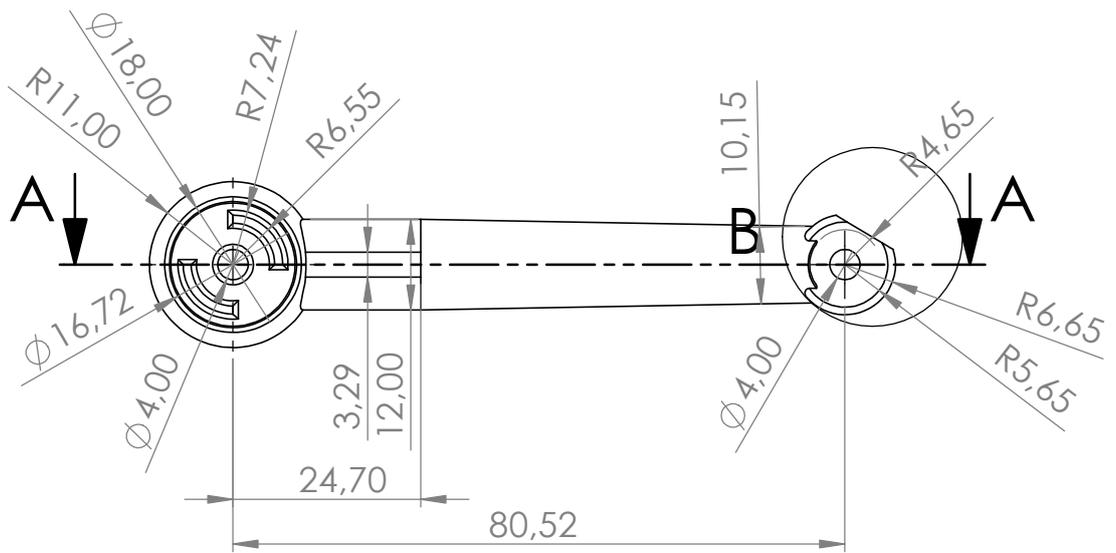
SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



A	NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE	TÍTULO: Plano general brazo inferior trasero derecho	
	FECHA: 14-07-2023	N.º DE DIBUJO	Plano nº9
	MATERIAL: POLIAMIDA 12		A4
	PESO: 3,87 g	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 3,27 g

tÍTULO:

Plano general brazo superior
delantero derecho

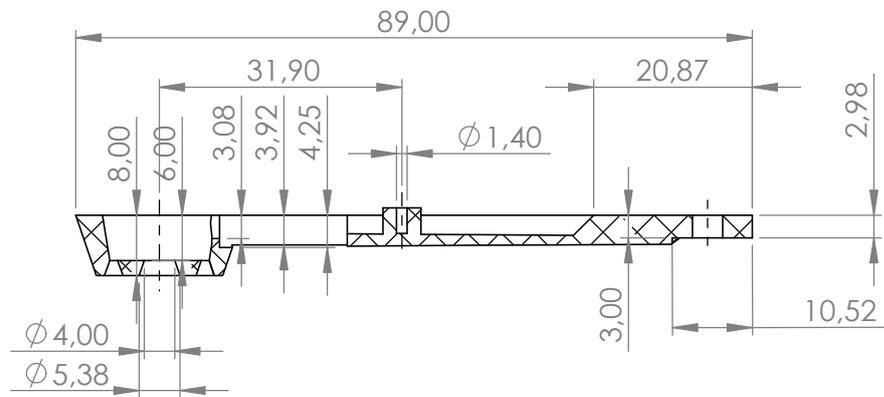
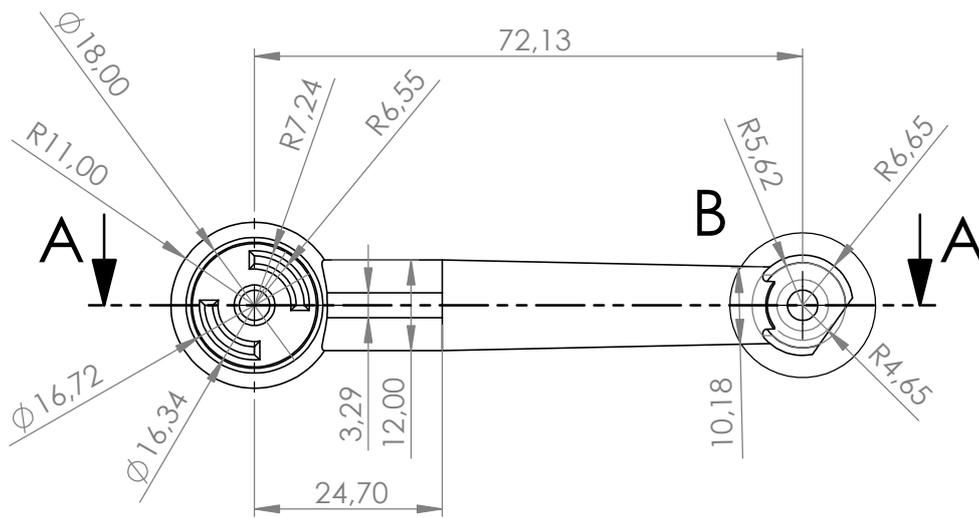
N.º DE DIBUJO

Plano nº10

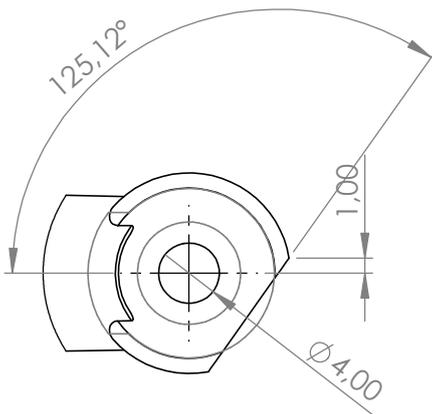
A4

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 3,05 g

TÍTULO:

Plano general brazo superior
trasero izquierdo

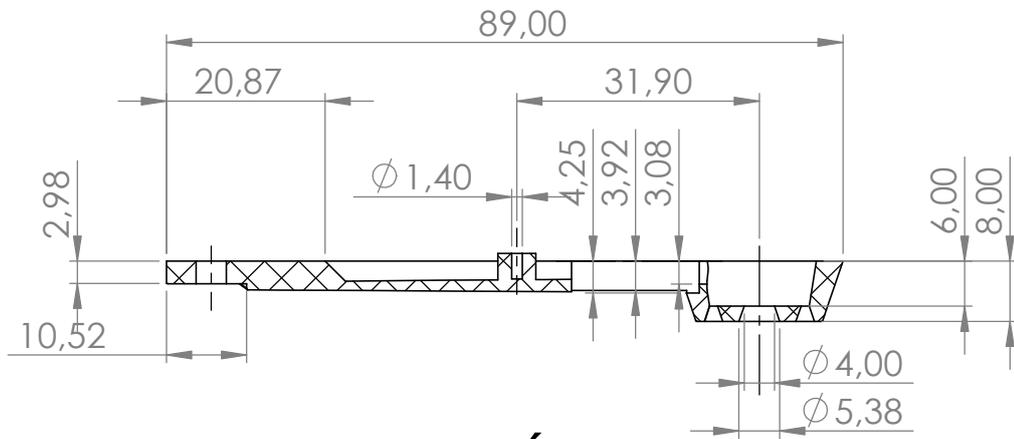
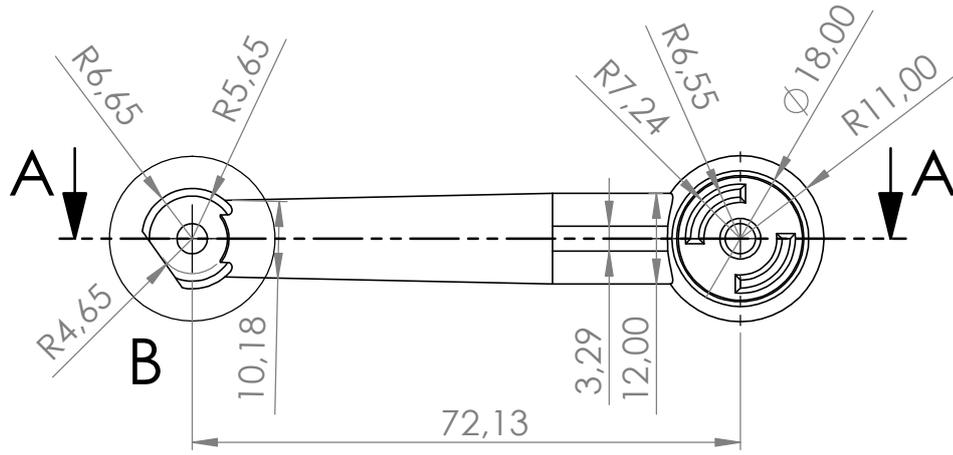
N.º DE DIBUJO

Plano nº12

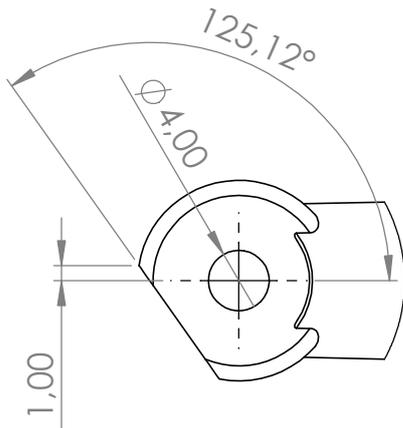
A4

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 1



NOMBRE: ALEJANDRO SANTIAGO HUETE

FECHA: 14-07-2023

MATERIAL: POLIAMIDA 12

PESO: 3,05 g

TÍTULO:

Plano general brazo superior
trasero derecho

N.º DE DIBUJO

Plano nº13

A4

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1

9. Pliego de condiciones

El pliego de condiciones del proyecto constituye un elemento esencial para la recogida estricta y sistemática de los conocimientos y requerimientos necesarios para la comprensión de este (administrativo, 2023). A continuación, se presenta el pliego de condiciones del proyecto de manera estructurada.

9.1 Objeto

En el presente documento se detallan todos aquellos aspectos económicos, técnicos y legales para el desarrollo del prototipo de dron Evoke. En primer lugar, se presenta la normativa que deben cumplir componentes, materiales y procesos de fabricación por los que está formado y diseñado el producto.

Seguidamente y con la finalidad de presentar las especificaciones técnicas de los componentes del proyecto, estos se dividen en dos tipologías, las piezas diseñadas, donde se describe la materia prima que se emplea y su correspondiente proceso de fabricación, y, por otro lado, los componentes comerciales, de los cuales se ofrece una descripción detallada de sus características.

En caso de incoherencia documental, prevalece lo descrito en el pliego de condiciones.

9.2 Normativa de carácter general

En el presente apartado se expone de manera ordenada la normativa que se ha tenido en cuenta para el diseño del prototipo, esta normativa se encuentra directamente relacionada con la materia prima, los componentes y los procesos de fabricación requeridos.

- UNE-EN ISO/ASTM 52910:2020 Fabricación aditiva. Diseño. Requisitos, directrices y recomendaciones. (ISO/ASTM 52910:2018).
- UNE-EN ISO 16396-1:2023 Plásticos. Materiales de poliamida (PA) para moldeo y extrusión. Parte 1: Sistema de designación y bases para las especificaciones. (ISO 16396-1:2022).
- UNE-EN ISO 1874-2: Plásticos. Materiales de poliamida (PA) para moldeo y extrusión. Parte 2: Preparación de las probetas y determinación de propiedades. (ISO 1874-2:2012).
- ISO/TC 20/SC 16 Sistemas de aeronaves no tripuladas.
- ISO 4358:2023 Métodos de testeo para aeronaves no tripuladas de carácter civil con varios motores.

Cabe destacar que existe una normalización en proceso de construcción en relación con los sistemas aéreos no tripulados para la cuál se ha creado recientemente el comité CTN 28/SC 2. De esta forma la industria española pretende participar en el desarrollo de las normas internacionales y europeas del sector (revista une, 2023).

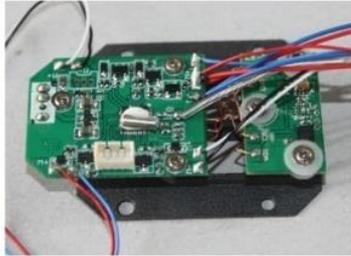
9.3 Condiciones técnicas

9.3.1 Condiciones técnicas de los materiales utilizados, características y condiciones de suministro.

Para el desarrollo del prototipo de un dron se pretende utilizar un método de fabricación aditiva como puede ser la impresión sinterizada. Este proceso permite la generación de piezas de una precisión intermedia a un coste también intermedio. Al tratarse de un proceso de autofabricación con prototipo no se pretende lograr una precisión mayor. Para este proceso, se utiliza la poliamida 12. Además, para lograr un buen resultado se deberán respetar las limitaciones y recomendaciones establecidas por el fabricante.

Cabe resaltar que se pretende diseñar un dron que no se encuentre comprometido respecto a las patentes u otros datos ya registrados, pues se pretende proteger el diseño del dron desarrollado y no entrar en conflicto con otros diseños.

A continuación, se recogen las características de las piezas comerciales:

Fabricante: Global Drone	
Cantidad: 1 unidad	
Peso: 8 g	
Dimensiones: 53 mm x 25 mm x 1 mm	
Material: resina y componentes electrónicos	

Fabricante: CAMKIX	
Cantidad: 4 unidades	
Peso: 8.3 g	
Dimensiones: 190 mm x 88 mm x 26 mm	
Material: ABS	

Fabricante: PinShang

Modelo: wenyang1123toys-EX-JHQC005

Cantidad: 4 unidades

Peso: 10 g

Dimensiones: 10 mm x 10 mm x 10 mm

Material: ABS



Fabricante: OUYBO

Cantidad: 1 unidad

Peso: 48 g

Dimensiones: 80 mm x 26 mm x 11 mm

Material: Litio y carcasa de ABS.

Voltaje y Carga: 3,7 V – 1200 mAh



Fabricante: YUNIQUE

Modelo: MU-BTOJ-W1E7 – 3.5 V

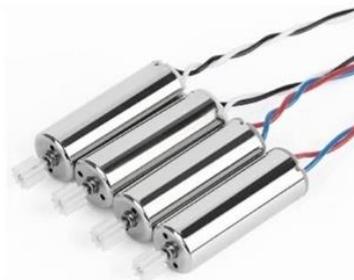
Cantidad: 4 unidades

Peso: 17 g

Dimensiones: 20 mm x 8 mm (diámetro)

Engranaje: 3,2 mm

Material: aleación de aluminio, cobre y ABS.



Fabricante: Philips

Cantidad: 32 unidades

Peso: 1 g

Dimensiones: 2x4mm, 2x5mm y 1x4mm.

Material: Acero lacado en negro

Cabeza redonda



Ilustración 87: Tornillos DIN968 [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Tras conocer los componentes seleccionados, en este apartado se especifica la materia prima y el proceso de fabricación empleado para fabricar las piezas.

Para la fabricación mediante impresión sinterizada se ha seleccionado la poliamida 12-PA12, conocida como TECAMID 12 es un material termoplástico y semicristalino de gran dureza y resistencia química con múltiples aplicaciones. Sus propiedades son:

- Dureza extrema
- Buenas propiedades de deslizamiento
- Resistencia al desgaste
- Consistencia ante aceites
- Ligero
- Poco higroscópico
- Buen aislante eléctrico
- Buena mecanización
- Piezas con dimensiones exactas
- Material fácilmente soldable

Su aplicación se extiende a maquinaria para empresas papeleras, tecnología alimenticia, maquinaria de impresión, maquinaria embotelladora, aparatos domésticos, mecánica de precisión y automoción (Sanmetal, 2023). Estas son algunas de sus características:

Características térmicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Seco	Humedad	Unidad
Temperatura de fusión	53736	179		
Temperatura de vitrificación dinámica	53736	41		
Resistencia a la deformación Procedimiento A Procedimiento B	ISO 75 ISO 75	50 140		°C °C
Temperatura de empleo durante poco tiempo		140/80		°C
Capacidad de conductividad calorífica específica		0,23		W/(m.K)
Capacidad calorífica		2,1		J/(g.K)
Coefficiente de dilatación longitudinal		10		10(-5) /k

Ilustración 88: Características térmicas [Tabla] Fuente: Sanmetal.es

Características mecánicas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Seco	Humedad	Unidad
Densidad	53479	1,02		g/cm ³
Elongación en punto de fluencia	53455	35		MPa
Resistencia al desgarre	53455	52	46	MPa
Resistencia a la rotura por alargamiento	53455	240		%
Módulo de elasticidad a la tracción	53457	1800		MPa
Módulo de elasticidad a la flexión	53457			MPa
Dureza Brinell (por penetración de bola)	53456	95		MPa
Resistencia al impacto	53453	o.Br.		KJ/m ²
Resistencia a la fluencia tras 1000 h. de carga estática		23		MPa
Resistencia al alargamiento, por 1%, tras 1000 hrs		3,5		MPa
Coefficiente de fricción contra acero endurecido y afilado $p=0,05$ N/mm ² , $v=0,6$ m/s		0,32-0,38		-
Desgaste por fricción, en las mismas condiciones		0,8		m/km

Ilustración 89: Características mecánicas [Tabla] Fuente: Sanmetal.es

Características eléctricas	Método/Prueba (DIN /ASTM)	Seco	Humedad	Unidad
Coefficiente dieléctrico	53483	3,1	3,6	
Factor de pérdida dieléctrica	53483	0,03	0,04	
Resistencia específica de paso	53482	2x10(15)	10 (14)	W.cm
Resistencia superficial	53482	10(14)	10 (12)	W
Resistencia de chispa eléctrica	53481	33	30	KV/mm
Resistencia a las corrientes parásitas	53480	KA 3b	CTI 600	

Ilustración 90: Características eléctricas [Tabla] Fuente: Sanmetal.es

9.3.2 Condiciones técnicas de los procesos de fabricación y selección de maquinaria

Impresión Sinterizada

En cuanto al proceso de fabricación seleccionado se trata de la impresión 3D mediante sinterizado. Este método de fabricación surge de la necesidad de llevar a cabo un prototipo en el menor tiempo posible. Años atrás, el tiempo necesario para desarrollar y fabricar un prototipo era elevado. Es por ello por lo que la SLS (Sinterizado por láser selectivo) se planteó como una forma de dar solución al problema de los prototipos. Hoy en día, este es uno de sus usos principales, pero también se ha extendido como alternativa a métodos tradicionales de inyección o deformación.

La tecnología SLS consiste en un láser de alta potencia que dibuja en cada capa en un lecho de polvo, normalmente sobre nailon. El láser sinteriza las partículas de polvo para formar estructuras sólidas y fuertes. Una vez terminada una capa, esta desciende y se coloca otra nueva sobre la que actuará el láser. A medida que se van colocando capas, el modelado preestablecido se va generando. Como resultado final, se obtiene un bloque de poliamida 12 que en su interior contiene el diseño generado.

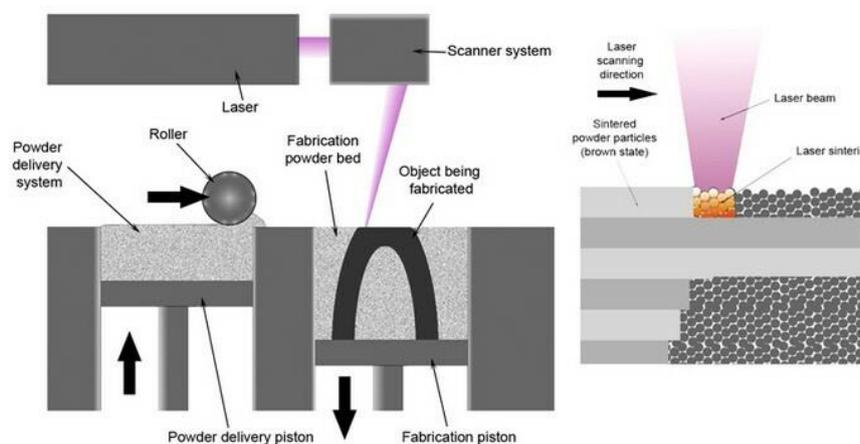


Ilustración 91: Proceso Sinterizado [Imagen] Fuente: Extremetech.com

Como se observa en la imagen, la impresora cuenta con un depósito de polvo nuevo en uno de los laterales, este se deposita en cada capa a través de un rodillo que lo extiende y prepara para la impresión. La cama de polvo donde se fabrica la pieza baja de nivel a medida que el láser va completando capas. Con la combinación de estas dos acciones se obtiene una cama de polvo en el que se esconde la pieza obtenida, esta ha de ser extraída posteriormente.

Tras la impresión de la pieza se procede a su extracción y limpieza. Si bien las piezas fabricadas mediante impresión sinterizada no presentan soporte, sí pueden presentar orificios

o cavidades llenas de polvo, superficies rugosas o rebabas indeseadas. Por todo ello, las piezas pasan a un segundo proceso donde son sometidas a un chorreo de arena.

La maquinaria seleccionada para este proceso de impresión se corresponde con la impresora para impresión sinterizada FUSE 1. Si bien la impresión sinterizada lleva unos años utilizándose, siempre ha sido considerada una fabricación cara. A pesar de ello, Formlabs decidió apostar por la creación de una máquina diferencial. Al contrario que su competencia, es una impresora de tamaño reducido a fácilmente accesible. Su precio es extremadamente inferior al resto de impresoras industriales y está concebida para ser utilizada en locales y negocios.



Ilustración 93: FUSE 1 [Imagen] Fuente: FormLabs

	Fuse 1	Fuse 1+ 30W
Tecnología	Sinterizado selectivo por láser	Sinterizado selectivo por láser
Volumen de impresión (ANC. X PROF. X ALT.)	165 x 165 x 300 mm	165 x 165 x 300 mm
Grosor de capa	110 micras	110 micras
Velocidad de producción (20 % de densidad de compactación)	0,3 litros por hora	0,5 litros/hora
Tipo de láser	Fibra de iterbio	Fibra de iterbio
Diámetro del punto focal del láser (FWHM)	200 micras	247 micras
Índice de renovación del material	30 % – 50 %	30 % – 50 %

Ilustración 92: Características FUSE 1 [Imagen] Fuente:FormLabs

Chorro de arena

El chorro de arena o lijado de arena consiste en la exposición de las piezas resultantes de un proceso de fabricación aditiva, a un proceso de acabado de superficies. Este implica el uso de una máquina, generalmente un compresor de aire y una máquina de chorro de arena. Se conoce como chorro de arena porque pulveriza la superficie de las piezas con partículas de arena. A medida que las partículas golpean la superficie, se crea una textura más suave y uniforme (carbosystem, 2023). Con este último proceso se obtiene una pieza pulida y lista para ser utilizada, sin defectos físicos ni imperfecciones que puedan afectar a su montaje.

Para llevar a cabo esta operación durante el desarrollo del prototipo se ha seleccionado la siguiente maquina:



Ilustración 94: Máquina de chorro de arena [Imagen]
Fuente: herramientasmaquinariaindustrial.es

Se trata de una máquina de dimensiones reducidas, pues se trata de una máquina en la que el chorro de arena se realiza en el interior. Se caracteriza por tener unas dimensiones útiles internas de 850 x 480 x 340/540h mm, una presión de funcionamiento de 6,5 – 7,5 Bar., y un consumo de aire 8/10 SCFM (240/300 L /min). Además, cuenta con diferentes boquillas para el diámetro de la pistola, de 4, 5 , 6 y 7 mm (herramientasmaquinariaindustrial, 2023).

9.3.3 Proceso de montaje

Para realizar el proceso de montaje se deberán seguir los pasos mencionados a continuación, si bien el orden establecido para el montaje no es el único posible, es el más recomendado.

En primer lugar, se coloca la placa controladora sobre su soporte utilizando 6 tornillos de métrica 1x4mm, seguidamente este soporte se atornilla junto el suelo inferior del dron utilizando 4 tornillos de métrica 2x4mm. Una vez fijada la parte central, se procede con los brazos. Para ello se colocan las mitades inferiores de los brazos en sus respectivas posiciones y se acomodan los motores, cables y engranajes en su interior. Una vez colocados, se cierran los brazos con las mitades superiores utilizando 1 tornillo de métrica 2x4mm y dos de métrica

1x4mm por brazo. Seguidamente, se colocan los dos soportes para los brazos utilizando 3 tornillos de métrica 2x5mm para el soporte delantero y 2 tornillos de métrica 2x5mm para el soporte trasero. Para terminar, se coloca la cubierta superior en su lugar y se fija al suelo inferior utilizando 3 tornillos de métrica 2x4mm. Con el chasis acabado, se atornillan las hélices en sus correspondientes posiciones.

9.4 Control de calidad, pruebas y ajustes finales

Tras realizar el montaje deliberadamente y previo a la utilización del dron para su vuelo, se deberán realizar las siguientes verificaciones:

- Revisión de las hélices, deben estar en buen estado y correctamente colocadas, pues son diferentes y se colocan de manera opuesta en equis.
- Verificación de apriete de todos los tornillos del prototipo.

Una vez la cubierta superior esta colocada, se debe realizar una prueba de encendido en la que se comprobará que los mecanismos de los motores y la electrónica funcionan correctamente. Esta prueba se debe realizar previo a la colocación de las hélices, para poder observar el comportamiento del prototipo sin que este vuele.

Una vez se han verificado ambos requisitos, la batería puede ser instalada y el dron está listo para volar.

10. Presupuesto

En el presente documento se describen los costes de fabricación, materia prima y componentes comerciales necesarios para la fabricación del prototipo Evoke. Este cálculo se realiza con el objetivo de realizar una estimación real del coste del producto. Al tratarse de un proyecto de auto fabricación, el presupuesto se calculará en base a la suma entre los costes de fabricación del prototipo y el coste de obtención de los planos y recursos para poder fabricarlo.

Puesto que generalmente no se cuenta con ninguna de las máquinas necesarias para la fabricación de las piezas, los costes de materia prima y producción han sido obtenidos a partir de un presupuesto dado por una empresa externa, esta llevará a cabo los procesos de impresión y limpieza para cada una de las piezas. Además, para la estimación del precio final, se ha supuesto la fabricación de un único prototipo y no se han contado las horas propias de montaje.

10.1 Coste de impresión y chorreo por arena

Para los procesos de fabricación se ha optado por obtener una serie de presupuestos a través de internet. Diversas empresas ofrecen el servicio de impresión sinterizada y limpieza por chorreo de arena, y tras analizar diferentes ofertas, la que más se adapta al proyecto ha sido obtenida a través de Materialise.

Como se observa en las siguientes imágenes, la empresa ofrece un presupuesto total de 151,15€ por la impresión sinterizada de todas las piezas y un acabado básico de retirada de polvo y chorreo de arena. Se trata de un coste razonable y aceptable para el presupuesto del proyecto. Por este motivo se ha decidido seleccionar esta empresa.

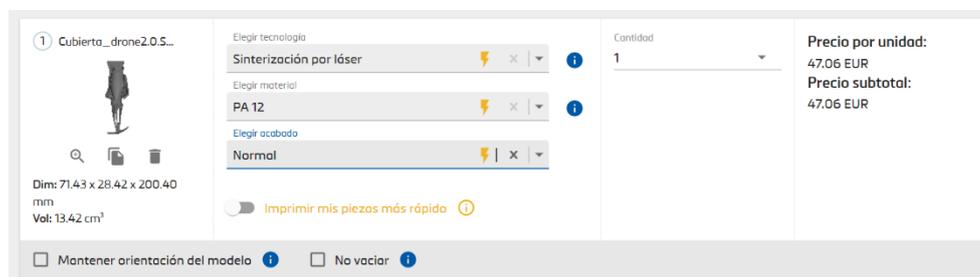


Ilustración 95: Coste_1 [Imagen] Fuente: Materialise

<p>2 Brazo_Inferior_LF.S...</p>  <p>Dim: 22.90 x 9.10 x 98.62 mm Vol: 3.45 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 2</p>	<p>Precio por unidad: 7.98 EUR Precio subtotal: 15.96 EUR</p>
<p><input type="checkbox"/> Mantener orientación del modelo <input type="checkbox"/> No vaciar</p>			
<p>3 Brazo_Inferior_RB...</p>  <p>Dim: 22.90 x 9.10 x 90.16 mm Vol: 3.19 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 2</p>	<p>Precio por unidad: 7.67 EUR Precio subtotal: 15.34 EUR</p>

Ilustración 97: Coste_2 [Imagen] Fuente: Materialise

<p>4 Brazo_Superior_RB...</p>  <p>Dim: 22.00 x 9.00 x 89.70 mm Vol: 2.72 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 2</p>	<p>Precio por unidad: 7.44 EUR Precio subtotal: 14.88 EUR</p>
<p><input type="checkbox"/> Mantener orientación del modelo <input type="checkbox"/> No vaciar</p>			
<p>5 Brazo_Superior_LF...</p>  <p>Dim: 22.00 x 9.00 x 98.17 mm Vol: 2.92 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 2</p>	<p>Precio por unidad: 7.74 EUR Precio subtotal: 15.48 EUR</p>

Ilustración 96: Coste_3 [Imagen] Fuente: Materialise

<p>6 Suelo.SLDPRT</p>  <p>Dim: 62.89 x 13.70 x 101.70 mm Val: 8.74 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 1</p>	<p>Precio por unidad: 19.40 EUR Precio subtotal: 19.40 EUR</p>
<p><input type="checkbox"/> Mantener orientación del modelo <input type="checkbox"/> No vaciar</p>			
<p>7 Soporte_Placa.SLDP...</p>  <p>Dim: 37.15 x 8.50 x 48.48 mm Val: 2.03 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 1</p>	<p>Precio por unidad: 13.28 EUR Precio subtotal: 13.28 EUR</p>

Ilustración 99: Coste_4 [Imagen] Fuente: Materialise

<p>8 Soporte_Patas.SLD...</p>  <p>Dim: 51.30 x 10.00 x 10.83 mm Val: 1.12 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 1</p>	<p>Precio por unidad: 13.28 EUR Precio subtotal: 13.28 EUR</p>
<p><input type="checkbox"/> Mantener orientación del modelo <input type="checkbox"/> No vaciar</p>			
<p>9 Soporte_Brazos_de...</p>  <p>Dim: 31.30 x 3.00 x 9.30 mm Val: 0.58 cm³</p>	<p>Elegir tecnología Sinterización por láser</p> <p>Elegir material PA 12</p> <p>Elegir acabado Normal</p> <p><input type="checkbox"/> Imprimir mis piezas más rápido</p> <p>Aplicar a todos</p>	<p>Cantidad 1</p>	<p>Precio por unidad: 13.28 EUR Precio subtotal: 13.28 EUR</p>

Ilustración 98: Coste_5 [Imagen] Fuente: Materialise

 Periodo de entrega estándar: 5 días laborables Fecha estimada de envío 28 de julio de 2023	Precio desglosado	167,96 EUR
	Online Discount	-16,81 EUR
	Precio total	151,15 EUR
Todos los precios están indicados sin IVA y Transporte 		
 Grosor mínimo de la pared: Modelado por deposición fundida (FDM): 1.2 mm NextDay/estereolitografía, Sinterización por láser, Multi Jet Fusion, PolyJet, impresión 3D en metal: 1.0 mm		
 Grosor máximo de la pared: Los modelos con paredes más gruesas que nuestros valores especificados serán ahuecados a menos que se seleccione la opción "No ahuecar"		

Ilustración 100: Coste_6 [Imagen] Fuente: Materialise

Cabe añadir que, al tratarse de una empresa externa, el presupuesto del prototipo puede variar en función de intereses o preferencias personales, es decir, en el caso de elegir otra empresa para imprimir el prototipo, el presupuesto expuesto puede variar.

10.2 Coste de recursos

El proceso de auto fabricación permite la obtención de diseños propios, estos pueden ser utilizados para disfrute personal o para su venta. Sin embargo, la auto fabricación también permite la venta de los recursos necesarios para obtener el mismo producto fabricado por otro usuario. Esto permite dar a los diseños propios una salida comercial y potenciar la fabricación propia.

En el caso de este proyecto, se debe obtener una copia de los modelos de las piezas en 3D, los planos, y las referencias de los componentes del dron para poder obtener un prototipo igual. Para la obtención de estos recursos se debe fijar un precio y añadirlo al presupuesto final.

10.3 Coste de componentes

A continuación, se recoge el coste relacionado con la obtención de cada uno de los componentes en base a su obtención para la fabricación del prototipo:

Componente	Coste	Unidades	Total
<i>Placa Controladora</i>	19,99	1	19,99
<i>Hélice</i>	13,80	4	55,20
<i>Motor</i>	9,99	4	39,96
<i>Tornillos</i>	19,80	1	19,80
<i>Batería</i>	25,99	1	25,99
<i>Engranaje</i>	17,60(pack)	4	17,60
COSTE TOTAL:			175,54€

Ilustración 101: Coste Componentes [Imagen] Fuente: Elaboración propia

Tras el cálculo total del coste de los componentes, este es de 175,54€, por lo que ya obtenidos todos los costes se puede pasar a la obtención del coste final del prototipo.

10.4 Coste total y conclusiones

Para el cálculo del coste final se deberá realizar una suma de los diferentes costes según su naturaleza. El coste total de fabricación, mano de obra y materiales; suma una cantidad de 151,15€. Por otro lado, el coste asociado a los componentes electrónicos es de 175,54€. En total, se obtiene que el presupuesto mínimo para la fabricación del prototipo del dron Evoke es de 326,69€.

En conclusión, en este documento queda constancia de todos los costes generados de fabricación, materia prima y componentes para la fabricación del prototipo de dron Evoke.

El precio de la obtención de los recursos del diseño queda fuera del alcance del presupuesto, pues se trata de una cantidad relacionada con el coste de venta y la obtención de beneficios. De igual manera, la obtención de las piezas fabricadas y preparadas para el montaje variará su precio en función de la empresa subcontratada para ello.

11. Bibliografía

administrativando. (2023). Obtenido de <https://administrativando.es/que-son-los-pleigos-de-condiciones/>

AERPAS. (s.f.). *Tienda de drones España*. Obtenido de <https://www.aerpas.es/>

AESA. (2 de Octubre de 2020). *AESA*. Obtenido de <https://aerocamaras.es/clases-de-drones-segun-la-nueva-normativa-europea/>

ANAC. (s.f.). Obtenido de Teoría de Análisis y Respuestas:
http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/pers_aeron/examenes/ppa/teor-a-y-analisis-de-respuestas-ppa.pdf

areadron. (28 de octubre de 2019). Obtenido de <https://www.areadron.com/que-tipos-de-drones-existen/>

Campos, A. C. (2023). *Metodología para la generación y selección de alternativas de diseño considerando múltiples factores de un modo holístico*. Vigo: Universidad de Vigo.

carbosystem. (2023). Obtenido de [carbosystem.com: https://carbosystem.com/que-es-el-chorro-de-arena/](https://carbosystem.com/que-es-el-chorro-de-arena/)

Caro, A. (2021). *LEBALAP ACADEMY*. Obtenido de <https://lebalap.academy/f1/aerodinamica/>

DJI. (2023). Obtenido de MniMavic: <https://www.dji.com/es/mavic-mini>

Formlabs. (2023). Obtenido de Guía de impresión 3D: <https://formlabs.com/es/blog/que-es-sinterizado-selectivo-laser/>

González, E. P. (enero de 2007). Obtenido de Historia del Teorema de Bernoulli:
<https://www.redalyc.org/pdf/416/41617103.pdf>

HD Drones. (s.f.). *HD Drones*. Obtenido de <https://huescadrones.es/hddrones/historia-de-los-drones/>

Hernando, V. D. (2016). *Victor Delgado Cinematographer*. Obtenido de
<http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>

herramientasymaquinariaindustrial. (2023). Obtenido de
[herramientasymaquinariaindustrial.es:](https://herramientasymaquinariaindustrial.es/)
<https://herramientasymaquinariaindustrial.es/producto/maquina-de-chorro-de-arena-0575-fervi/>

J.Gross, R. (11 de mayo de 2023). *PROPEL*. Obtenido de <https://www.propelrc.com/es/historia-de-los-drones/>

Kertik, A. (28 de Febrero de 2017). *Materialise*. Obtenido de <https://www.materialise.com/en/academy/industrial/magics/tutorials/difference-between-cad-stl-files>

LeroyMerlin. (2023). Obtenido de <https://www.leroymerlin.es/productos/herramientas/soldadura/accesorios-de-soldadura/bobina-de-estano-cobre-250g-82887291.html#:~:text=De%20aleaci%C3%B3n%20114%2C%20est%C3%A1%20compuesto,Contenido%3A%20100%20g>.

Martin, S. S. (28 de Abril de 2022). *EPIDOR*. Obtenido de <https://epidor.com/blog/efecto-venturi-y-sus-caracteristicas/>

Miranda, C. V. (2021). *Drones, principios de vuelo y nuevo marco normativo*. CEDRO.

OneAir. (s.f.). Obtenido de <https://www.oneair.es/principio-de-bernoulli/>

revista une. (2023). Obtenido de <https://revista.une.org/34/ctn-28sc-2-sistemas-aereos-no-tripulados.html>

Sanmetal. (2023). Obtenido de Sanmetal.es:
<https://www.sanmetal.es/productos/termoplasticos/poliamida-12-pa-12/54>

Tienda24hs. (2023). Obtenido de <https://www.tienda24hs.com/Drone-Parrot-Airborne-Night-Maclane>

UMILES. (6 de Octubre de 2022). *UMILES*. Obtenido de <https://umilesgroup.com/tipos-de-drones/>

WELLPCB. (s.f.). Obtenido de <https://placapcb.com/control-de-velocidad-electronico.html>