



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE  
UN DRONE, EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL  
CUADRICÓPTERO "T4", PARA LA CARRERA DE MECÁNICA  
AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE**

**AUTOR:**

**COLTA PACHITO, FAUSTO FERNANDO**

**DIRECTOR:**

**ING. COELLO TAPIA, LUIS ANGEL**

**LATACUNGA**

**2019**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN DRONE, EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CUADRICÓPTERO “T4”, PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”** fue realizado por el señor **COLTA PACHITO, FAUSTO FERNANDO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, diciembre del 2019



ING. COELLO TAPIA, LUIS ANGEL  
C.C.: 0503128662



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **COLTA PACHITO, FAUSTO FERNANDO**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN DRONE, EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CUADRICÓPTERO “T4”, PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, diciembre del 2019

---

COLTA PACHITO FAUSTO FERNANDO  
C.C.: 1003617543



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

#### AUTORIZACIÓN

Yo, COLTA PACHITO, FAUSTO FERNANDO autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar **“ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN DRONE, EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CUADRICÓPTERO “T4”, PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”**, en el Repositorio Institucional: el registro bibliográfico, el resumen y la dirección web indexada a la revista del artículo académico.

Latacunga, diciembre del 2019

---

COLTA PACHITO FAUSTO FERNANDO  
C.C.: 1003617543

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mis padres: Pio Corta y Isolina Pachito, quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir mis sueños, ellos han sido mis fieles guías y leales compañeros.

A mis hermanos María, Mariela, Ernestina, William y German por su cariño y apoyo condicional que me supieron comprender durante este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus consejos y palabras hicieron de mí una persona de bien y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo lo agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y darme una buena familia, además por la sabiduría para seguir adelante y no dejarme caer por el mal camino.

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE y haber sido mi apoyo durante toda la trayectoria de la carrera.

A mis padres: Pio Corta y María Pachito siempre me supo llevar por el bien y no dejarme derrumbar en la trayectoria de la carrera.

A mí hermana María Colta que siempre estuvo en los momentos más difíciles brindándome ayuda y dando consejos día con día, además por los momentos muy importantes que compartió conmigo en la trayectoria de la carrera.

A mí enamorada Tania Ortiz que siempre estuvo brindándome ayuda y estaba pendiente de mí, además por los consejos que me brinda con el fin de ser mejor persona día a día.

A mi tutor Ing. Luis Coello por haber brindado la ayuda necesaria durante la trayectoria de la realización del proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	1
1.3	Justificación e Importancia.....	2
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo General.....	3
1.4.2	Objetivos Específicos .....	3
1.5	Alcance.....	4

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1	Drones .....	5
2.1.1	Generalidades .....	5
2.1.2	Vehículos aéreos no tripulados en la actualidad.....	5
2.1.3	Partes básicas de un dron .....	6
2.1.4	Tipos de Drones .....	8

a.	Según su utilización .....	8
b.	Según el método de control .....	9
c.	Según el número de motores .....	9
2.1.5.	Uso de Drones en la actualidad .....	12
2.1.6.	Características de los drones .....	12
a.	Velocidad .....	13
b.	Altitud.....	13
c.	Autonomía de vuelo .....	13
d.	Dimensiones y peso.....	13
2.1.7	Fuentes de energía de drones.....	14
2.1.8	Normativa de operación de drones en el Ecuador .....	15
2.2	Dron T4.....	17
2.2.1	Sistema estructural .....	18
2.2.2	Sistema de navegación .....	20
2.2.3	Sistema de propulsión .....	21
2.3.	Conceptos generales para el diseño de estructuras de drones .....	22
2.3.1	Materiales y Características.....	22
2.3.2	Esfuerzos estructurales .....	23
2.3.3	Fatiga estructural .....	23
2.4	Fabricación de estructuras de drones en impresión 3D.....	25
2.4.1	Qué es una impresora 3D .....	25
a.	Como funciona una impresora 3D .....	26
a.1.	Solidworks .....	26
b.	Materiales utilizados en impresiones 3D.....	27
b.1.	PLA.....	28
b.2.	ABS .....	28
2.4.2.	Tipos de impresiones 3D .....	29
a.	Impresión 3D FDM.....	29
b.	Impresión 3D SLA.....	30
c.	Impresión 3D SLS.....	30



d.	Impresión 3D por Inyección .....	31
2.4.3	Cómo la impresión 3D va a cambiar el mundo .....	32
2.5	Proceso general del diseño y ensamblaje de un dron .....	33

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Descripción general .....	35
3.2	Diseño y análisis de los componentes estructurales .....	35
3.2.1	Diseño de los componentes del cuadricóptero “T4” .....	35
3.2.2	Análisis de los componentes .....	40
a.	Material aplicado a los componentes.....	41
3.2.3	Información del análisis del componente .....	42
a.	Resultados del estudio.....	43
a.1.	Tensión.....	43
a.2.	Desplazamiento .....	43
a.3.	Factor de seguridad.....	44
3.3	Implementación de la impresora 3D .....	45
3.3.1	Estudio de alternativas .....	45
a.	Primera alternativa: Ender-5 Diy.....	45
b.	Segunda alternativa: Creality CR_10S .....	47
c.	Tercera alternativa: Creality CR_10S5.....	48
3.3.2	Matriz de decisión .....	49
a.	Criterios de evaluación .....	49
b.	Alternativa seleccionada .....	50
3.3.3	Impresora Creality CR-10S5.....	51
a.	Software de impresión .....	52
b.	Parámetros básicos de la impresora CR-10S5.....	53
c.	Partes de la impresora .....	53
3.4	Fabricación y ensamblaje de los componentes estructurales.....	54
3.4.1	Fabricación de los componentes estructurales del dron “T4” .....	54

3.4.2	Ensamblaje de los componentes del cuadricóptero “T4” .....	58
a.	Verificación de la tolerancia y acabado de los componentes.....	59
b.	Ensamblaje de la estructura del cuadricóptero “T4”.....	61
c.	Montaje de los sistemas del cuadricóptero “T4”.....	62
d.	Estructura armada del cuadricóptero “T4” .....	64
3.5	Validación y análisis de resultados .....	65

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.	Conclusiones .....	66
4.2.	Recomendaciones .....	66

<b>GLOSARIO .....</b>	<b>68</b>
-----------------------	-----------

<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>70</b>
---------------------------	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
---	-----------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>
---------------------	-----------

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Dron.....	5
<b>Figura 2.</b> Evolución de las aeronaves.....	6
<b>Figura 3.</b> Componentes un Dron.....	8
<b>Figura 4.</b> Drones según su utilización.....	9
<b>Figura 5.</b> Dron Tricóptero.....	10
<b>Figura 6.</b> Dron Cuadricóptero.....	10
<b>Figura 7.</b> Dron Hexacóptero.....	11
<b>Figura 8.</b> Dron Octocóptero.....	11
<b>Figura 9.</b> Uso de los Drones.....	12
<b>Figura 10.</b> Tipos de Baterías.....	14
<b>Figura 11.</b> Resolución de operación del dron.....	17
<b>Figura 12.</b> Dron T4.....	18
<b>Figura 13.</b> Estructura de dron.....	18
<b>Figura 14.</b> Componentes estructurales del dron.....	19
<b>Figura 15.</b> Configuración de Impresión 3D.....	20
<b>Figura 16.</b> Sistema de Navegación.....	21
<b>Figura 17.</b> T Motor AIR 9200KV.....	22
<b>Figura 18.</b> Esfuerzos Estructurales.....	23
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de fisura.....	25
<b>Figura 20.</b> Ejemplo de Impresiones 3D.....	26
<b>Figura 21.</b> Materiales empleados en Impresoras 3D.....	27

<b>Figura 22.</b> Impresión FDM. ....	29
<b>Figura 23.</b> Impresión SLA. ....	30
<b>Figura 24.</b> Impresión SLS. ....	31
<b>Figura 25.</b> Impresión 3D por Inyección .....	31
<b>Figura 26.</b> Impresión 3D de una pizza. ....	32
<b>Figura 27.</b> Diseño del dron.....	33
<b>Figura 28.</b> Ensamblaje. ....	34
<b>Figura 29.</b> Diseño 3D de los componentes. ....	36
<b>Figura 30.</b> Diseño en 3D de los brazos.....	37
<b>Figura 31.</b> Diseño 3D del Cuerpo. ....	38
<b>Figura 32.</b> Diseño 3D de la Parte Superior. ....	38
<b>Figura 33.</b> Diseño 3D de la parte inferior. ....	39
<b>Figura 34.</b> Diseño 3D del tubo del GPS. ....	39
<b>Figura 35.</b> Diseño 3D de la placa del GPS. ....	40
<b>Figura 36.</b> Diseño de la Tapa de la Batería. ....	40
<b>Figura 37.</b> Análisis de los Componentes del Cuadricóptero "T4".....	41
<b>Figura 38.</b> Especificaciones Técnicas del PLA de Fibra de Carbono. ....	42
<b>Figura 39.</b> Aplicación de la parte fija y fuerza en el componente. ....	42
<b>Figura 40.</b> Simulación tensión.....	43
<b>Figura 41.</b> Simulación Desplazamiento.....	44
<b>Figura 42.</b> Simulación Factor de Seguridad.....	45
<b>Figura 43.</b> Impresora 3D Ender-5 Diy. ....	46
<b>Figura 44.</b> Creality CR-10S.....	48

<b>Figura 45.</b> CR-10S5.....	49
<b>Figura 46.</b> Impresora 3D-CR-10S5.....	51
<b>Figura 47.</b> Interface software Simplify3D.....	52
<b>Figura 48.</b> Partes de la impresora N-1.....	53
<b>Figura 49.</b> Partes de la impresora N-2.....	54
<b>Figura 50.</b> Proceso de Impresión.....	55
<b>Figura 51.</b> Impresión del Cuerpo.....	56
<b>Figura 52.</b> Impresión de los brazos.....	56
<b>Figura 53.</b> Impresión de la parte inferior.....	57
<b>Figura 54.</b> Impresión de la Parte Superior.....	57
<b>Figura 55.</b> Impresión de la placa, tubo del GPS y Tapa de la Batería.....	58
<b>Figura 56.</b> Ensamblaje del Cuadricóptero "T4".....	59
<b>Figura 57.</b> Limpieza de los componentes.....	60
<b>Figura 58.</b> Limpieza de los componentes.....	60
<b>Figura 59.</b> Componentes del cuadricóptero.....	61
<b>Figura 60.</b> Ensamblaje de la Estructura del Cuadricóptero.....	62
<b>Figura 61.</b> Montaje del Sistema de Propulsión.....	63
<b>Figura 62.</b> Ensamblaje de los brazos en el cuerpo.....	63
<b>Figura 63.</b> Montaje del sistema de control.....	64
<b>Figura 64.</b> Cuadricóptero "T4".....	65

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Propiedades del PLA</i> .....	28
<b>Tabla 2</b> <i>Propiedades del ABS</i> .....	28
<b>Tabla 3</b> <i>Componentes del cuadricoptero “T4”</i> .....	37
<b>Tabla 4</b> <i>Criterios de Evaluación</i> .....	50

## **RESUMEN**

Con el paso de los años, la impresión se ha basado en formatos 2D, como una ayuda didáctica. Mediante el avance de la tecnología que se cuenta en la actualidad, se puede imprimir objetos en 3D para múltiples propósitos. Siguiendo esta iniciativa se ha visto la necesidad de implementar una impresora creality 3D CR-10S5, para facilitar la fabricación de cualquier componente, y tener una mayor facilidad de reparar componentes que por el tiempo de uso se desgastan, y a la vez por el mal manejo o algún caso fortuito se dañan. Como un ejemplo de esto se ha fabricado los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”, donde se diseña cada pieza teniendo en cuenta su tamaño y medidas únicas. Mediante este proyecto, los docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica podrán fabricar infinidad de componentes livianos y resistentes de distintos tipos e incluso hacer réplicas de los mismos en diferentes tipos de material, también se podrá crear nuevos diseños de cuadricópteros u otros tipos de drones con ayuda de programas de diseño como Solidworks. Por ende, se logrará disminuir en la adquisición de equipos o componentes nuevos en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE Sede Latacunga.

### **PALABRAS CLAVE**

- **IMPRESORA 3D**
- **CUADRICÓPTEROS**
- **DRONES - COMPONENTES ESTRUCTURALES**
- **DRONES - DISEÑO**

## **ABSTRACT**

The present research has been based on 2D formats printers, as a didactic aid. Through the advancement of technology that is currently counted, it is possible to print 3D objects for multiple purposes. Following this initiative we have seen the need to implement a CR-10S5 creality 3D printer, to facilitate the manufacture of any component, and have a greater facility to repair components that wear out for the time of use, and at the same time by mishandling or some fortuitous case are damaged. As an example of this, the structural components of the "T4" quadricopter have been manufactured, where each piece is designed taking into account its size and unique measurements. Through this project, teachers and students of the career of Aeronautical Mechanics will be able to manufacture an infinity of light and resistant components of different types and even make replicas of the same in different types of material. New designs of quadricopters or other types of drones can also be created with the help of design programs such as Solidworks. Therefore, it will be possible to reduce the acquisition of new equipment or components at the University of the Armed Forces - ESPE headquarters in Latacunga.

### **KEYWORDS:**

- **3D PRINTER**
- **QUADCOPTER "T4"**
- **DRONE-STRUCTURAL COMPONENTS**
- **DRONE-DESIGN**



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, es una institución que inicio el 08 de noviembre de 1999 que hasta el 2014 fue la única Escuela de Técnicos en Mantenimiento Aeronáutico avalada por la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador.

Un 8 de abril del 2014 se dio inicio a un proyecto muy importante con la creación de la UGT (Unidad de Gestión de Tecnologías), consolidando así la integración del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico–ITSA a la Universidad de las fuerzas armadas ESPE.

La Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE cuenta con varios laboratorios, talleres totalmente equipados, y aviones escuela los cuales son adecuados para realizar tareas de inspección, mantenimiento, remoción e instalación de componentes; permitiendo de esta manera que los estudiantes de Mecánica Aeronáutica puedan adquirir mayores conocimientos mediante la práctica en conjunto con la teoría impartida en las aulas a través de los docentes. Esto ayudará en el desarrollo profesional de los estudiantes de esta prestigiosa Universidad.

#### **1.2 Planteamiento del problema**

La Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE sede Latacunga, al ser el único centro de instrucción de Aeronáutica Civil en el Ecuador para la formación de mecánicos de mantenimiento de aeronaves certificado en el país bajo la RDAC 147, y gracias a las

acertadas decisiones y objetivos propuestos por las diferentes autoridades que han estado a cargo de la institución, se ha hecho posible la adquisición de nuevas aeronaves que sirven de instrucción para la formación académica de los estudiantes.

Así como se ha adquirido aeronaves, el centro de instrucción debe estar en constante actualización tanto de conocimientos y materiales de instrucción, para una adecuada formación académica. Es así que al no tener un conocimiento previo acerca del ensamblaje de los componentes estructurales de un drone, los estudiantes asimilan e interpretan de manera incorrecta la forma en la que está conformado un cuadricóptero.

Por ende, al evidenciar la carencia de material didáctico se ha propuesto diseñar y fabricar los componentes de la estructura de un cuadricóptero, los mismos que serán de gran ayuda, para facilitar la instrucción por parte de los docentes, y la asimilación de conceptos por parte de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE.

### **1.3 Justificación e Importancia**

En vista que la carrera de Mecánica Aeronáutica comprende un sinnúmero de conceptos a asimilar por parte del estudiante, la fabricación de componentes estructurales de un cuadricóptero es eficaz, con esto se repotenciará en los laboratorios de la ESPE la calidad de enseñanza en la carrera de mecánica aeronáutica, permitiendo así mejorar los procesos de enseñanza teóricos-prácticos formando técnicos preparados para el mundo competitivo que se tiene hoy en día.

Contar con material de apoyo, beneficiará tanto a docentes como alumnos, ya que podrán conocer a fondo la función del ensamblaje por medio del análisis, diseño y construcción de los componentes estructurales de un cuadricóptero al momento de recibir instrucción por parte del docente, el alumno asimilará de mejor manera los conocimientos que el docente imparte a los estudiantes. Además, ayudarán en el proceso de formación de mecánicos teniendo un excelente desenvolvimiento en la carrera como en su vida profesional.

El proyecto es factible, permitiendo su fácil traslado a diversas áreas de trabajo o estudio, también permitirá realizar diversos diseños y fabricación de componentes que hay en una aeronave; con esto se pretende que el estudiante cuente con material didáctico adecuado y sea acorde a los temas tratados en clase, y así tenga un buen desempeño académico.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Ensamblar los componentes estructurales de un drone, en base a las especificaciones técnicas del cuadricóptero "T4", para la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información del cuadricóptero "T4", necesaria para el análisis, diseño y fabricación de los componentes estructurales.

- Implementar una impresora 3D para la construcción de los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”.
- Ensamblar los componentes estructurales de un cuadricóptero, previamente analizados y fabricados mediante procesos de impresión “3D”.
- Validar los resultados obtenidos, en base a las especificaciones técnicas del cuadricóptero “T4”.

### **1.5 Alcance**

El proyecto consiste en la fabricación de los componentes estructurales de un cuadricóptero, el mismo que mediante procesos de impresión “3D” permitirá elaborar todo tipo de material didáctico de apoyo, que serán de gran ayuda para los docentes y los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE sede Latacunga, haciendo posible un desarrollo y desenvolvimiento teórico-práctico. Es así que los estudiantes captarán y asimilarán los contenidos de cada clase de mejor manera, utilizando material didáctico acorde a los temas tratados en clase.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Drones

##### 2.1.1 Generalidades

La palabra drone proviene del inglés que significa aeronave no tripulada, estas máquinas son muy importantes en la era moderna, es muy importante para ser humano ya que sirve para realizar una infinidad de cosas que el ser humano no puede realizar.



**Figura 1.** Dron.  
Fuente: (Delgado, 2017)

##### 2.1.2 Vehículos aéreos no tripulados en la actualidad

Según (Dyna, 2016). Una aeronave no tripulada es capaz de volar a base de un mando o control remoto operado por una persona, este tipo de aeronave incluye sistemas y

componentes los cuales son necesarios para comunicaciones en caso que este operado por varias personas, las aeronaves no tripuladas también se denominan UAS. (pág. p3)



**Figura 2.** Evolución de las aeronaves.

Fuente: (Cuerno Cristina, 2016)

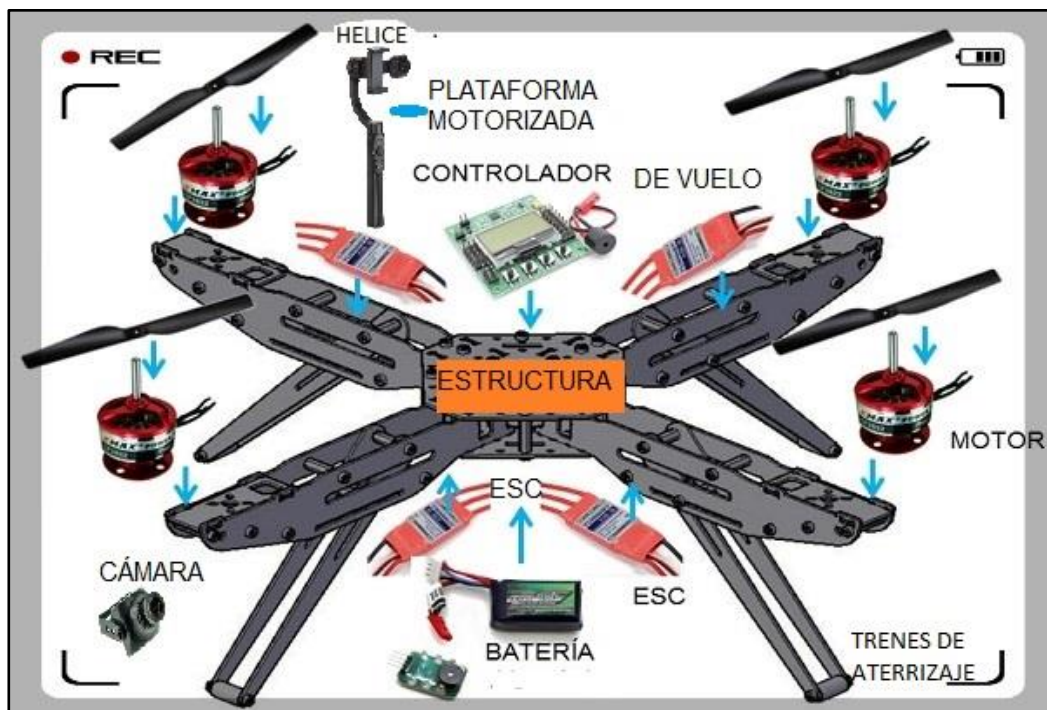
En la actualidad los drones son empleados en un sinnúmero de actividades con el objetivo de reforzar la seguridad que permiten la movilidad y facilidad de transporte. Estas aeronaves no tripuladas son muy eficientes ya que nos permite realizar cualquier actividad que el hombre no alcanza a realizar.

### 2.1.3 Partes básicas de un dron

- **Estructura:** Es el cuerpo principal del dron, es la encargada de soportar las fuerzas a las que están sometidos los diferentes sistemas que el dron posee.
- **Motor:** Son los encargados de brindar la potencia necesaria para diversas actividades que el dron o la aeronave requiere realizar.
- **Hélices:** Componente aerodinámico el cual brinda el empuje necesario para que el

dron se sustente en el aire.

- **Batería:** Componente encargado de brindar energía suficiente para el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas del dron.
- **Controlador de vuelo:** Computadora madre del dron la cual es la encargada de proveer un eficiente funcionamiento para controlar todos los sistemas a través de los sensores que esta posee.
- **Reguladores de velocidad o ESC:** Dispositivo encargado del desarrollo y desenvolvimiento de los motores que están instalados en el dron con el fin de dar movimiento en el aire.
- **Plataforma motorizada:** Superficie que soporta fijamente la cámara, es la encargada controlar los giros en sus tres ejes.
- **Cámara:** Componente electrónico adicional, el cual con la ayuda de diversos softwares transmite una imagen en vivo, pudiendo esta ser manipulada en diversas vistas teniendo una visión real de las imágenes o videos captados.
- **Tren de aterrizaje:** Componente estructural, el cual debe tener más dureza por el hecho que soporta el peso de todo el dron, evita daños al llegar en contacto con la tierra en la cual una luz de LED avisa como están los trenes de aterrizaje éstos varían en color dependiendo de estado de vuelo. (ProducTop10, 2017)



**Figura 3.**Componentes un Dron.

## 2.1.4 Tipos de Drones

### a. Según su utilización

Los drones en la época moderna se hicieron solo para un campo, que es el área de los militares, en la actualidad estos drones pasaron a ser una fuente muy importante en la sociedad ya que se puede utilizar en una amplia gama de actividades y por ende estos drones se puede clasificar en:

- **Drones militares.** Son excesivamente utilizadas en fines militares en combates ya que estos drones son denominados armas letales, la mayoría de estos drones son utilizadas para llevar armamento.
- **Drones civiles.** También denominados UAV, estos drones no tienen ninguna aplicación militar tiene usos exclusivos en toma de fotos y videos.





**Figura 4.** Drones según su utilización.

Fuente: (Droneymas, 2017)

#### b. Según el método de control

- **Controlado remotamente(R/C):** El ser humano es el responsable del control total de los movimientos del dron este actúa con el radio control desde a tierra.
- **Automático:** No necesita de piloto humano que controle desde la tierra, se guía automáticamente por sus sensores integrados en el dron.
- **Pre programado:** Es similar al modo automático este modo permite seguir las rutas trazadas y regresar a punto de partida.
- **Supervisado:** Esta es pilotada por una persona, aunque autónomamente este puede realizar una serie de actividades. (Martín, 2016, pág. p20)

#### c. Según el número de motores

- **Tricóptero:** Es uno de los drones más simplificada que posee tres brazos este es

uno de versiones menos complicadas comparando con las versiones modernas que existen en la actualidad. (Martín, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DRON, 2016, pág. p22)



**Figura 5.** Dron Tricóptero.  
Fuente: (Martín, 2016)

- **Cuadricóptero:** Es un dron con cuatro motores, las cuales están situados en sus extremidades, es una versión más moderna que el tricóptero, estas máquinas son muy popular en la sociedad ya que puede realizar infinidad de actividades que el hombre quiera realizar. (Martín, 2016, pág. p25)



**Figura 6.** Dron Cuadricóptero.  
Fuente: (Infantes, 2018)

- **Hexacópteros:** Es un multirrotor de seis brazo en la cual en sus extremos esta puesta los motores en forma circular, tienen una configuración distinta que los cuadricóptero también varía en la potencia de elevación ya que por poseer más motores esta puede elevarse en menos tiempo que el cuadricóptero. (Martín, 2016, pág. p29)



**Figura 7.** Dron Hexacóptero.  
Fuente: (Infantes, 2018)

- **Octocóptero:** Es el dron que tiene más motores en comparación con los demás Drones, es una de las versiones más complicadas en la programación del sistema de propulsión, por sus múltiples motores tiene una potencia mayor la cual permite el ascenso y descenso mucho más rápido que los otros drones.



**Figura 8.** Dron Octocóptero.  
Fuente: (Infantes, 2018)

### 2.1.5. Uso de Drones en la actualidad

Actualmente el uso de drones se puede utilizar en un sin fin de actividades, ya que estos aparatos electrónicos son de gran ayuda para las personas y estas pueden ser aplicadas en:

- Fumigación.
- Operaciones de emergencia búsqueda y salvamento de las personas y animales.
- Búsqueda de sitios importantes para la sociedad.
- Vigilancia aérea incluyendo fotos y videos emisión de radio y televisión.
- Y muchas otras cosas que el hombre no es capaz de realizar.



**Figura 9.** Uso de los Drones.

Fuente: (Chacón, 2017)

### 2.1.6. Características de los drones

Son dispositivos controlados por medio de un radio control estas pueden ejecutar tareas de forma autónoma gracias a los sensores que posee, estos sensores permiten realizar vuelos sin la intervención de un piloto estos drones son fabricados con materiales altamente resistentes y los mismos que son muy livianos, como por ejemplo la fibra de

carbono. Los Drones tienen una variedad de características entre las más destacadas se tiene:

#### **a. Velocidad**

La velocidad puede variar dependiendo de sus motores, estas pueden oscilar entre 10 Km/h y 100 Km/h, uno de los drones más veloces es el TR-60 que tiene una velocidad máxima de 500 Km/h.

#### **b. Altitud**

Los drones son controlados por Bluetooth y Wifi las cuales ayuda mediante los sensores a obtener su altitud y la ubicación.

#### **c. Autonomía de vuelo**

Depende mucho de la integridad y los amperajes que la batería posee, este puede durar un lapso de 30 minutos en el aire la cual es la gama más alta, cuando más peso tenga que levantar la durabilidad de la batería será menor y por lo tanto el dron tendrá un vuelo menor que en condiciones normales.

#### **d. Dimensiones y peso**

Las dimensiones dependen mucho de los fabricantes y los motores que estos ponen, el peso varía con las dimensiones que posee el dron y también influye mucho el material con el que se construya.

### 2.1.7 Fuentes de energía de drones

Fundamentales a la hora de estudiar las partes de un dron. Hay varios tipos de baterías utilizadas en los drones.

- **Ni-Cd (Níquel-Cadmio):** Estas baterías no soportan la carga rápida ya son hechas para una carga lenta.
- **Ni-MH:** Níquel-Metal-Hidruro. Son las que remplazaron a las baterías de Ni-Cd, pero el tiempo de durabilidad es menor que las anteriores.
- **Ion-Litio:** Son mejores que las baterías anteriores tienen una capacidad doble en duración su inconveniente es que son muy peligrosas porque son inflamables al ponerse en contacto con el oxígeno del aire.
- **Polímero de litio.** Son las más modernas con una durabilidad mejor que las anteriores, es la batería más utilizada hoy en día por lo que se puede optimizar el espacio para poner en el dron, una de las desventajas es que son inflamables.



**Figura 10.** Tipos de Baterías.

Fuente: (Díaz, 2014)

### **2.1.8 Normativa de operación de drones en el Ecuador**

Las normativas son diferentes para cada estado o país, por lo tanto, para Ecuador la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), emitió una normativa para las operaciones de las aeronaves no tripuladas el 17 de septiembre de 2015 (Resolución 251-2015). Se estableció una serie de artículos que deben acatar ya que una aeronave no tripulada debe tener una normativa de operación al igual que las aeronaves tripuladas, en la cual detalla lo siguiente:

**Art. 1 Operaciones en las cercanías de un aeródromo.** - Se prohíbe la operación de las RPAS/UAS en espacios aéreos controlados. La operación de las RPAS/UAS se mantendrá durante toda la duración del vuelo, a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros (5 NM) de las proximidades de cualquier aeródromo o Base aérea militar. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 2 Altura máxima de vuelo.** - La operación de las RPAS/UAS no excederá en ningún momento una altura de vuelo de 400 pies (122 metros) sobre el terreno (AGL). (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 3 Horas de operación.** - Las RPAS/UAS serán operadas solamente en las horas comprendidas entre la salida y la puesta del sol; y en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC), libre de nubes, neblina, precipitación o cualquier otra condición que obstruya o pueda obstruir el contacto visual permanente con la RPAS/UAS. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 4 Responsabilidad por la operación.** - La persona que opera los controles de las RPAS/UAS será responsable por la operación general de la misma durante todo el vuelo, en forma solidaria con el explotador o propietario de la aeronave. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 5 Integridad fisiológica del operador de una RPA.** - Ninguna persona operará los controles de un RPAS/UAS si: Se encuentra fatigado, o si considera que pudiera sufrir los efectos de la fatiga durante la operación; Se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier droga que pudiera afectar sus facultades para operar los controles de manera segura. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 6 Funciones de automatización.** - Si las RPAS/UAS tienen la capacidad de realizar vuelo automático, esta función podrá ser utilizada solamente si le permite al operador de los controles intervenir en cualquier momento para tomar el control inmediato de la aeronave. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 7 Limitaciones.** - La persona que opera los controles de una RPAS/UAS es responsable por asegurarse que la misma sea operada de acuerdo con las limitaciones operacionales establecidas por el fabricante. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 8 Seguros.** - El propietario o explotador de las RPAS/UAS están en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual debe contratar la póliza de seguros de responsabilidad civil legal a terceros en los montos mínimos establecidos, los drones que tengan un peso de 02 a 25



Kg de masa máxima de despegue (MTOW) tendrán un valor de 3000 y los drones que tengan más de 25 Kg de masa máxima de despegue (MTOW) tendrán un valor d 5000 en póliza de seguros. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).

**Art. 9 Cumplimiento con las leyes y reglamentos locales.** - El cumplimiento de estas disposiciones, no exime al operador de las RPAS/UAS de cumplir con las leyes y reglamentos locales aplicables. (Roberto Yerovi de la calle, 2015, págs. 1-3).



**Figura 11.** Resolución de operación del dron.  
Fuente: (Roberto Yerovi de la calle, 2015)

## 2.2 Dron T4

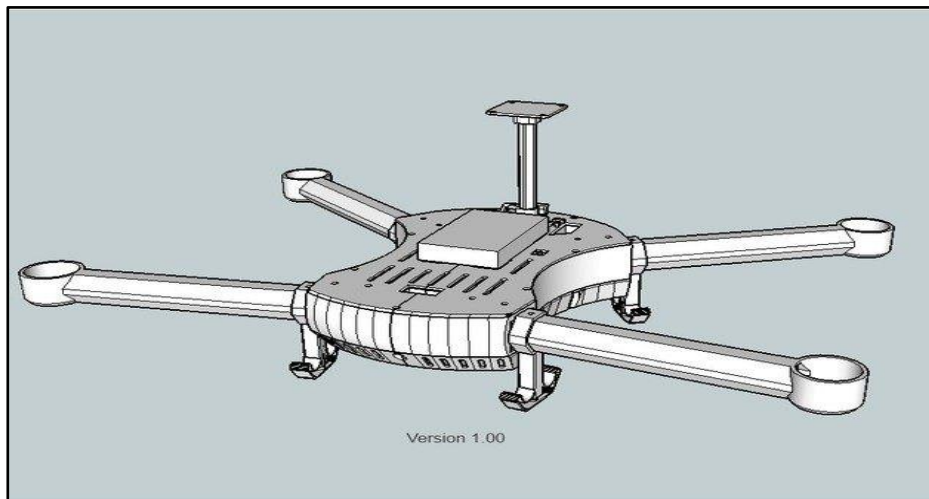
Este es un cuadricóptero de diseño totalmente impreso en 3D. Posee espacio suficiente para montar el sistema de control con ventilación adecuada, este diseño puede o no incluir soporte para cámara de grabación de video, tiene los brazos con mucho espacio para ocultar el cableado del motor, todos estos diseños son muy estables en vuelo.



**Figura 12.** Dron T4  
Fuente: (Thingiverse, 2014)

### 2.2.1 Sistema estructural

La estructura es la parte central donde aloja todos los componentes, sistemas y equipos que el dron posee, hay diversas formas de construir una estructura dependiendo del uso que va a dar el dron. La estructura depende mucho de las fuerzas generadas por los motores, vientos, etc.



**Figura 13.** Estructura de dron.  
Fuente: (Thingiverse, 2014)

El dron consta de 10 componentes estructurales que son: 4 brazos, cuerpo, placa superior, placa inferior, tubo del GPS, placa del GPS y tapa de la batería (ver figura 14). Las dimensiones de cada componte se especifican en los planos correspondientes del dron T4 (ver anexo A).



**Figura 14.** Componentes estructurales del dron.

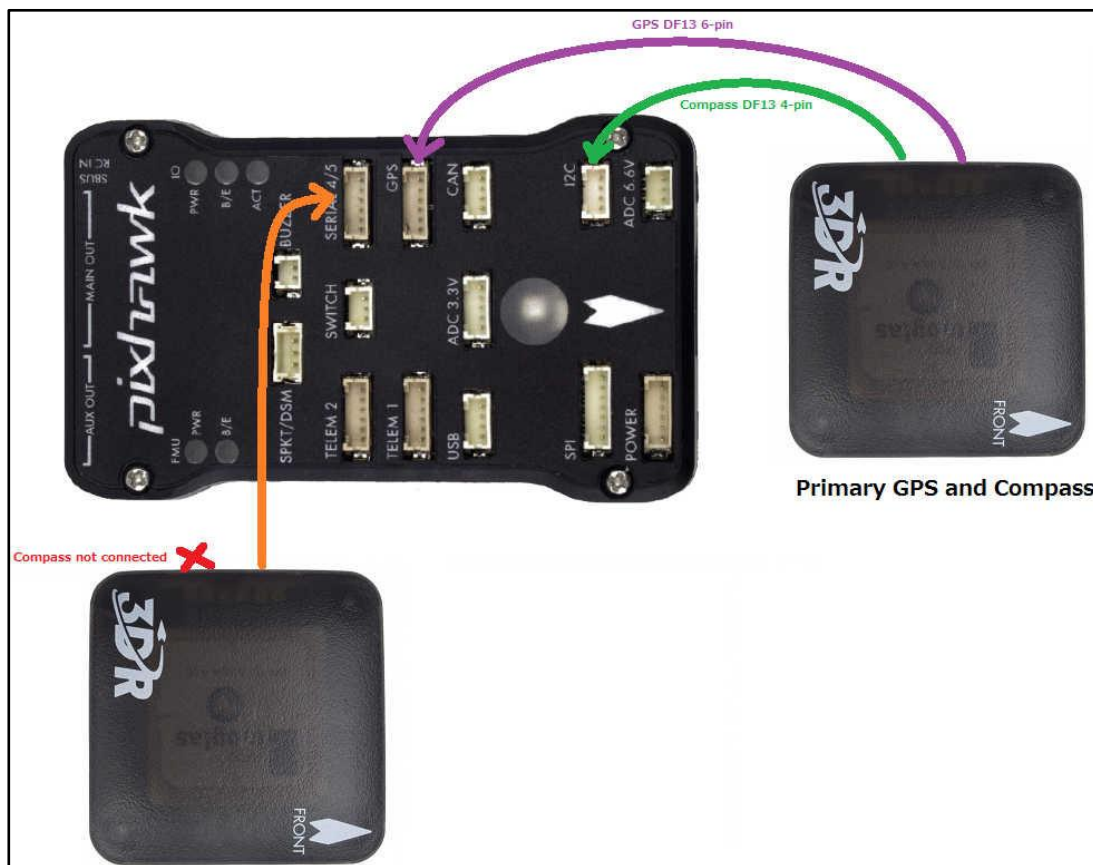
Todos los componentes estructurales pueden ser impresos en piezas de PLA o ABS, con capas de 0.25 mm con 40% de relleno, 2 capas inferiores y 3 capas superiores, estos ajustes son primordial para las impresiones de los componentes del cuadricóptero "T4", si se altera las configuraciones indicadas, podría afectar en la estabilidad al momento de volar el dron. (Thingiverse, 2014)

The image shows a screenshot of a 3D printing software interface. At the top, the 'Process Name' is 'PLA FIBRA CARBONO' and the 'Select Profile' is 'CR 10S5 (modified)'. Below this, there are two 'Auto-Configure' sections: 'Auto-Configure for Material' set to 'PLA' and 'Auto-Configure for Print Quality' set to 'Medium'. The 'General Settings' section shows 'Infill Percentage' at 40%, with checkboxes for 'Include Raft' (unchecked) and 'Generate Support' (checked). A tabbed interface below includes 'Extruder', 'Layer', 'Additions', 'Infill', 'Support', 'Temperature', 'Cooling', 'G-Code', 'Scripts', 'Speeds', 'Other', and 'Advanced'. The 'Layer' tab is active, showing 'Layer Settings' with 'Primary Extruder' set to 'Primary Extruder', 'Primary Layer Height' at 0,2500 mm, 'Top Solid Layers' at 2, and 'Bottom Solid Layers' at 3. The 'Outline/Perimeter Shells' are set to 3, and the 'Outline Direction' is 'Inside-Out'. There are also checkboxes for 'Print islands sequentially without optimization' and 'Single outline corkscrew printing mode (vase mode)'. The 'First Layer Settings' section includes 'First Layer Height' at 100%, 'First Layer Width' at 90%, and 'First Layer Speed' at 60%. There are three radio button options for start points: 'Use random start points for all perimeters', 'Optimize start points for fastest printing speed' (selected), and 'Choose start point closest to specific location'. The 'X' and 'Y' coordinates are set to 0,0 mm.

**Figura 15.** Configuración de Impresión 3D.

## 2.2.2 Sistema de navegación

El dron cuenta con un sistema 3DR Pixhawk (ver figura 16), el cual permite al dron tener un perfecto control, también viene incorporado APM la que se encarga de que los programas de aplicaciones del software funcionen con el sistema de control perfectamente, el APM también es conocido como controlador de vuelo. El dron por contar con GPS permite saber exactamente donde se encuentra, estos mandos incorporados permiten al piloto controlar al dron, por ende, es muy importante la calibración del software para que esta se pueda controlar a la perfección.



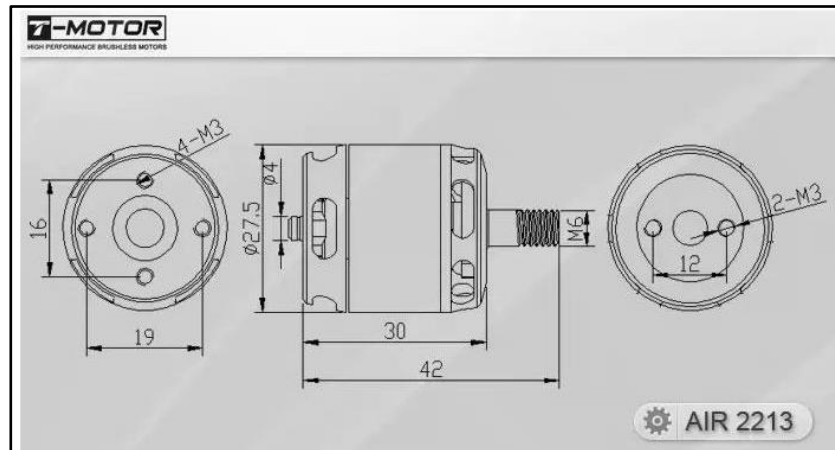
**Figura 16.** Sistema de Navegación.  
Fuente: (Díaz, 2014)

### 2.2.3 Sistema de propulsión

Viene incorporado motores T Motor AIR 2213 920KV, estos motores son ideales para cualquier tipo de dron, estas son las encargadas de generar suficiente potencia. Un motor depende mucho de las baterías, ya que la potencia dada depende del voltaje que la batería brinda a los motores.

En los motores las baterías juegan un rol muy importante ya que, al elevar el voltaje, dará más potencia. En el dron se utilizará hélice T9565 el mismo que junto con los motores producirá un empuje adecuado al dron. Una mala elección en relación entre

dimensiones de hélice y potencia podría sobrecalentar el motor y poner en compromiso su rendimiento.



**Figura 17.** T Motor AIR 9200KV.

Fuente: (Aliexpress, 2019)

## 2.3. Conceptos generales para el diseño de estructuras de drones

### 2.3.1 Materiales y Características

El esfuerzo es la fuerza que se ejercen sobre una área específica, este esfuerzo puede ser medido en base a la cantidad del mismo, que pueda ser aplicado en el material, para ello dependerá de varios factores dentro los cuales interferirá la forma en la cual sea diseñada la estructura y a su vez los materiales con los que podrán ser realizados. (Esfuerzos Estructurales, 2016)

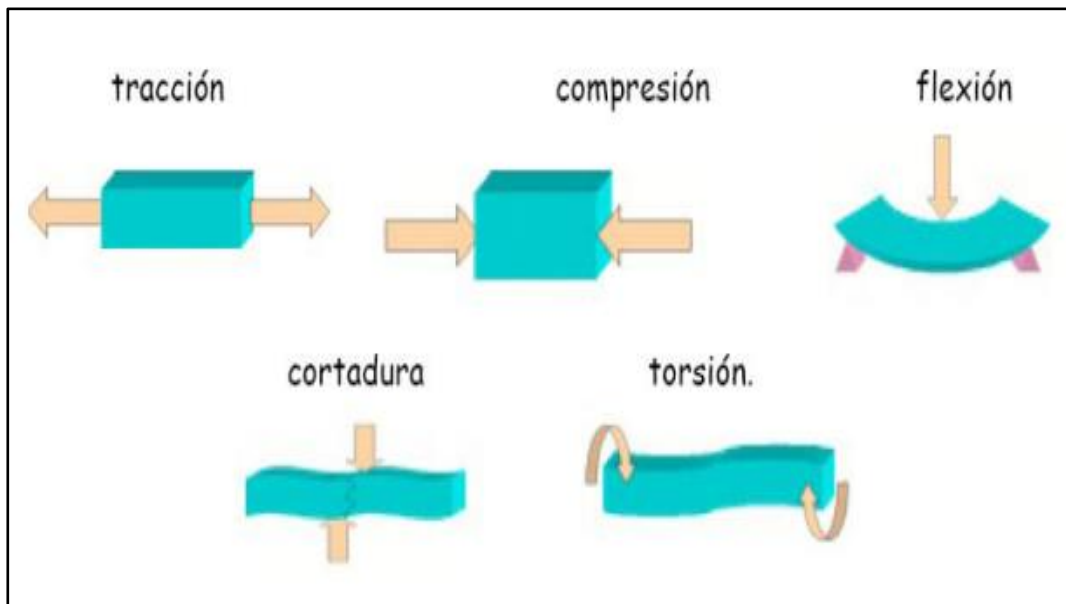
- **Dureza:** Es la característica que nos brinda resistencia a la penetración o a ralladuras.
- **Fragilidad:** Facilidad que tiene un material para quebrarse.
- **Ductilidad:** Es la maleabilidad que brinda un material.
- **Resistencia:** Calidad de un material de absorber grandes cantidades de energía

antes de quebrarse.

### 2.3.2 Esfuerzos estructurales

Son fuerzas que actúan sobre la estructura de un objeto, las más destacadas son:

- **Tracción:** Se relaciona cuando una fuerza opuesta ejerce sobre un mismo cuerpo.
- **Compresión:** Fuerza que tiende a presionar las moléculas de las materias.
- **Corte:** Tiende a separar los materiales de forma tangencial.
- **Flexión:** Cuando recibe fuerzas o cargas que tiende a doblar la estructura.
- **Torsión:** La fuerza que aplica para torcer el material.



**Figura 18.** Esfuerzos Estructurales.

Fuente: (Esfuerzos Estructurales, 2016)

### 2.3.3 Fatiga estructural

Es cuando una estructura o un elemento está sometida a acciones dinámicas, la cual presenta variación de tensiones provocando la aparición de grietas, que con el tiempo

estas grietas causarán fallos estructurales y por si, la aerodinámica del dron. La fatiga estructural puede ocasionar daños permanentes a cualquier elemento.

Una de las causas de las fallas en la estructura de las aeronaves tripuladas y no tripuladas se debe a la fatiga del material, en donde esta afecta a la resistencia de las piezas, la fatiga es el deterioro que se desarrolla en las piezas esta se manifiesta en fisuras y eventualmente en rotura. La fatiga se desarrolla en todos los materiales (incluyendo metales, plástico, gomas, hormigón, etc.), todos los materiales que están sometidas a tensiones repetidas o fluctuantes tendrán una falla ya que está sometida a la fatiga, entre los efectos de la fatiga más destacados son: (Esfuerzos Estructurales, 2016)

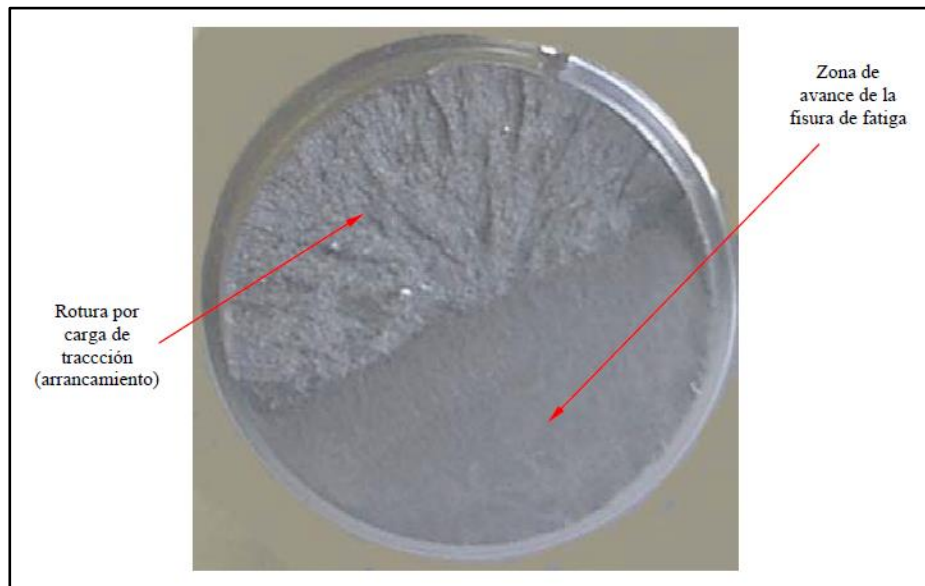
- Pérdida de resistencia.
- Pérdida de ductilidad.
- Aumento en la incertidumbre.

La fatiga tiene una acción que se puede observar en diferentes piezas, pero sobre todo en partes móviles como: componentes de máquinas rotativas (están sujetos a tensiones alternas); resortes (son deformados en cantidades variables); a las de aeronaves (están sometidas a cargas repetidas de ráfagas); neumáticos (son deformados repetidamente con cada revolución de la rueda); etc., y afecta a componentes elementales como un tornillo hasta el transbordador espacial.

De acuerdo a la norma ASTM la fatiga estudia el comportamiento de los materiales sometidos a tensión o deformación que ocasiona un deterioro del material estructural.



Todos los componentes estructurales de las aeronaves tripulados o no tripulados están sometidas a las fatigas en la cual esta forma tensiones la cual es una enfermedad para los componentes la aeronave. (Esfuerzos Estructurales, 2016)



**Figura 19.** Ejemplo de fisura.  
Fuente: (Esfuerzos Estructurales, 2016)

## 2.4 Fabricación de estructuras de drones en impresión 3D

### 2.4.1 Qué es una impresora 3D

Son máquinas que pueden realizar impresiones 3D, estas máquinas pueden crear piezas o maquetas volumétricas a partir del diseño establecido desde un ordenador, suele ser utilizadas en todas las áreas, como por ejemplo en Aeronáutica en la elaboración de componentes o piezas, Arquitectura en construcción de maquetas a escala, Mecánica en la elaboración de elementos esenciales, etc.



**Figura 20.** Ejemplo de Impresiones 3D.  
Fuente: (Mantero, 2018)

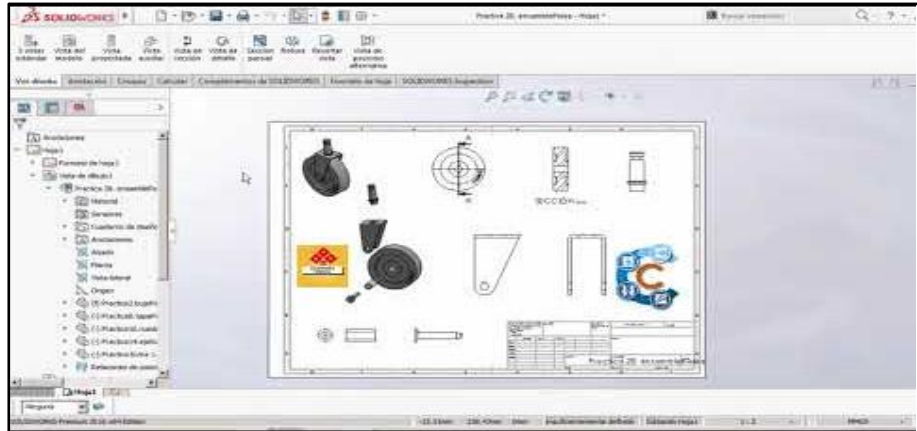
### a. **Como funciona una impresora 3D**

Las impresoras 3D siguen los modelos diseñados en un software, entre ellos tenemos: Autodesk Inventor, Solidworks, Catia, etc. Cabe destacar que existen alternativas excelentes que pueden realizar diseños 3D de mejor o igual que el software destacadas que existen en la actualidad.

#### a.1. **Solidworks**

Es un software de diseño 3D que sirve para moldear piezas y ensamblarlas en 3D, su cualidad principal es crear, diseñar, fabricar, publicar, y gestionar datos del proceso de diseño; este programa ayuda ahorrar tiempo y dinero ya que por sus cualidades se puede crear una infinidad de cosas y plasmar de 2D a 3D, es un programa creado para el beneficio de la sociedad pensando en el futuro ahorrando mucho más tiempo realizando

elementos en 3D.



**Figura 21.** Interface Solidworks 2018.

### b. Materiales utilizados en impresiones 3D

Dentro de los materiales más utilizados en la industria de impresiones 3D, es el PLA o ABS. La estructura del dron cuadricóptero “T4”, está fabricado de PLA que es termoplástico biodegradable. También se puede encontrar una infinidad de materiales que tienen características muy buenas para la construcción del dron como por ejemplo la fibra de carbono, Aluminio, etc.



**Figura 21.** Materiales empleados en Impresoras 3D  
Fuente: (Álvarez, s.f.)

### b.1. PLA

Es un polímero versátil que está hecho de materiales renovables, es muy resistente a la humedad y a la grasa, es utilizada ampliamente en la industria de impresiones 3D, bajo proceso modelado por deposición de fundido (FMD). (Matweb, 2019)

**Tabla 1**

*Propiedades del PLA.*

Propiedades termales	Métrico
Punto de fusión	175 °C
Temperatura de deflexión a 1.8 MPa (264 psi)	69 °C
Temperatura de transición del vidrio.	65 °C

Propiedades de procesamiento	Métrico
Temperatura de procesamiento	190 - 220 °C

Fuente: (Matweb, 2019)

### b.2. ABS

Es un plástico muy resistente a los impactos utilizado en la industria automotriz, y poco en el área doméstico. Es un plástico muy resistente a altas temperaturas, está constituido por tres materiales que son: Acrilonitrilo Butadieno Estireno. (Matweb, 2019)

**Tabla 2**

*Propiedades del ABS.*

Propiedades mecánicas	Métrico	Comentarios
Resistencia a la tracción	22.1 MPa	ASTM D638
Alargamiento a la rotura	6.0%	ASTM D638
Módulo de tracción	1.63 MPa	ASTM D638

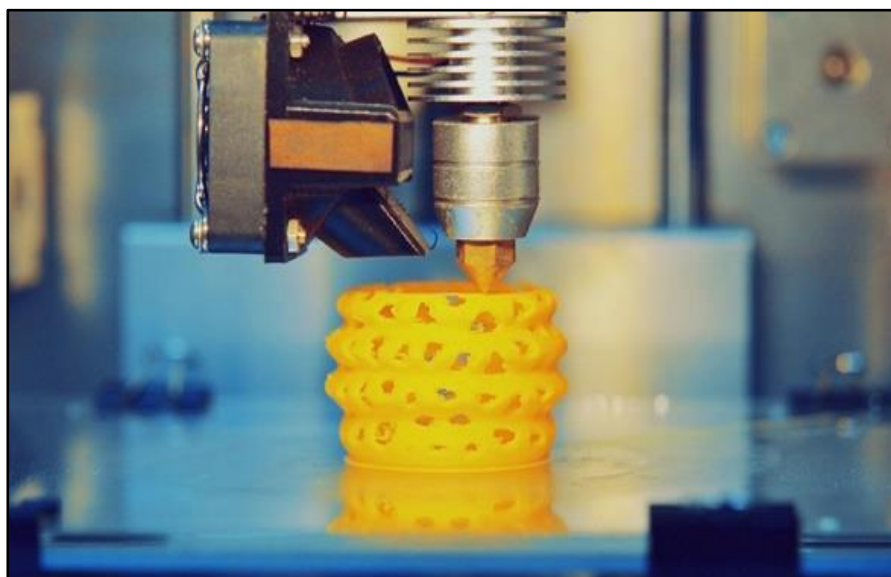
Propiedades termales	Métrico	Comentario
Temperatura de deflexión	205 °C	ASTM D648

Fuente: (Matweb, 2019)

## 2.4.2. Tipos de impresiones 3D

### a. Impresión 3D FDM

Los materiales utilizados para las impresiones 3D, varían de acuerdo a los tipos de impresiones que se desee emplear, la tecnología de modelado por deposición fundida o FDM se basa en 3 elementos principales: una placa/cama de impresión en la que se imprime la pieza, una bobina de filamento ABS o PLA la misma que sirve como material de impresión y una cabeza de extrusión también llamada extrusor. Este tipo de impresión puede imprimir toda clase de componentes o piezas que este diseñado en un ordenador. (Impresoras3D, 2017)



**Figura 22.** Impresión FDM.  
Fuente: (Impresoras3D, 2017)

**b. Impresión 3D SLA**

Es una de las impresiones 3D que utiliza luces ultravioletas la cual solidifica conforme a las necesidades la resina fotosintética, la impresión 3D también llamada SLA o “Estereolitografía”. (Impresoras3D, 2017)



**Figura 23.** Impresión SLA.  
Fuente: (Impresoras3D, 2017)

**c. Impresión 3D SLS**

Las impresiones SLS se realizan en polvo de cerámica, cristal, nylon o poliéster el cual es fundido de acuerdo a las características de la impresora y del láser que esta posee, hoy en día hay un sinnúmero de impresoras con características extraordinarias. (Impresoras3D, 2017)

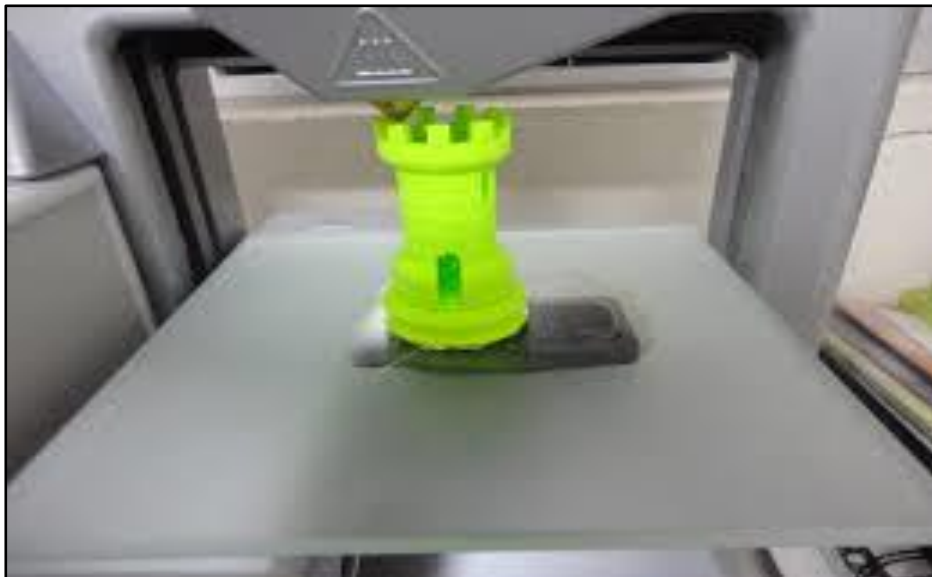


**Figura 24.** Impresión SLS.

Fuente: (Impresoras3D, 2017)

#### d. Impresión 3D por Inyección

El método de impresión 3D por Inyección, son las únicas impresiones que permiten impresiones de todo color, la impresión crea modelos capa por capa inyectando capas de fotopolímeros que se solidifican, mediante la utilización de químicos.



**Figura 25.** Impresión 3D por Inyección

Fuente: (Impresoras3D, 2017)

### 2.4.3 Cómo la impresión 3D va a cambiar el mundo

Las impresoras 3D surgieron de la idea de producir prototipos que se observaran en sus tres dimensiones, esto solo se veía en novelas de ciencia ficción, no obstante, esto se hizo realidad, es uno de los mayores logros de la era moderna. Ayudará a cambiar el mundo poco a poco creando cosas que el hombre no es capaz de realizarlo.

Uno de los estudios realizados con la impresiones 3D por la NASA, es la creaciones de elementos comestibles, como la impresión de una pizza, siendo este una ventaja muy importante debido a que imprimir comida sería una cosa sorprendente, otro de los campos importantes en el avance de la tecnología es en el campo de la medicina, ya que este equipo puede imprimir partes de cuerpo humano, la impresora 3D va hacer un equipo esencial en la evolución de la sociedad. (Loudnet, 2017)



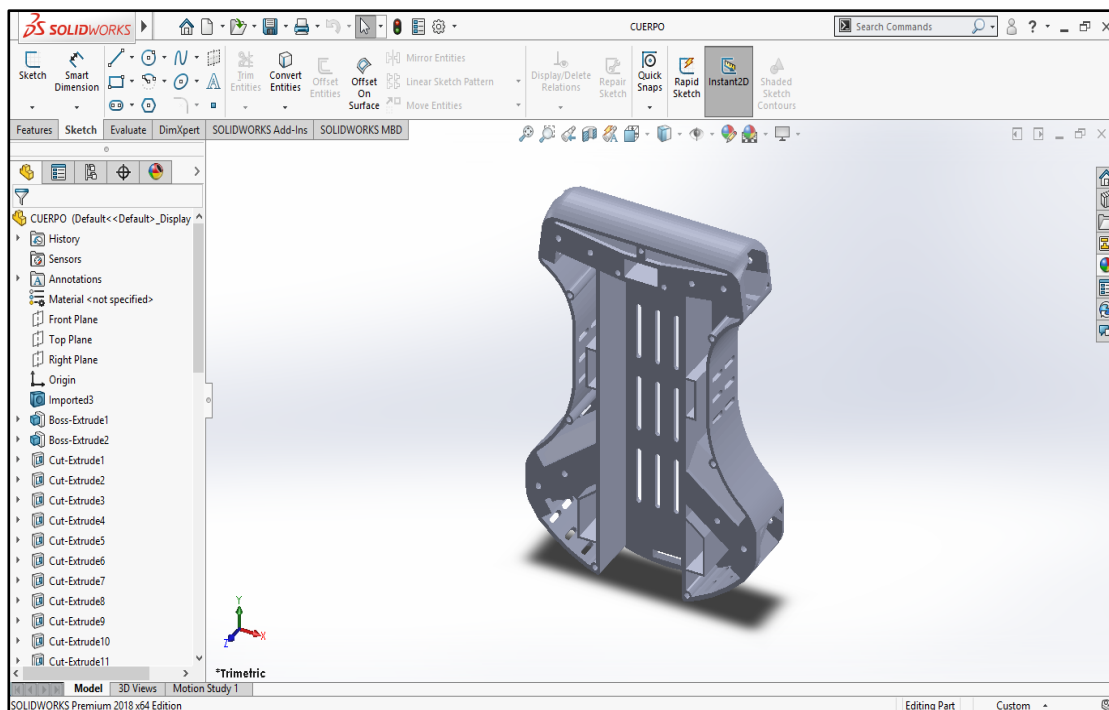
**Figura 26.** Impresión 3D de una pizza.  
Fuente: (Loudnet, 2017)



## 2.5 Proceso general del diseño y ensamblaje de un dron

Para el desarrollo de un dron cuadricóptero, se necesita de un diseño establecido. Para tener las dimensiones exactas de los componentes de las cuales está conformada el dron, sin duda si el diseño establecido está mal, afectaría a la aeronavegabilidad del dron.

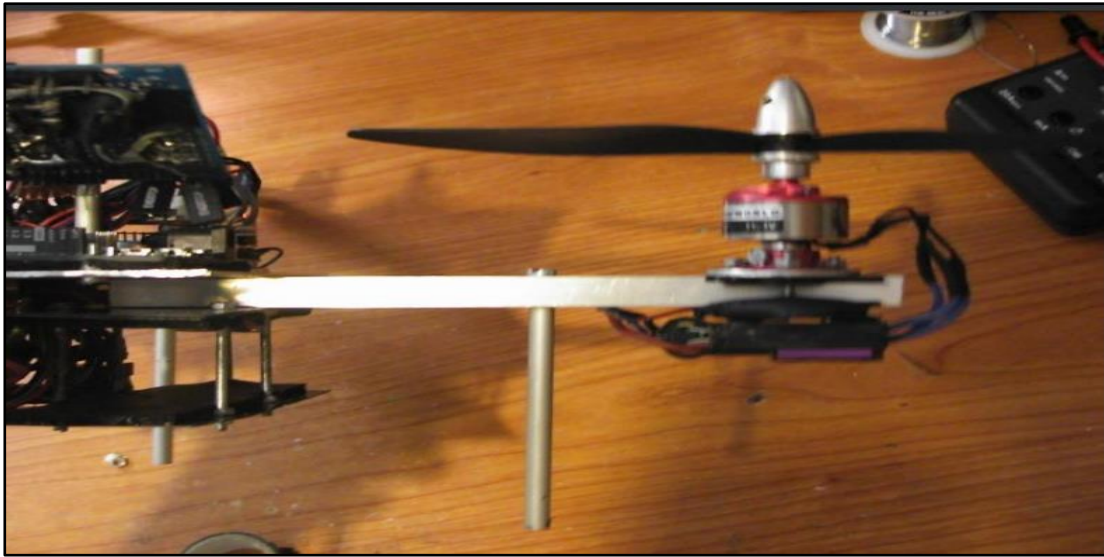
Hacer un análisis de los materiales con la que se va fabricar los componentes estructurales del dron, hay una variedad de materiales con características extraordinarias, todo depende del fabricante al momento de elegir el material de construcción. Selecto el material se procede a imprimir en 3D.



**Figura 27.** Diseño del dron.

Una vez de haber fabricado todos los componentes estructurales del dron, comprobar

que haya todos los elementos y herramientas necesarias para el ensamblaje. Antes de realizar el ensamblaje verificar los sistemas que el dron va a tener: Sistema estructural, Sistema de navegación y Sistema de propulsión. Una vez verificado los sistemas del dron, se procede al montaje de las mismos en la estructura elaborada en impresiones 3D.



**Figura 28.** Ensamblaje.  
Fuente: (Garcia, 2017)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Descripción general**

En el presente proyecto se buscará reproducir los componentes del dron, en base a las especificaciones técnicas del cuadricóptero “T4”, estos componentes serán impresos en una impresora 3D la misma que nos servirá para un sinnúmero de actividades a realizar. Este proyecto consiste en el ensamblaje de los componentes estructurales del dron ya que contamos con conocimientos apropiados en la materia.

Para realizar los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”, se implementará una impresora 3D CR-10S5, en la cual podremos imprimir todos los componentes del cuadricóptero “T4”, la impresión de estos componentes se lo realizará en fibra de carbono PLA negro.

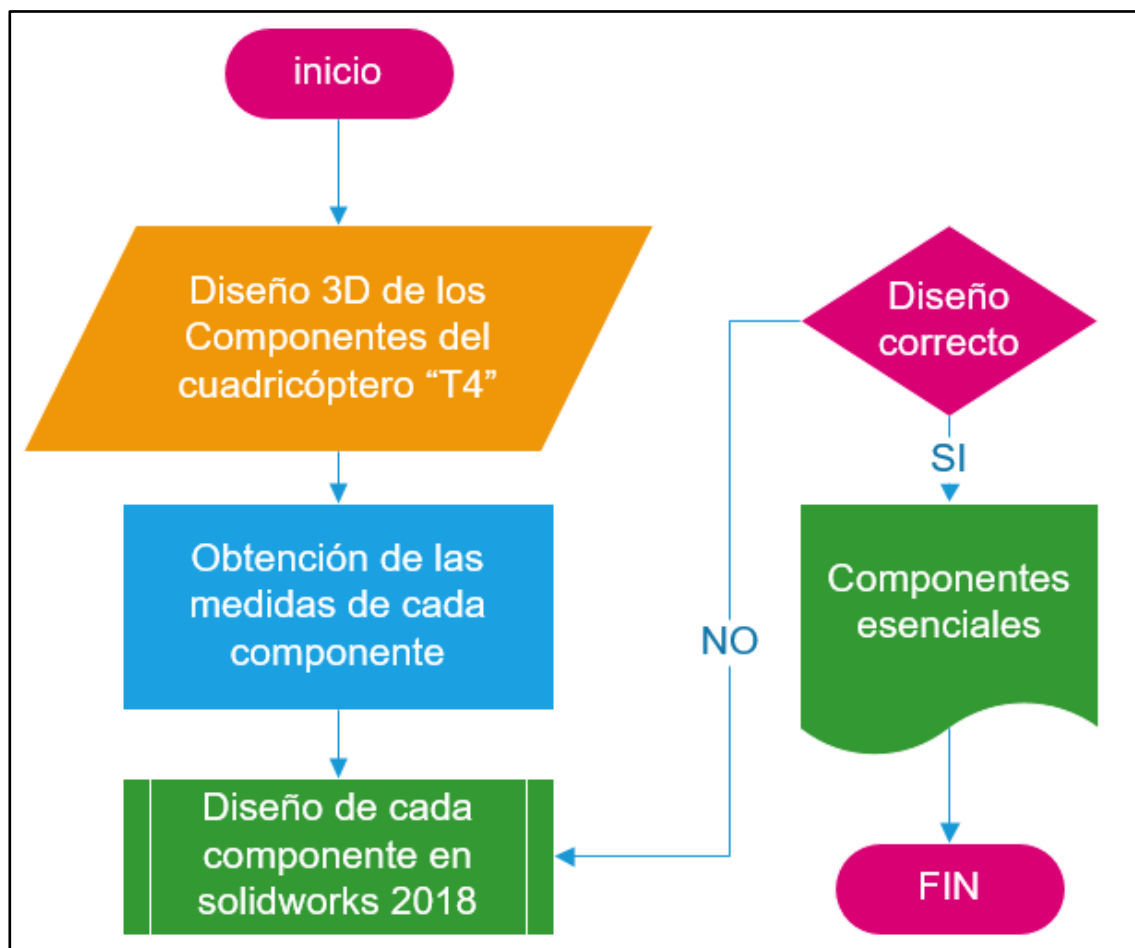
#### **3.2 Diseño y análisis de los componentes estructurales**

##### **3.2.1 Diseño de los componentes del cuadricóptero “T4”**

Para la elaboración del diseño de los componentes, se realizó en Solidworks 2018 el mismo que servirá para desarrollar todos los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”. Una vez diseñados todos los componentes deben ser guardados en un formato de archivo STL, necesario para realizar todas las configuraciones para poder iniciar el proceso de impresión 3D. Todos los componentes del cuadricóptero a imprimirse en 3D, son los indicados en la tabla 3, las cuales son necesarios para el ensamblaje del

cuadricóptero “T4”.

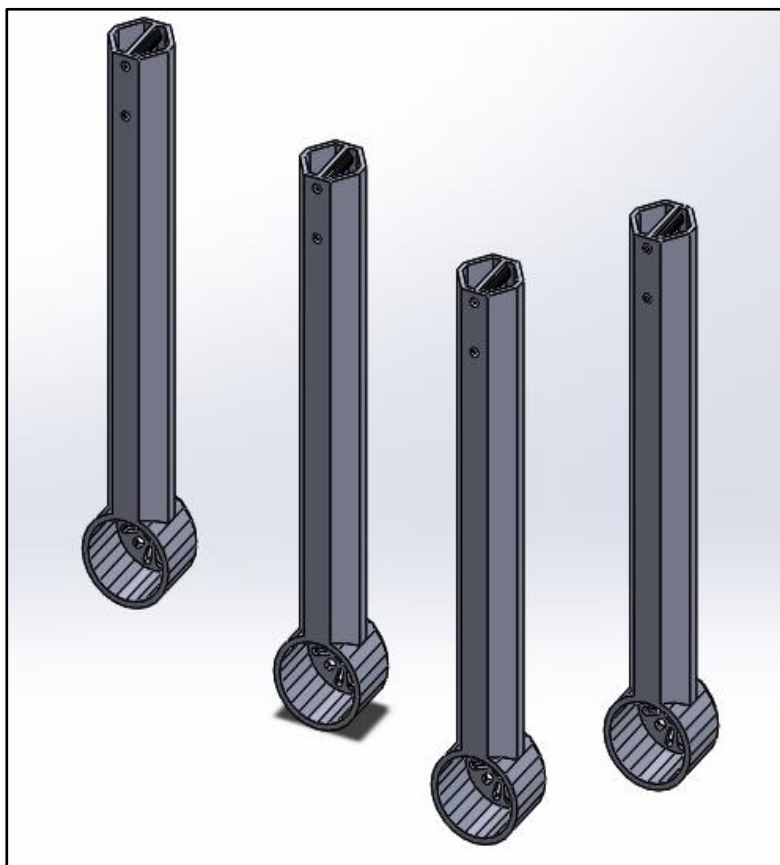
En base a las especificaciones técnicas del cuadricóptero “T4”, se realizó el diseño correspondiente en solidworks 2018, una vez realizado el diseño, se verifica que todas las medidas concuerden con las especificaciones dadas del dron, así se obtiene el resultado final (ver figuras 30-36). El cuadricóptero “T4” consta de 10 elementos cuyas dimensiones de cada componte se especifican en los planos correspondientes del cuadricóptero “T4” (ver anexo A).

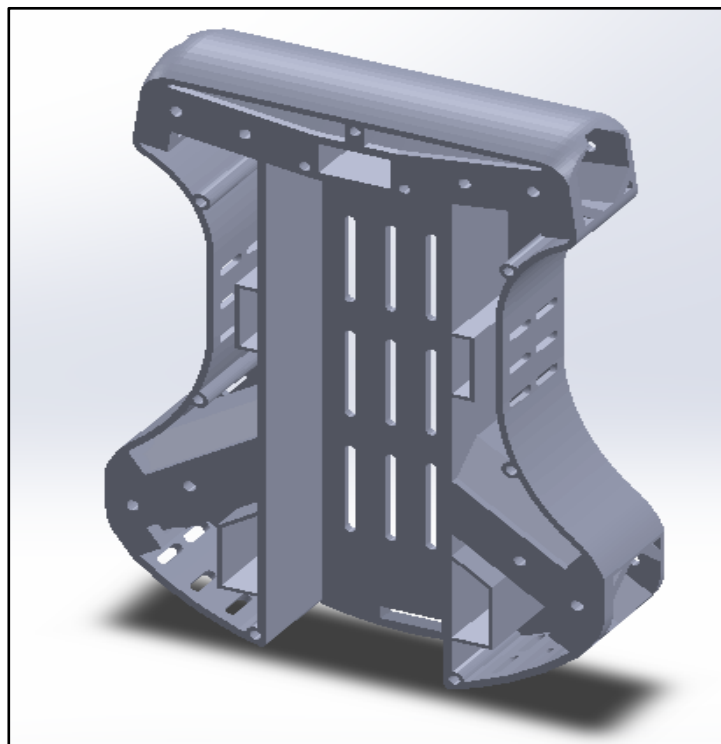


**Figura 29.** Diseño 3D de los componentes.

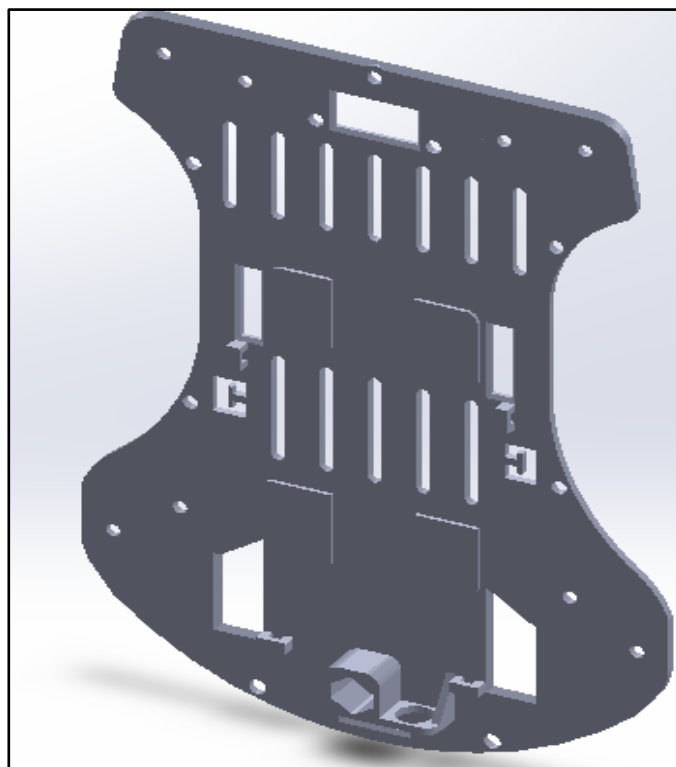
**Tabla 3***Componentes del cuadricóptero "T4".*

Nº COMPONENTE	NOMBRE DE PIEZA
1	Cuerpo
1	Parte superior
1	Parte inferior
4	Brazos
1	Tubo del GPS
1	Placa del GPS
1	Tapa de la batería

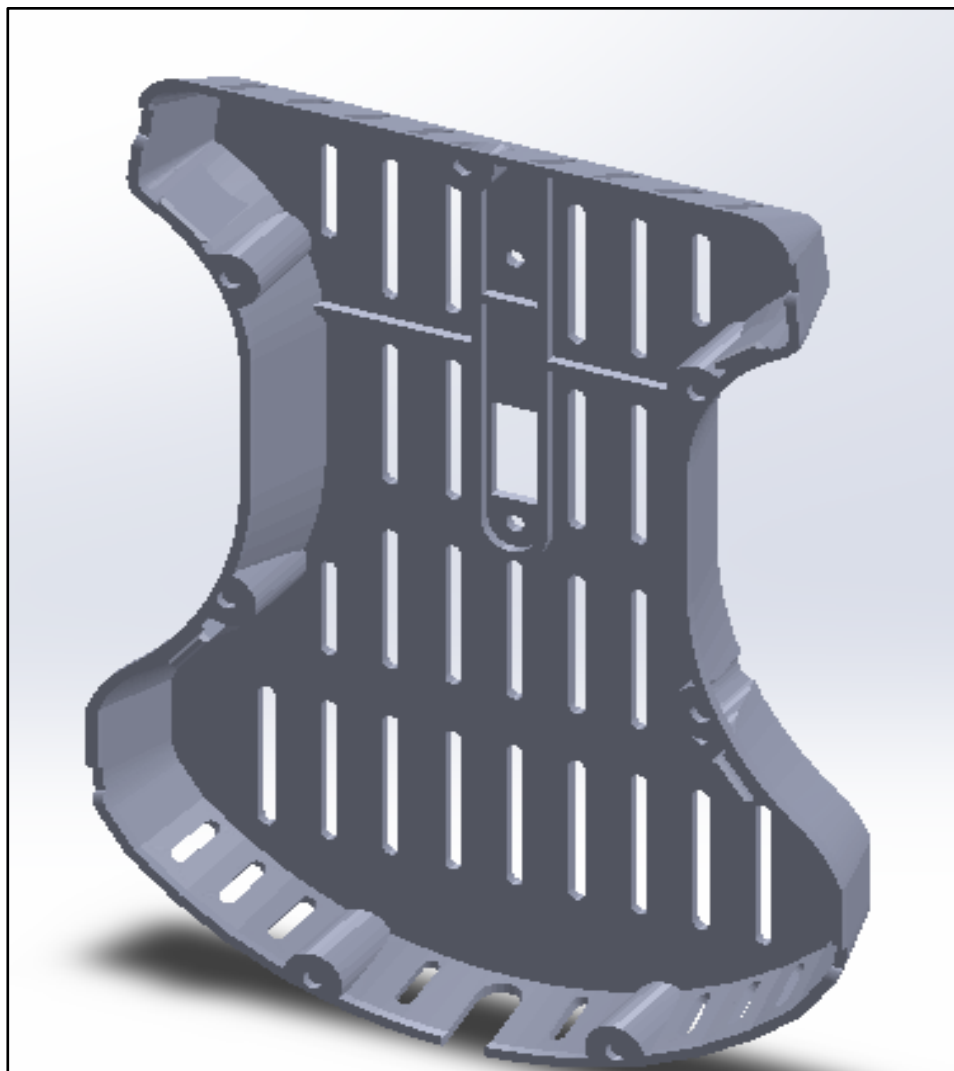
**Figura 30.** Diseño en 3D de los brazos.



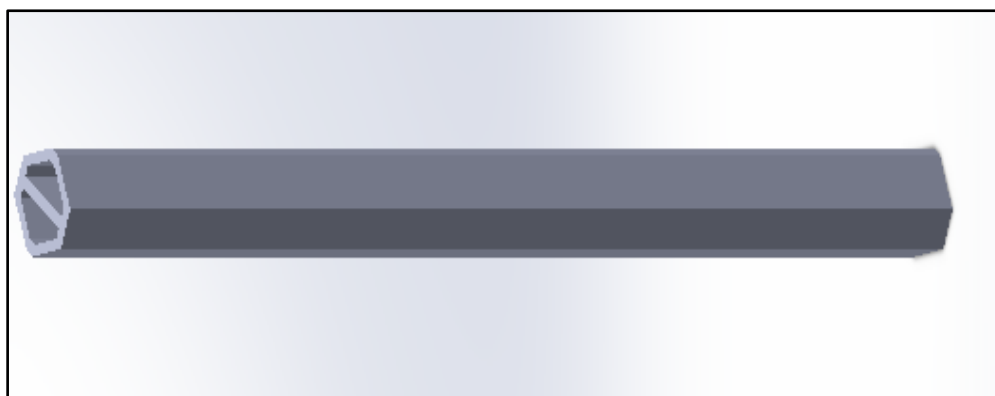
**Figura 31.** Diseño 3D del Cuerpo.



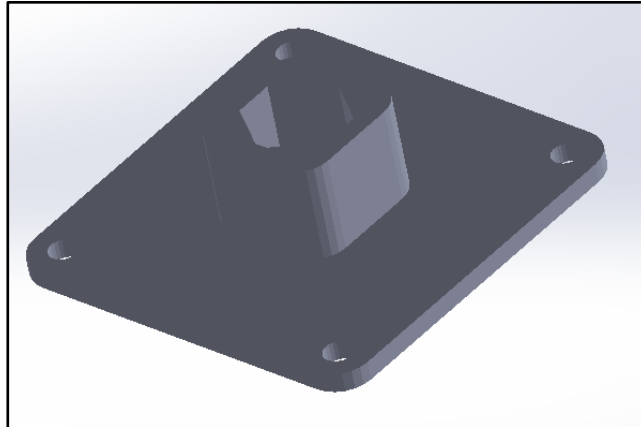
**Figura 32.** Diseño 3D de la Parte Superior.



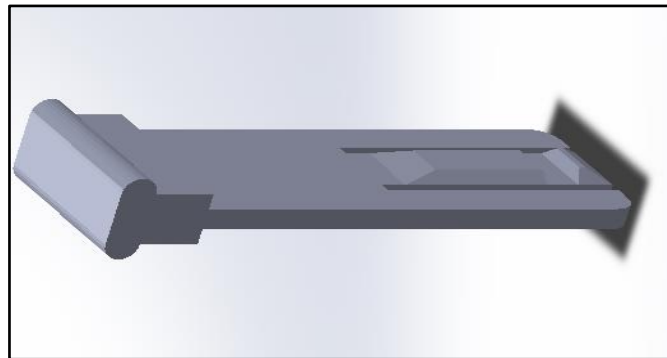
**Figura 33.** Diseño 3D de la parte inferior.



**Figura 34.** Diseño 3D del tubo del GPS.



**Figura 35.** Diseño 3D de la placa del GPS.



**Figura 36.** Diseño de la Tapa de la Batería.

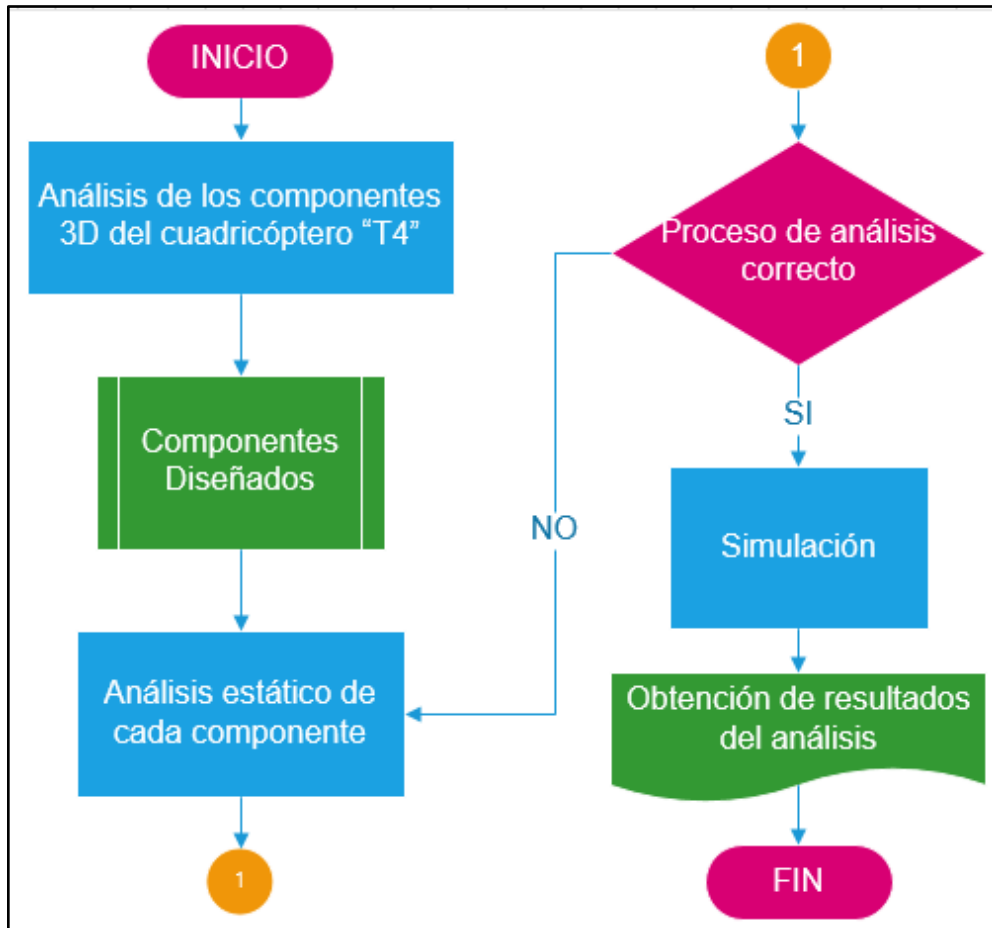
### 3.2.2 Análisis de los componentes

Con el programa solidworks 2018 se procedió a realizar el análisis de los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”, en el programa se puede visualizar el comportamiento de los componentes en condiciones reales, sin la necesidad de realizar prototipos.

El análisis estático tiene varias ventajas entre la más destacada es el bajo costo en las pruebas de campo y permite tener mayor seguridad para realizar cualquier componente que se desea. Para el análisis de los componentes del cuadricóptero “T4”, se debe seguir



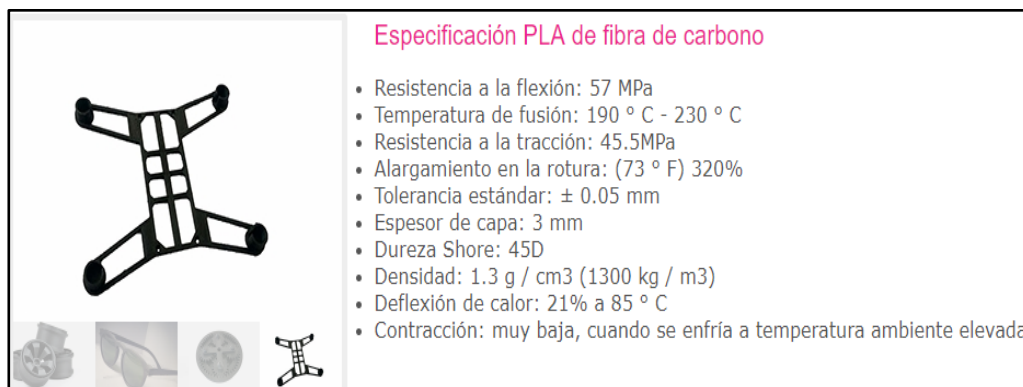
los pasos del flujograma (ver figura 37), en la cual se simula la tensión, desplazamiento y factor de seguridad de los componentes del cuadricóptero.



**Figura 37.** Análisis de los Componentes del Cuadricóptero "T4".

#### a. Material aplicado a los componentes

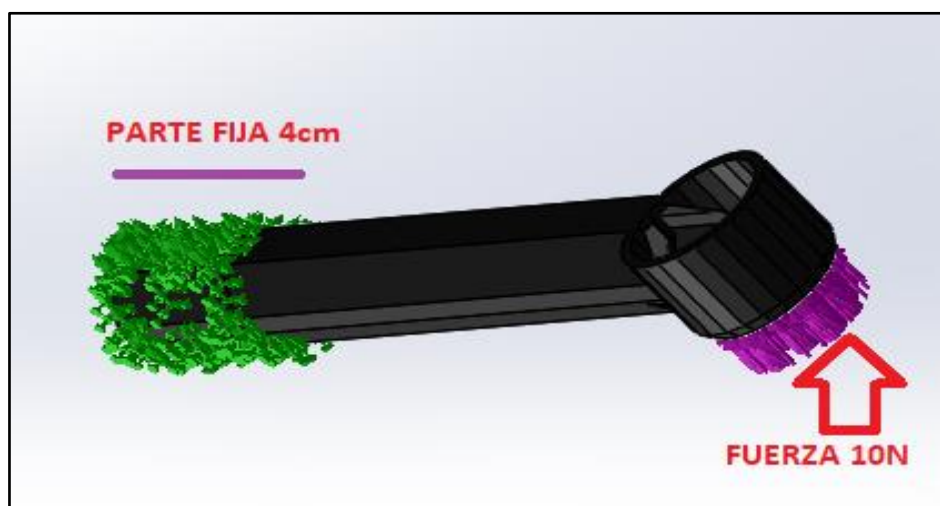
Todos los componentes del cuadricóptero "T4", son fabricados con PLA de fibra de carbono, este material de construcción tiene menor deformación y distorsión durante la impresión 3D, es uno de los materiales con mejores características dentro de los materiales PLA de toda clase en el área de impresión 3D.



**Figura 38.** Especificaciones Técnicas del PLA de Fibra de Carbono.  
Fuente: (Vexma, 2019)

### 3.2.3 Información del análisis del componente

Se procede a realizar un análisis estático, dentro del análisis estático se delimito la zona en el que va estar el brazo fijamente (4cm) empotrado en el cuerpo, luego se colocó las fuerzas equivalentes al empuje del motor que es de 10N (ver figura 39). El brazo es uno de los componentes que soporta toda la potencia que ejerce el motor, los motores están montados en los extremos de cada brazo estos son los encargados de generar suficiente potencia para que el cuadricóptero “T4”, vuele en condiciones seguras.

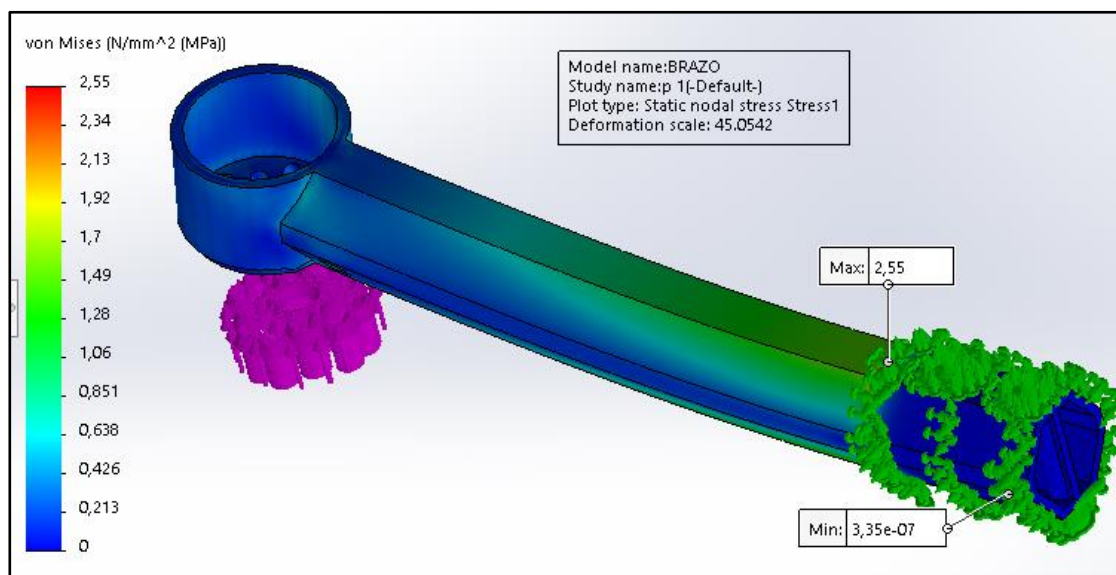


**Figura 39.** Aplicación de la parte fija y fuerza en el componente.

## a. Resultados del estudio

### a.1. Tensión

Se ha realizado la simulación con una fuerza de 10N, aplicado en el extremo del brazo, obteniendo un valor máximo de 2.55 MPa, teniendo el límite elástico del material en 45 MPa. Se puede afirmar que la estructura del cuadricóptero está correctamente diseñada por lo que el componente no se va a deformar o inclusive romperse, para mejor visualización del componente (ver figura 40), por ende, podríamos aumentar una fuerza mayor en el componente sin sobrepasar los valores predeterminados del límite elástico. Pero para el fin para el cual está diseñado el cuadricóptero "T4" no hace falta aumentar ningún tipo de peso y fuerza.

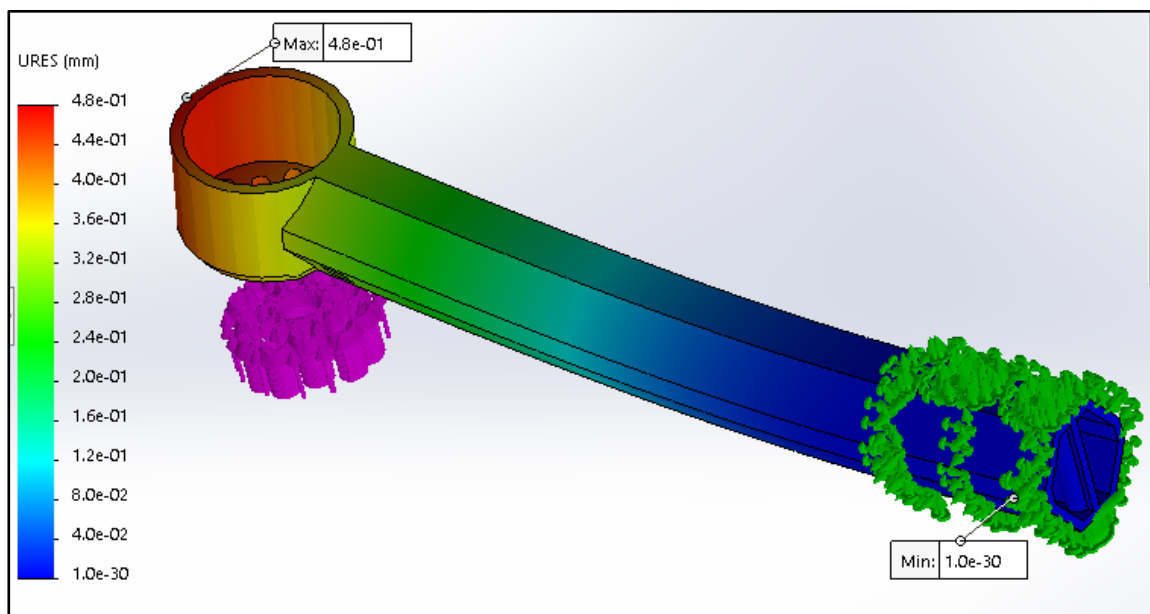


**Figura 40.** Simulación tensión.

### a.2. Desplazamiento

El desplazamiento que realiza el componente estructural al momento de ejercer la

fuerza, es mínimo por lo que no afectaría en ningún sentido la estabilidad del mismo (ver figura 41), por ende, cabe decir que el diseño realizado es correcto y no podrá tener ningún defecto en el material al momento de realizar cualquier prueba con el cuadricóptero, el componente no podrá tener ninguna falla al momento de poner en vuelo el cuadricóptero.



**Figura 41.** Simulación Desplazamiento.

### a.3. Factor de seguridad

Como se tiene el factor de seguridad máximo de 25, se puede afirmar que la estructura está correctamente diseñada, ya que soporta el peso establecido. Se observa que la estructura no está solicitada en su totalidad (ver figura 42), por ende, se podría aumentar el empuje de los motores, pero para el fin para el cual está diseñado el cuadricóptero "T4" no hace falta aumentar el empuje.



**Figura 42.** Simulación Factor de Seguridad.

En el análisis realizado se obtiene un criterio bueno o malo para la fabricación de todos los componentes, y a la vez ver donde podrían tener defectos de cada uno de los componentes del cuadricóptero. Por ende, se realiza el mismo análisis en todos los componentes del cuadricóptero, obteniendo resultados de estudios como: desplazamiento, tensión y factor de seguridad.

### **3.3 Implementación de la impresora 3D**

#### **3.3.1 Estudio de alternativas**

Para la implementación de la impresora 3D, a utilizar en el proceso de fabricación de los componentes estructurales del dron “T4”, se analizaron diferentes alternativas:

#### **a. Primera alternativa: Ender-5 Diy**

##### **- Descripción**

Es una impresora 3D, con tipo de impresión modelado por deposición fundida (FMD), que cuenta con un software de impresión cura, este software le permiten interactuar en el proceso de impresiones 3D, al momento de imprimir cualquier componente o piezas.

### - **Parámetros del producto**

Tiene un tamaño de impresión de 20x20x30 cm, con una exactitud de impresión de  $\pm 0.1$  mm, posee una velocidad de impresión normal que es de 100 mm/s y una impresión máxima de 180 mm/s, cuenta con un diámetro de la boquilla de 0,4 mm y una temperatura máxima de la boquilla de 260 °C. Esta impresora es capaz de imprimir en materiales como: PLA, ABS, cobre, madera, fibra de carbono, etc.

### - **Factibilidad**

Con este tipo de impresora se puede obtener una buena calidad de impresiones, el cual permite imprimir cualquier tipo de elementos o piezas de las que conforma un objeto. Tiene un precio de venta accesible al público que la desee adquirirla.



**Figura 43.** Impresora 3D Ender-5 Diy.  
Fuente: (EU, 2019)

**b. Segunda alternativa: Creality CR\_10S****- Descripción**

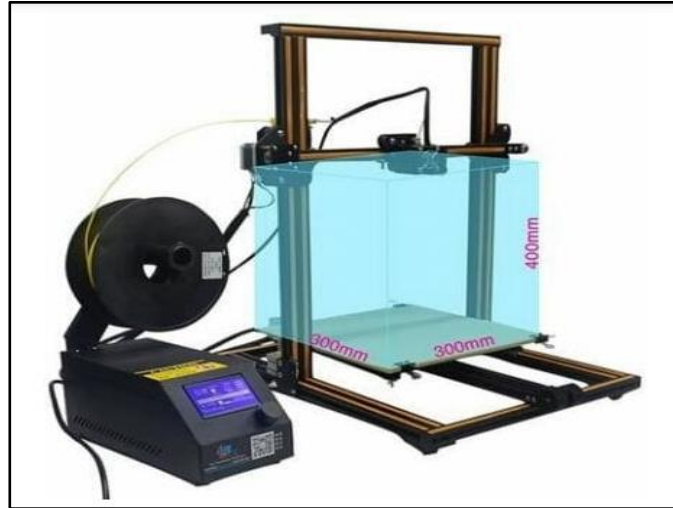
Es la impresora con Tecnología de impresión 3D FDM, su estructura está realizada de aluminio lacada en negro. El diseño de su estructura, permite mayor precisión, estabilidad y reducir el ruido mecánico, esta impresora es capaz imprimir con cualquier tipo de material y de cualquier marca.

**- Parámetros del producto**

Tiene un tamaño de impresión: 30x30x 40 cm, con una exactitud de impresión de  $\pm$  0.1 mm, posee una velocidad de impresión normal que es de 100 mm/s y una impresión máxima de 180 mm/s, cuenta con un diámetro de la boquilla de 0,4 mm y una temperatura máxima en la boquilla de 250 °C. Esta impresora es capaz de imprimir en materiales como: PLA, ABS, cobre, madera, fibra de carbono, etc.

**- Factibilidad**

Con esta impresora se puede obtener una buena calidad de impresión, con un tamaño excelente al momento de fabricación de elementos o piezas 3D. Además, permite ser controlada por cualquier software de impresión 3D, como: CURA, Simplify3D, etc.



**Figura 44.**Creality CR-10S.

Fuente: (EU, 2019)

### c. Tercera alternativa: Creality CR\_10S5

#### - Descripción

Es una impresora 3D con una calidad excepcional y con uno de los volúmenes de impresión 3D más grandes de la industria de la impresión 3D. Es ideal por su fácil uso y configuración, es una impresora capaz de continuar después de una pérdida de energía como un apagón o corte de energía. Viene con una tarjeta preparada para impresiones 3D.

#### - Parámetros del producto

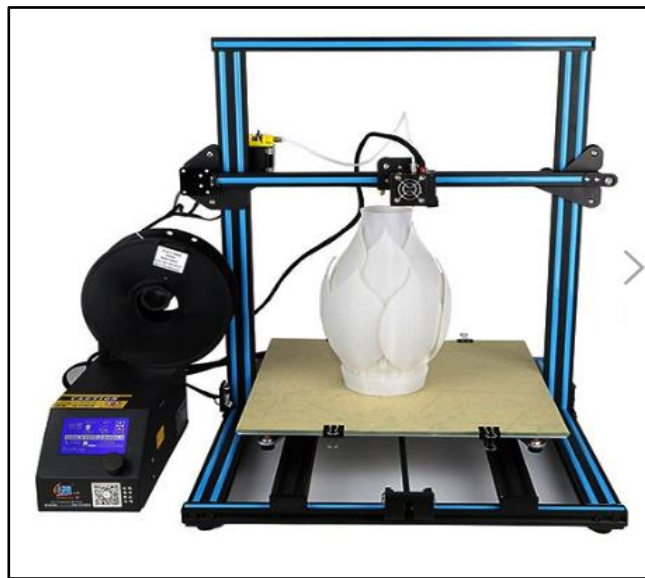
Tienen un tamaño de impresión tanto en los ejes X, Y, Z de 50 cm, con una exactitud de impresión de  $\pm 0.1$  mm, cuenta con un diámetro de la boquilla de impresión de 0.4 mm, la misma que se puede cambiar de tamaño a 0.3 mm o 0.2 mm, posee una velocidad de impresión normal que es de 80 mm/s y una impresión máxima de 200 mm/s. Esta



impresora es capaz de imprimir en materiales como: PLA, ABS, etc.

#### - **Factibilidad**

Es factible por las dimensiones de impresión que posee, por lo que la impresora Creality CR\_10S5 permite realizar múltiples funciones a la misma vez, es una de las impresoras más grandes en la industria de impresión 3D, fácil de maniobrar. Además, permite ser controlada por cualquier software de impresión 3D, como: CURA, Simplify3D, etc.



**Figura 45.**CR-10S5.  
Fuente: (EU, 2019)

### 3.3.2 Matriz de decisión

#### a. Criterios de evaluación

En la tabla 4, se muestra la ponderación de cada una de las tres impresoras mencionadas, donde se determinó del 1 a 10, siendo 1 a 5 = malo, 6 a 8 = bueno y 9 a

10 = excelente. El número de mayor rango en el sumatorio total será la mejor alternativa seleccionada para realizar las impresiones de los componentes estructurales del dron.

**Tabla 4**  
*Criterios de evaluación.*

Parámetros del producto	TIPOS DE IMPRESORAS			Ponderación	RESULTADOS		
	Ender-5 Diy	CR_10S	CR_10S5		Ender-5 Diy	CR_10S	CR_10S5
Tamaño de impresión	5	8	10	0.3	1.5	2.4	3
Velocidad de impresión	6	8	10	0.1	0.6	0.8	1
Temperatura de impresión	8	9	9	0.2	1.6	1.8	1.8
Exactitud de impresión	8	10	10	0.2	1.6	2	2
Acabado	10	10	10	0.1	1	1	1
Costo	7	8	9	0.1	0.7	0.8	0.9
<b>TOTAL</b>				<b>1</b>	<b>6.63</b>	<b>8.8</b>	<b>9.7</b>

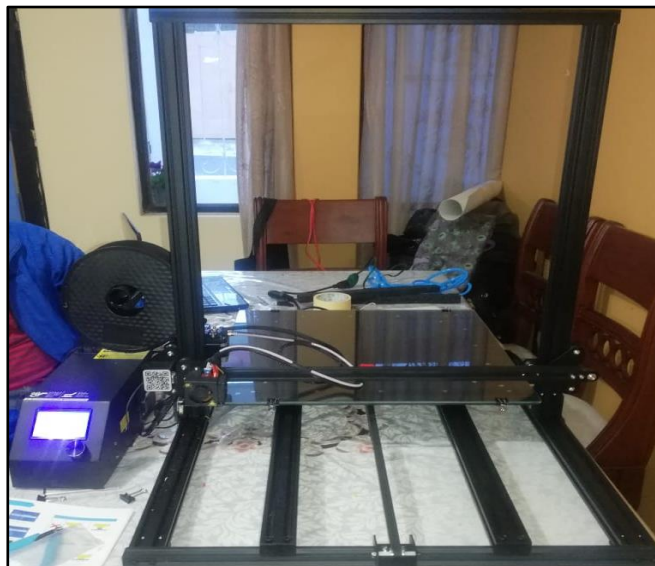
#### **b. Alternativa seleccionada**

Por medio del estudio realizado, se observó que la impresora CR\_10S5 cuenta con múltiples funciones para realizar impresiones con acabados excelentes, esta impresora permite ser controlada por cualquier software de impresión 3D, la cual si falla uno de los programas se puede intercambiar a otra. La impresora es de fácil configuración y por la

cual viene en la tarjeta SD con dos softwares de impresión: CURA y Simplify3D, los mismos que pueden ser instalados en cualquier ordenador para la configuración que se desee realizar al momento de imprimir cualquier componente.

### 3.3.3 Impresora Creality CR-10S5

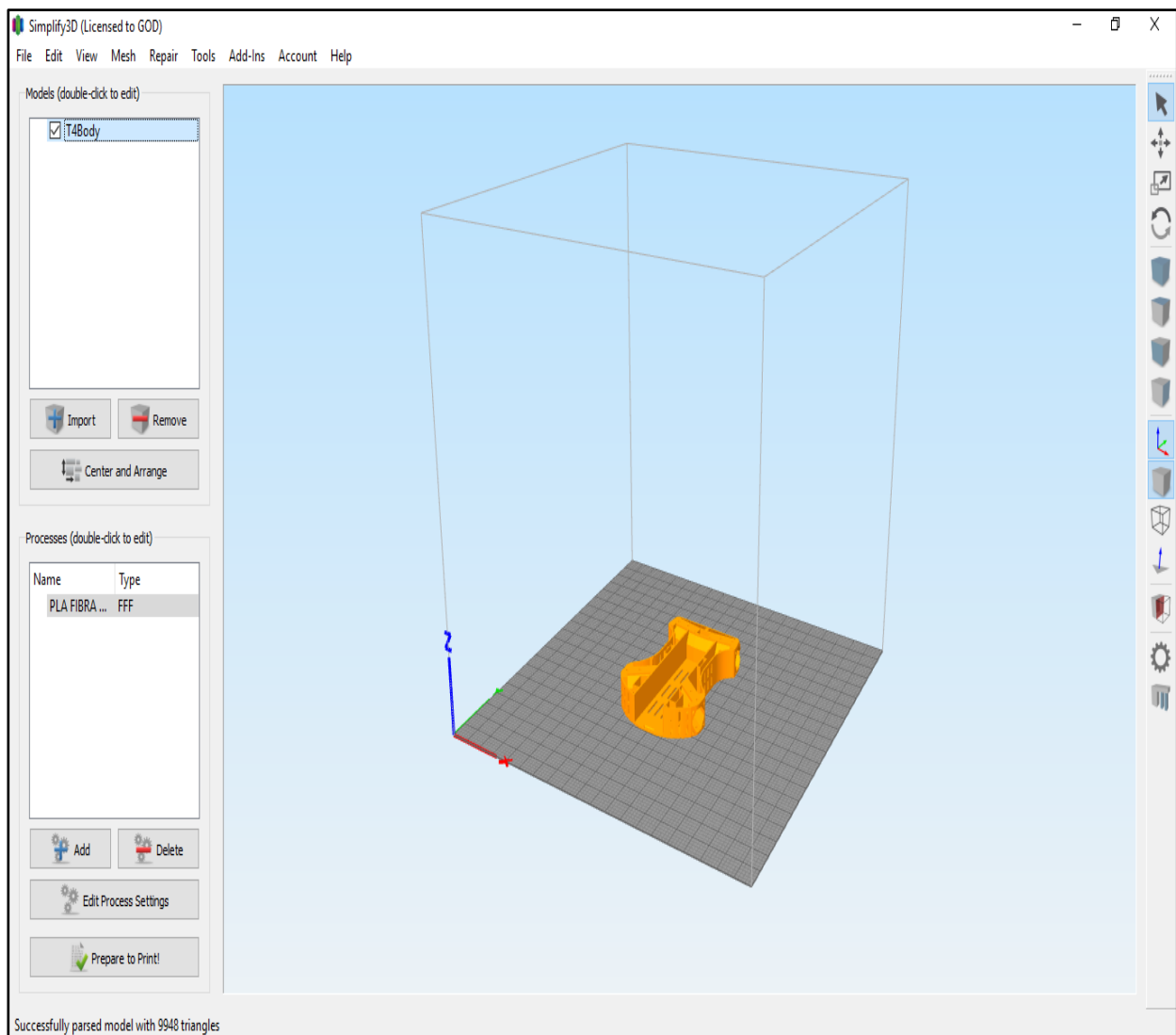
Para la fabricación de los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”, fue necesario la implementación de la impresora 3D Creality CR-10S5 la misma que nos ayudará a elaborar una variedad de elementos aeronáuticos, la impresora 3D Creality CR-10S5 es una impresora que puede imprimir en todos los materiales existentes, hoy en día en el mercado en impresiones 3D es una impresora que puede reanudar la impresión incluso después de un corte de energía, esta impresora puede imprimir continuamente durante 200 horas. En los manuales de operación, mantenimiento y seguridad de la impresora Creality CR-10S5 están indicados los parámetros esenciales de la impresora (ver anexos B, C y D).



**Figura 46.** Impresora 3D-CR-10S5.

### a. Software de impresión

Hay un sinfín de software que se utiliza para los ajustes antes de proceder a imprimir las piezas. Se utilizará el software Simplify3D, que es de fácil manejo y configuración, en este software se carga la pieza que se va a imprimir para proceder a poner los ajustes necesarios, cabe recalcar que el elemento seleccionado no debe exceder de la cama de impresión 3D.

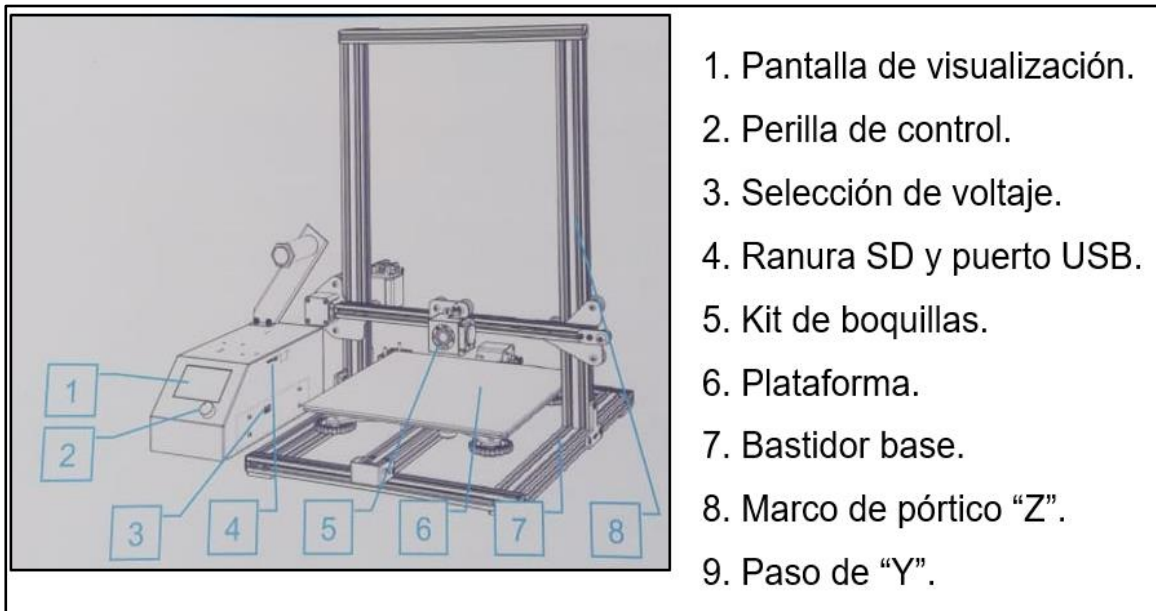


**Figura 47.** Interface software Simplify3D.

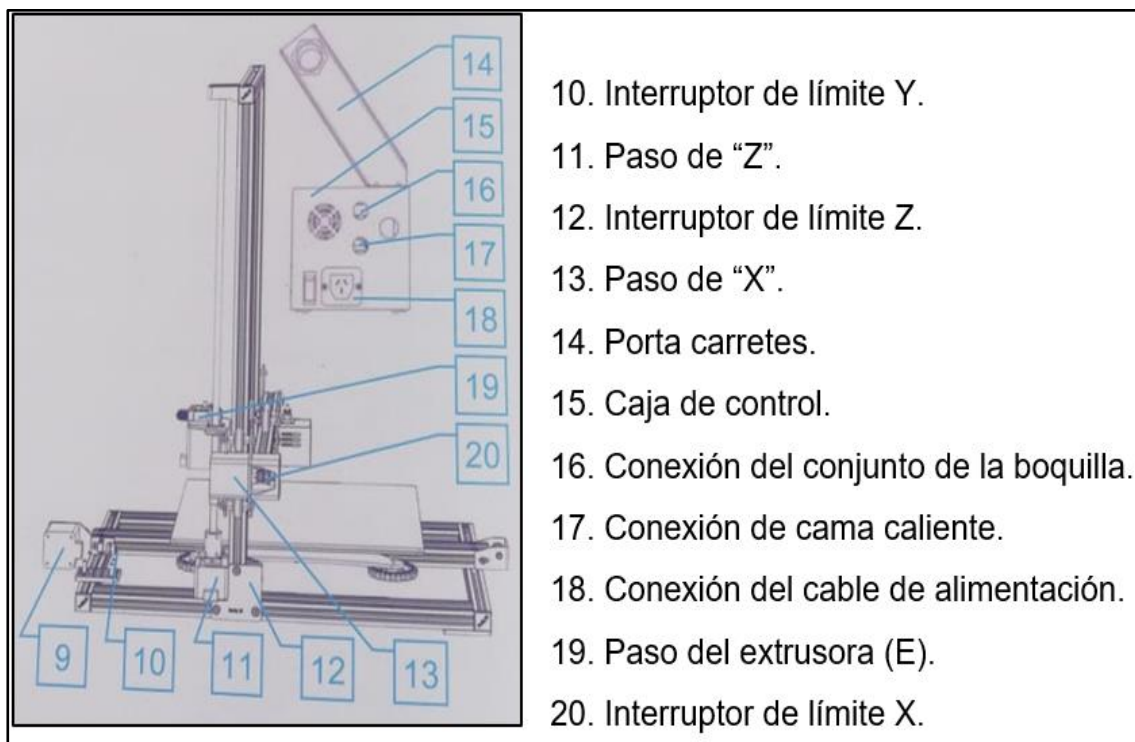
### b. Parámetros básicos de la impresora CR-10S5

- Tamaño de impresión: 500 \* 500 \* 500 mm
- Altura de la capa: 0.05 ~ 0.4 mm
- Tamaño de la boquilla: 0.4 mm
- Precisión de impresión:  $\pm 0.1$  mm
- Velocidad de impresión: <200 mm/s sugieren 80 mm/s
- Material de impresión: 1.75 mm PLA, ABS, madera y así sucesivamente
- Formato de soporte: stl, obj, gcode.
- Sistema: Linux, Windows y OSX.

### c. Partes de la impresora



**Figura 48.** Partes de la impresora N-1.

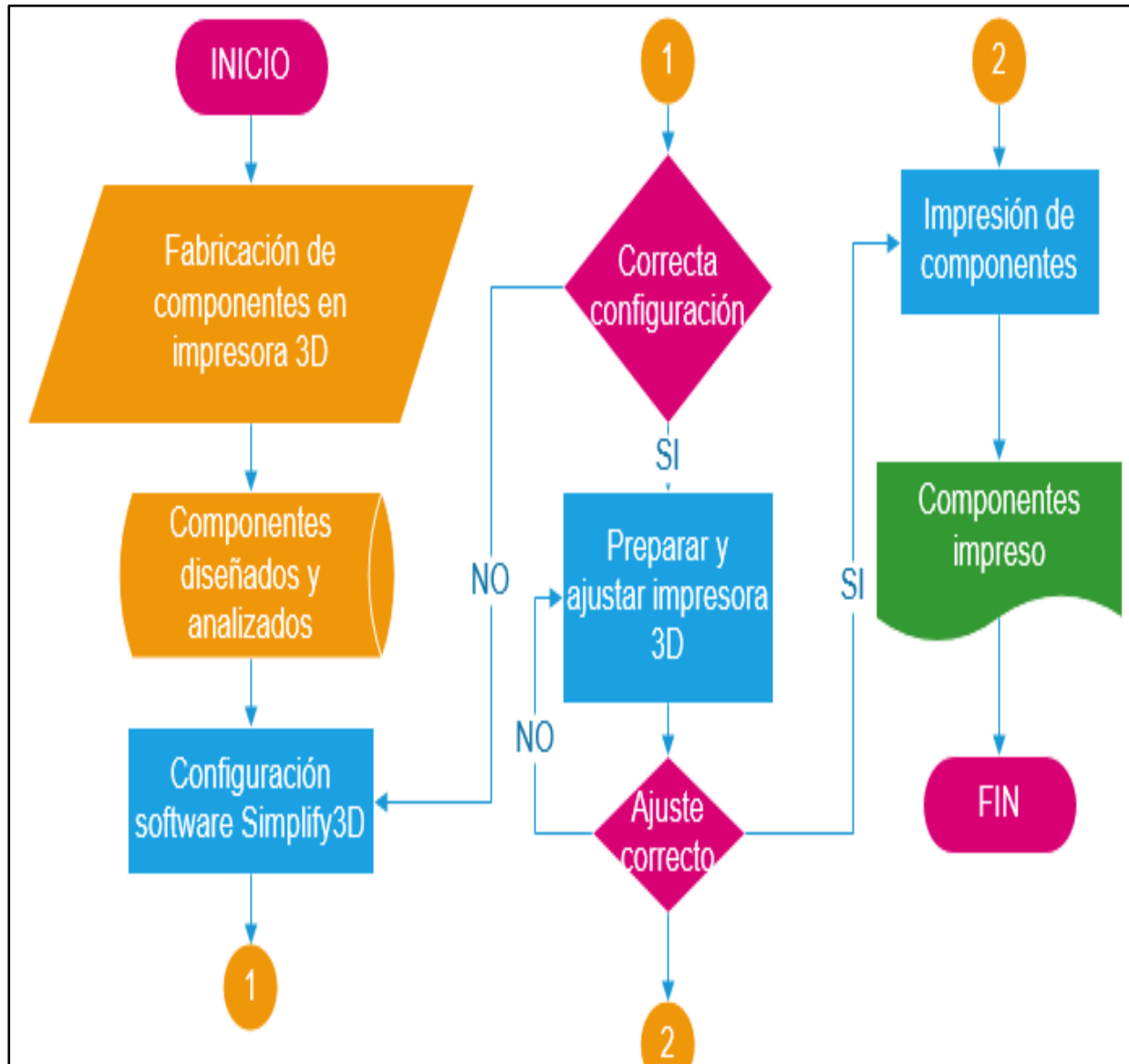


**Figura 49.** Partes de la impresora N-2.

### 3.4 Fabricación y ensamblaje de los componentes estructurales

#### 3.4.1 Fabricación de los componentes estructurales del dron "T4"

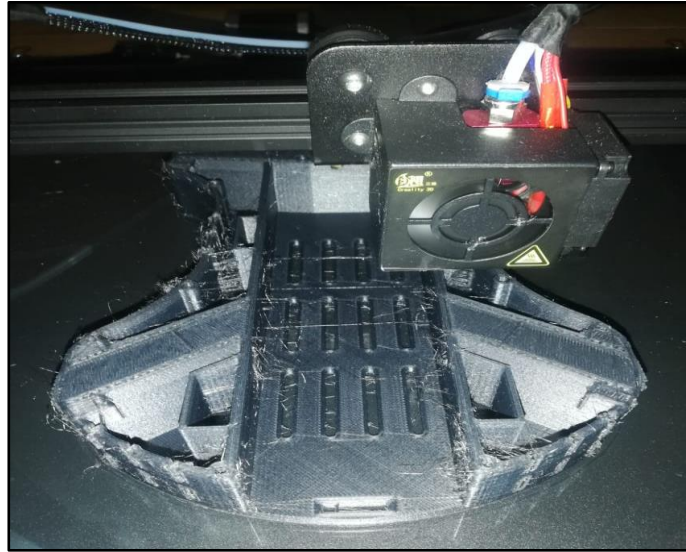
Para el proceso de impresión de los componentes que conforman la estructura del cuadricóptero, se ha empleado la máquina de impresión 3D Creality CR-10S5, la misma que ayudará a imprimir todos los componentes estructurales del cuadricóptero "T4", el mismo que se seguirá de acuerdo al flujograma (ver figura 50). Se elaborará un diseño previamente analizando sus defectos, una vez diseñado y analizado se procede a la configuración del componente en un software de impresión 3D (ver figura 47), todos los componentes a imprimirse se procede el mismo procedimiento.



**Figura 50.** Proceso de Impresión.

### - Impresión del cuerpo

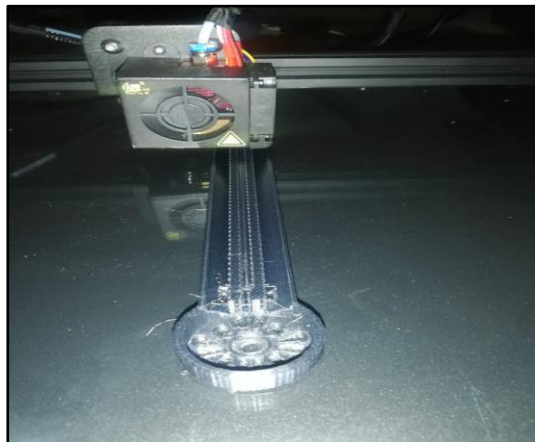
La reproducción del cuerpo del cuadricóptero tuvo un tiempo de impresión de 20 horas 41 minutos, con un peso de impresión de 214.12 gr (0.47 lb). El cuerpo es la parte esencial del cuadricóptero en donde todos los componentes estructurales serán empotrados para la ejecución del cuadricóptero.



**Figura 51.** Impresión del Cuerpo.

#### - Impresión de los brazos

La fabricación de los brazos tuvo un tiempo impresión de 24 horas 28 minutos, siendo impreso los cuatro brazos del dron. Para la impresión de cada brazo tuvo una duración de 6 horas 7 minutos. El peso de los 4 brazos es 261.94 gr (0.58 lb). Estos son componentes esenciales en la cual se montará el sistema de propulsión del cuadricóptero.



**Figura 52.** Impresión de los brazos.



- **Impresión de la parte inferior**

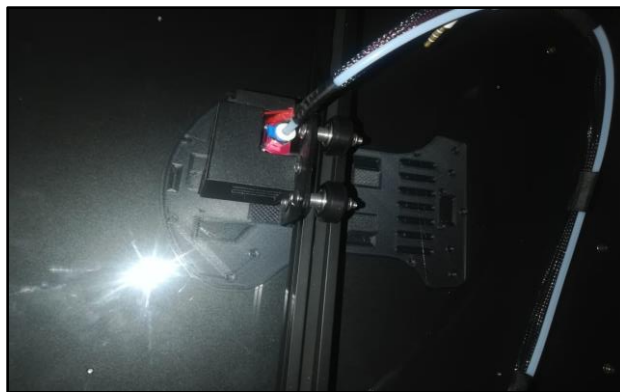
Tuvo un tiempo de impresión de 8 horas 14 minutos. Con un peso total de 68.16 gr (0.15 lb), es la base del cuadricóptero en la que se apoyara todo el peso de los componentes y sistemas que esta posee-



**Figura 53.** Impresión de la parte inferior.

- **Impresión de la parte superior o tapa**

Tuvo una duración de impresión de 4 horas 45 minutos, con un peso total de impresión de 42,92 gr (0,09 lb).es la parte en donde se montarán los sistemas de control y el GPS.



**Figura 54.** Impresión de la Parte Superior.

#### - Impresión de los componentes pequeños

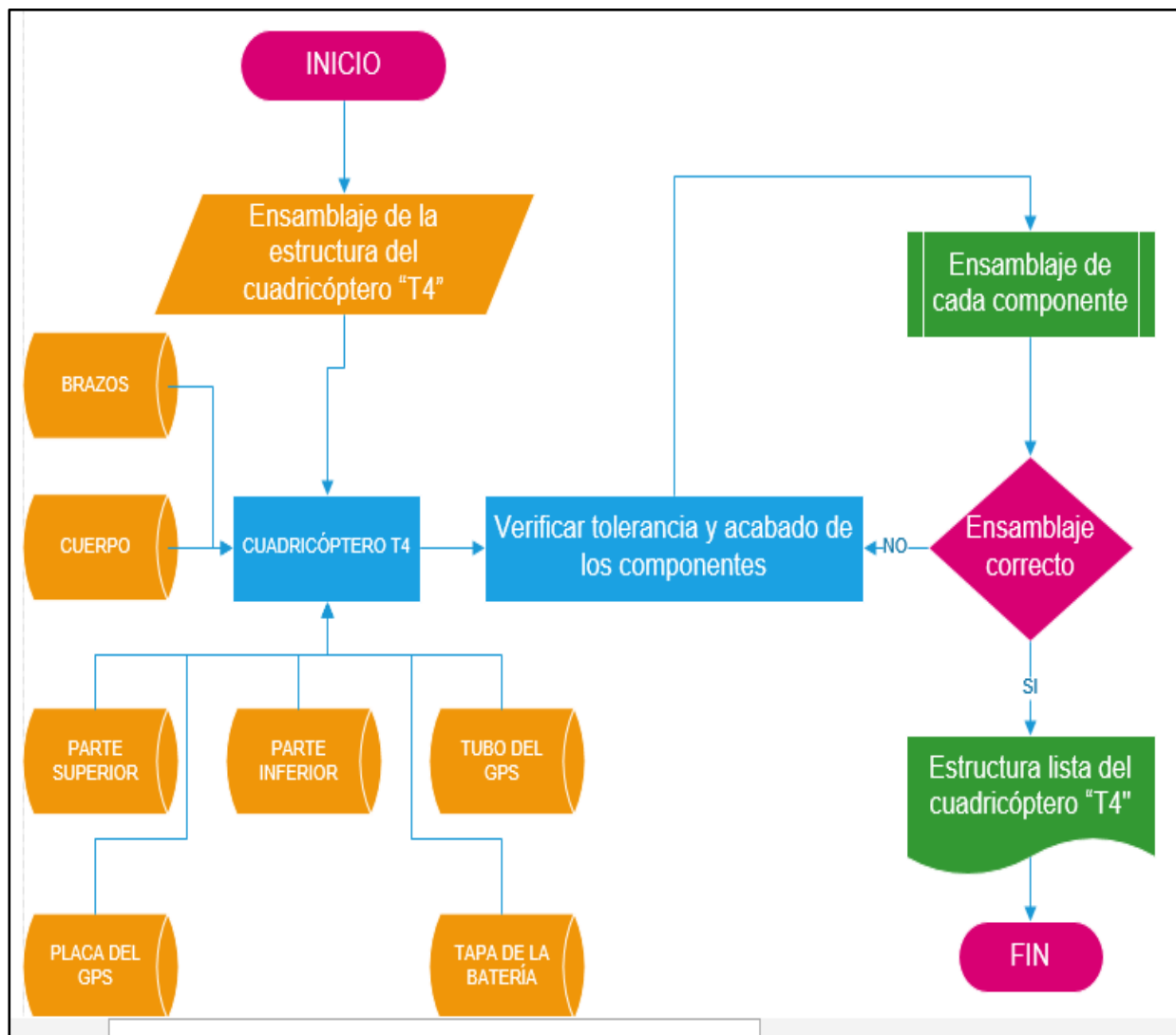
Fueron los últimos componentes en imprimirse las cuales son: Placa del GPS, Tubo del GPS y Tapa de la batería, tuvo una duración de impresión de 2 horas 35 minutos, con un peso total de 13.36gr.



**Figura 55.** Impresión de la placa, tubo del GPS y Tapa de la Batería.

#### 3.4.2 Ensamblaje de los componentes del cuadricóptero “T4”

En base al diseño de los componentes del cuadricóptero “T4”, se realizó el ensamblaje el cual se debe seguir paso a paso de acuerdo al flujograma (ver figura 56), en la cual se detallan todo el procedimiento del ensamblaje del cuadricóptero “T4”. Para realizar el proceso de ensamblaje del cuadricóptero “T4” se debe tomar en consideración los manuales respectivos del dron.



**Figura 56.** Ensamblaje del Cuadricóptero "T4".

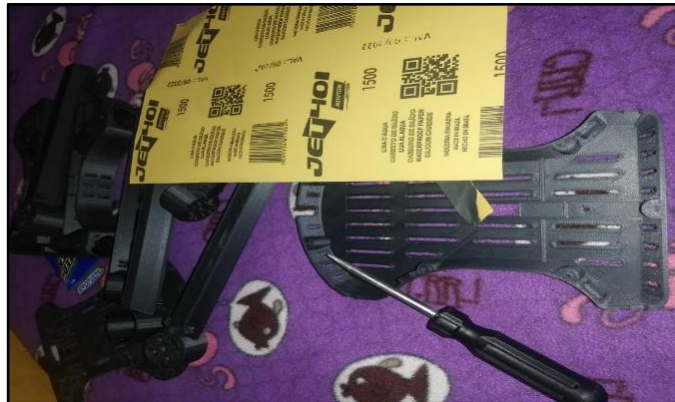
Cada uno de los componentes que conforma la estructura viene con su respectiva ferretería de sujeción. Se debe tener las herramientas necesarias como llaves hexagonales, desarmador, destornillador, etc. Las cuales son muy esenciales para los pertinentes ajustes que se va a realizar durante el ensamblaje del cuadricóptero.

#### **a. Verificación de la tolerancia y acabado de los componentes**

Una vez impreso todo el componente estructural, se procede a limpiar todos los

componentes del cuadricóptero, para la limpieza se utilizaron herramientas como: lija de agua 1500 para igualar las imperfecciones de impresión, un destornillador plano para quitar el relleno del material impreso (ver figura 57), una aguja fina para la limpieza de los orificios de los pernos y un guaipe para quitar el polvo de las partes limpiadas.

Se verificó los componentes estructurales del cuadricóptero “T4” uno por uno arreglando las fallas que poseían, utilizando las herramientas necesarias (ver figura 57 y 58) para corregir las fallas encontradas, se verificó que todos los componentes concuerden con las especificaciones dadas del dron, así se obtuvo el resultado final de la impresión de los componentes impresos (ver figura 59).



**Figura 57.** Limpieza de los componentes



**Figura 58.** Limpieza de los componentes.



**Figura 59.** Componentes del cuadricóptero.

### **b. Ensamblaje de la estructura del cuadricóptero “T4”**

Para el ensamblaje de la estructura del cuadricóptero “T4”, luego que se obtuvo las impresiones en 3D se verificaron las tolerancias y los acabados de las superficies estructurales, teniendo así los componentes estructurales del cuadricóptero listo para cualquier operación que deseen realizar. Todos los componentes estructurales deben estar bien hechos para el proceso de ensamblaje. Una vez verificado que todo esté bien seguimos paso a paso al ensamblaje del cuadricóptero “T4”, guiándonos en los manuales de ensamblaje del dron.



**Figura 60.** Ensamblaje de la Estructura del Cuadricóptero.

En primer lugar, se procede al ensamblaje de los 4 brazos con el cuerpo del cuadricóptero (ver figura 60), en la cual los brazos deben ingresar al cuerpo del cuadricóptero hasta que concuerden con los orificios para la sujeción de los mismos, una vez puesto los brazos en los lugares adecuados, se procede al montaje de la parte superior e inferior teniendo un punto de referencia que son los orificios para que estos componentes estructurales queden fijos. Ensamblado la parte estructural del cuadricóptero se procede al montaje de todos los sistemas necesarios para la sustentación del cuadricóptero “T4” como: Sistema de propulsión y Sistema de navegación.

### **c. Montaje de los sistemas del cuadricóptero “T4”**

Uno de los sistemas primarios del cuadricóptero es el sistema de propulsión. Para la

sujeción de los motores AIR 2213 se procede al montaje de los motores en los extremos de cada brazo (ver figura 60), la alimentación para los motores se mandó con cables por el interior de los brazos. Los brazos están hechos de PLA de fibra de carbono. Una vez realizado esto se procedió a ensamblar los brazos en el cuerpo del cuadricóptero (ver figura 61), luego atornillar para que esta sea fija (ver figura 62).



**Figura 61.** Montaje del Sistema de Propulsión.



**Figura 62.** Ensamblaje de los Brazos en el Cuerpo.

Para el montaje del sistema de control Pixhawk junto con el sistema GPS, se recomienda revisar los respectivos manuales del montaje y operación para un mejor funcionamiento, para evitar daños de los sistemas que lo componen. El controlador principal Pixhawk es el principal elemento que se monta en la placa superior del cuadricóptero. Una vez instalada el sistema de control se establecerá las conexiones a los demás elementos como son: GPS y ECS. Para mayor visualización (ver figura 63).



**Figura 63.** Montaje del Sistema de Control.

#### **d. Estructura armada del cuadricóptero “T4”**

Una vez instalada todos los componentes y sistemas del cuadricóptero procedemos a verificar, cada uno de los componentes que estén fijos con las conexiones adecuadas a cada uno de los sistemas. Antes de realizar la prueba de vuelo verificar los sistemas como: Sistema estructural, Sistema de navegación y Sistema de propulsión, una vez verificado todo el cuadricóptero estará listo para las pruebas correspondientes.





**Figura 62.** Cuadricóptero "T4".

### **3.5 Validación y análisis de resultados**

En la ejecución del vuelo del cuadricóptero "T4", se verificó la resistencia de la estructura, la anatomía de vuelo, y la maniobrabilidad que se puede realizar durante el vuelo. En la cual se ha realizado una serie de pruebas de vuelo con el cuadricóptero, las pruebas por seguridad han sido desarrolladas cumpliendo la normativa vigente. Se ha obtenido un resultado positivo en relación con el comportamiento del cuadricóptero comprobando el correcto funcionamiento de los ángulos de giro necesarios para el vuelo

Se verificó además que la fibra de carbono PLA. Es muy resistente a la hora de fabricar estructuras de drones. Por su resistencia y peso hace muy aerodinámico a la estructura del dron así teniendo una estructura capaz de resistir todas las fuerzas que se presenten en la trayectoria del vuelo del cuadricóptero. Quedando así en óptimas condiciones para ejecutar operaciones de vuelo.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- De acuerdo a la recopilación de la información del cuadricóptero “T4”, se pudo realizar el análisis, diseño y fabricación de los componentes estructurales del dron.
- En base a la implementación de la impresora 3D CR-10S5, se pudo realizar la construcción de los componentes estructurales del cuadricóptero “T4”.
- El ensamblaje de los componentes estructurales del cuadricóptero, se realizó paso a paso de acuerdo a las especificaciones del cuadricóptero “T4”.
- Se determinó que la estructura del cuadricóptero es resistente ya que está hecha a base de PLA de fibra de carbono, por su gran beneficio de dureza y resistencia y peso.

#### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda seguir los pasos de la página web thingiverse, en ella se encuentra todos los pasos de elaboración de los componentes del cuadricóptero “T4”.
- En caso de tener inconvenientes al momento de imprimir, guiarse en el manual de operación y tener en cuenta que todos los archivos a imprimir deben estar en formato STL.

- Para el correcto desarrollo del proyecto técnico se utilizaron las herramientas adecuadas y los conocimientos adquiridos, y el manual de ensamblaje del cuadricóptero.
- Para el correcto rendimiento, la estructura debe ser fabricada con PLA de fibra de carbono ya que posee una buena resistencia a las fuerzas que esta pueda ser sometida durante el vuelo.

## GLOSARIO

### A

**Aeronave:** Aerodino propulsado por motor el cual ejerce la sustentación principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre las superficies estructurales.

### C

**Conectividad:** Se denomina conectividad a la capacidad de establecer una conexión: una comunicación, un vínculo. El concepto suele aludir a la disponibilidad que tiene de un dispositivo para ser conectado a otro o a una red.

### D

**Dron:** Es un vehículo aéreo sin tripulación que se contrala desde un control remoto que para la sustentación utiliza el giro de los motores unidos a sus hélices.

**Dispositivo:** Un dispositivo es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones. Su nombre está vinculado a que dicho artificio está dispuesto para cumplir con su objetivo.

### E

**Control electrónico de velocidad.:** Es un componente esencial que conforma el dron, el cual tiene la finalidad de controlar la velocidad del dron.

### N

**Normas:** Las normas son reglas que se establece con el propósito de regular comportamientos y así procurar mantener un orden. Esta regla o conjunto de reglas son articuladas para establecer las bases de un comportamiento.

## S

**Sistema:** Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí que funciona como un todo. Los elementos que componen un sistema pueden ser variados, como una serie de principios o reglas estructuradas sobre una materia o teoría. Por ejemplo: un sistema político o un sistema económico.

## V

**Vuelo:** Vuelo es la acción de volar. Este verbo refiere a elevarse en el aire y moverse un cierto tiempo por él. Dicha elevación puede producirse gracias a las alas o a algún aparato de aviación.

## ABREVIATURAS

**PLA:** Ácido poliláctico.

**ABS:** Terpolímero.

**UAV:** Vehículo aéreo no tripulado.

**ESC:** Control electrónico de velocidad.

**APM:** Administración de rendimiento de aplicaciones.

**ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

**FMD:** Modelado por deposición fundida.

**SLA:** Estereolitografía.

**SLS:** Sinterizado Selectivo Láser.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aliexpress. (2019). *Aliexpress*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de

<https://es.aliexpress.com>

Álvarez, A. (s.f.). *Fundamentos\_en\_impresion\_3D\_*. Recuperado el 05 de Julio de 2019,

de

[https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrvigo/aulavirtual2/pluginfile.php/17609/mod\\_folder/content/0/Fundamentos\\_en\\_impresion\\_3D\\_con\\_PS3Steel.pdf?forcedownload=1](https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrvigo/aulavirtual2/pluginfile.php/17609/mod_folder/content/0/Fundamentos_en_impresion_3D_con_PS3Steel.pdf?forcedownload=1)

Anónimo. (2016). *Esfuerzos Estructurales*. Recuperado el 03 de Julio de 2019, de

<https://estructurasleandrar.weebly.com/uploa>

Chacón, P. (23 de enero de 2017). *Drones con GPS: las funciones de un cuadricóptero con sistema de navegación*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

<https://www.juguetronica.com/blog/drones-con-gps-funciones-sistema-navegacion/>

Delgado, V. (2017). *CINEMATOGRAFIA*. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de

DRONE: <http://eldrone.es>

Díaz, S. M. (14 de junio de 2014). *Diseño y Construcción de un Quadcopter*.

Recuperado el 01 de Julio de 2019, de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21902/102664.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Droneymas. (2017). *Droneymas*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de

<https://www.droneymas.com>

Dyna. (05 de 2016). *Evolución histórica de los vehículos aéreos no tripulados hasta la*

- actualidad*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2019, de INVE MEM:  
[http://oa.upm.es/40803/1/INVE\\_MEM\\_2015\\_203893.pdf](http://oa.upm.es/40803/1/INVE_MEM_2015_203893.pdf)
- García, P. (19 de Abril de 2017). *Manual de montaje*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de [http://vilssa.com/manual\\_de\\_montaje\\_de\\_un\\_dron\\_f\\_450](http://vilssa.com/manual_de_montaje_de_un_dron_f_450)
- Gómez, R. C. (Abril de 2016). *Diseño de un cuadricóptero de bajo coste basado en herramientas de software libre*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de [http://oa.upm.es/40361/1/TFG\\_RUBEN\\_CIUADAD\\_GOMEZ.pdf](http://oa.upm.es/40361/1/TFG_RUBEN_CIUADAD_GOMEZ.pdf)
- Impresoras3D. (01 de Mayo de 2017). *Tipos de impresión 3D*. Recuperado el 01 de Agosto de 2019, de <https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>
- Infantes, I. (5 de noviembre de 2018). *Tipos de dron octacoptero*. Recuperado el 03 de Junio de 2019, de [https://www.solodrone.top/de-ala-rotatoria/octacopteros/#Que\\_es\\_un\\_dron\\_octacoptero](https://www.solodrone.top/de-ala-rotatoria/octacopteros/#Que_es_un_dron_octacoptero)
- Israel, G. (Marzo de 2017). *ESTUDIO SOBRE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS Y SUS APLICACIONES*. Recuperado el 03 de Junio de 2019, de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/23021/1/TFG-P-528.pdf>
- Loudnet. (2017). *Como la impresión 3D va a cambiar el mundo*. Recuperado el 01 de Agosto de 2019, de <http://www.loudnet.com.ar/?p=1392>
- Mantero, E. B. (23 de marzo de 2018). *las partes de un dron*. Recuperado el 04 de Julio de 2019, de <https://dronprofesional.com/blog/cuales-son-las-partes-de-un-dron/>
- Martín, P. R. (2016). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DRON*. Recuperado el 12 de Mayo de 2019, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20med>



iante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5

Martín, P. R. (2016). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DRON*. Recuperado el 03 de Junio de 2019, de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>

Matweb. (2019). *Material property data*. Recuperado el 05 de Julio de 2019, de

<http://www.matweb.com>

*ProducTop10*. (08 de 05 de 2017). Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de Las partes de un dron (para principiantes): <http://www.productop10.com/partes-de-un-drone/>

Roberto Yerovi de la calle, R. H. (17 de Septiembre de 2015). *Regulación de drones en el Ecuador*. Recuperado el 13 de Agosto de 2019, de

<https://www.oficial.ec/resolucion-2512015-apruebase-establecimiento-disposiciones-complementarias-que-normen-operacion>

Thingiverse. (1 de Marzo de 2014). *thingiverse*. Recuperado el 23 de Junio de 2019, de

<https://www.thingiverse.com>

# ANEXOS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

## CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor COLTA PACHITO FAUSTO FERNANDO.

En la ciudad de Latacunga a los 10 días del de Diciembre del 2019.

Aprobado por:

Ing. Luis Coello

**DIRECTORA DEL PROYECTO**

Ing. Rodrigo Bautista

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

Abg. Sarita Plaza

**SECRETARIA ACADÉMICA**